

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure de Management
Koléa



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
المدرسة الوطنية العليا للمناجمت
القلية

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention d'un Master académique
Management de la chaîne logistique

**Management des risques liés à la saturation des zones
d'entreposage**

Cas : Entreprise portuaire d'Alger

Élaboré par :

CHEMALI Amani
LETLAT Sadjia

Encadré par :

Pr. AMOKRANE Mustapha

Année universitaire (2024/2025)

Résumé

La saturation des zones d'entreposage constitue un levier majeur de dysfonctionnement dans le cadre des opérations portuaires modernes, et plus particulièrement au sein de l'entreprise portuaire d'Alger, où l'intensification croissante des flux rend la gestion toujours plus complexe. Lorsqu'elle persiste, cette saturation génère un ensemble de déséquilibres structurels et fonctionnels importants, tels que la congestion des navires en rade, la désorganisation des flux logistiques, et plusieurs autres conséquences qui affectent directement la fluidité des opérations, la performance globale du port et sa capacité de résilience face aux perturbations.

Ce travail s'appuie sur une méthodologie rigoureuse combinant l'analyse de données réelles, l'observation de terrain, la conduite d'entretiens semi-directifs avec six cadres de l'EPAL, ainsi que l'application d'outils d'analyse des risques AMDEC. Ces entretiens ont permis d'enrichir la compréhension des pratiques actuelles et des perceptions internes face aux risques de saturation. L'AMDEC a permis d'identifier et d'évaluer les défaillances critiques impactant la saturation, tandis que le diagramme de Pareto a servi à prioriser les causes majeures. La réalisation d'une cartographie des risques a quant à elle offert une représentation claire des points de vulnérabilité, facilitant une gestion proactive et structurée des risques au sein du système d'entreposage de l'EPAL.

Les résultats obtenus conduisent à formuler des propositions stratégiques articulées autour d'une transformation profonde du système. Cela passe par une meilleure segmentation des espaces d'entreposage, un renforcement ciblé des ressources matérielles, ainsi que l'intégration de technologies de suivi intelligent. Cette approche globale de management des risques vise à doter l'EPAL d'un système plus agile, capable d'absorber la complexité croissante des opérations, de prévenir les risques d'asphyxie logistique, et de renforcer durablement la performance et la sécurité des chaînes logistiques.

Mots clés : Saturation des zones d'entreposage, Management des risques, Performance portuaire, Entretiens semi-directifs, AMDEC, Cartographie des risques, Optimisation logistique.

Abstract

The saturation of storage areas represents a major source of dysfunction within modern port operations, particularly at the Port Authority of Algiers (EPAL), where the increasing flow intensity complicates management. When persistent, this saturation causes significant structural and functional imbalances, such as vessel congestion at anchorage, disorganization of logistical flows, and various other consequences that directly affect operational fluidity, overall port performance, and resilience against disruptions.

This study is based on a rigorous methodology combining real data analysis, field observation, semi-structured interviews with six EPAL executives, and the application of risk analysis tools such as FMEA. These interviews enhanced the understanding of current practices and internal perceptions regarding saturation risks. The FMEA method identified and assessed critical failures contributing to saturation, while the Pareto diagram was used to prioritize the main causes. The development of a risk map provided a clear representation of vulnerabilities, supporting a proactive and structured risk management approach within EPAL's storage system.

The findings lead to strategic proposals centered on a deep system transformation, including improved segmentation of storage spaces, targeted reinforcement of material resources, and integration of intelligent tracking technologies. This comprehensive risk management approach aims to equip EPAL with a more agile system capable of absorbing growing operational complexity, preventing logistical bottlenecks, and sustainably enhancing the performance and security of supply chains.

Keywords: Storage Area Saturation, Risk Management, Port Performance, Semi-structured interviews, FMEA, Risk Mapping, Logistics Optimization.

الملخص

يشكل تشبع مناطق التخزين عاملاً رئيسياً في تعطل العمليات داخل الموانئ الحديثة، وخاصة في شركة الموانئ الجزائرية (EPAL) ، حيث يؤدي تزايد كثافة التدفقات إلى تعقيد الإدارة بشكل متزايد. وعندما يستمر هذا التشبع، فإنه يسبب مجموعة من الاختلالات الهيكلية والوظيفية المهمة، مثل ازدحام السفن في المرسى، واضطراب تدفقات اللوجستيات، والعديد من العواقب الأخرى التي تؤثر مباشرة على انسيابية العمليات، والأداء العام للميناء، وقدرته على الصمود أمام الاضطرابات.

يعتمد هذا العمل على منهجية دقيقة تجمع بين تحليل البيانات الفعلية، والملاحظة الميدانية، وإجراء مقابلات شبه موجهة مع ستة إطارات من مؤسسة الموانئ الجزائرية ، إلى جانب استخدام أدوات تحليل المخاطر كطريقة AMDEC. ساهمت هذه المقابلات في تعميق فهم الممارسات الحالية والتصورات الداخلية تجاه مخاطر التشبع. وقد مكّنت طريقة AMDEC من تحديد وتقييم الأعطاب الحرجة التي تؤثر على ظاهرة التشبع، في حين استُخدم مخطط باريتو لترتيب الأسباب حسب أولويتها. كما أنجزت خريطة للمخاطر قدّمت تصوراً واضحاً لنقاط الضعف، مما ساعد على اعتماد نهج وقائي ومنظم لإدارة المخاطر داخل نظام الإيداع في شركة الموانئ الجزائرية.

تؤدي النتائج المحققة إلى صياغة مقترحات استراتيجية تتمحور حول تحول عميق للنظام، يشمل تحسين تقسيم مناطق التخزين، وتعزيز الموارد المادية بشكل مستهدف، ودمج تقنيات التتبع الذكي. تهدف هذه المقاربة الشاملة لإدارة المخاطر إلى تجهيز شركة الموانئ الجزائرية بنظام أكثر مرونة، قادر على استيعاب التعقيد المتزايد للعمليات، ومنع مخاطر الاختناق اللوجستي، وتعزيز الأداء والأمان المستدام لسلاسل التوريد.

الكلمات المفتاحية: تشبع مناطق التخزين، إدارة المخاطر، الأداء المينائي، مقابلات شبه موجهة AMDEC، خريطة المخاطر، تحسين اللوجستيات.

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je rends grâce à Dieu, source de force, de patience et de persévérance, sans laquelle l'aboutissement de ce travail n'aurait été possible.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma famille, pour son soutien constant, ses encouragements et sa confiance tout au long de mon parcours académique.

Je remercie sincèrement mes amies pour leur soutien et pour la bonne compagnie qu'elles m'ont apportée tout au long de cette aventure.

Mes remerciements sincères s'adressent à mon encadreur Pr AMOKRANE Mustapha, pour son accompagnement méthodique, ses conseils précieux et sa disponibilité tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Je souhaite également remercier l'ensemble du personnel de l'Entreprise Portuaire d'Alger pour leur accueil, leur disponibilité et les orientations pertinentes qu'ils m'ont apportées durant mon stage.

Enfin, je n'oublie pas toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. Qu'elles trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

CHEMALI Amani

REMERCIEMENTS

Je tiens, en premier lieu, à exprimer ma profonde gratitude à Dieu Tout-Puissant, source de force, de sagesse et de patience, qui m'a permis de mener à bien ce travail dans les meilleures conditions.

J'adresse mes sincères remerciements à ma famille pour son soutien indéfectible, son amour constant et sa présence rassurante tout au long de ce parcours académique. Leur confiance en moi a été une source précieuse de motivation.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à l'ensemble du personnel de l'Entreprise Portuaire d'Alger pour leur accueil, leur disponibilité et leur précieuse collaboration. Grâce à leur encadrement, leurs conseils et les informations partagées, j'ai pu réaliser ce travail dans un cadre professionnel enrichissant.

Enfin, je me félicite humblement pour les efforts consentis et la persévérance dont j'ai su faire preuve tout au long de ce parcours.

Sadjia

SOMMAIRE

RESUME.....	I
REMERCIEMENT.....	V
TABLE DES MATIERES.....	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	X
LISTE DES FIGURES.....	XI
LISTE DES ABREVIATIONS.....	XII
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE01 : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE CONCEPTUEL.....	09
Section 01 : la revue de la littérature	10
1. la chaine logistique portuaire.....	10
2. Le management des risques.....	11
3. L’entreposage des conteneurs.....	13
4. La saturation des zones d’entreposage à conteneurs.....	15
Section 02 : le cadre conceptuel.....	17
I. Le système portuaire.....	17
1.1 Définition et typologie d’un port.....	17
1.1.1 Classification selon localisation.....	19
1.1.2 Classification selon mission	20
1.1.3 Classification selon nature	20
1.1.4 Classification selon stratégie de développement.....	21
1.2 La chaine logistique portuaire.....	23

1.2.1	Notion de chaine logistique portuaire	23
1.2.2	Les acteurs de la chaine logistique portuaire.....	24
1.2.3	Processus de la chaine logistique portuaire.....	28
1.2.4	Enjeux et défis de la chaine logistique portuaire.....	32
1.3	Le rôle du port dans la chaine logistique	33
1.3.1	Plateforme de consolidation et de distribution.....	33
1.3.2	Interface intermodale.....	34
1.3.3	Un acteur stratégique de la chaine logistique mondiale.....	34
1.3.4	Un catalyseur de l'économie locale et régionale.....	34
II.	La saturation des zones d'entreposage portuaire.....	34
2.1	La conteneurisation.....	35
2.1.1	Historique et évolution de la conteneurisation.....	35
2.1.2	Définition et types des conteneurs.....	37
2.1.3	Numérotation et marquage des conteneurs.....	41
2.1.4	Numérisation de la gestion des conteneurs	44
2.2	L'entreposage dans un port.....	45
2.2.1	Les zones d'entreposage portuaires et ses types.....	45
2.2.2	Les stratégies d'entreposage.....	48
2.2.3	Fonctionnement des moyens de manutention	51
2.2.4	Les apports des technologies modernes à l'entreposage	53
2.3	La saturation des zones d'entreposage	54
2.3.1	Indicateurs de la saturation des zones	55
2.3.2	Les causes principale de la saturation.....	57
2.3.3	Conséquences de la saturation sur la gestion portuaire.....	59
2.3.4	Stratégies de prévention de la saturation	60
III.	Management des risques portuaire.....	61
3.1	Fondements du management des risques.....	61
3.1.1	Notion des risques et ses typologies.....	64
3.1.2	Le management des risques et ses principes.....	64

3.1.3 Standards et normes pour le management des risques.....	67
3.1.4 Le management des risques portuaires.....	68
3.2 Processus de management des risques.....	69
3.2.1 Communication et consultation.....	70
3.2.2 Périmètre d’application, contexte et critères.....	70
3.2.3 Appréciation du risque.....	71
3.2.4 Traitement du risque.....	72
3.2.5 Suivi et revue.....	73
3.2.6 Enregistrement et élaboration de rapports.....	73
3.3 Méthode et outils d’analyse des risques.....	73
3.3.1 Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité	73
3.3.2 Checklist ou Audit de sécurité.....	75
3.3.3 Analyse Probabiliste des Risques	77
3.3.4 HAZOP.....	79
CHAPITRE 02 : CADRE METHODOLOGIQUE ET ORGANISATIONNEL.....	81
Section01 : méthodologie de la recherche.....	81
1.1 Positionnement épistémologique de recherche.....	82
1.2 Méthode et démarche de la recherche	83
1.3 Les outils de collecte des données	83
1.4 Analyse des données.....	86
Section02 : contexte organisationnels.....	87
2.1 Historique de l’EPAL.....	87
2.2 Présentation de l’EPAL.....	89
2.3 Structure et organisation du EPAL.....	90
2.4 Système d’entreposage de l’EPAL.....	95
CHAPITRE 03 : ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS	102
Section 01 : Analyse du problème de la saturation à l’EPAL.....	103

1.1 Visualisation des indicateurs de la saturation.....	103
1.2 Identification des causes de la saturation.....	106
1.3 L'impact de la saturation sur la performance de l'EPAL.....	110
Section 02 : Évaluation du processus de management des risques à l'EPAL.....	115
2.1 État des lieux du management des risques à l'EPAL.....	115
2.2 Mise en œuvre du management des risques face à la saturation des zones d'entreposage	118
2.3 Limites du dispositif actuel.....	132
Section 03 : Discussion des résultats et recommandations.....	134
3.1 Analyse critique des résultats obtenus.....	134
3.2 Comparaison avec la littérature.....	135
3.3 Recommandations et implication	135

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

LES ANNEXES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Classification des ports selon la stratégie de développement.....	22
Tableau N°02 : Les dimensions de conteneurs standard.....	38
Tableau N°03 : Les dimensions des conteneurs high cube.....	38
Tableau N°04 : Les dimensions des conteneurs frigorifique.....	38
Tableau N°05 : Les dimensions des conteneurs toit ouvert.....	39
Tableau N°06 : Les dimensions de conteneurs flat-rack.....	40
Tableau N°07 : Profil des personnes interviewées.....	85
Tableau N°08 : Fiche technique de l'EPAL	89
Tableau N°09 : Equipement et matérielle logistique de l'EPAL.....	94
Tableau N°10 : Capacité d'entreposage dans la zone centre.....	98
Tableau N°11 : Capacité d'entreposage dans la zone sud.....	98
Tableau N°12 : La fiche synthétique des entretiens sur les causes de la saturation.....	106
Tableau N°13 : La fiche synthétique des entretiens sur les conséquences de la saturation	111
Tableau N°14 : La fiche synthétique des entretiens sur le processus de management des risques.....	116
Tableau N°15 : Analyse SWOT.....	120
Tableau N°16 : Critères d'évaluation des risques.....	121
Tableau N°17 : Classification des risques.....	123
Tableau N°18 : Tableau d'analyse AMDEC.....	124
Tableau N°19 : Les stratégies de traitement.....	128
Tableau N°20 : Plan d'action des risques liés à la saturation des zones d'entreposage...	130

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Type des conteneurs.....	41
Figure 2 : Marquage des conteneurs.....	44
Figure 3 : Les principes de management des risques	65
Figure 4 : Le processus de management des risques	70
Figure 5 : Organigramme de l'EPAL.....	90
Figure 6 : Organisation commercial et répartition des zones opérationnelle.....	97
Figure 7 : Représentation graphique de l'évolution du taux d'occupation de l'EPAL ...	104
Figure 8 : Représentation graphique de l'évolution du séjour moyen des conteneurs ...	105
Figure 9 : Diagramme en bâtons de débarquement et livraison (EVP) par semaine.....	109
Figure 10 : diagramme de Pareto.....	126
Figure 11 : Cartographie des risques	127
Figure 12 : Organisation des parcs selon recommandation.....	138

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AS/RS : automated storage and retrieval system

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

APR : Analyse Probabiliste des Risques

CEI/IEC : commission électrotechnique international

CNUCED : Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement

CSC : Convention for Safe Containers

CU CAP : Cubic Capacity (Capacité volumétrique du conteneur)

DCL : Direction Centrale de la Logistique

DOCG : Direction de l'Organisation, du Contrôle de Gestion et du SMQ

DPI : Direction de la Planification et de l'Informatique

DTC : Direction Terminal et Conteneurs

EDI : Échange de Données Informatisé

EPAL: Entreprise Portuaire d'Alger

EVP: Equivalent veins pied

FMEA: Failure Modes and Effects Analysis

FMECA: Failure Modes, Effects and Criticality Analysis

FTA: Fault Tree Analysis

GESTCONT : Système informatique interne de gestion des conteneurs

GESTPORT : Système informatisé de gestion portuaire

IANOR : l'Institut Algérien de Normalisation

IoT : Internet of Things

ISO : International Organization for Standardization

ISO 31000 : Norme internationale de management des risques

ISO 31010 : Norme sur les techniques d'évaluation des risques

KPI: key performance indicator

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

OOG: Out Of Gauge

PBFT: Practical Byzantine Fault Tolerance

PMBOK: Project Management Body of Knowledge

PMS : Port Management System

Python : Langage de programmation (utilisé dans les analyses)

QHSE : Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement

RAID : Réseau d'Aide à l'Information Décisionnelle

RFID: Radio Frequency Identification

RMG: Rail-mounted gantry cranes

RTG: Rubber-tyred gantry cranes

RPN: Risk Priority Number

SI : Systèmes d'Information

SMQ : Système de Management de la Qualité

SWOT: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

TARE: Poids du conteneur vide

TOS: Terminal Operating System

Introduction générale

1. Contexte et objectifs de la recherche

Nous exposerons le contexte, le choix de l'entreprise et l'objectif poursuivi par cette étude.

1.1. Contexte de la recherche

Dans un contexte mondial en constante évolution, les ports maritimes jouent aujourd'hui un rôle stratégique majeur au cœur des échanges économiques internationaux. Ils ne se limitent plus à être de simples interfaces entre la mer et la terre, mais se sont transformés en véritables plateformes logistiques intégrées, où se coordonnent des flux physiques, informationnels et financiers au sein d'une chaîne logistique complexe (Rodrigue & Notteboom, 2020). Cette évolution a fait des ports des points névralgiques pour la gestion des flux commerciaux mondiaux, et leur rôle dépasse désormais leur fonction traditionnelle de transbordement de marchandises, en devenant essentiel à la fluidité des échanges internationaux.

Les zones d'entreposage, au sein de ces infrastructures portuaires, occupent une place fondamentale. Elles assurent le stockage temporaire des marchandises en transit et sont essentielles au bon déroulement des opérations logistiques portuaires. Leur rôle est crucial pour la gestion du temps, la planification des flux et la gestion des stocks, car l'efficacité des opérations portuaires dépend largement de leur capacité à stocker les marchandises dans des conditions optimales et à permettre une circulation fluide au sein du terminal.

Cependant, ces zones d'entreposage font face à une pression croissante, liée à diverses contraintes opérationnelles. L'augmentation continue du trafic maritime, la généralisation de la conteneurisation et la hausse des besoins logistiques mondiaux exercent une pression considérable sur les espaces portuaires. Le volume des marchandises à traiter augmente chaque année, mettant à rude épreuve la capacité de stockage disponible, l'organisation des espaces et l'efficacité des opérations. Ce phénomène est particulièrement marqué dans les ports en développement, où les infrastructures peinent à suivre le rythme de cette croissance exponentielle. La saturation des zones d'entreposage devient ainsi un problème récurrent, générant des retards, des encombrements, des surcoûts et une dégradation des performances des terminaux (Boureba & Benhamla, 2020 ; Abdoli, 2021).

Le port d'Alger, principal point d'entrée maritime de l'Algérie, est particulièrement exposé à ces problématiques. Bien qu'il soit stratégique pour l'économie nationale, il souffre de plusieurs limitations, notamment en matière d'infrastructures, de modernisation des outils

de gestion logistique, et d'une coordination parfois insuffisante entre les acteurs de la chaîne logistique. Ces défis conduisent fréquemment à des situations de saturation des zones d'entreposage, ce qui nuit à l'efficacité globale du port (Di Nouredine et al., 2022). En conséquence, le port d'Alger peine à répondre à l'augmentation du trafic maritime, affectant ses performances opérationnelles et limitant son potentiel de développement à long terme.

Dans ce contexte, la question de la saturation des zones d'entreposage dans le port d'Alger est un sujet d'actualité crucial pour l'amélioration de son efficacité logistique. Une gestion optimisée de ces espaces est indispensable pour alléger les pressions sur le port, réduire les retards, minimiser les coûts et améliorer la performance globale du terminal.

1.2. Choix de l'Entreprise

L'étude a été menée au sein de l'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL), en raison de sa place centrale dans le dispositif logistique national et de la récurrence des problèmes liés à la saturation de ses zones d'entreposage. Le choix de ce terrain de recherche repose sur trois raisons principales :

- la pertinence du port d'Alger comme cas représentatif des ports en développement confrontés à des contraintes similaires ;
- l'accès à des données internes, notamment à travers des entretiens avec les acteurs portuaires et l'analyse de documents organisationnels ;
- l'intérêt stratégique que représente l'amélioration de la performance logistique pour le développement économique du pays.

1.3. Objectifs de la recherche

La présente recherche s'inscrit dans une perspective d'analyse et de prévention des risques logistiques au sein d'une infrastructure portuaire en développement. Elle vise les objectifs suivants :

- Identifier les causes principales de la saturation des zones d'entreposage dans le port d'Alger ;
- Évaluer les impacts de cette saturation sur les performances opérationnelles du terminal (délais, coordination, fluidité, coûts) ;
- Appliquer la méthode AMDEC pour identifier, classifier et hiérarchiser les risques ;

- S'appuyer sur le processus de management des risques défini par la norme ISO 31000 pour proposer des actions correctives réalistes et adaptées ;
- Fournir des recommandations pratiques à destination des gestionnaires portuaires.

2. Problématique de la recherche

La saturation des zones d'entreposage constitue une problématique critique dans les ports en développement, où les capacités logistiques sont souvent limitées face à l'augmentation continue des flux de marchandises. Dans le cas du port d'Alger, cette saturation perturbe les opérations de manutention, rallonge les délais de traitement des conteneurs, et génère des coûts logistiques supplémentaires. Elle représente un risque majeur pour la performance et la compétitivité du terminal.

À partir de ce constat, la question de recherche formulée est la suivante :

Dans quelle mesure la saturation des zones d'entreposage constitue-t-elle un facteur de risque pour l'efficacité opérationnelle du port d'Alger ?

Cette question principale est accompagnée des sous-questions suivantes :

- Quels sont les principaux facteurs (organisationnels, techniques, externes) à l'origine de la saturation des zones d'entreposage au port d'Alger ?
- Quelles sont les conséquences logistiques et économiques de cette saturation ?
- Comment le management des risques, et plus particulièrement la méthode AMDEC, peut-il permettre de hiérarchiser les risques identifiés ?
- Quelles sont les pistes d'amélioration envisageables pour optimiser l'utilisation des zones de stockage et atténuer les risques associés ?

3. Hypothèses de la recherche

À partir des premières observations sur le terrain et des apports de la littérature scientifique, cette étude se propose de vérifier les hypothèses suivantes :

- **H1** : Le manque de moyens matériels, technologiques et organisationnels adaptés est l'une des causes principales de la saturation des zones de stockage ;

- **H2** : L'insuffisance de coordination logistique et la faible intégration entre les différents acteurs portuaires accentuent les dysfonctionnements liés à la gestion des zones d'entreposage ;
- **H3** : La saturation des espaces de stockage entraîne une détérioration des indicateurs de performance du terminal, notamment par une hausse des délais de traitement, une perte de productivité et une augmentation des coûts d'exploitation ;
- **H4** : L'application de la méthode AMDEC permet de diagnostiquer les défaillances critiques dans la gestion des zones d'entreposage et de proposer des actions correctives pour atténuer les risques associés.

4. Cadre Théorique

Cette recherche repose sur un cadre théorique articulé autour de trois axes fondamentaux, permettant d'analyser de manière intégrée les enjeux liés à la saturation des zones d'entreposage dans un environnement portuaire. Le premier axe mobilise les travaux de Baron et Guérin (2017) ainsi que ceux de Rodrigue et Notteboom (2020), qui considèrent la chaîne logistique portuaire comme un système complexe et interdépendant, nécessitant coordination, fluidité des opérations et réactivité face aux perturbations. Le deuxième axe s'appuie sur les contributions d'Amodeo et Yalaoui (2018) ainsi que d'Elmi (2022), en abordant les problématiques spécifiques à la gestion des zones d'entreposage, telles que la planification spatiale, la gestion dynamique des flux et l'intégration de solutions technologiques pour optimiser les capacités de stockage. Enfin, le troisième axe se réfère aux cadres normatifs du PMBOK Guide (Project Management Institute, 2017) et de la norme ISO 31000 (ISO, 2018) pour structurer l'approche de management des risques. Ces deux référentiels proposent une démarche systématique comprenant l'identification, l'analyse, l'évaluation et le traitement des risques, tout en insistant sur la planification, la communication et le suivi. Ce cadre conceptuel combiné permet ainsi d'appréhender la problématique de manière transversale, en croisant les dimensions logistiques, opérationnelles et méthodologiques essentielles à l'analyse et à la gestion des risques liés à la saturation des zones de stockage.

5. La méthodologie utilisée

Afin de répondre de manière rigoureuse à la problématique posée, cette recherche adopte une approche mixte, combinant des méthodes qualitatives et quantitatives dans le cadre

d'une étude de cas centrée sur l'entreprise portuaire d'Alger. Cette approche permet de croiser les perceptions des acteurs de terrain avec des données empiriques mesurables, en vue d'obtenir une compréhension approfondie et intégrée du phénomène étudié. Cinq outils méthodologiques sont mobilisés :

- Des entretiens semi-directifs menés auprès des directeurs, responsables et agents de l'EPAL, afin de recueillir des informations détaillées sur les pratiques existantes, les perceptions des risques liés à la saturation, ainsi que les mécanismes de gestion actuellement en place ;
- Une observation directe sur le terrain, réalisée dans les zones d'entreposage du port, permettant d'analyser les flux logistiques, de repérer les dysfonctionnements organisationnels et d'interpréter les pratiques en contexte réel ;
- Une analyse documentaire, fondée sur l'exploitation de rapports d'activité, tableaux de bord, schémas logistiques, et statistiques internes relatifs à la gestion du trafic conteneurisé ;
- Une analyse quantitative des données d'exploitation portuaire, portant spécifiquement sur les volumes hebdomadaires de débarquement et de livraison des conteneurs, le taux d'occupation des zones d'entreposage, ainsi que le séjour moyen des conteneurs. Ces indicateurs clés permettent d'objectiver l'ampleur de la saturation et d'en évaluer l'évolution sur la période d'étude ;
- L'application de la méthode AMDEC, en tant qu'outil d'analyse systématique des défaillances potentielles, servant à évaluer la criticité des risques selon des critères de fréquence, de gravité et de détectabilité.

Cette méthodologie est structurée autour du référentiel de management des risques de la norme ISO 31000 :2018, qui constitue le cadre directeur de l'analyse et oriente la formulation des recommandations stratégiques à destination de l'EPAL.

6. Structure du mémoire

Ce mémoire s'organise en trois chapitres principaux, articulés de manière à répondre méthodiquement à la problématique posée.

Le premier chapitre constitue le socle théorique de l'étude. Il s'appuie sur une revue de la littérature explorant trois axes fondamentaux : la chaîne logistique portuaire, le management

des risques et la gestion de l'entreposage, avec une attention particulière portée à la problématique de la saturation. Cette revue est suivie d'un cadre conceptuel qui structure l'analyse en trois sections complémentaires. La première définit les principales typologies portuaires et met en lumière le rôle stratégique du port dans la chaîne logistique mondiale. La deuxième section traite de la saturation des zones d'entreposage, en examinant les types de conteneurs, les modes de gestion de l'entreposage, ainsi que les facteurs à l'origine de cette saturation. La dernière section est consacrée au management des risques portuaires, en présentant les principales normes, processus et outils d'analyse mobilisés pour prévenir et gérer les risques liés aux opérations logistiques.

Le deuxième chapitre est consacré au cadre méthodologique et organisationnel de la recherche. Il comprend deux sections complémentaires. La première section, intitulée La méthodologie de la recherche présente la démarche scientifique adoptée. Elle expose le positionnement épistémologique de l'étude, la méthode de recherche retenue, les outils de collecte des données utilisés (entretiens semi-directifs, observation directe, analyse documentaire, analyse des données d'exploitation, méthode AMDEC), ainsi que les modalités d'analyse des données, dans le cadre d'une approche mixte. La deuxième section est consacrée au contexte organisationnel de l'étude. Elle décrit les principales caractéristiques structurelles et fonctionnelles de l'EPAL, et détaille le processus d'acheminement et de traitement des conteneurs, permettant ainsi de situer l'analyse dans son environnement opérationnel réel.

Le troisième chapitre, intitulé « Analyse et discussion des résultats », est consacré à l'interprétation approfondie des données recueillies et à l'évaluation des dispositifs en place. Il s'ouvre par une première section dédiée à l'analyse du problème de la saturation au sein de l'EPAL, à travers la visualisation des indicateurs clés, l'identification des causes de la saturation et l'étude de ses impacts sur la performance logistique et organisationnelle du port. La deuxième section est consacrée à l'évaluation du processus de management des risques à l'EPAL. Elle présente l'état actuel de la gestion des risques au sein de l'entreprise, la mise en œuvre du processus face à la problématique de saturation des zones d'entreposage, ainsi que les limites observées dans le dispositif existant.

Enfin, la troisième section est dédiée à la discussion des résultats et à la formulation de recommandations. Elle propose une analyse critique des constats effectués, les confronte aux apports de la littérature scientifique, et aboutit à des recommandations opérationnelles visant

à renforcer la résilience logistique de l'EPAL, en s'appuyant notamment sur le cadre normatif du management des risques (ISO 31000).

La conclusion générale du mémoire viendra récapituler l'ensemble de la démarche de recherche, répondre à la problématique initiale, et proposer des pistes d'amélioration ainsi que des perspectives de recherche future autour de la gestion des zones d'entreposage portuaire.

Chapitre 01 : la revue de la littérature et le cadre conceptuelle

Chapitre 01 : revue de littérature et cadre conceptuel

Ce chapitre présente les concepts clés de la chaîne logistique portuaire, de l'entreposage et du management des risques dans un contexte portuaire. Il définit la chaîne logistique portuaire, explore l'évolution des ports vers des hubs logistiques intégrés et analyse la saturation des zones d'entreposage. Enfin, il aborde le management des risques et son application au port d'Alger, posant ainsi les bases de la problématique de cette étude.

Section 01 : La revue de la littérature

1. La chaîne logistique portuaire

La chaîne logistique portuaire se distingue par sa structure en maillage complexe, où chaque acteur joue un rôle clé dans le bon déroulement des opérations. Selon Baron et Guérin (2017), un port ne se limite pas à être une simple interface entre le maritime et le terrestre, mais un véritable carrefour d'activités logistiques. La coordination entre les acteurs clés du port, tels que les autorités portuaires, les transitaires, les manutentionnaires et les transporteurs, est cruciale pour assurer la fluidité des échanges. La synchronisation de ces acteurs est donc essentielle, car toute défaillance dans cette coordination peut entraîner des retards significatifs et affecter la performance du port. Ossama et Mohamed (2023) soulignent que l'évolution des ports modernes les amène à se positionner non seulement comme des points de transit, mais également comme des hubs logistiques intégrés au cœur de la supply chain globale, offrant des services de valeur ajoutée tels que le transbordement, la consolidation des cargaisons, et la gestion des flux d'informations.

Pour accompagner cette évolution, la mise en place de technologies avancées devient indispensable. Kakou, Houssaini et Mamad (2023) soulignent l'importance pour un port de gérer simultanément les flux physiques et informationnels, ce qui est essentiel pour garantir l'efficacité de la chaîne logistique. La gestion des flux physiques, depuis l'arrivée du navire jusqu'à l'évacuation des marchandises, nécessite des solutions logistiques avancées. Toutefois, un défi majeur réside dans la nécessité de garantir la fluidité des opérations tout en optimisant les coûts. En raison de sa dimension multi-acteurs, la chaîne logistique portuaire peut être sujette à des conflits d'intérêts entre les parties prenantes, ce qui nécessite des mécanismes de gouvernance adaptés pour faciliter la coordination.

De plus, la gestion des flux physiques dans un port est étroitement liée à la gestion des flux d'informations. Pour optimiser la circulation des marchandises, il est essentiel d'assurer une

communication fluide entre tous les acteurs. Comme le note Jalal (2016), l'adoption de systèmes d'information portuaires tels que les Port Community Systems ou les TOS (Terminal Operating Systems) permet de gérer efficacement les informations relatives aux arrivées des navires, à l'état des stocks et aux exigences douanières. Ces systèmes sont indispensables pour une planification efficace des opérations et une gestion optimisée des ressources. Jalal (2016) met également en avant que la numérisation des processus dans la chaîne logistique portuaire facilite une vision intégrée des activités, permettant ainsi des prises de décision plus éclairées et la réduction des coûts.

Enfin, Baron et Guérin (2017) soulignent que la concurrence croissante entre les ports incite ces derniers à innover constamment pour améliorer leur efficacité. Les ports modernes doivent répondre à des exigences de compétitivité en termes de rapidité, de coûts et de qualité des services. Cela passe par l'amélioration continue des processus logistiques internes et l'intégration de solutions technologiques et écologiques, afin de répondre aux enjeux du transport durable. La coopération entre les ports et les autres acteurs de la chaîne logistique, comme les aéroports et les entreprises de transport terrestre, devient également essentielle pour garantir une gestion optimale des flux. Une approche collaborative entre ces acteurs est indispensable pour créer des réseaux de transport intermodaux, permettant ainsi de réduire les coûts et de fluidifier les échanges.

2. Le management des risques

En complément de ces approches logistiques, dans son ouvrage *Management des risques*, Pascal Kerebel (2016) définit le risque comme un événement incertain, dont la survenue pourrait compromettre tout ou partie des objectifs d'une organisation. Le management des risques vise ainsi à anticiper ces événements indésirables, à en évaluer l'impact potentiel, et à élaborer des réponses adaptées pour en limiter les effets. L'auteur propose une démarche structurée en plusieurs étapes : identification des risques, analyse (évaluation de la probabilité et de la gravité), hiérarchisation, élaboration de plans d'actions (réduction, transfert, acceptation ou évitement), puis suivi et actualisation continue. Cette approche s'appuie fortement sur la cartographie des risques, outil central permettant de visualiser l'ensemble des menaces et de prioriser les efforts en fonction de leur criticité.

L'ouvrage offre un cadre rigoureux de gestion des risques, mais il présente certaines limites. Contextuellement, les spécificités des environnements logistiques portuaires ne sont pas directement abordées. Méthodologiquement, l'approche est générique et n'est pas adaptée à

des applications dans des secteurs spécifiques comme les ports. Opérationnellement, la mise en œuvre de la démarche proposée suppose des ressources en compétences et en outils qui peuvent être limitées dans certains contextes.

Le management des risques s'impose aujourd'hui comme un processus structurant pour toute organisation confrontée à l'incertitude et à des environnements complexes. Alaoui et Dhiba (2020), dans leur article « Le management des risques : Cadre théorique », définissent ce concept comme un processus systématique d'identification, d'évaluation, de traitement et de suivi des risques susceptibles d'affecter les objectifs d'une organisation. Les auteurs insistent sur l'évolution du risque, passé d'un simple aléa isolé à une approche globale intégrant la vulnérabilité organisationnelle, la probabilité d'occurrence et l'impact potentiel. Le management des risques, tel qu'ils le décrivent, repose sur une démarche proactive, permettant de prévenir les perturbations, de limiter les pertes, et de renforcer la résilience des structures. Ce cadre théorique s'applique parfaitement au contexte portuaire, où les zones d'entreposage sont exposées à des risques logistiques et opérationnels importants, notamment en cas de saturation ou de déséquilibre entre les flux entrants et sortants.

L'approche globale pourrait être trop théorique et manquer d'applications concrètes et adaptées à la gestion des risques dans les ports maritimes, particulièrement en ce qui concerne la saturation des zones d'entreposage.

Le cadre pourrait ne pas offrir de solutions spécifiques pour les ports avec des infrastructures en développement ou une gestion des risques encore embryonnaire.

Le « Guide du CORPUS DES CONNAISSANCES EN MANAGEMENT DE PROJET » (PMBOK) constitue une référence en matière de gestion de projet. Il consacre un chapitre entier au management des risques, qu'il définit comme l'ensemble des processus permettant d'identifier, d'analyser et de répondre aux risques dans un projet. Le guide propose une démarche structurée en six étapes : planification, identification, analyse qualitative, analyse quantitative, planification des réponses, suivi et contrôle. Ce modèle est reconnu pour sa rigueur méthodologique et son adaptabilité à différents secteurs.

Dans leur article « Évolution des risques : de la gestion du risque simple au Management des risques », Rannane et Talbi (2017) décrivent la transformation progressive de la gestion des risques, d'une approche axée sur des événements isolés et ponctuels vers une approche plus intégrée et systémique. Les auteurs insistent sur la nécessité d'une vision globale qui dépasse la simple identification des risques pour prendre en compte leur interconnexion, leur

évolution dans le temps, et les répercussions en chaîne. En ce sens, le management des risques dans les ports, notamment en ce qui concerne la saturation des zones d'entreposage, doit adopter une approche proactive et adaptée à la complexité des systèmes logistiques portuaires. Cette évolution implique non seulement la gestion des risques liés à la congestion des quais et au stockage des conteneurs, mais aussi la mise en place de mécanismes de prévention et de résilience pour anticiper les perturbations potentielles et leur impact sur l'ensemble du système portuaire.

L'approche systémique du management des risques proposée par les auteurs est pertinente, mais présente des limites. Contextuellement, elle est inspirée d'environnements complexes souvent bien structurés, ce qui limite sa pertinence dans des cadres plus contraints. Méthodologiquement, l'absence de validation empirique sur des terrains à faibles ressources réduit l'opérationnalité du modèle. Opérationnellement, la complexité de la mise en œuvre des mécanismes de prévention évoqués peut constituer un obstacle important dans certains contextes logistiques.

3. L'entreposage des conteneurs

Les études sur l'entreposage et la conteneurisation dans les ports se rejoignent autour de l'importance stratégique de la gestion des espaces de stockage pour assurer la fluidité des opérations logistiques et optimiser les coûts. Amodeo et Yalaoui (2018), D'Avignon et Miller (2015), Kassabian (2019), et Di Nouredine et al. (2022) abordent chacun à leur manière la problématique du stockage et de la conteneurisation, mais leurs perspectives diffèrent quant aux solutions proposées et aux défis identifiés.

Amodeo et Yalaoui (2018) proposent une approche détaillée des méthodes de stockage (par allées, par blocs, dynamique, etc.), en insistant sur l'importance de l'adaptation des techniques aux contraintes d'espace et aux spécificités des marchandises. Ils soulignent également l'importance de la planification pour éviter la saturation des zones de stockage, un problème récurrent dans les ports confrontés à une croissance rapide des volumes. D'un autre côté, D'Avignon et Miller (2015) mettent l'accent sur des méthodologies de gestion des stocks telles que le JIT et le FIFO, qui sont considérées comme des leviers d'optimisation de l'espace. Ces méthodes sont particulièrement adaptées dans des environnements où les volumes de conteneurs sont importants et où la réduction des coûts et des délais est cruciale.

Une convergence évidente entre les différentes études se trouve dans la nécessité d'optimiser les flux de marchandises pour éviter la saturation des espaces d'entreposage. Kassabian

(2019) met en avant des techniques spécifiques d'optimisation spatiale, en se concentrant sur la planification intelligente du stockage des conteneurs en fonction de plusieurs critères, tels que la date de sortie et le type de conteneur. De plus, l'utilisation des systèmes d'information pour ajuster la disposition des conteneurs en temps réel est soulignée comme essentielle. Cette approche est partagée par Di Nouredine et al. (2022), qui recommandent l'automatisation des opérations de suivi et l'amélioration de la coordination avec les transporteurs terrestres pour garantir une meilleure fluidité des mouvements dans les terminaux.

Une différence notable entre les études réside dans la prise en compte de la dimension technologique. D'Avignon et Miller (2015) et Kassabian (2019) insistent sur l'intégration des technologies modernes de gestion des entrepôts (WMS) et des systèmes d'information avancés pour optimiser les opérations. Ces solutions permettent une gestion en temps réel des mouvements et de l'afflux des marchandises, mais elles nécessitent des investissements importants. Les ports en développement, comme le port d'Alger, peuvent se retrouver limités par les coûts d'implémentation et par des infrastructures parfois insuffisantes. Cette contrainte est également mentionnée par Amodeo et Yalaoui (2018), qui soulignent que les solutions proposées peuvent ne pas être directement applicables dans des ports en cours de modernisation. Le manque d'infrastructure technologique représente un frein à l'application de certaines stratégies d'optimisation.

Un point de divergence important apparaît dans les problématiques spécifiques des ports en développement, comme celui d'Alger. Di Nouredine et al. (2022) soulignent les défis particuliers rencontrés par les terminaux algériens, notamment la mauvaise planification des livraisons et la saturation des zones de stockage, qui ralentissent les opérations. Les auteurs recommandent une réorganisation de l'espace physique et une meilleure synchronisation des acteurs logistiques. Cette analyse rejoint celle d'Amodeo et Yalaoui (2018), pour qui la saturation des zones d'entreposage dans un port en développement peut être exacerbée par l'absence d'une planification efficace et d'outils adaptés. Cette réalité soulève la question de l'alignement des méthodes théoriques et des contraintes pratiques rencontrées dans les ports en développement.

Un autre point de convergence se trouve dans l'importance de la coordination entre les différents acteurs de la chaîne logistique portuaire, tels que les transitaires, les manutentionnaires et les transporteurs. Amodeo et Yalaoui (2018) et Di Nouredine et al.

(2022) évoquent l'importance de la synchronisation des opérations pour éviter la saturation et garantir la fluidité des mouvements dans le terminal. Les recommandations pour l'automatisation des processus et la mise en place de systèmes de gestion intégrés (TOS) sont perçues comme des solutions clés pour résoudre les problèmes de coordination. Cependant, l'intégration de ces systèmes pose des défis en termes de formation, de coût et de complexité opérationnelle, en particulier dans les ports où les systèmes d'information sont peu développés.

Les différentes études se rejoignent sur plusieurs points importants concernant l'entreposage et la conteneurisation dans les ports, notamment sur la nécessité de bien planifier l'utilisation de l'espace, d'optimiser les flux et d'intégrer des technologies avancées pour la gestion des opérations portuaires. Cependant, elles divergent sur la faisabilité de certaines solutions dans les ports en développement, où les investissements en infrastructure et en technologie peuvent être un frein important. Les travaux suggèrent une approche plus nuancée pour ces ports, nécessitant des solutions adaptées à leurs spécificités contextuelles, telles que l'optimisation des flux avec des ressources limitées et l'amélioration de la coordination entre les acteurs.

4. La saturation des zones d'entreposage

La saturation des zones d'entreposage dans les ports représente un défi majeur pour l'efficacité des opérations portuaires et la compétitivité des infrastructures maritimes. Plusieurs études académiques se sont penchées sur les causes de cette saturation, ses effets, et les stratégies permettant de la prévenir ou de l'atténuer. L'analyse transversale de ces travaux montre que la gestion des espaces de stockage, la planification des flux de conteneurs et l'intégration de technologies avancées sont des éléments clés dans la lutte contre la saturation. Cependant, les solutions proposées ne sont pas exemptes de limites, particulièrement dans des contextes logistiques contraints.

L'origine de la saturation des zones d'entreposage dans les ports est liée à plusieurs facteurs internes et externes. Boureba et Benhamla (2020), dans leur étude sur les systèmes de stockage dans les terminaux portuaires, expliquent que les systèmes de stockage traditionnels, bien que fonctionnels dans des volumes modérés, manquent souvent de flexibilité face à l'augmentation des volumes de conteneurs. Ces systèmes souffrent de l'inadéquation entre la demande et la capacité d'accueil, entraînant une mauvaise gestion de l'espace et, par conséquent, une saturation des zones d'entreposage. L'inefficacité dans la

gestion des flux de conteneurs conduit à des congestions, des retards et une augmentation des coûts logistiques.

Cette saturation est aussi exacerbée par des facteurs externes, comme le soulignent Abdoli (2021) dans son article sur la congestion maritime. Il analyse les causes systémiques de la congestion dans les chaînes logistiques maritimes, notamment l'inadéquation entre les capacités portuaires et la demande croissante. L'auteur indique que la congestion commence souvent en mer avec les navires qui attendent leur tour pour se décharger. Cette situation est aggravée par une gestion inefficace des zones de stockage, créant des goulots d'étranglement. Abdoli souligne que la saturation des aires de stockage n'est pas seulement une conséquence de la congestion, mais aussi un facteur aggravant, entraînant un effet domino qui perturbe l'ensemble des opérations portuaires.

Par ailleurs, Elmi (2022), dans son mémoire sur le port de Radès, identifie le manque d'espace et l'organisation inefficace des conteneurs comme des facteurs clés de la congestion portuaire. L'auteur révèle que l'accumulation de conteneurs en attente de livraison ou d'évacuation génère non seulement une perte de fluidité, mais aussi une augmentation des coûts logistiques, ce qui aggrave la saturation.

Pour lutter contre la saturation des zones d'entreposage, diverses stratégies ont été proposées dans les études académiques. Boureba et Benhamla (2020) recommandent une réorganisation de l'espace de stockage en fonction des types de conteneurs et de leur priorité d'expédition. Ils suggèrent aussi l'optimisation des trajets de manutention et l'utilisation de logiciels de gestion de stock plus performants, qui permettent de mieux gérer l'espace disponible et d'optimiser les flux. En outre, l'intégration de technologies avancées dans la gestion des stocks permet d'anticiper les pics de trafic et d'éviter la congestion.

Abdoli (2021) plaide pour une gestion intégrée des risques logistiques dans les ports, en mettant l'accent sur la synchronisation des acteurs portuaires. Selon lui, cette coordination proactive permettrait de mieux gérer les pics de congestion et de réduire l'impact de la saturation des zones d'entreposage. L'auteur propose l'adoption de systèmes de gestion avancés, capables de suivre et d'ajuster les flux de manière dynamique et en temps réel.

Elmi (2022), dans son analyse du port de Radès, recommande l'introduction de systèmes informatisés pour gérer en temps réel les flux de conteneurs et améliorer la planification

dynamique des espaces. Il plaide également pour la sectorisation des zones de stockage, afin de mieux répartir les conteneurs en fonction de leur priorité et de leur destination. Cela permettrait de réduire la saturation et d'améliorer la fluidité des opérations portuaires.

Malgré leur pertinence, les solutions proposées par ces chercheurs présentent certaines limites, notamment en ce qui concerne leur applicabilité dans des ports en développement. Boureba et Benhamla (2020) reconnaissent que leurs recommandations sont principalement destinées à des environnements portuaires disposant de ressources technologiques et humaines suffisantes. Dans des contextes logistiques contraints, comme celui du port d'Alger, ces solutions peuvent être difficiles à mettre en œuvre en raison de l'absence d'infrastructures avancées et de la nécessité d'investissements lourds.

Abdoli (2021) souligne également que la synchronisation avancée des acteurs portuaires, requise pour une gestion fluide des flux, est une tâche complexe, difficile à réaliser dans des ports où la coordination entre les différents intervenants est encore insuffisante. De plus, l'adoption de technologies avancées pour la gestion des stocks et des flux nécessite des investissements en infrastructures et des formations, ce qui représente un obstacle majeur dans certains ports en développement.

Elmi (2022) avertit que certaines des solutions proposées, comme l'introduction de systèmes informatisés et la sectorisation des espaces, peuvent entraîner des coûts supplémentaires et nécessiter une formation spécialisée. Dans les ports où les ressources sont limitées, ces investissements peuvent être difficilement réalisables.

Section 02 : Cadre conceptuel

Le cadre conceptuel de ce travail repose sur trois axes théoriques principaux : le fonctionnement du système portuaire, la problématique de la saturation des zones d'entreposage et le management des risques. Ces notions sont étroitement liées à la réalité opérationnelle des ports, où l'efficacité logistique, la gestion de l'espace et l'anticipation des aléas jouent un rôle central.

I. Les fondements d'un système portuaire

Depuis l'Antiquité, les ports occupent une place stratégique dans les échanges commerciaux en tant que points de connexion entre les flux maritimes et terrestres (Notteboom & Winkelmanns, 2001). Leur rôle s'est renforcé avec la mondialisation, passant de simples points de transit régional à de véritables plateformes logistiques intégrées, au cœur des

chaînes d'approvisionnement mondiales (Parsons, 2011 ; Heaver, 2015). Dotés de technologies avancées, ils assurent aujourd'hui des fonctions complexes telles que le stockage, le tri, ou encore la gestion de l'information logistique (Meyer & Heilig, 2019). Leur capacité à traiter des volumes croissants tout en assurant l'interconnexion modale en fait des infrastructures économiques vitales à l'échelle internationale (Rodrigue, 2020 ; UNCTAD, 2020).

1.1 Définition et typologie d'un port

La compréhension du système portuaire passe d'abord par une définition claire du port en tant qu'infrastructure stratégique, ainsi qu'une présentation de ses différentes typologies en fonction de leur rôle, de leur localisation et de leurs fonctions logistiques.

1.1.1 Définition des ports

Le port peut être défini comme un espace géographique aménagé, situé au bord d'une mer, d'un fleuve ou d'un lac, servant d'interface entre le transport maritime et les modes terrestres. Il assure des fonctions de transit des marchandises et/ou des passagers (Techniques de l'Ingénieur, 2011), notamment à travers les opérations de chargement et de déchargement.

Historiquement perçu comme un simple plan d'eau protégé où les navires mouillaient à l'abri des intempéries, le port moderne regroupe aujourd'hui un ensemble d'équipements terrestres tels que quais, jetées, entrepôts et zones de stockage. Lorsqu'il est situé sur une façade maritime, il devient un point stratégique d'entrée pour les échanges internationaux, en particulier pour les cargaisons de grand tonnage.

Dans une perspective économique, le port est désormais considéré comme un complexe logistique intégré, combinant des infrastructures et des services destinés à assurer le passage fluide des marchandises entre les différentes chaînes de transport (Carbone & De Martino, 2003). Il remplit également des fonctions à valeur ajoutée telles que l'entreposage, l'emballage, la consolidation, ainsi que la gestion douanière et documentaire.

Au-delà de son rôle physique, le port est devenu un acteur logistique stratégique, connectant divers intervenants de la chaîne d'approvisionnement armateurs, chargeurs, opérateurs terrestres, logisticiens dans une logique d'inter modalité (Woo et al., 2015 ; Mangan et al., 2008). Comme le souligne Baudez (2012), il s'agit d'un nœud névralgique du commerce

maritime, structuré pour faciliter les opérations de transbordement et répondre aux exigences du commerce international.

Face à la mondialisation et à l'intensification de la concurrence entre chaînes logistiques, les ports cherchent à se positionner comme des plateformes performantes, technologiquement avancées et fortement interconnectées avec leur hinterland, consolidant ainsi leur rôle au sein des réseaux de transport globaux.

1.1.2 Typologie des ports

Les ports sont classifiés selon différents critères, notamment leur localisation géographique, leur statut, leur mission et selon la stratégie de développement.

Cette classification permet de mieux comprendre leur rôle dans le commerce international et leur impact sur les chaînes logistiques mondiales, chaque classification éclaire des aspects techniques, géographiques et fonctionnels différents.

1.1.2.1 Classification selon la localisation

La classification des ports selon leur localisation permet de distinguer les différentes fonctions et spécificités territoriales qu'ils remplissent dans le réseau logistique maritime.

a. Ports maritimes

Il s'agit d'une région géographique localisée sur le littoral d'une mer ou d'un océan ; aménagé et doté des installations nécessaires pour la réception, l'embarquement, le déchargement, l'approvisionnement et la réparation des navires, elle fait bureau de point de liaison logistique entre le transport maritime et les réseaux terrestres.

Du fait de leur exposition, ces ports doivent nécessairement une protection accumulée contre les vagues et le vent.

b. Ports fluviaux

Également Appelés aussi ports intérieurs sont situés sur le bord d'un fleuve, d'une rivière ou d'un Canal. Ils sont généralement installés sur une déviation ou une expansion naturelle du cours d'eau pour éviter que le courant ne gêne les activités portuaires.

Des ports fluviaux sont conçus de manière artificielle en excavant le sol pour ancien des bassins qui peuvent être atteints depuis le fleuve. Les principaux ports fluviaux se situent généralement à proximité des bouches de grands fleuves, où ils sont accessibles aux navires maritimes. Par conséquent, en considérant leur volume de trafic, on peut les assimiler à des ports maritimes.

c. Ports lacustres

Ils sont situés à la frontière d'un lac. Les ports lacustres comprennent les marinas de petite taille situées sur les rives des lacs de montagne, ainsi que les ports commerciaux d'envergure qui se trouvent sur les Grands Lacs.

d. Ports secs (dry ports)

Apparues plutôt récemment (depuis les années 1960 aux États-Unis), les zones sèches constituant une extension terrestre d'un port maritime, assumant divers rôles portuaires comme l'accueil des cargaisons, les formalités douanières, le stockage et la redistribution des cargaisons. Son rôle est de rapprocher le port de ses hinterlands, réduire la congestion portuaire et optimiser la chaîne logistique.

1.1.2.2 Classification selon la mission principale

Selon l'article 889 du code des ports maritimes algérien les ports sont classés selon leur mission en :

a. Ports militaires

- Rades aménagées pour stationner et réparer les bâtiments de guerre ;
- Présence d'arsenaux, chantiers navals et installations de défense côtière.

b. Ports de commerce

Sont réputés ports de commerce et classés dans cette catégorie, les ports destinés à assurer dans les meilleures conditions économiques et de sécurité, toutes les opérations d'embarquement et de débarquement de personnes, de marchandises et d'animaux vivants transitant du mode maritime au mode terrestre de transport et inversement ainsi que toutes les opérations liées à la navigation maritime.

c. Ports de pêche

Sont classés dans cette catégorie, les ports destinés à recevoir les navires armés à la pêche et à assurer la satisfaction des besoins et le développement de cette activité.

d. Ports de plaisance

Sont classés dans cette catégorie les ports aménagés pour permettre la satisfaction des besoins de la navigation de plaisance et le développement de cette activité.

1.1.2.3 Classification selon leur nature

Selon leur mode de gestion, on distingue les ports publics et privés.

- a. Les ports publics :** Ils sont soit directement gérés par le secteur public, soit gérés via un organisme privé, qu'il s'agisse d'une gestion directe par une collectivité locale ou d'une délégation de service public accordée par l'État, une collectivité locale ou un regroupement de collectivités locales.
- b. Les ports privés :** Les ports privés sont des ports appartenant à des entreprises privées ou à des particuliers, qui les utilisent pour leurs activités commerciales ou de plaisance.

1.1.2.4 Classification selon la stratégie de développement

Pour accompagner les mutations du commerce mondial et répondre aux attentes croissantes des acteurs, La CNUCED (2023) a procédé à une classification des ports selon un ensemble de critères à savoir, la stratégie et développement, services offerts, zones d'influence et degré d'informatisation.

Tableau N°01 : classification selon la stratégie de développement

	1^{ère} génération	2^{ème} génération	3^{ème} génération	4^{ème} génération
	Interface basique : interface entre 2 mode de transport (terre-mer)	L'expansion industrielle : centre de transport, d'activité industrielles et de commerce	Plateforme logistique : entre transport intégré et plateforme logistique pour le commerce international	Ecosystème réseaux
Stratégie et développement	Stratégie non structurée : absence de plan de développement à long terme, croissance souvent accidentelle	Expansion en volume. Service aux navires.	Orientation commerciale et rationalisation de l'espace portuaire	Internationalisation et diversification
Services offerts	Manutention, stockage traditionnels, non organisés. Domination de l'offre. Peu d'écoute des besoins	Industries de conditionnement et de transformation	Centre de distribution. Activités logistiques	Prestations logistiques élaborées pour les chargeurs.
Zone d'influence	Métiers Portuaire (activités sur les quais, juxtaposition des métiers).	Communauté portuaire, rapprochement du port et des usagers. Relations occasionnelles entre ville et port.	Communauté portuaire unie et active. Coordination des activités. Relations étroites entre ville et port	Coopération internationale entre communautés portuaires. Accords entre places portuaires. Prise de participation.
Système d'information	Peu développé.	Echanges d'informations	EDI	Réseaux EDI intégrés entre les places portuaires.

Source : classification selon Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement

1.2 La chaîne logistique portuaire

La compréhension du fonctionnement global de la chaîne logistique portuaire nécessite d'abord une définition claire de ce concept. Cela permet d'en cerner les composantes, les acteurs impliqués et les interactions qui structurent les opérations portuaires. Ainsi, dans ce qui suit, nous présenterons la définition de la chaîne logistique portuaire.

1.2.1 Notion de la chaîne logistique portuaire

La logistique est le processus dont l'objectif est de gérer les flux financiers, informationnels et physiques d'une entité, afin de fournir les ressources nécessaires en fonction des exigences, tout en respectant des critères économiques et un niveau de qualité de service spécifique, dans un cadre sûr et fiable.

La logistique portuaire peut être définie comme étant l'ensemble des moyens stratégiques et opérationnels mobilisés pour optimiser les fonctions intermodales dans un port. Elle vise à rendre plus rapides, plus fiables et plus efficaces les opérations portuaires telles que le chargement, le déchargement, la manutention et le stockage des marchandises, tout en réduisant les coûts et en répondant aux exigences des acteurs portuaires.

La chaîne logistique portuaire, quant à elle, s'inscrit dans le cadre plus large de la chaîne logistique maritime. Elle englobe l'ensemble des flux physiques, des processus et des flux d'information liés aux marchandises, depuis leur expédition jusqu'à leur réception finale, en passant par leur transit dans le port (Ulrich G. & Tamby, 2010).

Aujourd'hui, la performance logistique d'un port est devenue un critère essentiel de sa compétitivité. La concurrence ne se limite plus aux ports ou à compagnies maritimes isolées : elle oppose désormais des chaînes logistiques complètes reliant les lieux d'origine et de destination. Ainsi, la compétitivité d'un port dépend étroitement de la compétitivité de la chaîne logistique dont il fait partie, et réciproquement (Van de Voorde & Vanellander, 2010).

Le port constitue donc un maillon clé assurant la continuité entre le transport maritime et les modes terrestres.

1.2.2 Les acteurs de la chaîne logistique portuaire

Un port est avant tout un lieu de vie et d'échanges où institutions publiques et opérateurs privés interagissent constamment. Chaque acteur, qu'il soit étatique ou commercial, apporte son expertise et ses services pour garantir la fluidité des opérations et répondre aux impératifs de sécurité, d'efficacité et de développement durable, chaque acteur jouant sa partition en fonction de ses intérêts et de ses objectifs.

1.2.2.1 Les acteurs publics

Les acteurs publics interviennent à différents niveaux dans la chaîne logistique portuaire, assurant la régulation, le contrôle et l'appui au bon déroulement des opérations.

a. L'autorité portuaire

Le gestionnaire du port exerce de nombreuses missions à savoir la gestion des installations portuaires, prise en charge de l'accueil des navires, location de ses installations aux intervenants portuaires. Il met au point et fait respecter les divers règlements de police et d'exploitation. Il est prestataire de services pour les entreprises portuaires et assure la promotion des activités du port, Il regroupe en un seul lieu de nombreux services :

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

b. L'autorité administrative portuaire

Des multiples autres services administratifs sont également présents dans les ports à savoir:

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

1.2.2.2 Les acteurs privés

Dans la chaîne logistique portuaire, les acteurs privés contribuent activement à l'efficacité des opérations, en tant qu'opérateurs, prestataires de services ou utilisateurs finaux. Parmi ces acteurs :

a. Les clients du port

➤ L'armateur (côté mer)

Selon l'art 572 de code de transport maritime algérien, « l'armateur toute personne physique ou morale qui assure l'exploitation d'un navire en son nom soit à titre de propriétaire du navire, soit à d'autres titres lui attribuant l'usage du navire. »

L'armateur est celui qui arme le navire, c'est-à-dire qu'il l'exploite en fournissant le matériel et les marins nécessaires au transport et aux services maritimes, l'armateur est en liaison directe avec un agent maritime consignataire, qui défend ses intérêts et agit en son nom, auprès de toutes les professions.

Les responsabilités d'un armateur :

- Gestion de l'armement par laquelle un armateur prépare un navire pour un voyage en assurant que le navire est en bon état de fonctionnement, de nommer un équipage qualifié, de garantir que le navire est chargé conformément aux spécifications et de se conformer aux réglementations maritimes ;
- C'est à l'armateur qu'incombe la responsabilité de désigner l'équipage du navire, ce qui inclut le capitaine (qui assure le commandement) ainsi que les membres de l'équipage comme les officiers, les marins, les ingénieurs et tout autre personnel nécessaire pour garantir une navigation sécurisée ;
- Les armateurs gèrent les aspects techniques et opérationnels du navire. Cela comprend la maintenance régulière, la gestion des réparations, la gestion des approvisionnements, la planification des itinéraires et la gestion des escales dans les ports ;
- L'armateur est responsable de la sécurité de la navigation du navire ;
- Les armateurs ont souvent la responsabilité de négocier des contrats d'affrètement avec des tiers, tels que les affréteurs (Ya compris les conditions de l'utilisation du navire, y compris la durée, le tarif de fret et d'autres dispositions contractuelles).

➤ Les chargeurs (côté terre)

Le chargeur peut être le propriétaire de la marchandise ou le commissionnaire ou le transitaire qui a est lié par un contrat de transport avec l'armateur d'un navire représentée par un connaissement.

Il faut les répartir en deux grandes catégories :

- Ceux qui expédient des cargaisons homogènes assez importantes pour absorber la capacité d'un navire (exemple : céréales, pondéreux, vrac, liquide ...). Le transport pour cette catégorie se fait sous charte partie ;
- Ceux qui expédient des cargaisons de moindre importance non homogènes, occupent un espace restreint dans le navire.

b. Les professions aux services des navires

➤ **Capitainerie**

C'est un acteur clés de l'autorité portuaire, elle est dirigée par un commandant de port qui a pour mission d'intégrer le navire dans le complexe portuaire à l'heure prévue en lui affectant les ressources nécessaires pour l'escale (quai, équipement,...) dans des conditions optimales. Seul le commandant du port est autorisé de réfuter un navire en fonction des éléments réunis. La capitainerie s'occupe aussi de la sécurité intérieure du port et doit établir des files d'attentes selon la fréquentation des installations (zone mouillage), informé par le consignataire de l'heure d'arriver du navire, le capitaine informe à son tour les pilotes, les remorqueurs, les lamaners...pour se tenir prêt.

➤ **L'agent maritime ou consignataire**

C'est le représentant de l'armateur, il remplit les formalités administratives et s'occupe de tous les besoins d'un navire avant son arrivée et lors de son séjour en port (remorqueurs, pilote, réparations, relations avec l'administration maritime, etc.), des besoins de l'équipage (relève, visite médicale, etc.)

c. Les professions au service à la marchandise

Ce sont des organismes intervenant pour assister et assurer la logistique de la marchandise.

➤ **Le commissionnaire de transport**

Ou organisateur de transport est un intermédiaire qui se charge complètement de l'exécution d'un transport en faisant exécuter sous sa responsabilité et en son propre nom le déplacement des marchandises, de bout en bout, pour le compte d'un donneur d'ordre appelé commettant.

➤ **Le commissionnaire en douane**

Il réalise la déclaration en douane, paye les frais de douane et les droits de port au nom de son client le chargeur.

➤ **Le transitaire**

Selon Marcq (2011, p. 118), le transitaire est celui qui est mandaté par un donneur d'ordre (expéditeur ou destinataire) pour organiser la liaison entre les différents transporteurs dans le cas de marchandises devant emprunter plusieurs transports successifs. Son rôle est essentiel :

- Il doit d'abord identifier à l'intention de son donneur d'ordre toutes les possibilités existantes et en faire une étude comparative, compte tenu des critères principaux : prix durée du voyage, fiabilité... ;
- Il se charge de l'acheminement de marchandises et de l'organisation de déroulement de transport ;
- Il s'occupe de l'établissement des documents de transport requis et du respect de toutes les prescriptions en matière de douane, respectivement de réglementation à l'importation et à l'exportation ;
- Il veille à l'application stricte des formalités consulaires et il s'occupe de l'assurance de l'entreposage ;
- Il règle également le fret au transporteur pour compte de son donneur et tous les frais y afférant ;
- Il finance le transport et contrôle l'ensemble de la chaîne de transport.

➤ **Le courtier**

Le courtier est un intermédiaire commercial dont l'activité, appelée courtage, consiste à faciliter la mise en relation entre plusieurs parties souhaitant conclure des opérations telles que l'achat ou la vente de marchandises, la souscription d'un contrat d'assurance ou encore un contrat d'affrètement maritime.

➤ **Commissaire d'avarie**

C'est un expert en assurance qui évalue les dégâts, les marchandises endommagées, détermine la cause pour le compte des compagnies d'assurance.

➤ **Les gestionnaires de parc**

C'est l'acteur chargé de faire transiter les véhicules sur les ports en terme de Qualité / Coûts / Délais (réception, contrôle véhicule, mise en lot physiques et informatiques, suivi chargement).

➤ **Le Manutentionnaire (acconier ou Docker)**

C'est la personne chargée de l'ensemble des opérations de chargement et déchargement des navires marchands dans les ports de commerce. Il est également chargé de toutes les opérations de manutention en vue du stockage sous hangars et sur terre-plein avant le chargement et après le déchargement, sa responsabilité n'est engagée qu'envers celui qui a requis ses services et qui, seul, peut engager une action contre lui, bénéficie de cas exceptés (incendie, grève, faute de chargeur... etc.) et bénéficie d'une limitation légale fixe par décret et ne pouvant être dépassé que par rédaction d'une déclaration de valeur. (Belotti, 2015).

➤ **Réceptionnaire**

La réception est l'acte par lequel le destinataire des marchandises prend possession de ces dernières au moment de leur livraison par le fournisseur ou un tiers désigné (transporteur).

Dans tous les scénarios, la livraison des marchandises par le transporteur est réalisée uniquement après obtention de la signature du client qui reçoit l'article sur un bon de livraison. Avant de signer le bon de livraison, le réceptionnaire est tenu de contrôler que la marchandise livrée est conforme à la commande.

1.2.3 Le processus de la chaîne logistique portuaire

Dans le contexte de la logistique portuaire, le processus de la chaîne comprend toutes les phases nécessaires pour garantir le déplacement des biens depuis leur arrivée par mer jusqu'à leur expédition vers leur lieu final, que cela soit par voie terrestre, ferroviaire ou d'autres moyens.

1.2.3.1 Pré-acheminement : Organisation et préparation amont

Le pré-acheminement représente la première étape stratégique de la chaîne logistique portuaire. Il regroupe l'ensemble des opérations réalisées avant l'arrivée des marchandises au port, telles que la planification des itinéraires, la réservation des postes à quai, la mobilisation des équipements de manutention et la coordination entre les différents intervenants logistiques. Cette phase est essentielle pour garantir la fluidité des opérations portuaires et limiter les risques de congestion. Selon Benkhedda, El Hakmi et Bennaceur (2023), une coordination défailante à ce stade peut provoquer des retards significatifs et une hausse des coûts logistiques.

En complément, Boukhechba (2019) souligne que cette étape comprend également la consolidation des cargaisons dans des zones logistiques intermédiaires (telles que les ports secs) afin d'optimiser les chargements et faciliter l'intégration des flux au sein de la plateforme portuaire.

Cette étape comprend essentiellement :

- a. L'organisation du transport intérieur** : que ce soit par camion, train ou barge fluviale, depuis le site de production (usine, dépôt, exploitation agricole, etc.) jusqu'au port d'embarquement. La sélection du moyen de transport est influencée par la nature des biens, les dépenses associées, les délais de livraison et les infrastructures existantes ;
- b. La préparation documentaire** : élaboration des documents requis pour l'exportation, comprenant le connaissement (BL), la facture commerciale, le bordereau d'emballage et les pièces justificatives réglementaires (certificats phytosanitaires, certificats d'origine...);
- c. La coordination logistique** : Organisation des créneaux d'accès au port, réservation de l'espace sur les bateaux auprès des entreprises maritimes et respect des échéances imposées pour éviter les sanctions de retard ou d'attente.

1.2.3.2 Acheminement : Arrivée, déchargement, stockage et formalités

L'acheminement désigne l'ensemble des opérations réalisées entre l'arrivée du navire et transfert des marchandises dans la zone de stockage.

a. Arrivé du navire

Dès l'arrivée du navire, les services portuaires interviennent pour assurer les opérations d'accostage. Cette phase requiert une coordination rigoureuse entre les différents intervenants, notamment les pilotes maritimes, les remorqueurs et les équipes à quai. Une gestion fluide des flux physiques dès cette étape est cruciale pour éviter les congestions et garantir l'efficacité des opérations portuaires. La synchronisation des opérations permet non seulement d'optimiser les temps d'escale, mais aussi de renforcer la performance logistique globale du port.

b. Le débarquement

Cette étape est critique, elle doit être rapide et sûre. Le matériel utilisé (portiques, grues mobiles, tracteurs) doit être opérationnel et adapté au type de cargaison (conteneurs, vrac, marchandises diverses). Elle consiste à décharger la marchandise du bord des navires, est classé selon le lieu de stockage :

- **Débarquement magasin ou hangar ;**
- **Débarquement terre-plein ;**
- **Débarquement indirecte : la marchandise débarquée ne passe pas par un entrepôt. Elle reste sur le quai pendant une courte durée avant l'enlèvement ;**
- **Débarquement et enlèvement direct : la marchandise débarquée du bord est aussitôt enlevée sous-palan du navire par le réceptionnaire.**

c. L'embarquement

La procédure d'embarquement, de son côté, implique le déplacement ou la distribution des cargaisons depuis le site de stockage vers le quai où le navire, afin de faciliter leur chargement à bord.

d. La manipulation

Parfois, sur requête du capitaine du navire, il est nécessaire de réorganiser les marchandises qui ne sont pas prévues pour le port d'escale afin de faciliter l'accès à celles qui doivent être déchargées sur place. Cette opération de déplacement est appelée "manipulation de marchandises. En ce sens, l'opération de manipulation consiste à déplacer la marchandise de son lieu d'arrimage à bord du navire, vers un autre lieu (à bord ou momentanément à quai) pour différentes raisons :

- **Pour accéder plus facilement à des marchandises à débarquer ;**
- **Pour assurer la stabilité du navire pour le prochain voyage ;**
- **Pour libérer de l'espace pour les marchandises à embarquer.**

La manipulation peut être avec ou sans mise à terre. La manipulation sans mise à terre(MSMT) est le transfert des marchandises d'un endroit à un autre à bord du navire (dans un autre entrepont ou une autre cale du même navire). La manipulation avec mise à terre(MAMT) consiste à décharger momentanément les marchandises sur le quai d'accostage et à les réembarquer sur le même navire pour le même voyage.

e. Transfert (Opérations de transport)

Une fois que les marchandises sont déchargées du navire, ils sont transférés des QC aux véhicules qui circulent entre le navire et la zone de stockage. Selon les caractéristiques du terminal, les marchandises peuvent être transférés vers la zone de stockage, ensuite elles sont stockées temporairement en zone d'entreposage. Ici, le choix de la méthode d'entreposage (empilage vertical, zonage, cross-docking) dépend du type de marchandise et du temps de séjour prévu.

Enfin, les formalités douanières et de contrôle (sanitaire, phytosanitaire, sécuritaire) doivent être finalisés avant la sortie des marchandises. L'efficacité de ces processus dépend de la numérisation des procédures et de la coopération entre les autorités publiques et les acteurs privés.

1.2.3.3 Post-acheminement : Sortie portuaire et distribution finale

Le post-acheminement concerne toutes les activités après la sortie physique du port, jusqu'à la livraison finale aux clients.

Une fois les documents validés et les marchandises libérées par les services douaniers, les produits sont transportés vers leur destination (plateformes logistiques, zones industrielles, entrepôts commerciaux ou clients finaux). Bedouhene (2021) souligne que la qualité des infrastructures de transport intérieur (routes, chemins de fer) est décisive pour assurer un acheminement fluide et rapide vers l'arrière-pays.

La mise en place des zones logistiques multimodales (connectant le port à des réseaux ferroviaires et autoroutiers) est considérée comme une stratégie clé pour réduire la congestion portuaire et améliorer la performance globale de la chaîne logistique, comme le montrent plusieurs travaux récents (Afoun et al., 2024).

Dans cette étape des différentes activités sont :

- Enlèvement des marchandises depuis les zones de stockage ;
- Transport vers les plateformes logistiques ou les clients finaux ;
- Coordination intermodale (routier, ferroviaire, fluvial) ;
- Gestion des délais de livraison et traçabilité.

1.2.4 Enjeux et défis de la chaîne logistique portuaire

La chaîne logistique portuaire constitue un maillon stratégique entre les flux maritimes et terrestres, jouant un rôle central dans les échanges économiques internationaux. Sa performance dépend de multiples éléments interconnectés, tout en étant soumise à des défis croissants dans un contexte mondial en perpétuelle évolution.

1.2.4.1 Enjeux de la chaîne logistique portuaire

La chaîne logistique portuaire doit relever de nombreux enjeux pour assurer son efficacité et sa compétitivité. Parmi ces enjeux,

a. Connexion aux chaînes logistiques mondiales

Les ports doivent assurer une intégration harmonieuse au sein des chaînes logistiques internationales, en développant des solutions intermodales et des systèmes d'information interconnectés pour garantir la fluidité des flux commerciaux (Panayides & Song, 2009).

b. Renforcement de la compétitivité portuaire

Les ports doivent adopter des modèles de gestion performants et innovants pour améliorer leur attractivité logistique, notamment à travers des services fiables, des tarifs compétitifs et une connectivité accrue. (Notteboom, 2006)

c. Engagement environnemental et énergétique

Face aux exigences en matière de développement durable, les ports sont appelés à repenser leurs pratiques logistiques pour réduire leur empreinte environnementale et adopter des modèles énergétiques plus propres.

1.2.4.2 Défis de la chaîne logistique portuaire

Au-delà des enjeux stratégiques, la chaîne logistique portuaire doit également faire face à de nombreux défis opérationnels et organisationnels. Ces défis influencent directement la performance des ports et leur capacité à répondre aux exigences croissantes du commerce mondial.

a. Congestion des infrastructures

L'intensification du trafic maritime et terrestre entraîne une saturation des infrastructures portuaires, causant des retards, une baisse d'efficacité et des coûts logistiques supplémentaires.

b. Manque d'harmonisation opérationnelle

La coordination entre les différents intervenants de la chaîne logistique reste limitée, ce qui ralentit les opérations et nuit à la fluidité des processus logistiques portuaires. (Wilms Meier & Monios, 2016).

c. Vulnérabilité aux crises

Les ports sont de plus en plus confrontés à des perturbations d'ordre économique, sanitaire ou climatique. Leur capacité à anticiper et à réagir face à ces aléas est devenue un enjeu stratégique. (Heaver, 2006)

1.3 Le rôle du port dans la chaîne logistique globale

Pour comprendre pleinement l'importance stratégique d'un port dans la chaîne logistique globale, il est essentiel d'analyser les différentes fonctions qu'il assure.

1.3.1 Plateforme de consolidation et de distribution

Les ports modernes ne se limitent plus à leur fonction traditionnelle de points de transbordement entre le transport maritime et terrestre. Ils évoluent désormais en véritables plateformes logistiques multimodales, jouant un rôle stratégique dans l'organisation et la gestion des flux de marchandises. Grâce à la présence de zones logistiques portuaires intégrant entreposage, reconditionnement et services de préparation des commandes, les ports contribuent activement à la distribution physique des biens, en assurant la fluidité et la consolidation des flux destinés aux marchés intérieurs ou internationaux. Rodrigue (2020) souligne que cette évolution permet de réduire les délais de transit et d'optimiser les coûts logistiques, renforçant ainsi la compétitivité des chaînes d'approvisionnement.

1.3.2 Interface intermodale

Le port joue un rôle essentiel en tant que carrefour intermodal, assurant la liaison entre le transport maritime international et les réseaux terrestres (routiers, ferroviaires et fluviaux). Cette interconnexion permet une intégration fluide dans les chaînes logistiques globales, en

facilitant la continuité des flux de marchandises vers l'arrière-pays ou d'autres zones de consommation. La Banque mondiale (2007) insiste sur l'importance de cette fonction intermodale dans l'évaluation de la performance portuaire, tandis que Rodrigue (2020) qualifie les ports d'interfaces stratégiques dans les corridors de transport mondiaux, contribuant à la synchronisation entre les différents modes de transport.

1.3.3 Un acteur stratégique de la chaîne logistique mondiale

Dans le contexte de la mondialisation, les ports occupent une position centrale au sein des chaînes logistiques internationales. Leur efficacité opérationnelle et leur connectivité influencent directement la fluidité des échanges, la fiabilité des délais et les coûts de transport. L'UNCTAD (2023) considère les ports comme des nœuds logistiques stratégiques, dont les performances conditionnent la compétitivité commerciale d'un pays. Par ailleurs, Ducruet et Notteboom (2012) démontrent que les ports sont insérés dans des réseaux maritimes complexes et que leur centralité géographique et fonctionnelle leur confère un rôle déterminant dans la structuration des échanges internationaux.

1.3.4 Un catalyseur de l'économie locale et régionale

Au-delà de leur fonction logistique, les ports agissent comme des leviers de développement économique pour leur région. Ils favorisent l'implantation d'activités industrielles, logistiques et commerciales, créant ainsi des emplois et attirant des investissements. Rodrigue et Notteboom (2009) expliquent que les ports participent à la structuration de clusters portuaires, où se concentrent des entreprises opérant autour de la chaîne logistique. L'OCDE (2014) met également en évidence le rôle des ports dans le renforcement de la compétitivité régionale, en soulignant leur capacité à stimuler la croissance locale et à intégrer les territoires dans les dynamiques économiques globales.

II. la saturation des zones d'entreposage

La saturation des zones d'entreposage constitue un défi logistique majeur dans les ports, affectant la fluidité des opérations et la performance globale. Elle résulte notamment de l'augmentation du trafic maritime, de la conteneurisation croissante et des limites d'infrastructures. Comme le soulignent Notteboom et Rodrigue (2005), les ports doivent aujourd'hui optimiser l'usage de l'espace face à la pression exercée par la croissance des flux mondiaux.

2.1 La Conteneurisation

2.1.1 Historique et évolution de la conteneurisation

La conteneurisation, définie comme le transport de marchandises à l'aide de conteneurs métalliques standardisés, a profondément transformé le commerce international et les chaînes logistiques mondiales. Cette innovation logistique majeure a permis une simplification radicale des opérations de manutention, une standardisation des flux intermodaux et une accélération du transit maritime, terrestre et ferroviaire.

2.1.1.1 Les origines de la conteneurisation

Avant l'apparition des conteneurs, le fret était transporté en vrac ou conditionné dans des colis de tailles variées. Ce mode de transport était chronophage, coûteux et sujet à de nombreux risques (vols, avaries, pertes). L'utilisation de caisses métalliques standardisées est d'abord expérimentée par l'armée américaine durant la Seconde Guerre mondiale, notamment à travers les caisses « CONEX », destinées au transport rapide de matériel militaire (Debrie, 2005).

Mais c'est en 1956 que la conteneurisation moderne débute véritablement, avec l'initiative de Malcolm Maclean, un entrepreneur du transport routier. Il imagine d'abord embarquer des remorques entières sur des navires, puis dissocie la caisse du châssis pour ne conserver que la partie utile : la boîte métallique. Le 26 avril 1956, le navire Ideal-X transporte 58 conteneurs entre Newark (New Jersey) et Houston (Texas), marquant ainsi le point de départ d'une transformation globale du transport maritime (Rodrigue, 2020).

2.1.1.2 L'essor mondial et la normalisation

Au fil des décennies, la conteneurisation s'impose comme la norme du transport maritime international. Dès les années 1960, des navires spécialisés, appelés porte-conteneurs, sont conçus pour transporter ces boîtes métalliques empilables. En parallèle, les ports s'adaptent avec des grues spécifiques, des terminaux dédiés et des zones d'entreposage élargies (Fedi, 2014).

Un jalon fondamental est la normalisation des dimensions des conteneurs. En 1974, l'Organisation internationale de normalisation fixe les standards qui sont toujours en vigueur aujourd'hui : 20 pieds (1 EVP), 40 pieds (2 EVP) et 45 pieds (high-cube). Ces dimensions

permettent une parfaite interopérabilité entre les modes de transport maritime, routier et ferroviaire (Debrie, 2005).

2.1.1.3 Croissance exponentielle du trafic conteneurisé

L'adoption du conteneur a engendré une croissance exponentielle des échanges maritimes mondiaux. En 1980, environ 36 millions d'EVP étaient traités dans les ports du monde. Ce chiffre est passé à plus de 545 millions en 2010, et à environ 849 millions d'EVP en 2021 (Rodrigue, 2020). Cette évolution est directement corrélée à l'essor du commerce international, à la mondialisation de la production et à la concentration des flux dans de grands hubs portuaires.

En parallèle, la capacité des navires a augmenté de façon spectaculaire. Le premier porte-conteneurs, Fairland, construit en 1966, transportait 228 conteneurs. Aujourd'hui, les navires les plus récents comme ceux de la série Ever Alot ou MSC Tessa peuvent embarquer plus de 24 000 EVP, illustrant l'ère des Ultra Large Container Vessels (ULCV). Cette croissance a nécessité des adaptations profondes dans l'infrastructure portuaire (tirant d'eau, portiques géants, systèmes automatisés).

2.1.1.4 Le développement de l'intermodalité

La conteneurisation n'est pas seulement une affaire maritime : elle est aussi à la base du transport intermodal. Le conteneur peut être transbordé sans rupture de charge du navire vers un train, un camion ou une barge fluviale. Cela a favorisé l'émergence de plateformes logistiques multimodales intégrées et réduit considérablement les délais de transit. Aux États-Unis, le transport ferroviaire de conteneurs en double-stack (empilement double) a doublé la capacité des trains dès les années 1980 (Rodrigue, 2020).

2.1.2 Définition et types des conteneurs

Le conteneur est une unité de transport multimodale standardisée, utilisée pour faciliter le déplacement des marchandises à travers divers modes de transport (maritime, ferroviaire, routier) sans rupture de charge. Il constitue aujourd'hui l'élément fondamental du commerce international, tant par son aspect physique que par les transformations logistiques qu'il a engendrées.

La norme I 668:1995/French définit le conteneur comme un « engin de transport ayant un caractère permanent et étant, de ce fait, assez résistant pour permettre un usage répété ». Il est conçu pour être transporté et manipulé sans ouverture intermédiaire de son contenu, du point d'origine jusqu'à sa destination finale.

Pour le Bureau International des Containers, le conteneur est «*Un récipient conçu pour contenir des marchandises en vrac ou légèrement emballées spécialement en vue de leur transport sans manipulations intermédiaires, ni rupture de charge par un moyen de locomotion quelconque ou la combinaison de plusieurs d'entre eux* ». (Bureau International des Containers, 2008).

➤ **Type des conteneurs**

À ses débuts dans les années 1950, le transport par conteneurs était basé sur trois catégories principales : les conteneurs ordinaires, les conteneurs pour liquides et les conteneurs spécialisés. Cependant, en raison du succès de ce soutien logistique et de l'avancée de la mondialisation, d'autres types des conteneurs ont été mis en circulation, tous dans un effort pour s'adapter à la nature ou à la forme des marchandises transportées, dont les plus connues sont :

a) Les conteneurs standards (conteneurs dry)

Le conteneur standard est une caisse métallique fermée, hermétique et de dimensions normalisées (20 ou 40 pieds).

Il est conçu pour le transport de marchandises sèches générales (pièces, textiles, électronique, etc.). Son accès s'effectue par des portes à une extrémité. Ces conteneurs supportent en général des charges totales de l'ordre de 20–30 tonnes et ne disposent pas d'équipements particuliers (ni isolation, ni réfrigération).

TableauN°02 : dimension de conteneurs standards

Dimensions intérieures	20 pieds	40 pieds
Longueur	5,90 m	12 m
Largeur	2,352 m	2,352 m
Hauteur	2,39 m	2,39 m
Passage de porte	L : 2,340 m / H : 2,28 m	L : 2,340 m / H : 2,28 m
Capacité (m³)	33, 18 m ³	67,67 m ³
Max cargo (Tonnes)	23 T	25 T

Source : RDT Logistic, 2024, Types de conteneurs

b) Les conteneurs haut volume (high cube)

Les conteneurs High Cube sont la même empreinte au sol que les standards mais juste un pied plus haut que les conteneurs standard, ce qui vous donne un peu plus d'espace tout en conservant des longueurs standard.

Tableau N°03 : dimension de conteneurs high cube

Dimensions intérieures	40'
Longueur	12 m
Largeur	2,352 m
Hauteur	2,70 m
Passage de porte	L : 2,340 m / H : 2,585 m
Capacité (m³)	76,29 m ³
Max cargo (Tonnes)	26,5 T

Source : RDT Logistic, 2024, Types de conteneurs

c) Le Conteneur frigorifique (reefer/ isolés)

Sont thermiquement équipés pour transporter des denrées périssables sous température dirigée. On distingue les conteneurs dits froid positif (climat > 0 °C) ou froid négatif (< 0 °C), et les conteneurs à atmosphère contrôlée. Un conteneur réfrigéré classique a une paroi isolante et un groupe froid intégré qui peut maintenir le fret à la température requise, dès lors qu'il est alimenté en électricité. Ces conteneurs assurent un maintien climatique très strict et sont essentiels pour le transport maritime des fruits, légumes, viandes, poissons ou fleurs. Les conteneurs isolés sans groupe actif existent, mais leur usage est limité aux courtes distances et à des produits peu sensibles, car ils n'ont pas de régulation interne active.

Tableau N°04 : dimension de conteneurs frigorifique

Dimensions intérieures	20'	40'
Longueur	5,38 m	11,48 m
Largeur	2,26 m	2,26 m
Hauteur	2,26 m	2,26 m
Passage de porte	L : 2,290 m / H : 2,264 m	L : 2,290 m / H : 2,569 m
Capacité (m³)	28,31 m ³	57,76 m ³
Max cargo (Tonnes)	23 T	25 T

Source : RDT Logistic, 2024, Types de conteneurs

d) Le conteneur à Toit Ouvert (Open Top)

Sont des variantes du conteneur standard conçues pour faciliter le chargement/ déchargement par le haut.

Dans un conteneur Open-Top, le toit rigide est remplacé par une bâche amovible, ce qui permet d'acheminer des cargaisons de grande hauteur ou de forme irrégulière à l'aide de grues. Le toit souple est sanglé sur la structure pour le transport.

Le Hard-Top est un conteneur standard doté d'un toit amovible métallique son panneau de toit se retire entièrement pour le chargement en hauteur, puis se remet en place pour le transport. Ces types n'ont ni climatisation ni isolation, et du fait du toit ouvert ou amovible leur usage est restreint aux marchandises sèches non sensibles aux intempéries. Ils restent empilables à la verticale comme les conteneurs fermés classiques, à condition que la bâche ou le toit soient correctement fixés.

Tableau N°05 : dimension de conteneurs Toit Ouvert

Dimensions intérieures	20 pieds	40 pieds
Longueur	5,90 m	12,03 m
Largueur	2,35 m	2,35 m
Hauteur	2,35 m	2,35 m
Passage de porte	L : 2,3 m / H : 2,28 m	L : 2,3 m / H : 2,28 m
Capacité (m³)	32,1 m ³	66,6 m ³
Max cargo (Tonnes)	23T	25 T

Source : RDT Logistic, 2024, Types de conteneurs

e) Le Conteneur open side

Le conteneur open side se caractérise par une ouverture latérale possible sur toute sa longueur : il est ainsi possible de charger des objets ou des marchandises dont la longueur est imposante par chariot élévateur.

Cette manière de charger un conteneur peut également offrir un gain de temps.

f) les conteneurs-citernes (tank)

Sont des cuves montées sur châssis ISO. Ils transportent des liquides ou des poudres en solution. Leur réservoir cylindrique est généralement en acier inoxydable, avec un revêtement intérieur selon le type de chargement. Les citernes ISO répondent aux

spécifications pour liquides dangereux. Elles peuvent être équipées d'un dispositif de température pour les produits sensibles. Comparées aux citernes routières, les citernes maritimes ISO offrent un transbordement rapide en port et la souplesse de l'inter modalité, mais leur contenance unitaire est limitée et elles exigent un équilibrage strict du navire.

g) Le Conteneur flat-rack

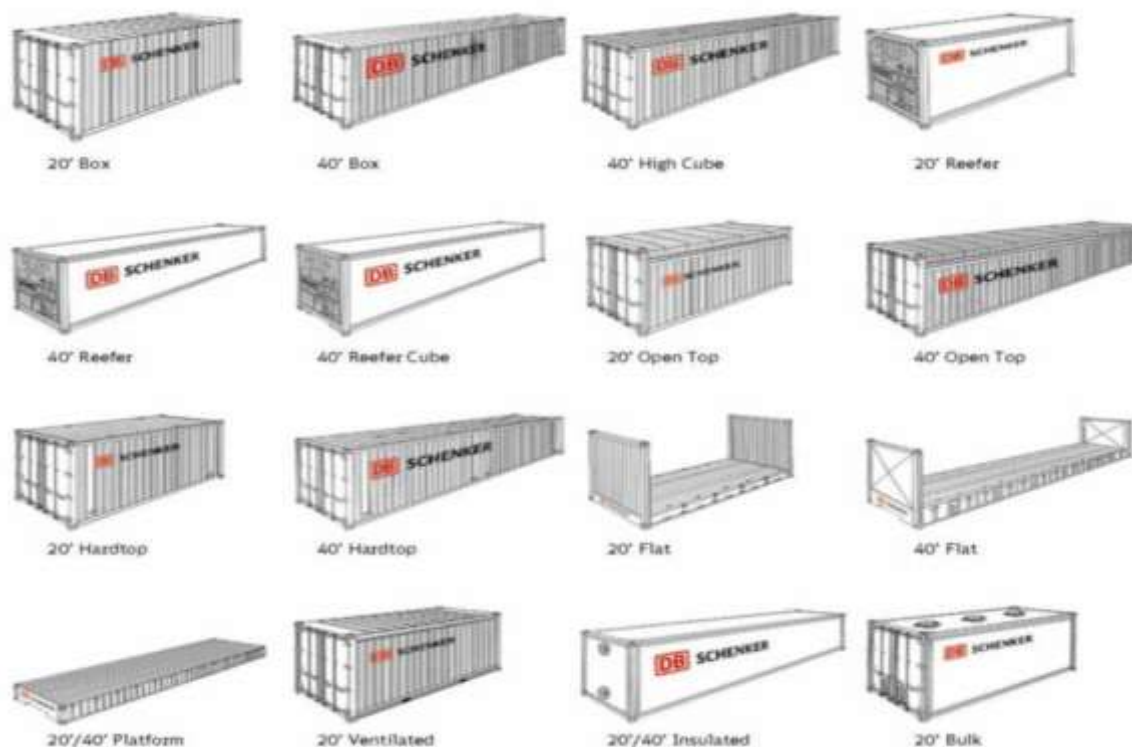
Les conteneurs flat-rack sont conçus pour le transport de marchandises volumineuses ou lourdes qui ne peuvent pas être accommodées dans un conteneur standard en raison de leurs dimensions ou de leur poids. Ces conteneurs n'ont pas de parois latérales fixes, ce qui permet de charger et de décharger les marchandises par le haut ou les côtés.

Tableau N°06 : dimension de conteneur flat-rack

Dimensions intérieures	20 pieds	40 pieds
Longueur	5,72 m	11,89 m
Largeur au sol	2,21 m	2,37 m
Hauteur	2,35 m	1,96 m
Max cargo (Tonnes)	31 T	39 T

Source : RDT Logistic, 2024, Types de conteneurs

Figure N°1 : Type des conteneurs



Source : <https://cubner.com/wp-content/uploads/2021/06/flat-rack-container.jpg>

2.1.3 Numérotation et marquage des conteneurs

La codification des conteneurs repose sur une norme internationale qui garantit leur identification unique, facilite leur localisation et optimise leur gestion tout au long de la chaîne logistique.

Selon l'Organisation internationale de normalisation (2022), la norme ISO 6346 définit les règles de codage, d'identification et de marquage des conteneurs utilisés dans le transport de marchandises.

a. Code du propriétaire

Le code du propriétaire du conteneur doit comporter trois lettres majuscules. Il doit être unique et enregistré auprès de l'organisme d'enregistrement.

b. Identificateur de la catégorie d'équipement

L'identificateur de la catégorie d'équipement se compose d'une lettre majuscule de l'alphabet latin, à savoir :

- U pour tous les conteneurs de transport de marchandises ;
- J pour les équipements amovibles associés aux conteneurs pour le transport de marchandises ;
- Z pour les remorques et châssis.

c. Numéro de série

Le numéro de série du conteneur doit comporter six chiffres. Si la série des chiffres significatifs ne comporte pas six chiffres, les chiffres doivent être précédés d'un ou de plusieurs zéros afin d'obtenir un total de six chiffres (par exemple, si la série de chiffres significatifs est 1234, le numéro de série est 001234).

d. Chiffre d'autocontrôle

Le chiffre d'autocontrôle est un moyen de vérifier l'exactitude de la transmission du code du propriétaire et du numéro de série du conteneur.

e. Code de dimensions

Les dimensions (extérieures) du conteneur doivent être indiquées au moyen des deux caractères suivants :

- premier caractère : caractère numérique ou alphabétique représentant la longueur de la boîte (2 pour 20 pieds, 4 pour 40 pieds, L pour 45 pieds et M pour 48 pieds) ;
- second caractère : caractère numérique ou alphabétique représentant la largeur et la hauteur (2 pour une hauteur normale de 8 pieds, 5 pour un high-cube).

f. Code de type

Le type du conteneur et ses caractéristiques principales doivent être indiqués au moyen des deux caractères suivants :

- Premier caractère : caractère alphabétique représentant le type du conteneur ;

- Second caractère : caractère numérique ou alphabétique représentant les caractéristiques principales liées au type du conteneur.

G1: dry; R1: reefer, U1: open-top, P1: platform; T1: tank.

g. Poids et capacité

Les poids et capacité intérieurs du conteneur sont placés à la porte droite :

- Maximum Gross Weight : 24 .000 kg / 52 .910 Ib;
- Tare : 2.050 kg / 4.519 Ib:
- CU CAP: 32 m³ / 1.130 cft.

Les poids sont exprimés e, kilogrammes et livres, et la capacité cubique en mètres et pieds.

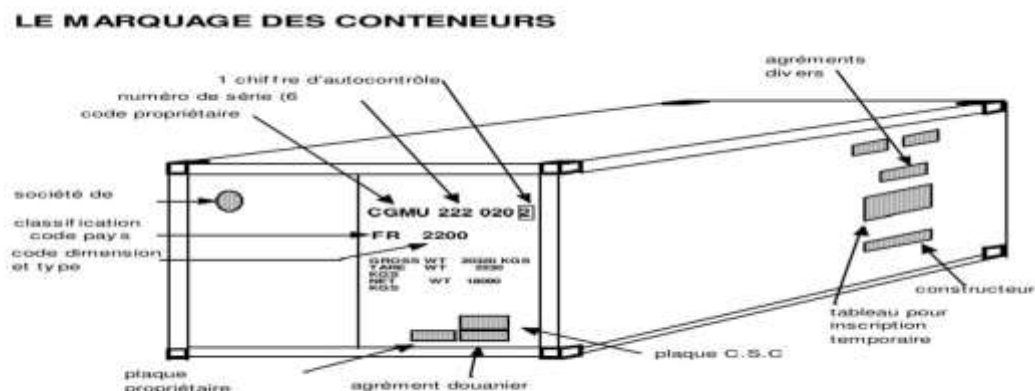
h. TARE

Le poids d'un conteneur vide qui n'a pas encore été chargé de marchandises.

i. Plaque CSC/CCC

Cette plaque, apposée au bas de la porte gauche du conteneur, constitue son « certificat de navigabilité ». Il est valable 5 ans à la date de la fabrication, puis est renouvelé tous les 30 mois. La plaque combinée précise que le conteneur est conforme aux dispositions de la Convention internationale sur la Sécurité des Conteneurs (CSC) qui a pour objectif de garantir la sécurité des personnes et des biens dans la manutention des boîtes et de faciliter le transport international en uniformisant les règles relatives à la sécurité des conteneurs. La plaque précise également la conformité de la boîte à la Customs Convention for Containers (CCC) indiquant qu'elle est conforme à la réglementation douanière internationale.

Figure N°02 : Marquage des conteneurs



Source : <https://bslcontainers.com/>

2.1.4 Numérisation de la gestion des conteneurs

La modernisation des ports passe aujourd'hui par l'intégration de technologies avancées visant à améliorer l'efficacité des opérations logistiques. Ces innovations jouent un rôle clé dans l'optimisation de la gestion des zones d'entreposage des conteneurs, en répondant aux enjeux de performance, de traçabilité et de désengorgement des infrastructures.

2.1.4.1 Internet des Objets (IoT) et suivi en temps réel

L'Internet des Objets (IoT) permet une surveillance en temps réel des conteneurs et des équipements portuaires grâce à des capteurs et des dispositifs RFID. Ces technologies offrent une visibilité accrue sur les opérations portuaires, facilitant la gestion des flux et réduisant les risques de congestion. Par exemple, Nguyen (2023) souligne l'application des technologies IoT dans la gestion portuaire, mettant en évidence leur rôle dans le développement de ports intelligents respectueux de l'environnement.

2.1.4.2 Intelligence Artificielle (IA) et analytique prédictive

L'Intelligence Artificielle (IA) est utilisée pour optimiser la planification et la prise de décision dans les ports. Les algorithmes d'apprentissage automatique analysent les données historiques et en temps réel pour prévoir les arrivées de navires, optimiser l'utilisation des quais et des zones de stockage, et anticiper les besoins en maintenance. Par exemple, Zhang et al. (2024) démontrent que l'adoption de l'IA dans les ports hétérogènes peut améliorer les profits portuaires.

2.1.4.3 Systèmes de gestion d'entrepôt (WMS)

Les Systèmes de Gestion d'Entrepôt (WMS) sont essentiels pour coordonner les opérations de stockage et de manutention des conteneurs. Ils permettent une gestion efficace des stocks, une traçabilité améliorée et une réduction des erreurs humaines. Par exemple, une étude de Pratama et al. (2023) identifie les problèmes de gestion des stocks dans les entrepôts et propose l'installation d'un WMS pour améliorer le contrôle des stocks.

2.1.4.4 Blockchain et traçabilité

La technologie blockchain offre une solution sécurisée et transparente pour la gestion des informations dans les chaînes logistiques portuaires. Elle permet de suivre les mouvements des conteneurs, d'automatiser les processus administratifs et de renforcer la confiance entre les parties prenantes. Par exemple, une étude de Wang et al. (2024) examine l'impact de la blockchain maritime sur la gestion de la chaîne d'approvisionnement, mettant en lumière sa capacité à améliorer la transparence et la traçabilité.

2.2 L'entreposage dans un port

Après avoir examiné la conteneurisation et son évolution, il est essentiel de s'intéresser à la gestion de l'entreposage dans un port. En effet, l'efficacité des opérations portuaires dépend largement des méthodes et capacités d'entreposage des marchandises, particulièrement dans un contexte où la saturation des espaces devient un enjeu majeur.

2.2.1 Les zones d'entreposage portuaire et ses types

Pour mieux appréhender les défis liés à la saturation, il convient d'abord de définir ce qu'est l'entreposage portuaire, ainsi que les différents types de zones dédiées à cette fonction au sein du port. Cette compréhension est essentielle pour analyser les modes de gestion et les contraintes spécifiques à chaque type d'espace.

2.2.1.1 L'entreposage portuaire

L'entreposage constitue un maillon essentiel de la chaîne logistique. Il regroupe un ensemble d'activités telles que la réception, le stockage, la préparation des commandes et l'expédition des marchandises. Cette fonction permet de réguler les flux physiques, de compenser les décalages entre l'offre et la demande, et d'assurer une disponibilité continue des produits (Bowersox, Closs & Cooper, 2013). Dans une optique de performance logistique globale, l'efficacité des opérations d'entreposage contribue directement à la réduction des coûts, à l'amélioration du service client et à la fluidité des chaînes d'approvisionnement.

Dans le contexte portuaire, cette fonction logistique revêt une dimension stratégique particulière. En tant que nœud majeur de la chaîne de transport multimodal, le port doit disposer d'installations d'entreposage adaptées aux volumes croissants du commerce international et à l'évolution des standards du transport maritime conteneurisé. L'entreposage portuaire ne se limite pas à un simple espace de stockage temporaire, il devient un levier de performance pour le terminal en assurant la gestion efficace des flux de

conteneurs, en minimisant les temps de séjour et en optimisant l'utilisation des infrastructures (Bichou & Gray, 2005).

L'entreposage portuaire désigne ainsi l'ensemble des espaces et infrastructures dédiés à l'accueil temporaire des marchandises, en particulier des conteneurs, avant leur transfert vers une nouvelle destination. Ces espaces incluent des aires ouvertes de stockage, des hangars, des entrepôts spécialisés, mais aussi les quais d'accostage. Cette fonction s'inscrit dans la logique de la « port-centric logistics », où le terminal portuaire est utilisé comme point central de stockage, de traitement et de redistribution des marchandises. Cela permet non seulement d'absorber les aléas liés à la demande (saisonnalité, retards, congestion), mais aussi de réduire les coûts liés à l'entreposage dans les zones intérieures et de rapprocher les stocks des points de consommation (Rodrigue & Notteboom, 2009).

Dans les terminaux à conteneurs, l'entreposage est organisé sous forme de zones de stockage spécifiques appelées zones d'entreposage de conteneurs. Ces zones sont structurées en blocs de conteneurs, généralement disposés en baies soudées (piles continues) ou scindées (piles séparées par des allées), et traversées par des voies de circulation pour les équipements de manutention. Elles permettent l'accumulation temporaire des conteneurs d'importation en attente d'évacuation par les modes terrestres (camion, train, barge) ou des conteneurs d'exportation en attente de chargement sur navire. L'efficacité de ces zones repose sur l'organisation spatiale, le système de stockage employé (direct ou indirect), et les équipements disponibles (grues, chariots élévateurs, cavaliers portiques, etc.), dont la compatibilité avec les flux traités conditionne largement la productivité du terminal.

Ainsi, l'entreposage dans les ports, et plus spécifiquement dans les terminaux à conteneurs, ne peut être dissocié des systèmes d'organisation et des équipements déployés. Il s'agit d'un système intégré où les infrastructures, les moyens de manutention et la configuration des zones de stockage doivent fonctionner de manière coordonnée pour assurer la fluidité des flux, réduire les remaniements et soutenir la performance globale de la chaîne logistique maritime.

2.2.1.2 Types des zones d'entreposage portuaires

Les installations d'entreposage portuaire jouent un rôle central dans l'organisation logistique des ports, en assurant la transition fluide entre les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement. Elles peuvent être classées selon plusieurs critères, notamment la

nature des marchandises qu'elles accueillent, leur mode d'exploitation (public ou privé), ainsi que leur fonction spécifique dans le processus logistique portuaire. Cette typologie permet de mieux appréhender la diversité des besoins logistiques auxquels répondent les ports modernes.

a. Les entrepôts couverts

Ces infrastructures sont principalement destinées à l'entreposage de marchandises sensibles aux conditions climatiques, telles que les précipitations, l'humidité ou les variations de température. Elles accueillent notamment des produits manufacturés, des équipements électroniques, des denrées alimentaires emballées ou encore des biens de consommation courante. Leur rôle est non seulement de protéger les marchandises contre les agressions extérieures, mais également d'assurer une gestion plus fine des flux entrants et sortants grâce à des équipements adaptés (systèmes de ventilation, rayonnages, dispositifs de sécurité incendie, etc.). Ces entrepôts offrent souvent des services logistiques à valeur ajoutée, comme le reconditionnement, l'étiquetage ou la préparation de commandes.

b. Les zones de stockage à ciel ouvert

Situées généralement à proximité immédiate des quais, ces aires sont conçues pour accueillir des marchandises moins sensibles aux conditions climatiques, comme les conteneurs pleins ou vides, les produits volumineux (acier, bois, matériaux de construction), ou encore les véhicules. Leur disposition spatiale permet une optimisation des opérations de manutention, en facilitant le chargement et le déchargement des navires. En outre, la flexibilité de ces zones les rend particulièrement adaptées aux flux fluctuants, bien que leur gestion doive intégrer des considérations liées à la sécurité, à la signalisation et à la circulation des engins de manutention.

c. Les entrepôts frigorifiques

Essentiels pour la préservation des produits périssables (fruits, légumes, viandes, produits laitiers, etc.), ces entrepôts sont dotés de systèmes de régulation thermique avancés, garantissant une chaîne du froid ininterrompue. Leur conception répond à des normes sanitaires strictes, imposées par les autorités sanitaires nationales et internationales. Ils sont souvent utilisés dans les ports spécialisés dans le commerce agroalimentaire, les exportations de produits halieutiques ou les importations de denrées congelées. En plus du simple stockage, ces installations peuvent intégrer des fonctions de tri, de contrôle qualité, ou de traitement phytosanitaire.

d. Zone d'entreposage pour les conteneurs hors gabarit

Les zones d'entreposage des conteneurs hors gabarit (OOG) sont des espaces dédiés au stockage des conteneurs transportant des charges exceptionnelles dépassant les dimensions standard (20 ou 40 pieds). Ces zones sont spécialement conçues pour permettre une manutention complexe nécessitant des équipements spécialisés tels que des grues adaptées et des systèmes de levage spécifiques. Les conteneurs OOG doivent être placés dans des zones accessibles et dégagées afin de faciliter leur manipulation sans obstacles.

e. Les zones d'entreposage sous douane

Ces espaces permettent le stockage temporaire de marchandises importées ou en transit, sans que celles-ci soient immédiatement soumises aux droits et taxes douaniers. Elles offrent une flexibilité stratégique aux opérateurs économiques, qui peuvent y conserver leurs biens en attendant leur réexportation, leur transformation, ou leur mise en consommation intérieure. La gestion de ces zones est généralement soumise à un encadrement réglementaire strict, impliquant la présence de services douaniers, de dispositifs de traçabilité et de systèmes de contrôle d'accès. Elles constituent un levier important pour le développement des zones franches portuaires et l'attractivité logistique des hubs maritimes.

2.2.2 Les stratégies d'entreposage

La gestion des espaces de stockage repose sur différentes stratégies visant à organiser efficacement l'entreposage des conteneurs. Ces méthodes permettent de faciliter les mouvements logistiques, de réduire les délais de traitement et d'assurer une meilleure maîtrise des flux physiques au sein des zones d'entreposage (Kim & Kim, 1999).

2.2.2.1 La ségrégation des conteneurs

Cette méthode consiste à organiser l'aire de stockage en zones homogènes, attribuées selon des critères précis tels que le type de marchandise, la compagnie maritime, l'origine ou la destination. En réservant un bloc spécifique à une catégorie de conteneurs, on facilite leur identification et leur extraction rapide, ce qui limite les manipulations inutiles et réduit les temps de traitement (Kim & Kim, 1999 ; Bazzazi, Safaei & Javadian, 2009). Par exemple, regrouper les conteneurs d'un même transporteur permet une meilleure planification lors de la mise à quai.

2.2.2.2 Le groupage des cargaisons

Le groupage consiste à positionner à proximité immédiate les conteneurs appartenant à une même cargaison ou à un même envoi. Cette approche est particulièrement efficace dans le cadre d'expéditions multimodales, car elle permet de réduire le temps de regroupement des unités avant le transfert (Park & Kim, 2003 ; Lee & Lee, 2007). Ce système contribue également à l'optimisation des flux sortants.

2.2.2.3 Le flux direct (cross-docking portuaire)

Le principe du cross-docking, appliqué au contexte portuaire, vise à supprimer l'étape de stockage prolongé. Les conteneurs sont directement transférés du navire à leur mode de transport terrestre. Cette technique, adaptée aux marchandises à forte rotation ou nécessitant une livraison rapide, améliore considérablement la fluidité logistique et réduit les coûts d'entreposage (Sehgal, 2009 ; Álvarez-Pérez, González-Velarde & Fowler, 2009). Elle suppose toutefois une coordination rigoureuse entre les acteurs de la chaîne logistique.

2.2.2.4 La hiérarchisation des priorités

Les zones d'entreposage peuvent également être organisées selon le degré de priorité opérationnelle. Les conteneurs à expédier en urgence sont placés dans des zones facilement accessibles, tandis que ceux à départ différé sont positionnés en arrière-plan. Ce classement dynamique réduit les risques de remaniement et facilite l'extraction rapide des unités prioritaires (Bazzazi et al., 2009).

2.2.2.5 La gestion des marchandises dangereuses (IMO)

Les conteneurs transportant des matières dangereuses doivent être stockés dans des zones spécifiques, conformément au Code IMDG (International Maritime Dangerous Goods Code). Ces conteneurs sont isolés des autres flux logistiques et leur manipulation suit des protocoles stricts pour prévenir tout risque d'incident (International Maritime Organization, 2021). Cette organisation vise à garantir la sécurité du personnel, des équipements et de l'environnement portuaire.

➤ **Les principes d'organisation du stockage**

L'organisation du stockage des conteneurs répond à des principes logistiques qui visent à optimiser les mouvements, limiter les manipulations inutiles et améliorer la réactivité lors des opérations de retrait ou d'expédition. Ces principes dépendent du type de marchandises, du niveau de prévisibilité des flux, ainsi que des contraintes d'espace et de temps. Quatre méthodes principales sont couramment utilisées : FIFO, LIFO, free-flow et peel-off.

a. Le FIFO (First In, First Out)

Le principe du FIFO implique que les premiers conteneurs stockés sont également les premiers à être sortis. Ce mode de gestion est crucial pour les marchandises périssables ou à durée de vie limitée, car il permet de respecter l'ordre chronologique d'arrivée et d'éviter les pertes dues à l'obsolescence (Parlar & Berkin, 2011).

L'application du FIFO permet de respecter l'ordre chronologique d'entrée et de minimiser les risques de péremption ou de dépassement de délai de livraison. Elle suppose une organisation spatiale spécifique, où les conteneurs les plus anciens sont placés en position facilement accessible, ce qui peut exiger des aménagements réguliers de la zone de stockage pour éviter l'empilement bloquant.

b. Le LIFO (Last In, First Out)

Selon Parlar & Berkin (2011), la stratégie **LIFO (Last In, First Out)** pour la gestion des conteneurs consiste à sortir en priorité les derniers conteneurs entrés en stock, c'est-à-dire que les conteneurs les plus récemment arrivés sont les premiers à être utilisés ou expédiés. Cette méthode est souvent utilisée lorsque l'ordre chronologique n'est pas crucial, mais elle peut présenter des risques pour les marchandises périssables, car les premiers stockés risquent de rester plus longtemps, augmentant ainsi les pertes dues à l'obsolescence.

c. Le free-flow (circulation libre)

Le free-flow est une méthode de gestion dynamique dans laquelle les conteneurs ne sont pas assignés à des emplacements fixes. Cette circulation libre permet de réduire les délais de placement mais nécessite un système de suivi informatisé précis (Chebil, 2011).

Le système de free-flow repose sur une approche flexible du stockage, sans assignation rigide des emplacements.

Ce mode de fonctionnement est avantageux dans les environnements où les flux sont très variables ou lorsque la planification rigide est difficile à mettre en œuvre. Il permet de réduire les délais d'allocation d'emplacement et de maximiser l'utilisation de l'espace. Toutefois, il requiert un système de gestion informatisé performant pour assurer le suivi précis de chaque unité et éviter les pertes de temps lors des recherches.

d. Le peel-off (retrait en ligne)

Le peel-off désigne une technique dans laquelle les conteneurs sont alignés par ligne ou pile homogène, de manière à permettre un retrait séquentiel selon des priorités logistiques (Chebil, 2011).

Ce principe facilite les enlèvements massifs ou groupés, sans avoir à reconfigurer l'ensemble de la zone. Il est particulièrement efficace lorsqu'il existe une forte coordination entre le stockage et les horaires de retrait ou de livraison. Le peel-off réduit les manipulations intermédiaires et permet une évacuation rapide des lots, tout en simplifiant la tâche des opérateurs.

2.2.3 Fonctionnement des moyens de manutentions

Günther et Kim (Günther and Kim 2005), identifient deux types de système de stockage, à savoir, le système de stockage direct qui utilise le même type d'équipement pour l'entreposage et le transport de conteneurs, et le système de stockage indirect qui emploie deux types d'équipement pour exécuter les deux opérations. Le système choisi définit l'aménagement de la zone ainsi que les équipements à utiliser et vice-versa.

2.2.3.1 Les systèmes de stockage directs

- a. **Le système à remorques (châssis)** : repose sur des infrastructures métalliques mobiles appelées châssis (ou *container chassis*), sur lesquelles les conteneurs sont posés après leur déchargement. Ces châssis sont facilement attelés à des tracteurs portuaires (ou *terminal tractors*), facilitant ainsi leur acheminement sans empilement. Ce système permet d'éviter les remaniements et minimise les opérations de manutention, mais il nécessite une surface importante du fait de l'impossibilité d'empiler les conteneurs (Dubreuil, 2008).
- b. **Le système en baies scindées avec chariots cavaliers (*straddle carriers*)** : utilise des chariots cavaliers, engins mobiles capables de circuler au-dessus des conteneurs et de les soulever en les chevauchant. Les baies de stockage sont séparées par un espace de

circulation dédié à ces engins. Le principal avantage du chariot cavalier est sa capacité à déposer les conteneurs directement sous les grues de quai sans attendre dans une file. Ce système améliore la fluidité des opérations et permet une densité de stockage intermédiaire, adaptée à des terminaux de taille moyenne.

c. **Le système en baies soudées avec chariots élévateurs** repose sur plusieurs types d'équipements :

- Le toplift est un chariot élévateur à prise par le haut, utilisé principalement pour manipuler les conteneurs vides ;
- Le forklift (chariot à fourches) est également réservé aux conteneurs vides et fonctionne comme un chariot élévateur classique ;
- Le reachstacker, quant à lui, est un chariot muni d'un bras télescopique permettant de soulever et déplacer des conteneurs pleins sur plusieurs rangées et hauteurs. Il est particulièrement utile pour le chargement/déchargement de barges, trains ou camions.

Bien que ces chariots nécessitent un espace important pour manœuvrer, ils offrent une bonne flexibilité d'exploitation. Cependant, la multiplication des piles de grande hauteur augmente le risque de remaniements et ralentit le cycle de sortie des conteneurs (Dubreuil, 2008). Ce système peut évoluer vers une configuration indirecte si l'on y intègre des tracteurs ou AGV pour séparer les fonctions de transport et de levage.

d. **Le système automatisé Rail Grid** : développé initialement par Sea-Land (Brickner et al., 1990 ; Kim et al., 2012), repose sur des navettes électriques suspendues à des rails aériens, qui déplacent les conteneurs au-dessus des piles. Les conteneurs sont ramassés depuis les plateformes sous les grues puis transportés rapidement jusqu'aux baies de stockage. Ce système vise une densité maximale et un cycle d'exploitation optimisé, bien qu'il implique des investissements d'infrastructure très élevés.

2.2.3.2 Les systèmes de stockage indirects

a. **Le système en bloc** : s perpendiculaires avec ponts roulants sur rails (RMG) est l'un des plus répandus dans les grands terminaux. Chaque bloc est desservi par un RMG (Rail-Mounted Gantry crane), grue fixe circulant sur rails au-dessus des baies. Deux points de transfert sont situés aux extrémités du bloc pour l'interfaçage avec les véhicules de transport interne (AGV, tracteurs). Ce système permet un empilement dense et optimise

la productivité, mais les grues ne peuvent être déplacées d'un bloc à l'autre, ce qui limite leur flexibilité.

- b. **Le système en blocs parallèles avec RTG (Rubber-Tyred Gantry cranes)** est similaire au précédent, mais utilise des ponts roulants mobiles montés sur pneus. Les RTG offrent une mobilité inter-bloc et facilitent l'accès direct des camions à la zone de stockage. Les véhicules de transport circulent dans une voie de transfert située entre les blocs et passent sous la grue pour récupérer ou déposer les conteneurs. Cela permet de maintenir une cadence rapide sans déplacer les grues elles-mêmes.
- c. **Le système AS/RS (Automated Storage and Retrieval System)** s'inspire des entrepôts automatisés en hauteur. Il se compose d'une grille verticale multi-étages dans laquelle chaque case stocke un conteneur. Des plateformes automatisées circulent horizontalement et verticalement pour insérer ou extraire les conteneurs. Bien que ce système permette un empilement très dense et élimine les remaniements, il reste peu utilisé à l'échelle mondiale. À ce jour, le port de Hong Kong en est un des seuls utilisateurs, principalement pour les conteneurs vides (Dubreuil, 2008).

2.2.4 Les apports des technologies modernes à l'entreposage

Le développement des technologies numériques a profondément transformé les pratiques d'entreposage, en introduisant des outils et systèmes avancés qui améliorent significativement la performance, la précision et la flexibilité des opérations logistiques (Baker & Canessa, 2009). Parmi ces innovations, les Warehouse Management Systems (WMS) jouent un rôle central. Ces systèmes informatisés permettent le pilotage en temps réel des activités de réception, de stockage, de préparation de commandes et d'expédition, tout en assurant une traçabilité complète des flux internes. Grâce à une interface centralisée, les WMS offrent une visibilité accrue sur les niveaux de stock, facilitent la gestion des emplacements, et réduisent les erreurs d'inventaire, notamment par l'automatisation de tâches critiques (Frazelle, 2002).

Les technologies d'identification automatique, telles que les codes-barres ou la radio-identification (RFID), sont également essentielles. Elles permettent un repérage instantané et précis des produits, réduisant significativement les erreurs humaines lors des processus de réception, de picking ou d'expédition. Ces outils sont particulièrement adaptés aux environnements logistiques à forte densité ou à rotation rapide des stocks (Attaran, 2007 ; Bottani & Rizzi, 2008).

Par ailleurs, l'automatisation physique des entrepôts connaît une expansion rapide avec l'introduction des véhicules à guidage automatique (AGV), des robots de picking autonomes, et des systèmes de convoyage intelligents. Ces équipements optimisent les flux internes, réduisent les temps de cycle et améliorent les conditions de travail en limitant les efforts physiques et les risques ergonomiques pour les opérateurs (Gu et al., 2007 ; Winkenbach et al., 2016).

Ces technologies s'inscrivent dans le cadre plus large de la transformation numérique des chaînes logistiques, portée par les principes de l'industrie 4.0. Dans cette logique, l'entrepôt devient un nœud intelligent et interconnecté, intégrant l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA) et le cloud computing. L'IoT permet de collecter en continu des données issues de capteurs déployés sur les équipements, les marchandises ou les infrastructures, tandis que l'IA analyse ces données pour optimiser les processus, anticiper les ruptures, et ajuster les stratégies de stockage en fonction des contraintes et de la demande (Wamba et al., 2015). Le cloud, quant à lui, permet une coordination en temps réel entre les différents maillons de la chaîne logistique, en assurant un accès sécurisé et partagé aux données critiques (Syntetos et al., 2016).

Ces innovations renforcent la capacité des entrepôts à répondre aux défis de la mondialisation, tels que la complexité croissante des flux, la volatilité de la demande et la pression sur les délais. Elles contribuent ainsi à l'émergence d'une logistique plus agile, réactive et résiliente, mieux alignée avec les exigences contemporaines du commerce international et de la satisfaction client (Baruffaldi et al., 2022).

2.3 La saturation des zones d'entrepôts

L'augmentation rapide du commerce maritime et de la conteneurisation a entraîné une pression croissante sur les zones d'entreposage portuaires, provoquant des situations critiques de saturation. Cette saturation, lorsqu'elle dépasse la capacité des aires de stockage (yards), devient un véritable goulot d'étranglement pour la chaîne logistique portuaire, affectant à la fois l'efficacité, les délais et la sécurité des opérations (Xu et al., 2024).

Elle engendre une hausse significative des remaniements de conteneurs, une perte de productivité des grues de parc et une désorganisation des flux. Selon Xu et al. (2024), cette "over-saturation" entraîne des congestions internes (véhicules, AGV), des délais allongés, des coûts opérationnels croissants et des files d'attente à l'extérieur du terminal.

Plusieurs facteurs sont à l'origine de cette saturation : une croissance des volumes sans adaptation des infrastructures, l'allongement du temps de séjour des conteneurs lié aux procédures douanières, et une mauvaise organisation des flux (Eddrgash, 2022 ; Gui, Zhang & Liu, 2022). Les impacts sont multiples : retards de traitement des navires, files de camions, hausse des coûts, et risques accrus pour la qualité et la sûreté des marchandises (Elmi, 2022). Pour anticiper et gérer cette saturation, plusieurs indicateurs clés sont utilisés : le taux d'occupation (Amani, Belmokhtar & Zaid, 2024), le temps de séjour moyen (Gui et al., 2022), le taux de rotation des stocks (Abourraja, 2018), ainsi que la densité de stockage, le taux d'utilisation des équipements et les temps d'attente des camions.

2.3.1 Les indicateurs de la saturation

Le diagnostic et l'anticipation de la saturation des zones d'entreposage nécessitent un système de suivi rigoureux fondé sur des indicateurs de performance clés (KPI). Ces indicateurs permettent de disposer d'une vision claire, à la fois statique et dynamique, de l'état des aires de stockage. En s'appuyant sur des données précises relatives à l'occupation, aux flux et à la rotation des conteneurs, ces KPI constituent un véritable tableau de bord pour les gestionnaires portuaires. Ils facilitent la prise de décision en matière de planification (extension des aires, optimisation des flux, recours aux ports secs) et permettent également de comparer les performances entre différents terminaux (Abourraja, 2018). Voici les principaux indicateurs utilisés dans ce cadre :

2.3.1.1 Taux d'occupation du parc à conteneurs

Le taux d'occupation mesure le pourcentage de la capacité théorique du terminal effectivement utilisée à un instant donné. Il se calcule selon la formule suivante :

$$\text{Taux d'occupation (\%)} = (\text{Stock actuel en TEU} / \text{Capacité théorique en TEU}) \times 100$$

Selon Notteboom et Rodrigue (2012), un taux d'occupation supérieur à 80 % dans les parcs à conteneurs indique une forte probabilité de congestion, impactant négativement l'efficacité opérationnelle du terminal.

Un taux d'occupation élevé, dépassant généralement 80 %, est souvent le signal d'un risque imminent de saturation. Il permet une évaluation rapide de la pression exercée sur les capacités disponibles et oriente les décisions en matière de désengorgement.

2.3.1.2 Temps de séjour moyen (Dwell Time)

Le temps de séjour représente la durée moyenne qu'un conteneur passe dans le parc, entre son arrivée et son départ. Exprimé en jours, cet indicateur est fondamental pour évaluer la fluidité des opérations. Plus ce temps est long, plus le risque de congestion augmente, car les conteneurs immobilisent inutilement de l'espace (Gui et al., 2022). Il s'agit donc d'un indicateur dynamique révélateur des dysfonctionnements dans la chaîne de traitement logistique.

2.3.1.3 Taux de rotation (Turnover Rate)

Ce taux exprime le rapport entre le nombre total de mouvements de conteneurs (entrées + sorties) et le stock moyen. Il permet de mesurer l'efficacité de la rotation des conteneurs :

Taux de rotation = Nombre de mouvements / Stock moyen

Un taux inférieur ou égal à 1 suggère que les conteneurs restent plus d'un cycle dans le terminal, traduisant un manque d'efficacité et une potentielle saturation du parc (Abourraja, 2018). Un taux élevé, en revanche, indique une bonne fluidité des flux.

2.3.1.4 Taux d'utilisation des équipements de yard

Cet indicateur évalue le pourcentage de temps d'utilisation active des équipements de manutention tels que les portiques, les RTG (Rubber Tyred Gantry) et les camions de parc. Il informe sur le degré de mobilisation des ressources mécaniques. Un taux trop bas peut indiquer une sous-utilisation, tandis qu'un taux trop élevé, souvent supérieur à 85 %, peut révéler un risque de panne ou une surcharge de travail qui contribue à la congestion.

2.3.1.5 Temps d'attente des camions

Ce KPI mesure le temps moyen d'attente des camions avant leur accès au parc à conteneurs. Il reflète l'état de l'interface entre le port et l'arrière-pays, notamment la fluidité des échanges avec le réseau routier. Des temps d'attente longs sont souvent le symptôme d'une saturation interne qui affecte l'ensemble de la chaîne logistique (Elmi, 2022). Il est donc un indicateur de l'efficacité globale du système.

2.3.1.6 Taux de redirection

Ce taux indique la proportion des flux navires ou camions qui ont été contraints d'être redirigés vers d'autres terminaux en raison de l'incapacité d'accueil du terminal principal. Il signale une situation critique de saturation qui affecte directement la performance portuaire et peut générer des surcoûts logistiques et des pertes de compétitivité.

2.3.2 Causes principales de la saturation des zones d'entreposage

La congestion des zones de stockage résulte d'un enchaînement de défaillances multiples. On distingue généralement des causes infrastructurelles, organisationnelles, externes et réglementaires, qui interagissent pour créer des goulots d'étranglement. Par exemple, Wang et Wang (2023) notent qu'un manque d'espace d'entreposage et d'aires de gerbage adéquates entraîne mécaniquement une accumulation de conteneurs au port. De même, Gui et al. (2022) soulignent que le déséquilibre entre le volume croissant des flux et la capacité effective du port conduit à ce que le nombre de navires ou de marchandises excède ce que les infrastructures peuvent absorber

2.3.2.1 Causes infrastructurelles

La capacité limitée des terminaux est un facteur majeur. Eddrgash (2022) souligne que « le manque de capacité de stockage et d'aires de gerbage » engendre une congestion importante, car un espace insuffisant bloque le déchargement des navires et reporte leur traitement. En outre, des équipements obsolètes ou en nombre insuffisant (grues, chariots élévateurs) ralentissent la manutention. Gui et al. (2022) notent que des infrastructures mal entretenues sont un frein direct aux opérations, aggravant les retards et provoquant un cercle vicieux de saturation. Enfin, les points d'accès au terminal peuvent devenir des goulots : par exemple, des horaires désynchronisés pour l'arrivée des camions, un nombre limité de quais, ou encore la saturation des infrastructures de transport en arrière-pays (routes, voies ferrées) empêchent l'évacuation rapide des conteneurs (Gui et al., 2022 ; Wang & Wang, 2023).

2.3.2.2 Causes organisationnelles

Une coordination interne déficiente entre les différents acteurs du terminal est source d'inefficacité. Wang et Wang (2023) insistent sur l'importance d'un système d'information intégré pour éviter les problèmes de triage et la congestion. En son absence, des décalages dans les horaires de travail, un manque de communication inter-terminaux ou des opérations

redondantes génèrent des blocages internes. La gestion des flux et de la main-d'œuvre joue aussi un rôle : une mauvaise stratégie de positionnement des conteneurs (stowing) ou des rotations inefficaces provoquent des mouvements inutiles et donc une saturation accrue (Gui et al., 2022). La pandémie a également aggravé la situation par la réduction du personnel et la création de files d'attente (Gui et al., 2022). Par ailleurs, un stockage mal organisé, notamment un empilement inapproprié des conteneurs selon la taille, la destination ou la priorité, complique leur extraction ultérieure, nécessitant des réarrangements qui amplifient les retards (Gui et al., 2022).

2.3.2.3 Causes externes

La croissance rapide du trafic mondial exerce une pression constante sur les infrastructures portuaires. Gui et al. (2022) rappellent qu'une augmentation continue des volumes de fret peut amener plus de navires que la capacité d'accueil ne le permet, causant congestion des quais et des zones de stockage. La montée en puissance des très grands porte-conteneurs (ULCV) modifie également les flux : ces navires effectuent moins d'escales mais déchargent des volumes concentrés, ce qui provoque des pics simultanés de saturation (Gui et al., 2022). En plus, les déséquilibres commerciaux, tels que l'accumulation de conteneurs pleins dans certains ports importateurs et vides dans des ports exportateurs, entraînent un stockage prolongé qui mobilise l'espace (Gui et al., 2022). Les perturbations liées à des tensions géopolitiques, retards dans les chaînes d'approvisionnement ou changements d'itinéraires, ainsi que les événements exceptionnels comme grèves ou conditions météorologiques défavorables, ralentissent les opérations et aggravent la congestion (Gui et al., 2022).

2.3.2.4 Causes réglementaires

Les procédures douanières, sanitaires et de sûreté strictes allongent le temps de séjour des marchandises. Gui et al. (2022) soulignent que les mesures mises en place durant la pandémie, telles que quarantaines ou désinfections, ont prolongé la durée de passage des navires, aggravant la congestion. De plus, des tarifs d'entreposage faibles incitent les opérateurs à garder leurs conteneurs plus longtemps dans le port, limitant la rotation et saturant les espaces (Eddrgash, 2022). Enfin, l'apparition de réglementations nouvelles, par exemple sur les émissions des navires ou le transport de marchandises dangereuses, peut introduire des contraintes imprévues. Certaines taxes, comme le « Container Excess Dwell

Fee », ont pu dissuader le retrait rapide des cargaisons, rendant les flux internes plus complexes (Gui et al., 2022).

2.3.3 Conséquences principales de la saturation

La congestion des zones de stockage génère de nombreux impacts négatifs sur le plan opérationnel, économique, logistique, sécuritaire et environnemental, affectant gravement le fonctionnement du port et de la chaîne logistique associée.

2.3.3.1 Opérationnelles

La saturation ralentit fortement les opérations portuaires, allongeant les temps d'attente des navires et des camions (Wang & Wang, 2023). Les gestionnaires doivent souvent mettre en place des plans d'urgence, ce qui complique la coordination, augmente le stress du personnel et favorise les erreurs, pannes et accidents. La productivité globale du terminal chute en raison des effets en cascade provoqués par chaque dysfonctionnement.

2.3.3.2 Économiques

La congestion engendre des surcoûts directs (main-d'œuvre, matériel, pénalités pour retard) pour les compagnies maritimes et chargeurs (Gui et al., 2022). À long terme, la réputation du port en souffre, ce qui peut entraîner la perte de clients au profit de ports concurrents, diminuant ainsi ses revenus.

2.3.3.3 Logistiques

Le retard dans l'évacuation des conteneurs perturbe toute la chaîne d'approvisionnement, provoquant ruptures de stock et insatisfaction client (Wang & Wang, 2023). L'augmentation du recours aux transports terrestres pour dégorger les parcs surcharge également les infrastructures routières et ferroviaires environnantes, allongeant le temps total de transit.

2.3.3.4 Sécuritaires

Une zone encombrée multiplie les risques d'accidents lors des opérations de manutention (gerbage, transport interne) en réduisant les marges de manœuvre et en augmentant la

pression sur le personnel (Gui et al., 2022). De plus, l'accès aux zones encombrées devient difficile pour les équipes d'intervention en cas d'incident (incendie, collision).

2.3.3.5 Environnementales

Les navires en attente fonctionnent sur moteurs auxiliaires, augmentant les émissions polluantes (CO₂, NO_x, particules fines), comme observé à Los Angeles durant la pandémie (Vukić & Lai, 2022). L'afflux supplémentaire de camions augmente aussi la pollution locale (bruit, gaz à effet de serre) et la surutilisation des équipements accroît la consommation énergétique et l'empreinte carbone.

2.3.4 Stratégies de prévention de la saturation

La saturation des zones d'entreposage à conteneurs constitue un défi majeur pour les ports, surtout dans les pays en développement aux infrastructures limitées. Pour y faire face, il est crucial de mettre en place des stratégies préventives visant à anticiper les pics d'activité, fluidifier les flux et préserver la capacité opérationnelle des terminaux, autour de trois axes : organisationnel, technologique et infrastructurel.

- Sur le plan organisationnel, la prévention passe par une planification rigoureuse coordonnant la chaîne logistique portuaire, du navire à l'arrière-pays. L'adoption du « juste-à-temps portuaire » limite le temps de séjour des conteneurs en synchronisant opérations maritimes et terrestres (Guerrero & Rodrigue, 2014). La gestion optimisée des créneaux horaires et des mesures tarifaires incitatives contribuent également à réduire les congestions.
- Sur le plan technologique, la digitalisation via des systèmes comme le Terminal Operating System (TOS) permet un suivi en temps réel des conteneurs, réduisant erreurs et temps d'attente (Monios & Wilmsmeier, 2020). L'analyse de données et les outils prédictifs anticipent les périodes de forte activité et adaptent les ressources humaines et matérielles (Maina et al., 2023), aidant à prévenir la saturation.
- Sur le plan infrastructurel, la maximisation verticale de l'espace par empilement automatisé (RTG, systèmes automatisés) augmente la capacité sans agrandir la surface (Kalmar, 2021). Le renforcement des connexions intermodales, notamment ferroviaires, facilite l'évacuation rapide des conteneurs vers l'hinterland (Rodrigue, 2022). Enfin, une maintenance active des engins de manutention assure un fonctionnement fluide et évite les ralentissements.

En résumé, la prévention de la saturation repose sur une combinaison adaptée de mesures organisationnelles, technologiques et infrastructurelles. Pour un port comme Alger, aux marges d'extension limitées, ces stratégies sont essentielles pour améliorer la performance et limiter les risques de congestion.

III. Management des risques portuaire

Dans un contexte portuaire marqué par une forte complexité et interconnexion, la gestion des risques est indispensable pour assurer la continuité des activités et la sécurité globale des opérations. En tant que maillon essentiel de la chaîne logistique mondiale, le port fait face à des risques variés (techniques, organisationnels, environnementaux et sécuritaires) pouvant nuire à ses performances. Le management des risques portuaires adopte une approche systématique visant à identifier, évaluer et traiter les incertitudes susceptibles de compromettre les objectifs stratégiques et opérationnels (Rannane, 2021).

Ce management s'appuie sur une compréhension approfondie du concept de risque et sur des référentiels internationaux, notamment la norme ISO 31000, qui propose un cadre intégré de gestion des risques (Gorgeu & Lavissière, 2015).

La section aborde successivement les fondements théoriques du management des risques, les étapes du processus de gestion, ainsi que les principaux outils utilisés dans les environnements portuaires.

3.1. Fondements du management des risques

3.1.1 Notion des risques et ses typologies

Avant d'aborder la gestion des risques et ses modalités d'application, il convient de présenter certains concepts fondamentaux qui constituent les piliers de cette discipline. La compréhension du risque repose sur la distinction entre plusieurs notions clés : risque, danger, incertitude, imprévu, aléa et problème.

➤ Le risque

Le risque est généralement défini comme une situation incertaine pouvant affecter les objectifs d'une organisation, avec des effets potentiels positifs (opportunité) ou négatifs (menace) (Barthélemy & Courrèges, 2004 ; IRM, 2002). Il se mesure par la probabilité d'un événement et l'ampleur de ses conséquences (Hopkin, 2010). Dans les chaînes logistiques,

le risque désigne tout événement imprévisible impactant le bon fonctionnement des maillons (Lyonnet, Senkel & Clamens, 2019).

➤ **Le danger**

Le danger, quant à lui, désigne une source potentielle de dommage indépendante de la probabilité d'occurrence, comme l'expliquent Chicken et Posner (1998). Il est à distinguer de l'exposition, qui reflète le niveau de contact avec ce danger. Le risque naît ainsi de l'interaction entre danger et exposition.

➤ **L'incertitude**

L'incertitude se distingue du risque par son absence de données quantifiables. Knight (1921) fut le premier à différencier le risque mesurable de l'incertitude non mesurable, tandis que Drennan et McConnell (2007) soulignent que l'incertitude résulte d'un manque de connaissance sur des événements futurs. Van Staveren (2009) distingue à ce propos l'incertitude aléatoire (due à la variabilité naturelle) de l'incertitude épistémique (due à un déficit de savoir).

➤ **L'imprévu**

L'imprévu désigne un événement qui n'a pas été anticipé, souvent à cause de la complexité du système ou des limites humaines (Weick & Sutcliffe, 2007). L'aléa, lui, est un phénomène naturel ou technique aléatoire et incontrôlable, tel que les intempéries dans les ports (Godard, 1990 ; Dauphiné & Provitolo, 2013). Ces éléments sont au cœur des préoccupations en matière de sécurité portuaire.

➤ **Le problème**

Le problème correspond à une situation où un écart existe entre l'état actuel et un objectif, sans solution immédiate (Simon, 1991). Dans le management des risques, il constitue souvent le point de départ de l'analyse.

De manière globale, la perception du risque varie selon les acteurs, leur expérience et leur contexte (Vaughan, 1997 ; Slovic, Monahan & MacGregor, 2000), ce qui explique la diversité des définitions proposées par Terje et Ortwin (2009). Ainsi, la gestion efficace des risques repose sur une compréhension fine et multidimensionnelle de ces concepts.

Les types du risque

Dans leur fonctionnement quotidien, les organisations sont confrontées à une pluralité de risques susceptibles d'impacter leur performance, leur réputation ou même leur pérennité. Ces risques peuvent être regroupés en deux grandes catégories : les risques liés à la gestion interne (managériaux) et ceux découlant de l'environnement interne et externe.

a. Les risques en management

Dans le cadre du management, divers types de risques peuvent affecter les performances et la pérennité d'une organisation.

- **Risque financier** : Il s'agit des risques liés aux pertes économiques, aux variations de change, aux défauts de paiement ou aux décisions d'investissement hasardeuses. Une mauvaise gestion financière peut conduire à des déséquilibres de trésorerie, affectant ainsi la stabilité économique de l'organisation.
- **Risque juridique** : Il englobe les litiges contractuels, les changements réglementaires ou les non-conformités. Danga et Jingfeng (2020) soulignent l'importance d'une approche intégrée fondée sur l'identification, la prévention et la résolution des risques juridiques.
- **Risque opérationnel** : Il est lié aux dysfonctionnements internes (procédures, systèmes ou personnel). Lambert (2014) insiste sur le caractère transversal de ce risque : une défaillance dans un service peut entraîner des perturbations en cascade dans toute l'organisation.
- **Risque d'image ou de réputation** : Dunand Roux et Desportes (2013) définissent ce risque comme les conséquences négatives sur la perception publique de l'organisation, souvent amplifiées par une mauvaise gestion d'un autre type de risque.

b. Les risques liés à l'environnement interne et externe

Les organisations font face à des risques issus de leur environnement, qu'il soit interne ou externe.

- **Risques internes (issus de l'organisation elle-même)**

Les risques internes trouvent leur origine dans les activités, les processus ou les structures internes à l'organisation.

- Risque lié à la demande : Les fluctuations imprévues de la demande peuvent causer des ruptures ou des surstocks, en particulier lorsque la planification logistique est déficiente (Bode, Kemmerling & Wagner, 2013).
 - Risque d'approvisionnement : Dépendances critiques vis-à-vis de certains fournisseurs, retards ou défauts de qualité sont autant de facteurs qui fragilisent la chaîne d'approvisionnement.
 - Risque infrastructurel : Les coupures d'énergie, défaillances informatiques ou mouvements sociaux affectent directement la continuité des opérations logistiques.
- **Risques externes (provenant de l'environnement hors du contrôle direct de l'organisation)**
- Risque réglementaire et bureaucratique : Des changements soudains dans les lois ou les normes peuvent générer des coûts d'adaptation importants ou provoquer des non-conformités (Bode, Kemmerling & Wagner, 2013).
 - Risques liés aux catastrophes : Les événements extrêmes (catastrophes naturelles, pandémies, conflits) perturbent profondément les chaînes logistiques. Leur impact est souvent amplifié par l'interconnexion mondiale des flux (Bode, Kemmerling & Wagner, 2013).

3.1.2 Le management des risques et ses principes

Le management des risques, bien plus qu'un simple cadre technique ou administratif, est un véritable levier stratégique au service des organisations. Il s'agit d'un processus vivant, ancré dans la réalité de chaque structure, et qui accompagne chaque décision, chaque activité, avec pour objectif de sécuriser l'atteinte des objectifs, tout en gardant une capacité d'adaptation face à l'imprévu.

L'Institute of Internal Auditors (IIA) définit le management des risques comme « un processus structuré, cohérent et continu, opérant dans toute l'organisation, qui permet d'identifier et d'évaluer les risques, de décider des mesures à prendre, et de rendre compte des opportunités et des menaces qui affectent la réalisation des objectifs de l'organisation. » Autrement dit, c'est un fil conducteur qui relie la stratégie à l'opérationnel, en veillant à ce que chaque étape soit pensée non seulement en fonction de ce qu'on veut atteindre, mais aussi des obstacles potentiels à contourner.

Le PMBoK (2008) organise ce management autour de cinq étapes clés : planification, identification, analyse, réponse et surveillance des risques. Par ailleurs, le cadre COSO 2 (2004) souligne que la gestion des risques est une responsabilité collective, impliquant tous les niveaux hiérarchiques pour garantir une connaissance partagée et une assurance raisonnable sur l'atteinte des objectifs dans les limites des risques acceptables.

Le management des risques ne se réduit pas à une simple identification de menaces potentielles. Il repose sur une philosophie structurée et des principes fondamentaux, qui en garantissent l'efficacité, la pertinence et la durabilité dans toutes les organisations, quelle que soient leur taille, leur secteur d'activité ou leur localisation.

➤ Les principes du management des risques

Les principes du management des risques sont formalisés dans la norme ISO 31000:2018, Cette norme fournit un cadre de référence international pour instaurer, appliquer et améliorer la gestion des risques dans toute organisation.

La norme ISO 31000 repose sur 8 grands principes fondamentaux qui guident toute démarche de management des risques :

Figure N°3 : les principes du management des risques



Source: ISO. (2018). *ISO 31000:2018 – Risk management – Guidelines*. Genève : International Organisation for Standardisation.

a. Intégré

Le management des risques doit être intégré à tous les processus de l'organisation, de la gouvernance à l'opérationnel. Il ne doit pas être un exercice isolé ou ponctuel, mais une partie intégrante de la culture et de la prise de décision à tous les niveaux.

b. Structuré et global

Une démarche structurée permet d'obtenir des résultats cohérents, comparables et fiables. Elle implique l'utilisation de méthodes rigoureuses qui facilitent la compréhension des risques et la communication des résultats à travers l'ensemble de l'organisation.

c. Adapté

Le système de gestion des risques doit être proportionné à la taille, au contexte, à la stratégie et aux enjeux spécifiques de l'organisation. Il n'y a pas de modèle unique : la gestion du risque doit être contextualisée.

d. Inclusif

L'implication des parties prenantes internes et externes permet de mieux identifier les risques, de les comprendre en profondeur et de construire des réponses réalistes et acceptables. Cela favorise également l'adhésion et la transparence.

e. Dynamique

Les risques évoluent en permanence : nouveaux produits, crises géopolitiques, technologies émergentes, mutations réglementaires... La gestion des risques doit donc être flexible et réactive pour faire face aux changements rapides du contexte externe et interne.

f. Utilisation de la meilleure information disponible

Le management des risques doit s'appuyer sur des informations pertinentes, actuelles et futures, qu'elles soient quantitatives ou qualitatives. Il convient néanmoins de reconnaître les incertitudes et les limites de ces données.

g. Facteurs humains et culturels

Le comportement, la communication, les croyances et la culture des personnes impliquées influencent fortement la manière dont les risques sont perçus et traités. La réussite d'un système de management des risques repose donc en grande partie sur une culture du risque partagée.

h. Amélioration continue

Le management des risques doit évoluer grâce à l'expérience, à la veille et à l'analyse des incidents. Il s'inscrit dans un processus de revue et d'amélioration continue, afin de rester pertinent face aux nouveaux défis.

3.1.3 Standards et normes pour le management des risques

Le management des risques est devenu une composante essentielle de la gouvernance des organisations. Pour accompagner cette évolution, plusieurs normes et standards internationaux ont été élaborés afin d'encadrer et de structurer les démarches de gestion des risques, en tenant compte des spécificités de chaque secteur ou activité. Ces normes visent à apporter des méthodes reconnues, cohérentes et reproductibles.

Parmi ces références les plus reconnues, on retrouve :

a. ISO 31000:2018

La norme ISO 31000:2018 est aujourd'hui considérée comme la référence mondiale en matière de management des risques. Elle définit un cadre général applicable à toute organisation, quelle que soit sa taille, sa nature ou son secteur d'activité. Cette norme repose sur des principes fondamentaux tels que l'intégration du risque dans la stratégie, la prise de décision et la gouvernance. Elle propose un processus structuré permettant d'identifier, analyser, évaluer, traiter, surveiller et communiquer les risques de manière systématique. L'approche prônée par l'ISO 31000 vise à renforcer la résilience organisationnelle et à soutenir la création de valeur durable.

b. La norme AS/NZS 4360

Développée en Australie et en Nouvelle-Zélande, constitue une étape clé dans l'histoire du management des risques. Elle propose une approche générique et adaptable, applicable à tous types d'organisations, indépendamment de leur taille ou domaine d'activité.

Son objectif principal est d'aider les organisations à identifier les opportunités et les menaces dans un environnement incertain, tout en encourageant une amélioration continue des processus à travers un cycle itératif. Cette norme insiste sur l'importance d'un pilotage stratégique des actions de gestion des risques.

c. CEI/IEC 62198:2001

La norme CEI/IEC 62198, élaborée par la Commission électrotechnique internationale, propose des lignes directrices pour la gestion des risques dans le cadre des projets techniques et industriels. Elle décrit un processus clair et structuré qui prend en compte non seulement les aspects techniques, mais également l'environnement organisationnel et contextuel dans lequel le projet s'inscrit. Cette norme met l'accent sur une approche cohérente et intégrée, visant à anticiper les incertitudes tout au long du cycle de vie du projet.

d. l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR) en Algérie IANOR qui est chargé de l'adoption et de la publication des normes internationales au niveau national. À ce titre, l'IANOR a transposé la norme ISO 31000:2018 sous le nom de NA ISO 31000, afin d'en faciliter l'application dans les entreprises, les administrations et les institutions publiques locales. L'IANOR joue ainsi un rôle central dans la promotion d'une culture du risque en Algérie, en encourageant l'utilisation de référentiels normalisés pour une meilleure gouvernance des risques, une meilleure gestion des performances, et une conformité accrue aux exigences internationales.

3.1.4 Le management des risques portuaires

Les ports maritimes, en tant que plateformes logistiques clés, sont exposés à divers risques techniques, humains et environnementaux pouvant perturber leurs opérations et causer des pertes économiques, des problèmes de sécurité ou des dégâts environnementaux (Baird, Thomas, & Hu, 2017; Notteboom & Rodrigue, 2005).

Le risque portuaire englobe tout événement incertain susceptible d'affecter les infrastructures, les opérations ou la responsabilité des autorités portuaires (Baldwin, Moffatt, & Williams, 2014). Parmi les risques techniques figurent les défauts de construction et de maintenance, tandis que les risques humains incluent erreurs et mauvaise gestion (Dekker, 2014). Les risques environnementaux, exacerbés par le changement climatique, concernent tempêtes et inondations (Lussier, Finley, & Swanson, 2015).

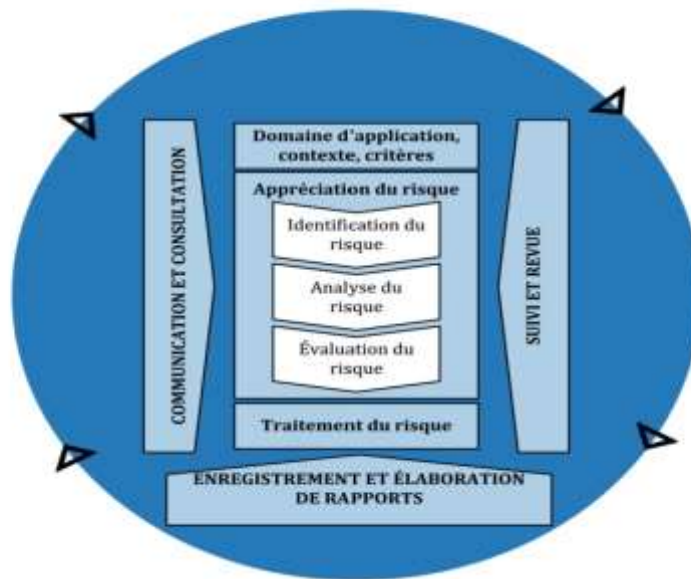
Un management structuré des risques portuaires est essentiel, basé sur un processus continu d'identification, d'évaluation, de hiérarchisation, de traitement et de suivi (Hopkin, 2018). La norme ISO 31000 sert de cadre méthodologique reconnu pour ce management (Aven, 2016). Une gouvernance solide et une coordination entre acteurs portuaires sont cruciales, tout comme l'intégration de systèmes d'information modernes pour une surveillance en temps réel (Notteboom & Rodrigue, 2005; Hossain & Veenstra, 2019). Des ports comme Rotterdam ou Singapour illustrent l'efficacité de l'intégration de la gestion des risques à la stratégie globale, grâce à des exercices de simulation, plans de continuité et formation (Lee, 2018; Gkonis, Psaraftis, & Syriopoulos, 2021).

Enfin, une gestion proactive des risques accroît la résilience opérationnelle, permettant aux ports de mieux absorber et surmonter les perturbations, renforçant ainsi leur compétitivité et durabilité dans un contexte incertain (Hughes, Roberts, & Thompson, 2019).

3.2 Le processus de management des risques

La norme ISO 31000:2018 propose un cadre systématique pour la gestion des risques, applicable à toute organisation, indépendamment de son secteur d'activité ou de sa taille. Le processus de management des risques y est présenté comme une série d'étapes interconnectées permettant d'assurer une approche proactive et structurée dans la maîtrise des incertitudes. Il implique l'application coordonnée de politiques, de procédures et de pratiques à travers les phases suivantes : communication et consultation, établissement du contexte, appréciation du risque, traitement du risque, suivi et revue, et enfin enregistrement et communication des résultats (ISO, 2018).

Figure N°4 : processus du management des risques



Source: ISO. (2018). *ISO 31000:2018 – Risk management – Guidelines*. Genève : International Organization for Standardization.

3.2.1 Communication et consultation

La première étape consiste à mettre en place des mécanismes de communication et de consultation avec toutes les parties concernées — internes comme externes. L’objectif est de favoriser une compréhension commune des risques, de leurs causes, de leurs conséquences, et des mesures adoptées pour les gérer.

Cette phase est essentielle pour renforcer la transparence, assurer une participation active des parties prenantes, améliorer la qualité des informations échangées, et garantir l’adhésion aux décisions. Une communication ouverte permet également d’intégrer différents points de vue, ce qui enrichit l’identification des risques et la planification de leur traitement (ISO, 2018).

3.2.2 Périmètre d’application, contexte et critères

Cette phase vise à délimiter le champ d’application du processus de gestion des risques. Elle comprend :

- a. Le contexte interne :** il s'agit de tous les éléments propres à l'organisation, comme la structure, la culture, les ressources, les objectifs stratégiques, les processus internes, les politiques en place, etc.
- b. Le contexte externe :** cela inclut les facteurs politiques, économiques, sociaux, technologiques, environnementaux et juridiques (analyse PESTEL), ainsi que les relations avec les partenaires, clients, fournisseurs ou institutions.

Il est aussi crucial de définir des critères de risque clairs : seuils de tolérance, niveaux acceptables de risque, méthodes d'évaluation, etc. Ces critères serviront de base pour analyser et hiérarchiser les risques en fonction de leur impact potentiel sur les objectifs stratégiques de l'organisation (ISO, 2018).

3.2.3 Appréciation du risque

L'appréciation du risque constitue le cœur du processus. Elle regroupe trois sous-étapes : l'identification, l'analyse, et l'évaluation des risques.

a. Identification des risques

Cette étape vise à reconnaître les événements, situations ou incertitudes susceptibles d'impacter négativement (ou positivement) les objectifs de l'organisation. Il s'agit de repérer les sources de risques, les événements déclencheurs, leurs causes profondes, leurs conséquences potentielles, et les facteurs aggravants ou atténuants.

L'identification peut s'appuyer sur différentes méthodes : brainstorming, retour d'expérience, analyse documentaire, analyse SWOT, AMDEC, arbres des causes, etc. Elle nécessite une approche systématique mais aussi une certaine créativité, car tous les risques ne sont pas toujours visibles ou quantifiables (Hallikas et al., 2004 ; Benaben et al., 2004).

b. Analyse des risques

Une fois les risques identifiés, l'analyse vise à en comprendre la nature et à en estimer la probabilité et les conséquences. Cette étape permet d'obtenir une mesure du niveau de risque afin de prioriser les actions.

L'analyse peut être qualitative (niveau bas, moyen, élevé), semi-quantitative (notations pondérées), ou quantitative (modèles mathématiques et statistiques). Elle prend en compte:

- La probabilité d'occurrence ;
- La gravité des impacts ;
- La fréquence, la durée et l'intensité de l'exposition au risque ;
- L'efficacité des mesures de contrôle existantes (ISO, 2018).

c. **Évaluation des risques**

Cette étape consiste à comparer les résultats de l'analyse aux critères de risque définis dans la deuxième étape. L'objectif est de déterminer si un risque est acceptable ou s'il nécessite un traitement. Fredriksen et al. (2002) soulignent l'importance de cette étape, car elle permet de hiérarchiser les risques et de justifier les décisions de traitement. La criticité d'un risque est généralement évaluée à l'aide de la formule :

Criticité = Probabilité × Gravité.

Une matrice de criticité sert à représenter graphiquement les niveaux de risque pour en faciliter la priorisation. À cet effet, une cartographie des risques constitue un outil stratégique majeur : elle recense, évalue et met en lumière les menaces clés auxquelles l'organisation est exposée, en les classant selon leur probabilité et leur gravité. Grâce à cette représentation, il devient plus aisé de hiérarchiser les enjeux, de planifier les mesures préventives et d'améliorer la coordination interservices. Dans des domaines à forte criticité, tels que la logistique portuaire, cet outil permet d'adopter une démarche proactive de gestion des risques (Dionne, 2013).

3.2.4 Traitement du risque

Une fois les risques évalués, il convient de choisir une ou plusieurs stratégies de traitement pour les atténuer ou les maîtriser. Fumey (2001) insiste sur la nécessité de mettre en œuvre un plan d'action structuré selon les niveaux de criticité des risques.

Selon Mees (2007), quatre stratégies principales s'offrent à l'organisation :

- Éviter le risque : en modifiant ou abandonnant une activité pour empêcher l'apparition du risque ;
- Réduire le risque : en diminuant sa probabilité ou ses conséquences (ex. : dispositifs de sécurité, contrôles qualité) ;
- Transférer le risque : à un tiers, souvent par un contrat ou une assurance ;

- Accepter le risque : lorsque son impact est jugé faible ou que le coût de traitement est trop élevé.

3.2.5 Suivi et revue

Le suivi et la revue permettent de s'assurer de la pertinence et de l'efficacité du processus de gestion des risques dans le temps. Ils permettent aussi de détecter les nouveaux risques ou les changements dans les niveaux de risque, le processus de revue comprend :

- L'observation continue des risques ;
- L'évaluation de l'efficacité des mesures de traitement ;
- L'actualisation des données et des critères de risque ;
- La révision des plans d'action si nécessaire.

Il s'agit d'un processus dynamique, à intégrer dans le système global de gouvernance et d'amélioration continue de l'organisation (ISO, 2018).

3.2.6 Enregistrement et rapport

La documentation du processus de management des risques est indispensable. Elle garantit la traçabilité, facilite la prise de décision, permet l'amélioration continue du système, et renforce la responsabilité organisationnelle.

Les rapports doivent détailler :

- Les risques identifiés ;
- Les analyses réalisées ;
- Les décisions prises et actions menées ;
- Les résultats des suivis et des revues.

Ils permettent aussi de communiquer efficacement avec les parties prenantes, internes comme externes.

3.3 Méthode et outils d'analyse des risques :

L'analyse des risques repose sur des outils méthodologiques permettant une évaluation structurée et efficace des menaces potentielles.

3.3.1. L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité)

L'AMDEC est une méthode d'analyse préventive utilisée pour identifier, évaluer et hiérarchiser les risques potentiels dans un système, un processus, un produit ou un service. Son objectif principal est de détecter les défaillances potentielles avant qu'elles ne surviennent, d'en analyser les effets et de proposer des actions correctives ou préventives afin de réduire les probabilités de défaillance et leurs conséquences. C'est une méthode systématique très prisée dans les secteurs industriels, logistiques, automobiles, aéronautiques, et de plus en plus dans le management de la chaîne logistique.

➤ Origine et cadre d'application

Initialement développée dans l'industrie aéronautique et spatiale dans les années 1940 par l'armée américaine, l'AMDEC a été adaptée et généralisée à d'autres secteurs. Elle est aujourd'hui normalisée, notamment par la norme française NF X 60-510 et la norme internationale ISO 9001, qui recommandent son emploi dans le cadre d'une démarche qualité ou de maîtrise des risques.

➤ Types d'AMDEC

L'AMDEC peut s'adapter selon l'objet d'étude :

- AMDEC Produit : s'intéresse à la fiabilité d'un produit ;
- AMDEC Processus : vise à fiabiliser les étapes d'un processus opérationnel ou logistique ;
- AMDEC Système : concerne des ensembles complexes combinant hommes, machines et procédures.

➤ Étapes du processus AMDEC

L'AMDEC suit une démarche structurée en plusieurs étapes successives qui permettent de décomposer un système ou un processus en éléments ou sous-activités, d'identifier pour chacun les défaillances possibles, puis d'analyser leurs effets et leurs causes.

- Définition du périmètre d'analyse : on délimite le système ou le processus à analyser (ex. : entreposage de conteneurs dans un terminal portuaire) ;
- Identification des fonctions attendues : il s'agit de comprendre ce que le système ou processus est censé accomplir ;

- Identification des modes de défaillance : pour chaque fonction, on identifie les manières dont elle peut échouer (ex. : empilement incorrect des conteneurs, absence de traçabilité, rupture de stock temporaire) ;
- Analyse des effets de chaque défaillance : cette étape permet d'évaluer les conséquences potentielles sur l'organisation, la sécurité, les performances ou l'environnement ;
- Évaluation de la criticité : La méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) repose sur trois critères fondamentaux : la Gravité (G), la Fréquence d'apparition ou Occurrence (F), et la Détectabilité (D).

3.3.2. Checklist ou Audit de sécurité

La méthode de Checklist ou audit de sécurité est une approche systématique utilisée dans le cadre du management des risques pour évaluer la conformité d'un site, d'un processus ou d'une organisation à un ensemble de normes ou de bonnes pratiques. Elle consiste en l'utilisation de listes de vérification préétablies qui permettent de recenser, identifier et analyser les écarts potentiels par rapport aux exigences en matière de sécurité.

Selon Le Coze (2008), les checklists sont des outils opérationnels puissants pour structurer la vigilance organisationnelle, en particulier dans des environnements complexes et à hauts risques comme le transport maritime ou l'industrie portuaire. Elles facilitent l'identification rapide de situations dangereuses, de non-conformités ou de points faibles dans les systèmes de sécurité.

Ces audits peuvent être :

- Internes, réalisés par le personnel de l'organisation elle-même.
- Externes, confiés à des cabinets spécialisés ou à des autorités réglementaires.

L'objectif principal est de détecter les écarts avant que ceux-ci ne génèrent des incidents ou des accidents. En cela, la checklist fonctionne à la fois comme un outil préventif et un outil d'amélioration continue de la gestion des risques.

Par ailleurs, les audits de sécurité s'inscrivent dans une logique de management intégré des risques, en lien avec les référentiels normatifs tels que l'ISO 45001 pour la santé et la sécurité

au travail ou l'ISO 19011 pour l'audit des systèmes de management. Ils permettent aussi de documenter les pratiques et de fournir des preuves d'efficacité des dispositifs de contrôle.

➤ **Types d'audits de sécurité**

Les audits de sécurité peuvent être classés en plusieurs types, selon leur objectif et leur domaine d'application :

- Audit de conformité : Il s'agit d'une évaluation visant à vérifier que l'organisation respecte les réglementations locales, nationales ou internationales en matière de sécurité (par exemple, les normes ISO 45001 ou les régulations sur les conditions de travail) ;
- Audit de performance : Cet audit se concentre sur l'efficacité des mesures de sécurité mises en place. Il analyse si les pratiques de sécurité actuelles sont réellement efficaces pour prévenir les risques et protéger les travailleurs ;
- Audit de sécurité environnementale : Il évalue les risques environnementaux liés à l'activité de l'organisation, notamment les pollutions, les risques chimiques, et les impacts écologiques d'une activité industrielle.

➤ **Principe de fonctionnement**

L'audit de sécurité repose sur la réalisation d'une inspection systématique et structurée de l'ensemble des procédures, systèmes et équipements concernés par le processus à évaluer. Les auditeurs ou inspecteurs suivent une checklist prédéfinie, qui liste les différents critères de sécurité à vérifier, tels que :

- La conformité des équipements de sécurité ;
- La présence de dispositifs d'alerte et de protection ;
- La formation et la sensibilisation du personnel aux risques ;
- La gestion des situations d'urgence ;
- La maintenance et l'inspection des équipements.

➤ **Le processus se déroule souvent en plusieurs étapes**

- Préparation : Définir les objectifs de l'audit, les critères à vérifier, et choisir la checklist appropriée ;
- Inspection : Passer en revue chaque élément de la checklist en visitant les lieux, en interrogeant le personnel et en analysant les documents ;

- Évaluation : Évaluer la conformité de chaque critère et noter les écarts par rapport aux normes ou aux meilleures pratiques ;
- Rapport : Rédiger un rapport d'audit détaillant les résultats, les risques identifiés, et les recommandations pour améliorer la sécurité ;
- Suivi : Mettre en œuvre les recommandations et effectuer des audits réguliers pour s'assurer que les mesures de sécurité restent efficaces.

3.3.3. Analyse Probabiliste des Risques (APR)

L'Analyse Probabiliste des Risques (APR), aussi connue sous le nom de Probabilistic Risk Assessment (PRA) en anglais, est une méthode quantitative permettant d'évaluer les risques en tenant compte de la probabilité d'occurrence des événements indésirables et de leurs conséquences. Elle est principalement utilisée dans les secteurs à hauts risques comme le nucléaire, l'aéronautique, la chimie ou encore les infrastructures critiques, et tend à se diffuser dans les secteurs portuaire et logistique.

Selon Villemeur (1988), l'APR repose sur une modélisation rigoureuse des scénarios d'accident, utilisant des outils comme les arbres de défaillances (Fault Tree Analysis -FTA) et les arbres d'événements (Event Tree Analysis - ETA), pour identifier les combinaisons d'événements pouvant conduire à des situations dangereuses.

L'Analyse Probabiliste des Risques (APR) repose sur un fonctionnement structuré qui permet d'évaluer les risques en utilisant des techniques quantitatives pour déterminer la probabilité d'occurrence d'événements indésirables et leur impact potentiel. Voici une explication détaillée de son fonctionnement, avec les étapes clés et la manière dont elle est appliquée dans divers domaines.

a. Identification des scénarios de risques

La première étape du processus APR consiste à identifier les événements potentiels qui peuvent nuire à la sécurité, à l'intégrité des équipements, ou à l'environnement. Ces événements sont généralement classifiés en fonction de leur nature, comme les défaillances techniques, les erreurs humaines, les catastrophes naturelles ou les défaillances organisationnelles. Cette identification des scénarios se fait par :

- L'analyse de l'historique des incidents similaires ;
- La consultation d'experts en sécurité et des recommandations normatives ;
- L'utilisation d'outils comme les arbres de défaillance (FTA) pour modéliser les chaînes de défaillances (Bouissou et Bon, 2003).

b. Modélisation des événements

Une fois les scénarios identifiés, la méthode APR se base sur des modèles probabilistes pour décrire la manière dont les défaillances peuvent se produire.

c. Évaluation des probabilités

Une des étapes les plus cruciales de l'APR est l'évaluation probabiliste. Pour chaque événement identifié dans les arbres de défaillance et d'événements, il est nécessaire de quantifier la probabilité d'occurrence. Cette probabilité est calculée à l'aide de données statistiques historiques, d'études d'experts, de modèles de simulation ou de tests expérimentaux. Les probabilités sont ensuite combinées pour calculer les risques globaux associés à chaque scénario.

Les résultats sont souvent exprimés sous forme de probabilité de défaillance annuelle (par exemple, la probabilité qu'une défaillance se produise au moins une fois dans l'année).

d. Évaluation des conséquences

Une fois que les probabilités ont été calculées, l'étape suivante consiste à évaluer les conséquences de chaque scénario. Cela inclut l'impact sur la sécurité humaine, les biens matériels, l'environnement et la réputation de l'organisation. Ces conséquences sont généralement classées selon leur gravité (par exemple, la perte de vies humaines, l'impact environnemental ou la perte de production).

e. Calcul du risque global

Le risque est défini comme le produit de la probabilité d'un événement et de l'ampleur de ses conséquences. Le calcul du risque global pour chaque scénario est effectué en combinant ces deux facteurs : **Risque=Probabilité × Conséquence**

Cette approche permet de classer les risques de manière objective et de déterminer lesquels nécessitent une attention particulière ou des actions correctives.

f. Analyse de la sensibilité et des scénarios alternatifs

Une fois le risque calculé pour chaque scénario, il est possible de mener une analyse de sensibilité. Cette analyse évalue l'impact des incertitudes dans les données (par exemple, des probabilités mal estimées ou des conséquences incertaines) sur les résultats finaux. Des scénarios alternatifs peuvent également être explorés pour examiner les effets de différentes configurations ou actions correctives.

g. Prise de décision et gestion du risque

Sur la base des résultats de l'APR, des actions de gestion des risques peuvent être définies.

Cela peut inclure :

- La mise en place de mesures de prévention pour éviter certains événements ;
- La mise en œuvre de mesures d'atténuation pour réduire les conséquences de certains scénarios ;
- La réduction de la probabilité d'occurrence par des actions correctives ou des améliorations techniques ;
- L'acceptation du risque dans certains cas, si celui-ci est jugé acceptable selon les critères de l'organisation.

3.3.4. Hazard and Operability Study (HAZOP)

La méthode HAZOP, ou étude des dangers et de l'exploitabilité, est une méthode systématique d'identification des risques développée dans les années 1970 par l'entreprise britannique Imperial Chemical Industries (ICI). Elle a été conçue pour analyser les systèmes complexes de procédés industriels, notamment dans l'industrie chimique et pétrochimique, en vue de détecter les déviations potentielles par rapport aux conditions normales de fonctionnement qui pourraient mener à des situations dangereuses ou compromettre l'exploitabilité du système (Kletz, 1999).

➤ Objectif et principes de la méthode

Contrairement à l'AMDEC, qui se focalise sur les modes de défaillance des composants, HAZOP s'attache à étudier les écarts ou déviations dans les paramètres de fonctionnement d'un processus (comme la pression, la température, le débit, la concentration, etc.). L'idée centrale est que tout écart significatif peut être la source d'un danger ou d'un dysfonctionnement opérationnel.

L'objectif de HAZOP est double :

- Identifier les scénarios potentiellement dangereux dus à des déviations ;
- Évaluer leurs conséquences et proposer des actions correctives pour maîtriser les risques.

Cette méthode repose sur une analyse collaborative et multidisciplinaire, effectuée par une équipe d'experts du système étudié, guidée par un animateur HAZOP.

➤ **Fonctionnement de la méthode HAZOP**

La méthode HAZOP (Hazard and Operability Study) fonctionne à travers une analyse systématique, menée par une équipe multidisciplinaire, des différentes sections d'un processus ou d'un système technique. L'analyse est centrée sur des nœuds d'étude (points clés du processus), pour lesquels on explore les déviations potentielles à partir des paramètres normaux de fonctionnement tels que le débit, la pression, la température, la concentration, etc.

Chaque paramètre est combiné avec des mots-clés HAZOP comme « pas de », « plus de », « moins de », « inverse », ou « autre que », dans le but de générer des scénarios de déviation. Pour chaque déviation identifiée, l'équipe analyse :

- Les causes possibles (ex. : défaillance d'une vanne, erreur humaine) ;
- Les conséquences potentielles sur la sécurité, l'environnement ou l'efficacité ;
- Les moyens de détection ou de protection existants ;
- Les actions recommandées pour éliminer ou réduire le risque.

Les résultats sont consignés dans une grille HAZOP structurée, ce qui facilite la traçabilité, la hiérarchisation des risques et le suivi des actions correctives. Si nécessaire, une estimation de la criticité (gravité x probabilités) peut compléter l'analyse.

Chapitre 02 : Cadre méthodologique et contexte organisationnel

Ce chapitre présente la méthode choisie pour cette recherche, basée sur une approche qualitative et une étude de cas de l'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL). Il détaille les techniques de collecte de données, notamment les entretiens, les observations de terrain et l'analyse documentaire. Le chapitre décrit également le contexte organisationnel de l'EPAL et ses processus de gestion des espaces de stockage. Enfin, les procédures d'analyse des données qualitatives sont présentées, assurant la rigueur de l'étude et la pertinence des résultats pour la problématique abordée.

Section01 : méthodologie de la recherche

Dans cette section, nous expliquons la méthodologie qualitative adoptée pour cette recherche. Nous détaillons le processus suivi pour collecter les données, en mettant l'accent sur les entretiens et les observations comme principaux outils. Nous précisons également la population cible de l'étude et les critères de sélection des participants afin de garantir la pertinence des informations collectées. Enfin, nous abordons les mesures prises pour assurer la validité et la fiabilité des données obtenues.

1.1. Positionnement épistémologique de recherche

L'épistémologie est la discipline qui interroge la production des connaissances, leur validité, ainsi que les méthodes utilisées pour les produire. Elle s'intéresse à la manière dont les chercheurs construisent leur savoir et au cadre dans lequel ce savoir est légitime. Comme le souligne Pierre Jacob (1989), l'épistémologie s'apparente à une théorie de la connaissance, tandis que Gaston Granger (1992) la définit comme une philosophie des sciences, cherchant à clarifier les conditions dans lesquelles la recherche peut être qualifiée de scientifique. Cette réflexion critique permet au chercheur de situer son travail dans un cadre cohérent, en accord avec les méthodes employées et les objectifs visés.

Dans le contexte de notre recherche, l'épistémologie adoptée est de nature constructiviste. Le constructivisme part du principe que la connaissance est le fruit d'une construction, opérée par le chercheur en interaction avec son environnement et les acteurs impliqués. Contrairement à une approche positiviste qui chercherait à découvrir une réalité objective et quantifiable, le constructivisme considère que la réalité est une construction sociale et contextuelle, ce qui est particulièrement pertinent pour une étude qui touche à des phénomènes humains, organisationnels et techniques aussi complexes que la gestion des risques portuaires.

Le choix de cette approche repose sur la nécessité de comprendre la réalité du terrain dans sa diversité et sa complexité, en évitant une simple quantification ou une observation extérieure. Cette recherche s'inscrit donc dans une démarche inductive, cherchant à construire des connaissances à partir de l'observation directe du terrain et des interactions avec les acteurs du port d'Alger. Le phénomène étudié, à savoir la gestion des zones d'entreposage sous risque de saturation, nécessite une approche globale qui prenne en compte les interactions humaines, organisationnelles et techniques.

Le constructivisme trouve ses racines dans les travaux de Jean Piaget et Lev Vygotski. Piaget (1973) a proposé que la connaissance est construite activement par l'individu à travers des interactions avec son environnement, dans un processus continu d'adaptation. Selon lui, chaque stade de développement cognitif est une réorganisation progressive des structures mentales, permettant à l'individu de comprendre le monde qui l'entoure. De son côté, Vygotski (1978) a mis l'accent sur l'importance du contexte social et culturel, soulignant que la connaissance est co-construite à travers des interactions sociales et des pratiques culturelles, et non isolée dans l'esprit de l'individu.

Cette posture constructiviste est également influencée par une sensibilité pragmatique, en ce sens que la recherche ne se limite pas à la production théorique mais cherche à offrir des solutions pratiques et adaptées pour améliorer la gestion des risques dans le port. Le pragmatisme, tel qu'il est entendu dans le contexte de cette recherche, consiste à envisager les connaissances produites comme un moyen d'améliorer les pratiques existantes et de guider les décisions dans un environnement opérationnel complexe. L'objectif est de générer des connaissances utiles, directement applicables aux défis pratiques du port d'Alger, en cherchant à répondre de manière concrète aux problèmes rencontrés.

Le constructivisme repose sur l'idée que la connaissance est construite à travers les interactions et les expériences humaines. Elle privilégie une approche inductive, exploratoire et contextuelle, visant à comprendre les phénomènes dans leur environnement spécifique et à partir des perspectives des individus qui en font partie (Lincoln & Guba, 1985).

1.2. Méthode et démarche de la recherche

Cette recherche repose sur une approche méthodologique mixte, combinant des outils qualitatifs et quantitatifs de manière complémentaire. Sur le plan qualitatif, des entretiens semi-directifs et des observations de terrain ont permis d'identifier les causes principales de la saturation des zones d'entreposage (Yin, 2018). Sur le plan quantitatif, des données

internes fournies par l'entreprise ont été exploitées (taux de saturation, séjour moyen, taux de livraison, etc.) et présentées sous forme de graphes afin d'appuyer l'analyse et de mettre en évidence les niveaux de la congestion (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2019).

La démarche adoptée est de type appliquée, visant à répondre à une problématique concrète du terrain, avec une dimension exploratoire pour la compréhension du phénomène, et analytique pour l'évaluation et la hiérarchisation des risques (Creswell, 2014).

1.3. Les outils de collecte des données

Avec la logique de la méthodologie de triangulation, et dans le cadre d'une approche mixte combinant des dimensions qualitatives et quantitatives, nous avons sélectionné des outils de collecte de données pour notre étude.

1.3.1. Outils qualitatives

La collecte des données qualitatives de notre étude s'est faite par l'analyse documentaire, l'observation sur terrain, des entretiens semi-directifs.

➤ 1.3.2. L'analyse documentaire

Elle nous a permis de mieux comprendre l'organisation interne de l'Entreprise Portuaire d'Alger, son fonctionnement et les procédures de gestion des zones de dépôt. Cette approche repose sur l'analyse de sources variées, notamment des rapports d'activité, des documents internes, des articles spécialisés, des textes complémentaires et des supports logistiques.

L'analyse documentaire joue un rôle crucial en fournissant un cadre de référence théorique et contextuel et en jetant les bases d'autres outils de collecte comme l'observation et l'entretien. Elle permet de confronter les déclarations des acteurs aux données formelles que produit l'organisation (Paillé & Mucchielli, 2016).

- 1.3.3. L'observation

L'observation a été réalisée sur le terrain, au sein des zones d'entreposage du port d'Alger. Elle permet de recueillir des données sur les pratiques réelles des agents, les flux de marchandises, l'organisation de l'espace de dépôt et les conditions de saturation. En confrontant les discours aux pratiques observées, cette méthode permet d'accéder à des données concrètes et souvent non écrites (Lüders, 2004). L'observation était de type non participant, ce qui signifie que le chercheur ne participait pas aux activités mais les observait à distance.

- **Les entretiens semis-directifs**

Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé une série d'entretiens semi-directifs avec plusieurs acteurs de l'Entreprise Portuaire d'Alger. A la fois flexible et organisé, ce genre d'entretien permet de collecter des informations précises tout en laissant aux interlocuteurs une certaine liberté d'expression (Blanchet & Gotman, 2007).

En tout, 6 entretiens ont été menés avec : chef de service statistique, directeur de la DPI (direction de planification et informatique) , assistant qualité, chef département exploitation logistique, chef département d'exploitation conteneurs et chef de zones d'entrepôt centre. Ces échanges ont permis d'obtenir des données précieuses sur les pratiques actuelles de gestion des entrepôts, les causes identifiées de la saturation, les procédures de traitement des marchandises, ainsi que les difficultés rencontrées au quotidien. Notre problématique a guidé les entretiens.

L'objectif principal était de mieux comprendre les dysfonctionnements en croisant les perceptions des différents intervenants et d'identifier les pistes d'amélioration.

Le tableau ci-dessous contient des informations sur les interviewés et le planning des entretiens.

Tableau N°07: Profils des personnes interviewées

Fonction	Ancienneté	La date de l'entretien	La durée de l'entretien
Chef de service statistique	10 ans	05/05/2025	54 min
Chef de service informatique	4 mois	06/05/2025	58 min
Assistant qualité	13 ans	05/05/2025	1h10min
Chef d'exploitation conteneurs	4 mois	07/05/2025	1h
Chef de zone d'entrepôt centre	3 mois	07/05/2025	45 min
Chef de département exploitation logistique	21 ans	06/05/2025	50min

Source : élaboré par nous-mêmes

- **Le brainstorming**

Le brainstorming est une technique de créativité de groupe qui encourage la génération d'idées spontanées pour résoudre un problème, en favorisant la liberté d'expression et l'absence de critiques pendant le processus (Paulus & Nijstad, 2003).

Dans le cadre de cette étude, la méthode du brainstorming a été mobilisée à plusieurs étapes clés du processus de recherche.

- Une première séance a été organisée au niveau de la direction de la conteneurisation et de l'acconage afin d'identifier les principales causes de la saturation des zones d'entreposage. Cette démarche participative a permis de recueillir les perceptions et expériences des acteurs de terrain, et de faire émerger des causes concrètes.
- Une deuxième phase de brainstorming a été réalisée dans le cadre de l'analyse approfondie des causes des risques identifiés, en croisant les apports du terrain avec les référentiels théoriques mobilisés.
- Enfin, une dernière session a été conduite avec le chef du département d'exploitation, dans une perspective de co-construction de solutions innovantes, adaptées au contexte opérationnel du port d'Alger. Cette approche collaborative a renforcé la pertinence et la faisabilité des recommandations formulées.

1.3.2. Outils quantitative :

L'extraction des données quantitatives s'est appuyée sur les tableaux de bord fournis par la Direction des conteneurs du port d'Alger, à partir du système portuaire informatisé GESTCONT (un système intégré développé par les informaticiens de l'EPAL). Ces données, relatives aux principaux indicateurs de saturation (taux de saturation, durée de séjour des conteneurs, taux de livraison, etc.), ont été exploitées à des fins descriptives. Elles ont été traitées et visualisées sous forme de graphiques à l'aide du langage de programmation Python, un outil puissant et polyvalent utilisé pour l'analyse statistique, la visualisation de données et l'automatisation des tâches analytiques. Cela a permis de mieux observer les tendances et les pics de congestion. En complément, les outils du management des risques tels que l'AMDEC, la cartographie des risques et le diagramme de Pareto ont également été élaborés via Python, assurant une représentation claire, structurée et automatisée des priorités d'action et des causes principales identifiées. L'usage de ces outils numériques renforce la rigueur analytique de l'étude et appuie son orientation vers une amélioration concrète des performances logistiques portuaires (Python Software Foundation, 2024).

1.4. L'analyse des données

Après la collecte des données qualitatives et quantitatives, nous avons entamé l'analyse des résultats. Pour cela, nous avons adopté une approche mixte qui articule une analyse de contenu thématique pour les données qualitatives et une analyse descriptive et graphique pour les données quantitatives. L'objectif est de produire une lecture la plus fidèle possible des informations recueillies, tout en garantissant rigueur, objectivité et cohérence dans le traitement.

En ce qui concerne les données qualitatives, nous avons suivi les étapes classiques de l'analyse de contenu telles que présentées par Bardin (2013) : pré-analyse, interprétation. La phase de retranscription a consisté à reprendre les notes prises durant les entretiens semi-directifs, pour en extraire les éléments de discours pertinents selon les thématiques identifiées. Concernant les données quantitatives, issues du système GESTPORT, leur traitement a reposé sur une analyse descriptive, appuyée par la visualisation graphique. Ces données ont été représentées à l'aide du langage Python, permettant de mettre en évidence les tendances sur des indicateurs clés comme le taux de saturation, le séjour moyen des conteneurs, ou encore le taux de livraison. Ce traitement graphique a facilité la lecture des phénomènes de congestion et permis de poser un diagnostic plus factuel.

Enfin, les outils du management des risques, tels que l'AMDEC, le diagramme de Pareto et la cartographie des risques, ont été utilisés pour structurer l'analyse des risques liés à la saturation. Ces outils ont été élaborés en partie sur la base des résultats issus de l'analyse qualitative, renforçant ainsi l'articulation entre les deux démarches méthodologiques.

Section 02 : contexte organisationnel

2.1. Historique et création de l'EPAL

Les origines de la ville d'Alger, anciennement appelée El Djazaïr, remontent au IX^e siècle avant notre ère. L'implantation originelle, connue sous le nom d'Icosium (littéralement « île des mouettes »), aurait été fondée à l'époque de l'établissement des Phéniciens dans le bassin occidental de la Méditerranée, notamment à Carthage. Ce toponyme fut par la suite conservé par les Romains durant l'Antiquité.

Le port d'Alger a de tout temps joué un rôle stratégique, tant sur le plan militaire que commercial. Durant la période médiévale, il fut considéré comme un important bastion de défense, notamment pendant la guerre de la Reconquista. Il servit également de point de transit dans les relations commerciales entre l'Espagne et les autres pays méditerranéens (Megherbi, 2016).

À la fin du Xe siècle, la fondation de la ville d'El Djazaïr fut attribuée à Bologhine Ibn Ziri, qui donna ainsi naissance à une cité ayant vocation à devenir un centre économique et politique majeur dans la région.

L'histoire moderne du port d'Alger débute véritablement au XVIe siècle. Alors sous occupation espagnole, la ville fut libérée par les Ottomans à la demande des habitants. Les Espagnols, bien que repoussés, conservèrent le fort du Peñón, situé sur un îlot rocheux, jusqu'à leur expulsion en 1529 par le corsaire ottoman Kheïr Eddine Barberousse. Ce dernier entreprit la première grande infrastructure portuaire d'Alger en reliant l'îlot à la ville par une jetée et en construisant un môle afin d'abriter les navires contre les intempéries (Guenfoud, 2019). Ce premier ouvrage portuaire, constitué de blocs naturels, est aujourd'hui connu sous le nom de jetée Kheïr Eddine et forme encore une partie du port actuel.

À la veille de la colonisation française en 1830, le port d'Alger offrait une superficie de 3 hectares et 50 ares, avec une passe d'entrée de 130 mètres de largeur. Le développement portuaire se poursuivit durant l'époque coloniale avec l'aménagement du bassin du vieux port à partir des années 1830. Celui-ci comprenait la jetée nord (actuelle grande jetée Kheïr Eddine), la jetée sud (dite du Large), ainsi que des infrastructures logistiques comme les quais, la rampe d'accès, deux formes de radoub, une gare et des voies ferrées finalisées en 1865.

Entre 1870 et 1914, la construction du bassin de l'Agha marqua une nouvelle phase d'expansion. Par la suite, de 1914 à 1940, le bassin Mustapha fut aménagé, séparé du bassin de l'Agha par le grand môle Bologhine et une passe de 100 mètres.

Les travaux se poursuivirent après l'indépendance :

- Entre 1950 et 1953, la gare maritime fut construite au môle El Djazaïr ;
- De 1961 à 1963, le môle de Skikda fut ajouté ;
- Entre 1987 et 1988, le remblayage de la darse de Calvi permit la réalisation d'un appontement en duc d'Albe et l'installation de six rampes RO/RO ;

- De 1994 à 1998, un terminal à conteneurs de 17,5 hectares fut mis en service, avec une capacité de traitement de plus de 250.000 EVP.

Ville commerçante, Alger s'ouvre de nouveau sur le monde, avec un trafic de plus en plus important, son port est appelé dans les prochaines années à prendre une place de plus en plus prépondérante.

2.2. Présentation et mission de l'EPAL

2.2.1. Présentation de l'EPAL

L'entreprise portuaire d'Alger a été créée par décret N°82-286 du 14 août 1982 à la suite de la réorganisation du secteur portuaire.

L'EPAL est passée de l'autonomie en septembre 1989 sous la forme d'une entreprise publique économique ayant un statut d'une SAP dont le portefeuille est détenu aujourd'hui par SOGEPOR.

En plus de la mission d'autorité portuaire, L'EPAL exerce conformément à ces statuts des activités à caractère commerciale.

Tableau N°08 : fiche technique de l'entreprise

Nom de l'entreprise	Entreprise portuaire d'Alger
Date de création	14 août 1982
Localisation de l'entreprise	04 rue Jawaharlal Nehru, Alger Centre BP : 259 Alger, Algérie
Forme juridique	SPA
Capital social	10 milliard 500 millions de dinars
Fax	021 63 04 68/ 63 04 98
Email	epal@portalger.com.dz
Site Web	www.portalger.com.dz
Type de Capital	étatique
Téléphone	021 42 36 09 et 25

Source : document interne de l'entreprise

2.2.2. Mission de l'EPAL :

- ✓ L'exploitation de l'outillage et des installations portuaires ;
- ✓ L'élaboration de programmes de travaux d'entretien, d'aménagement et de création d'infrastructures portuaires telles que les bassins, les quais, les magasins, les terre-pleins et les installations spécialisées ;
- ✓ L'exécution des travaux d'entretien, d'aménagement et de renouvellement des ouvrages portuaires ;
- ✓ L'exercice de fonctions commerciales : Acconage, manutention, pilotage, remorquage et lamanage ;
- ✓ La sécurité des installations et du domaine portuaire ;
- ✓ Le respect et la protection de l'environnement.

2.3. Structure et organisation de l'EPAL

L'entreprise portuaire d'Alger est dotée d'un conseil d'administration qui désigne le directeur général de l'entreprise.

Selon l'organigramme, l'entreprise portuaire d'Alger est structurée en (ANNEXE01)

2.3.1. Direction générale :

Présidée par un directeur général, comprenant un cabinet du DG et le secrétariat.

2.3.2. Direction sûreté interne et PFSO : assure la sécurité du port en générale contre les menaces externe.

2.3.3. Direction audit : vérifie la conformité de différentes opérations aux normes et réglementation.

2.3.4. Cellule communication : gère l'image de l'entreprise(le site, les réseaux sociaux...) et la communication externe avec les différents partenaires.

2.3.5. Cellule gestion de portefeuille : Elle a pour rôle de centraliser, planifier et prioriser les projets de l'EPAL afin d'assurer une cohérence avec la stratégie globale de l'entreprise et une gestion efficace des ressources.

2.3.6. Les directions fonctionnelles

a) La direction d'organisation, contrôle de gestion et SMQ (DOCG)

La direction est en charge de l'organisation interne de l'entreprise, de la gestion de la performance et de la mise en œuvre du système de gestion de la qualité (SMQ). Un œil sur l'efficacité des processus, la conformité aux normes ISO et l'amélioration continue.

b) La direction des affaires juridiques et du contentieux(DFJC)

Cette direction est chargée de veiller à la conformité des activités de l'entreprise avec la loi. Elle participe à la rédaction, à l'analyse et à la conformité des contrats. Elle joue également un rôle crucial dans la gestion des litiges, notamment ceux impliquant des clients ou des partenaires externes. En cas de litige, elle représente l'entreprise devant les tribunaux compétents et s'efforce de résoudre les litiges dans le respect de la loi.

c) La direction des ressources humaines et affaires générales(DRH)

Cette direction est en charge de la gestion des ressources humaines, du personnel et des moyens de l'entreprise, ainsi que de la formation et du développement de tous les employés.

d) La direction de planification et informatique (DPI)

La direction supervise le développement des outils numériques, des logiciels, des réseaux, du cyber sécurité et des infrastructures informatiques. Elle favorise la numérisation des services et maximise la circulation de l'information interne.

e) La direction de finances et comptabilité(DFC)

Elle est responsable de la comptabilité et de la gestion financière de l'entreprise. Cela comprend la tenue des comptes, l'élaboration du budget, le suivi des dépenses, la gestion de la trésorerie et le respect des obligations fiscales.

f) La direction de l'exploitation et réglementation(DER)

La direction supervise tous les aspects liés à la gestion et à la prévention du domaine maritime et du plan d'eau. Elle est liée à la direction des travaux pour tous les aspects des programmes liés au bitumage, au dallage, à la réflexion, etc.

g) La direction des travaux et développement(DTD)

La direction se concentre principalement sur l'organisation, la coordination et la supervision des projets d'entretien et de maintenance des installations, des bâtiments, des projets et des équipements portuaires.

h) La direction commerciale (DC)

La direction supervise les relations clients, la prospection, les offres commerciales et les contrats de services. Augmenter le chiffre d'affaires de l'entreprise et élargir sa clientèle.

2.3.7. Les directions opérationnelles

a) La direction capitainerie (D.c.a.)

La capitainerie joue un rôle central dans la gestion opérationnelle du port. Ses principales missions consistent à :

- ✓ Réguler les mouvements des navires dans le port pour garantir un trafic fluide et sécurisé ;
- ✓ Établir les programmes de positionnement des navires à quais en tenant compte de leurs priorités et capacités d'exploitation ;
- ✓ Superviser les opérations de pilotage, de lamanage et de remorquage pour soutenir les manœuvres navales ;
- ✓ Réguler la circulation des véhicules dans l'enceinte du port et contrôler l'accès au port ;
- ✓ Superviser et coordonner les activités des différents corps opérationnels, notamment les officiers de port, les gardes portuaires, les agents de sécurité (GPS) et les agents des techniques de prévention (ATP) ;
- ✓ veiller à l'application rigoureuse des lois relatives à la sécurité maritime et à la police maritime.

b) La direction remorquage

Elle est une direction opérationnelle qui a la charge de l'ensemble des opérations liées à l'aide à la navigation donnée aux navires en escale au port d'Alger et sollicitant l'intervention des remorqueurs afin de faciliter et sécuriser leurs déplacements dans le port.

De ce fait, elle est chargée de l'exécution des programmes des mouvements des navires arrêtés par la commission de placement en appui à l'activité pilotage.

c) La direction manutention

La manutention maritime comprend les opérations d'embarquement et de débarquement des navires commerciaux qui accostent au niveau des quais gérés par l'EPAL, L'arrimage et désarrimage des marchandises à bord des navires ainsi que les opérations de mise et de nécessaire des marchandises sur camions, sur terre-pleins ou dans les hangars et les magasins.

d) La direction centrale logistique (DCL)

Cette direction est chargée de :

- ✓ La gestion et l'exploitation des équipements nécessaires aux opérations portuaires en les affectant en fonction des besoins ;
- ✓ La maintenance préventive et la réparation des engins de manutention ;
- ✓ La gestion des magasins de stock de pièces de rechange.

Tableau N°09: Equipement et matérielle logistique de l'EPAL

	Désignation	Capacité	Nombre
Chariot élévateurs gros tonnage	Chariots reachstackers	42-45 tonnes	36
	Chariots à fourches	20- 32 tonnes	15
	Chariots élévateurs à mat frontal	09 tonnes	13
Chariots élévateurs petit et moyen tonnage	- Chariots à fourches	10- 15 tonnes	22
	- Chariots à fourches	1,5- 06 tonnes	19
	- Mini chargeur	04 tonnes	07
Tracteurs	Tracteur RO/RO pour transfert	50- 90 tonnes	27
	Tracteur routier	40 tonnes	36
	Remorques pour camions et Port – chars (remorque)	50 tonnes	61

Grues et portiques et pompes à grains	Grue portuaire	63-125 tonnes	07
	Grue automatrice	30- 300 tonnes	07
	Portiques à grains	180- 350 tonnes / heures	03
	Pompe à grain	120 tonnes/heure	02
Chariot cavalier	Chariot Cavalier Gerbeurs	40 tonnes	02

Source : document interne de l'entreprise

e) la direction conteneurs et acconage

Dans le cadre de sa réorganisation, l'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL) a fusionné la Direction Acconage (DA), chargée des marchandises diverses, et la Direction Terminal et Conteneurs (DTC), responsable de la gestion des conteneurs. Bien que traitant des cargaisons différentes. Leur regroupement vise à : Gérer et exploiter les espaces dédiés aux conteneurs, notamment dans les zones Centre et Sud ; ces deux directions partageaient des missions similaires :

- ✓ Superviser la réception des conteneurs et de marchandises, en coordination avec l'équipage lors le débarquement, et avec les chargeurs ou leurs représentants lors de l'embarquement ;
- ✓ Assurer le pointage des conteneurs sur les feuilles d'inter change, à l'embarquement et débarquement ;
- ✓ Réaliser la reconnaissance physique de l'état extérieur des conteneurs à l'aide des feuilles d'inter change ;
- ✓ Organiser l'empilement des conteneurs sur les aires de stockage en attendant leur enlèvement à l'import ou leur embarquement à l'export ;
- ✓ Assurer le suivi informatique en temps réel de toute les opérations de traitement de conteneur et de marchandises ;
- ✓ Établir et transmettre les données statistiques relatives à l'exploitation des parcs d'entreposage portuaires.

2.4. Le système d'entreposage des conteneurs à l'EPAL

L'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL) constitue un maillon essentiel dans la chaîne logistique maritime en Algérie. À travers ses infrastructures et ses services, elle assure la réception, le traitement, l'entreposage et la redistribution des conteneurs transitant par le port

d'Alger. Pour accomplir ces missions, l'EPAL s'appuie sur une organisation spatiale bien structurée, composée de différentes zones fonctionnelles répondant à des besoins logistiques spécifiques.

a) Organisation des zones d'entreposage à conteneurs

L'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL) dispose de plusieurs zones d'activités dédiées à la gestion des conteneurs, réparties principalement en deux entités géographiques :

- La zone Centre, s'étendant du quai 17 au quai 25,
- La zone Sud, située entre le quai 34 et le quai 37.

Chaque zone comprend généralement trois types de parcs fonctionnels :

- Un parc d'entreposage,
- Un parc de visite,
- Et un parc de livraison.

Les parcs d'entreposage sont organisés en fonction des types de conteneurs entreposés. Les conteneurs sont ainsi classés selon leur dimension et leur spécificité technique, ce qui permet d'optimiser l'espace et de faciliter leur manipulation. Les principales catégories prises en compte au port d'Alger sont :

- Les conteneurs 20 pieds (20P),
- Les conteneurs 40 pieds (40P),
- Les conteneurs frigorifiques (frigo).

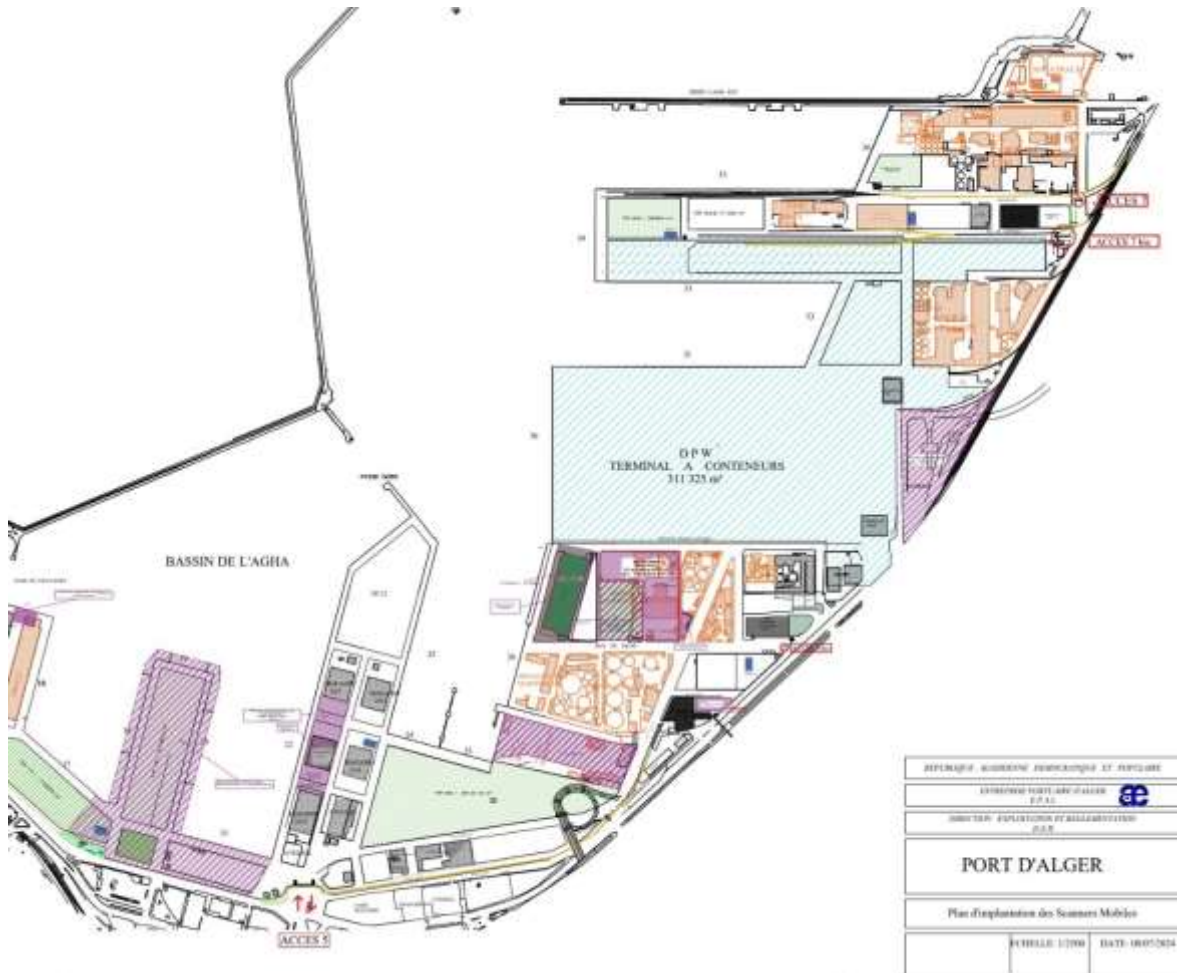
Les autres types de conteneurs, tels que les flats racks, citernes, open-top ou encore les High Cube 45 pieds, ne font pas l'objet d'un zonage spécifique, leur présence au port d'Alger étant occasionnelle.

En ce qui concerne les moyens de manutention, deux types d'équipements sont utilisés dans les différentes zones du port :

- un cavalier gerbeur (straddle carrier), utilisé exclusivement au niveau du quai 17,
- des chariots élévateurs de type stacker (reach stackers), déployés dans les autres parcs du port.

Ce choix de moyens techniques permet d'adapter les opérations de manutention aux contraintes d'espace, à la configuration des quais et aux types de conteneurs traités.

FigureN°6 : Organisation Commercial- Répartition des zones Opérationnelles



Source : document interne de l'entreprise

b) Capacité d'entreposage

Au sein de l'entreprise portuaire d'Alger, les zones d'entreposage des conteneurs sont organisées selon une répartition géographique qui permet de répondre aux exigences logistiques du trafic conteneurisé, particulièrement à l'import. Chaque aire est caractérisée par une surface exploitée (en m²), une capacité d'entreposage au sol (en EVP), ainsi qu'une capacité maximale avec gerbage sur quatre niveaux, ce qui permet d'optimiser l'espace disponible tout en assurant une gestion fluide des conteneurs.

- **La zone centre**

Tableau N°10 : Capacité d'entreposage dans la zone centre

Localisation	surface en m² (exploitée)	capacité au sol (EVP)	capacité (X 4 nivx)
Quai 17 (19 270M²)	12 500 - 13 500	168	672
Quai 18 (12 000 m²)	12 000	240	960
Quai 21/1 (3 400 m²)	3 400	80	320
Quai 21/2 (9 500 m²)	9 500	132	528
Quai 22/PC (9 600 m²)	9 600	120	480
Quai 25/1 (49 212 m²)	-	242	968
Quai 25/2 (5 337 m²)	5 337	40	160
total	39 837	1 022	4 088

Source : document interne de l'entreprise

Note : Il est important de noter que certains quais sont actuellement en travaux. Par conséquent, la capacité d'entreposage disponible est temporairement réduite. Une fois les travaux achevés, une augmentation de la capacité est prévue, ce qui devrait contribuer à améliorer la fluidité des opérations et réduire les risques liés à la saturation.

- **La zone sud**

La zone Sud du port d'Alger comprend plusieurs aires d'entreposage réparties le long des quais 35/1 à 36, avec une surface exploitée de **131 268 m²**. Ces espaces sont exclusivement dédiés à l'entreposage des conteneurs et sont organisés de manière à maximiser la capacité de d'entreposage grâce au gerbage sur plusieurs niveaux.

Tableau N°11 : Capacité d'entreposage dans la zone Sud

Localisation	surface en m² (exploitée)	capacité au sol (EVP)	capacité (X 4 nivx)
Quai 35/1 (7 584 m²)	7 584	57	228
Quai 35/2 (7 892 m²)	7 892	96	384
Quai 35/3 (3 500 m²)	3 500	80	320

Quai 35/4 (3 500 m²)	3 500	57	228
Quai 36 (8 792 m²)	8 792	70	280
Total	131 268	360	1440

Source : document interne de l'entreprise

c) Processus d'acheminement des conteneurs à l'EPAL

L'acheminement des conteneurs au port d'Alger s'appuie sur un processus rigoureusement structuré, garantissant fluidité, sécurité et traçabilité tout au long des opérations. Ce processus comprend plusieurs phases, parmi lesquelles l'entreposage constitue une étape clé, et couvre l'ensemble du parcours depuis la réception des conteneurs jusqu'à leur livraison finale, sous la supervision coordonnée des équipes techniques et logistiques du port.

1. Coordination en amont : la commission de zone

Avant chaque opération de manutention, une commission de zone est convoquée, présidée par le commandant du port et réunissant :

- la Direction centrale de la logistique ;
- la Direction de la manutention ;
- la Direction des conteneurs et acconage.

Cette commission joue un rôle clé dans la planification et l'optimisation des opérations. Elle évalue la capacité d'accueil dans les zones d'entreposage, identifie les contraintes de circulation, affecte les ressources (engins, personnel) et fixe les priorités selon les urgences clients, la typologie des conteneurs et la rotation des navires. Elle permet ainsi une gestion anticipée et ordonnée de l'espace portuaire.

2. Réception et pointage des conteneurs à quai

Dès réception du manifeste cargo par voie électronique, la cellule de saisie informatique de l'EPAL édite une fiche de pointage en trois exemplaires, destinés respectivement aux pointeurs à quai, pointeurs de parc et à la cellule de suivi des opérations.

Chaque fiche comprend :

- Le numéro et le type du conteneur (20 pieds, 40 pieds, etc.) ;
- Ses caractéristiques spécifiques (conteneurs dangereux, frigorifiques, à ordre...) ;
- Le nom du client destinataire.

Lors du déchargement, réalisé à l'aide des grues du navire ou portuaires, les conteneurs sont immédiatement pointés :

- vérification du numéro, de la marque, de l'état du conteneur et du scellé ;
- Tout conteneur intact est admis, enregistré sur la fiche de pointage, puis transféré au terre-plein.

En cas d'anomalie (endommagement, absence de scellé), une réserve est portée sur la fiche.

Les conteneurs spéciaux suivent des procédures différenciées :

- Dangereux : enlèvement immédiat sous-palan (chargement direct sur camion pour sortie),
- Frigorifiques (reefers) : dirigés sans délai vers la station dédiée, pour être branchés électriquement afin de préserver la chaîne de froid,
- Standards : dirigés vers les zones d'entreposage après pointage.

3. Transfert et entreposage dans les parcs

Une fois les conteneurs pointés, ils sont transférés au terre-plein (yard parc), selon les instructions de la commission de zone :

- Le pointeur du parc réceptionne le conteneur, l'affecte à un emplacement précis et mentionne cette position sur sa fiche de pointage ;
- L'information est ensuite saisie dans le système informatique GESTCONT, permettant une traçabilité numérique et une gestion optimisée de l'espace.

L'entreposage est réalisé en fonction :

- Du type de conteneur (reefers, dangereux, vides),
- De la date estimée de sortie,
- Et de la capacité disponible dans chaque parc.

Les engins utilisés varient selon les zones :

- Cavalier gerbeur (quai 17),
- Chariots élévateurs, stackers ou reach stackers (zones périphériques),

4. Programmation des visites des conteneurs

Les visites des conteneurs programmées à la demande des transitaires suivent un protocole précis, articulé autour de trois étapes :

Étape 1 : Programmation de la visite

Le transitaire se présente la veille de la visite au niveau de la zone intégrée pour inscrire son ou ses conteneurs à l'ordre du jour des inspections. Un bon de visite est alors établi et remis sur place. Un registre spécifique, tenu à jour au sein de la zone intégrée, consigne toutes les visites programmées.

Étape 2 : Localisation des conteneurs

Une fois la liste des visites clôturée, les opérations de localisation des conteneurs concernés sont déclenchées alors. Les pointeurs se chargent d'identifier la position exacte des conteneurs inscrits pour la visite du lendemain. Cette opération, encore manuelle à ce jour, est considérée comme transitoire, dans l'attente de la mise en place d'un Terminal Operating System (TOS).

Étape 3 : Transfert vers le parc de visite

Une fois la localisation achevée, les conteneurs sont transférés vers le parc de visite. Ce transfert est conditionné par la disponibilité des moyens matériels et humains déployés par la Direction Centrale de la Logistique (DCL).

Note : L'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL) prévoit prochainement la mise en service d'un système informatisé intégré, qui permettra un suivi en temps réel des opérations d'entreposage, de localisation et de mouvement des conteneurs. Ce dispositif vise à renforcer la traçabilité, à améliorer la gestion des flux logistiques, et à contribuer à la réduction des délais d'immobilisation au sein des zones d'entreposage.

Chapitre 03 : Analyse et discussion des résultats

Ce chapitre analyse la problématique de la saturation des zones d'entreposage à l'EPAL à travers l'étude de ses indicateurs, de ses causes et de ses impacts sur la performance portuaire. Il évalue ensuite le processus de management des risques en place, en identifiant son niveau d'application dans les opérations d'entreposage ainsi que ses limites. Sur cette base, les risques liés à la saturation sont identifiés et analysés selon leur probabilité et leur impact. Enfin, une discussion croise les résultats obtenus avec la littérature existante, et des recommandations sont formulées pour améliorer la gestion des risques et optimiser la performance du port.

Section 01 : Analyse du problème de la saturation à l'EPAL

Depuis le dernier trimestre de l'année 2024, le port d'Alger est confronté à une situation de saturation particulièrement marquée au niveau de ses zones d'entreposage.

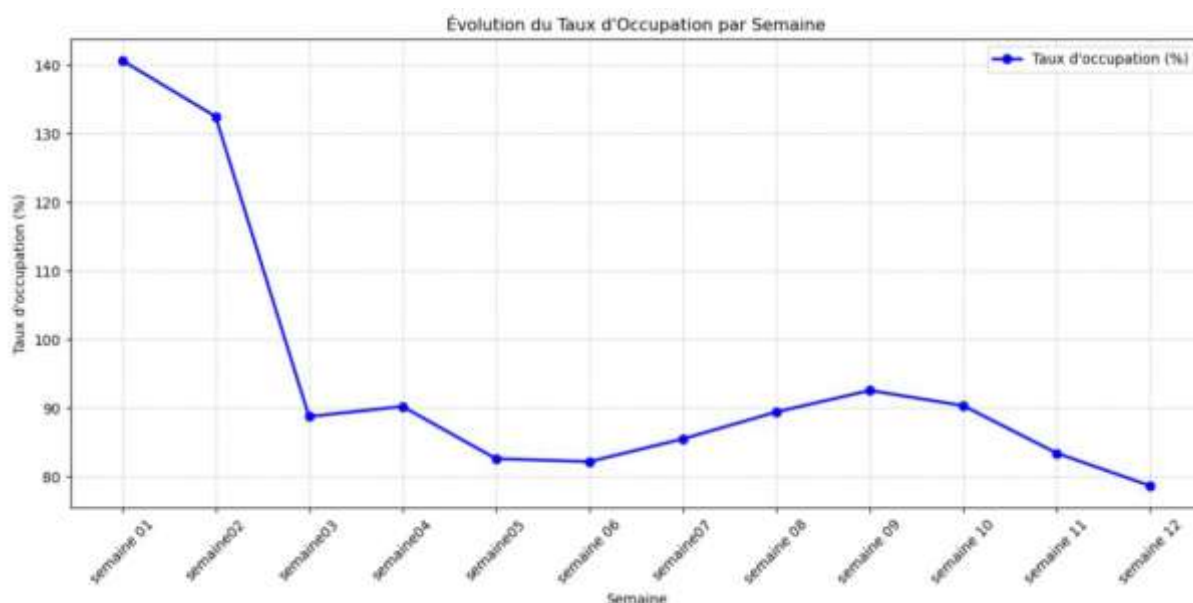
Cette saturation s'est accentuée sous l'effet conjugué d'une augmentation du volume des conteneurs, de retards dans les opérations de livraison, ainsi que des limites structurelles des capacités d'accueil. Les répercussions se traduisent par une congestion des espaces, un allongement du temps de séjour des conteneurs et une désorganisation des flux logistiques internes. Dans cette partie, nous analyserons cette problématique en étudiant, d'une part, les indicateurs de saturation relevés au cours du premier semestre de l'année 2025, et d'autre part, les causes profondes de cette situation ainsi que ses conséquences sur les performances logistiques du port d'Alger.

1.1 Visualisation des indicateurs de la saturation

Afin d'évaluer concrètement la saturation des zones d'entreposage à conteneurs au port d'Alger, une série de données a été collectée auprès du service statistique de la direction des conteneurs et acconage. Cette base couvre une période de 12 semaines correspondant au premier trimestre de l'année 2025. Les indicateurs retenus pour cette analyse sont le taux d'occupation des aires d'entreposage, le temps moyen de séjour des conteneurs (dwell time), ainsi que les volumes hebdomadaires de débarquement et de livraison.

En utilisant le langage Python, des graphiques ont été générés à partir de ces données afin de visualiser l'évolution de ces indicateurs et d'illustrer le niveau de saturation observé. Cette représentation visuelle permet de mieux interpréter les tendances, d'identifier les pics de saturation et de mettre en évidence les périodes critiques en termes de gestion de l'espace portuaire.

Figure N°07: Représentation Graphique de L'évolution du taux d'occupation de l'EPAL



Source : Source : Etabli par nous-même à l'aide de l'outil Python

Interprétation

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution hebdomadaire du taux d'occupation des zones d'entreposage calculé par rapport à la capacité disponible, sur une période de 12 semaines au premier trimestre 2025.

On observe que le taux d'occupation dépasse régulièrement les 80 %, seuil souvent considéré comme critique en gestion portuaire.

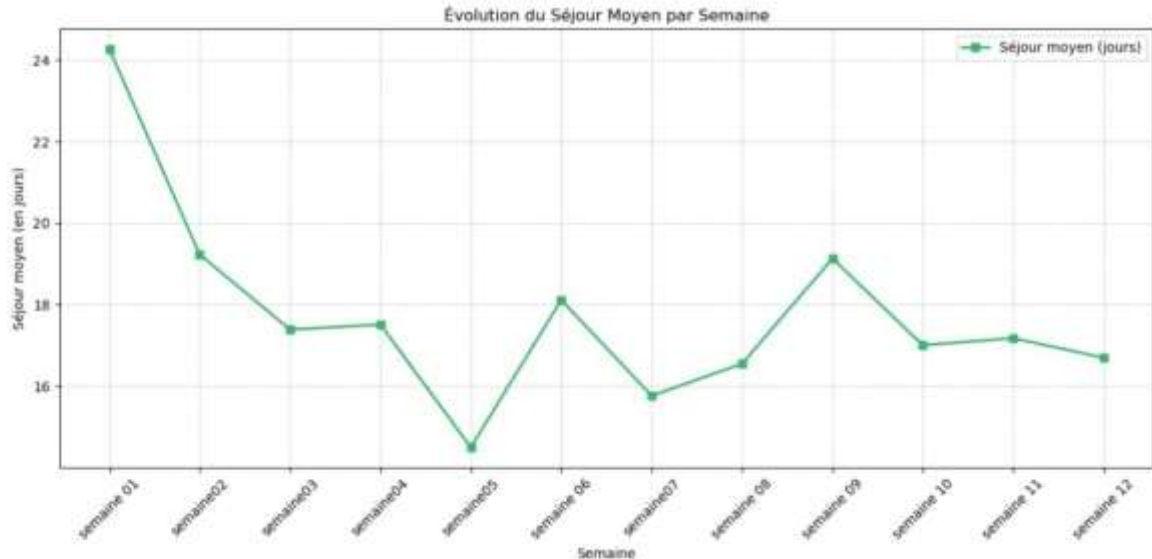
Dans la première semaine le taux d'occupation est très élevé, autour de 140 %. Cela signifie que la capacité d'entreposage initiale (8000 EVP) était largement dépassée, traduisant une saturation extrême des zones d'entreposage. Cette surcharge est liée à la fermeture d'un parc pour travaux, limitant la capacité disponible.

À partir de la deuxième semaine la capacité d'entreposage augmente à 11 320 EVP grâce à la réouverture du parc réaménagé. En conséquence, le taux d'occupation chute fortement pour atteindre environ 132 %, ce qui reste au-dessus du seuil critique de 80 % indiquant une situation encore saturée.

Semaine 03 à 12 : Le taux d'occupation oscille entre 79 % et 92 %, indiquant que les zones sont constamment en situation de saturation ou juste en dessous. Cette situation montre que

malgré l'augmentation de capacité, la gestion des flux ne permet pas une désaturation complète.

Figure N°08 : Représentation Graphique de L'évolution du séjours moyens des conteneurs



Source : Source : Etabli par nous-même à l'aide de l'outil Python

Interprétation

Ce graphique présente l'évolution hebdomadaire du séjour moyen des conteneurs.

Semaine 01 : le séjour moyen est très élevé (~24 jours), ce qui signifie que les conteneurs restent longtemps en entreposage, contribuant à la saturation ;

Semaine 02 à 12 : le séjour moyen diminue rapidement mais reste en moyenne entre 14 et 19 jours, souvent au-dessus du seuil critique de 15 jours ;

Quelques fluctuations existent, notamment une baisse temporaire à la semaine 05 (14,5 jours), mais globalement le séjour moyen reste trop long.

Le séjour moyen confirme la saturation observée dans le graphique précédent. Le temps de rotation des conteneurs est trop élevé, ce qui accentue la congestion. Cela reflète une inefficacité opérationnelle dans la fluidité logistique ou un manque de coordination dans la livraison des conteneurs.

1.2. Identification des causes de la saturation

L'analyse des causes de la saturation des zones d'entreposage dans le port d'Alger repose principalement sur les entretiens réalisés avec les différents responsables et agents de l'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL). Ces échanges ont permis de recueillir des informations précieuses issues de l'expérience terrain, offrant une vision concrète des dysfonctionnements observés au quotidien. L'identification de ces causes constitue une étape clé pour comprendre les enjeux opérationnels auxquels le port est confronté et orienter les propositions d'amélioration.

Tableau N°12 : La fiche synthétique des entretiens sur les causes de la saturation

Questions	Interviewés	Réponses
Quels sont, selon vous, les facteurs qui contribuent à la saturation ?	Chef département exploitation de DTC (Direction conteneur et acconage)	« - Baisse des livraisons - Hausse du trafic - Grande performance au débarquement »
Parmi les facteurs suivants, lesquels identifiez-vous comme causes principales de la saturation (cochez ceux qui s'appliquent) : - Arrivées de volumes exceptionnels de conteneurs pleins ou vides - Insuffisance de moyens d'évacuation (manque de camions ou de trains programmés) - Pannes ou indisponibilité d'équipements de manutention (grues, portiques, etc.) - Inexactitudes dans la planification du trafic conteneurs (prévisions erronées, manque de coordination) - Autre (précisez) :		« - Arrivées de volumes exceptionnels de conteneurs pleins ou vides -Insuffisance de moyens d'évacuation (manque de camions ou de trains programmés)»
Avez-vous déjà constaté des situations où le manque ou la panne d'équipements a aggravé une situation de saturation ?	Chef de département exploitation de	« Oui, il nous est arrivé de constater des situations où le manque ou la panne d'équipements a clairement aggravé une situation de saturation. »

<p>À votre niveau, pensez-vous que l'indisponibilité d'équipements constitue une cause principale de saturation des zones conteneurs ?</p>	<p>DCL (Direction centrale logistique)</p>	<p>« À mon niveau, je ne considère pas l'indisponibilité des équipements comme une cause principale de la saturation des zones de conteneurs, mais elle y contribue certainement »</p>
<p>Quels signes informatiques signalent un risque imminent (ex. incohérences de données, lenteurs du TOS, absence de mise à jour) ?</p>	<p>Directeur de la direction DPI (direction de planification et informatique)</p>	<p>« Absence de mise à jour des mouvements de conteneurs, ce qui crée un décalage entre la réalité sur le terrain et les données affichées</p> <p>-Déconnexions fréquentes du réseau, empêchant l'accès ou la synchronisation des systèmes entre les services.</p> <p>-Blocages ou erreurs lors de l'extraction de statistiques ou rapports, rendant difficile l'analyse de la situation en temps réel. »</p>
<p>Parmi ces causes technologiques, lesquelles identifiez-vous comme sources de risque :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pannes systèmes ou réseau causant l'indisponibilité des données - Erreurs de saisie ou de synchronisation des données conteneurs - Systèmes vieillissants ou non maintenus (pas de mises à jour) - Sécurité insuffisante (virus, attaques qui perturbent les opérations) - Autre (précisez) : 		<p>« Pannes systèmes ou réseau causant l'indisponibilité des données</p> <p>-Erreurs de saisie ou de synchronisation des données conteneurs</p> <p>-Systèmes vieillissants ou non maintenus (pas de mises à jour) »</p>
<p>Dans quelle mesure l'absence ou l'inexactitude de données statistiques peut-elle contribuer à la saturation ?</p>	<p>Chef de service statistique (DTC)</p>	<p>« Bien que des prévisions soient établies à partir de données statistiques, l'imprévisibilité du trafic portuaire limite leur fiabilité. Cette incertitude complique la planification et peut favoriser la saturation, d'où la nécessité de mécanismes de</p>

		<i>gestion flexibles pour faire face aux fluctuations ».</i>
Quels sont les impacts d'une implication insuffisante du service qualité sur l'anticipation et la gestion durable des risques liés à la saturation logistique ?	Assistant qualité (DTC)	<i>« Lorsque le service qualité n'est pas suffisamment associé aux processus de gestion des risques logistiques, les phénomènes de saturation tendent à passer inaperçus ou à être traités de manière ponctuelle. Cela empêche une anticipation efficace des problèmes, limite l'analyse des causes et freine la mise en place d'actions correctives structurées ».</i>
Quelles sont, selon vous, les causes principales de cette saturation ?	Chef de zone d'entreposage (zone centre)	<i>« La saturation est due à plusieurs facteurs. D'abord, face à un manque d'espace évident, ainsi qu'à un déficit en équipements, ce qui complique la gestion quotidienne. Ensuite, les retards dans la livraison des conteneurs, qui font que les conteneurs restent plus longtemps dans le parc, ce qui augmente leur temps de séjour et aggrave la saturation ».</i>

Source : établis par nous-mêmes à partir des données récoltées des entretiens

Interprétation

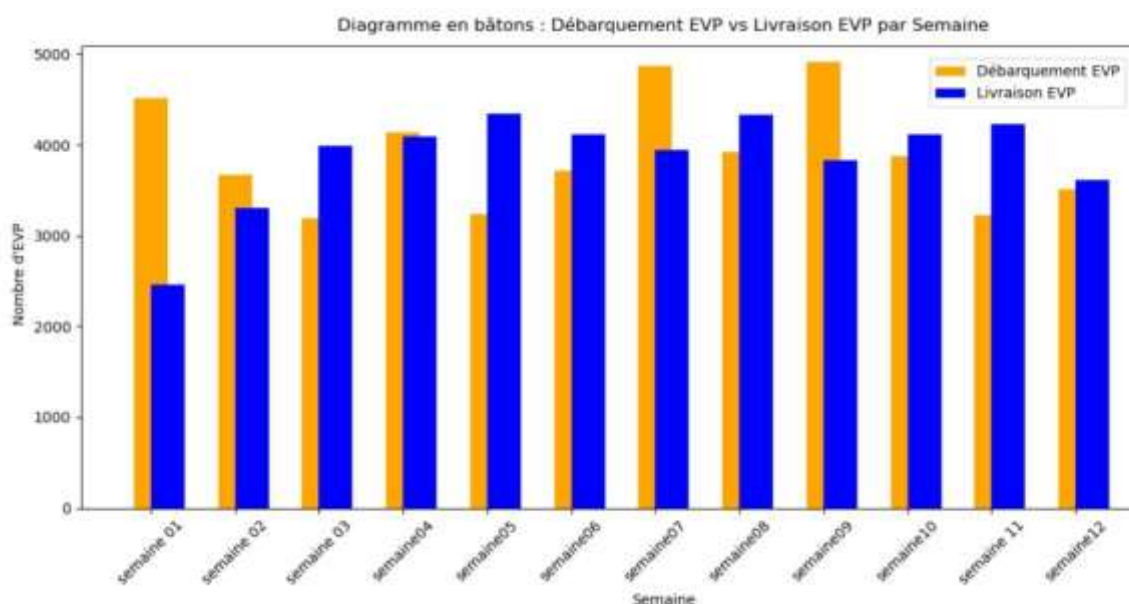
Il ressort de ces entretiens que plusieurs facteurs concourent à la saturation des zones d'entreposage, notamment des contraintes organisationnelles, structurelles et logistiques.

➤ La cause principale : le déséquilibre entre débarquement et livraison

Il ressort clairement que l'un des facteurs majeurs de saturation est le déséquilibre entre les volumes débarqués et ceux effectivement livrés. Plusieurs responsables ont indiqué que les débarquements massifs, souvent non suivis d'un rythme de livraison équivalent, engendrent une accumulation rapide de conteneurs dans les zones d'entreposage. Ce déséquilibre est aggravé par des pics d'arrivée non anticipés, créant des situations ponctuelles de congestion sévère.

L'analyse du diagramme à bâtons représentant l'évolution hebdomadaire des volumes d'EVP débarqués et livrés dans le port d'Alger met en évidence un déséquilibre récurrent entre les flux entrants et sortants.

Figure N°09 : Diagramme en bâtons de débarquement vs livraison (EVP) par semaine



Source : Source : Etabli par nous-même à l'aide de l'outil Python

Ce diagramme en bâtons illustre l'évolution hebdomadaire du nombre d'EVP débarqués (en orange) et livrés (en bleu) sur une période de 12 semaines. Le diagramme montre clairement qu'à plusieurs reprises, le volume de conteneurs débarqués dépasse largement celui des conteneurs livrés.

Semaine 01 : Le nombre d'EVP débarqués est largement supérieur aux livraisons (fort déséquilibre) ;

Semaines 07 et 09 : De fortes pointes de débarquement (près de 4800–4900 EVP) sont constatées alors que les livraisons restent nettement inférieures ;

Semaines 03, 05, 06, 08, 10 et 11 : Les livraisons dépassent ou égalent les débarquements, ce qui semble être des périodes de rattrapage ou de désengorgement ;

Globalement : Le volume débarqué varie fortement d'une semaine à l'autre, alors que le rythme des livraisons est plus stable. Ces déséquilibres entraînent une accumulation temporaire de conteneurs dans les zones d'entreposage.

➤ **Autres causes contribuant à la saturation**

En plus de ce déséquilibre structurel, plusieurs autres facteurs ressortent de l'analyse des entretiens comme contributifs à la saturation des zones d'entreposage :

- **Manque d'espace physique** : Plusieurs responsables, notamment sur le terrain, évoquent une insuffisance de surface disponible pour faire face à la densité du trafic, surtout dans les périodes de forte activité ;
- **Insuffisance des moyens d'évacuation** : Le manque de camions ou de trains programmés empêche l'évacuation rapide des conteneurs, ce qui ralentit le désengorgement ;
- **Pannes et indisponibilité des équipements** : Bien que jugée secondaire, l'indisponibilité des grues et engins de manutention accentue les retards dans le traitement des conteneurs ;
- **Défaillances des systèmes informatiques** : L'absence de mise à jour des mouvements, les erreurs de synchronisation et les pannes réseau compromettent la visibilité sur l'occupation réelle, retardant les décisions correctives ;
- **Données statistiques peu fiables** : Un manque de données actualisées limite l'anticipation des niveaux critiques de saturation, et peut conduire à des décisions mal informées ;
- **Faible implication du service qualité** : Lorsque la gestion des risques logistiques n'intègre pas les démarches qualité, les situations critiques passent inaperçues ou sont traitées de manière ponctuelle, sans actions durables.

1.3. L'impact de la saturation sur la performance de l'EPAL

L'analyse de l'impact de la saturation des zones d'entreposage sur la performance de l'EPAL s'appuie sur les données empiriques recueillies lors des entretiens menés avec les responsables et les agents opérationnels de l'EPAL. Ces échanges ont permis d'identifier plusieurs conséquences majeures qui affectent directement le fonctionnement et l'efficacité globale du port.

Tableau N°13 : La fiche synthétique des entretiens sur les conséquences de la saturation

Questions	Interviewés	Réponses
<p>Quels sont les effets directs de cette saturation sur votre travail au quotidien ?</p>	<p>Chef département exploitation de DTC (Direction conteneur et acconage)</p>	<p>« <i>Réclamations clients</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Insatisfaction du programme visite</i> - <i>Augmentation des mouvements improductifs du matériel de manutention</i> »
<p>Quelles conséquences opérationnelles avez-vous constatées en cas de saturation des aires d'entreposage ?</p>		<p>« - <i>Retard sur les escales ;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Allongement des délais ;</i> - <i>Pertes de productivité ;</i> - <i>Tensions avec les clients</i> »
<p>Lorsque les zones d'entreposage sont saturées, cela a-t-il un impact direct sur l'utilisation des équipements ?</p>	<p>Chef de département exploitation de DCL (Direction centrale logistique)</p>	<p>« <i>Oui, la saturation des zones d'entreposage a un impact direct sur l'utilisation des équipements. Lorsqu'il n'y a plus suffisamment d'espace pour manœuvrer, les engins de manutention voient leur productivité diminuer</i> ».</p>
<p>Si plusieurs équipements clés tombent en panne, quelles conséquences précises observez-vous ? (cochez)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ralentissement global des opérations de déchargement et de chargement - Report des conteneurs vers d'autres zones (avec perte de temps logistique) - Travail en heures supplémentaires pour compenser la perte (coûts accrus) - Nécessité de louer ou de mobiliser en urgence du matériel complémentaire 		<p>« <i>Toutes ces conséquences sont observées</i> »</p>

<p>Quels effets observe-t-on quand les systèmes informatiques liés au trafic conteneurs dysfonctionnent ? (cochez)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perte de visibilité sur l'occupation réelle des zones (données obsolètes) - Impossibilité de planifier correctement les opérations - Erreurs de guidage des engins et des camions (hausse des incidents) - Mobilisation en urgence des équipes IT (ressources humaines supplémentaires) - Autre (précisez) : _____ 	<p>Directeur de la direction DPI (direction de planification et informatique)</p>	<p>« Perte de visibilité sur l'occupation réelle des zones (données obsolètes)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impossibilité de planifier correctement les opérations - Erreurs de guidage des engins et des camions (hausse des incidents) - Mobilisation en urgence des équipes IT (ressources humaines supplémentaires) - Autre : Allongement des délais de traitement des conteneurs et augmentation du risque de saturation non anticipée. »
<p>La saturation physique des zones peut-elle entraîner une surcharge ou un dysfonctionnement des systèmes informatiques ?</p>		<p>« La saturation des zones d'entreposage a un impact indirect mais significatif sur le système informatique. Lorsque les zones sont pleines, le volume de données à traiter augmente fortement (mouvements de conteneurs, changements de position, reports d'opérations), ce qui surcharge parfois les systèmes ».</p>
<p>Quels effets concrets répertoriez-vous lorsque les statistiques font défaut dans la gestion du risque ?</p>	<p>Chef de service statistique (DTC)</p>	<p>« Une mauvaise évaluation de la capacité nécessaire, notamment en sous-estimant les besoins réels en espace ou en ressources. Il y a aussi souvent des retards dans l'alerte des niveaux critiques d'occupation, car sans données à jour, on ne peut pas déclencher les signaux d'alerte à temps »</p>
<p>Y a-t-il déjà eu des décisions stratégiques remises en cause à cause de données statistiques incorrectes en situation de forte activité ?</p>		<p>« Oui, cela s'est déjà produit. Lors de périodes de forte activité, notamment quand le trafic devient imprévisible, des décisions prises sur la base de données erronées ou incomplètes ont dû être</p>

		<i>réajustées ou carrément annulées ».</i>
<p>Selon vous, quels sont les impacts qualitatifs d'une saturation des zones d'entreposage ?</p>	<p>Assistant qualité (DTC)</p>	<p><i>« La saturation des zones d'entreposage engendre des impacts qualitatifs significatifs : non-respect des normes de sécurité, retards dans le traitement des opérations, dégradation de l'image du port et insatisfaction des clients. Ces effets compromettent la qualité du service et la crédibilité de l'EPAL ».</i></p>
<p>Quels sont les effets directs de cette saturation sur votre travail et sur le fonctionnement de la zone ?</p>	<p>Chef de zone d'entreposage (zone centre)</p>	<p><i>« L'EPAL connaît un trafic important, avec un grand nombre de navires à débarquer chaque jour. Face à cette activité intense et au manque d'espace disponible, les zones d'entreposage deviennent mal organisées, ce qui impacte directement notre travail. On observe une baisse du rendement des équipes, un ralentissement des opérations de réception et de sortie des conteneurs, ainsi qu'une accumulation anormale des conteneurs. Cette situation engendre aussi de la désorganisation et parfois des erreurs dans le placement, ce qui complique encore davantage la gestion quotidienne de la zone ».</i></p>

Source : établis par nous-mêmes à partir des données récoltées des entretiens

Interprétation

Les conséquences de la saturation des zones d'entreposage sont multiples et touchent à la fois l'efficacité opérationnelle, la qualité du service et la performance globale du port.

➤ Conséquences opérationnelles immédiates

Les entretiens soulignent des retards d'escale, pertes de productivité, tensions avec les clients, ainsi qu'un allongement des délais de traitement. Les opérations deviennent plus lentes, moins fluides, et les mouvements des équipements se multiplient inutilement, ce qui génère des mouvements improductifs ;

➤ **Impacts sur l'utilisation des équipements**

Lorsque les zones sont saturées, les engins de manutention ne peuvent plus évoluer librement, ce qui réduit leur productivité. De plus, en cas de panne de plusieurs équipements, les services sont contraints de recourir à des locations urgentes ou à du personnel en heures supplémentaires, alourdissant les coûts logistiques ;

➤ **Dégradation de la performance des systèmes informatiques**

La saturation physique a un impact indirect mais significatif sur les systèmes informatiques. L'augmentation du volume de données à traiter provoque des ralentissements, des erreurs de guidage des engins, une perte de visibilité sur l'occupation réelle, et rend la planification des opérations plus complexe ;

➤ **Problèmes liés aux données statistiques**

Les responsables alertent sur les effets d'un manque de données fiables : mauvaise évaluation des besoins d'espace, retards dans les alertes critiques, et décisions stratégiques parfois erronées. L'absence de données à jour empêche une gestion dynamique et préventive de la saturation ;

➤ **Impacts qualitatifs**

La saturation porte atteinte au respect des normes de sécurité, à la qualité de service, et à l'image de l'EPAL. L'insatisfaction des clients s'accroît, les opérations deviennent désorganisées, et la crédibilité institutionnelle du port est fragilisée ;

➤ **Désorganisation des zones d'entreposage**

Enfin, les témoignages décrivent un climat de désorganisation croissante dans les zones saturées : erreurs de placement des conteneurs, baisse du rendement des équipes, ralentissement du traitement des entrées/sorties, et complexité accrue dans la gestion quotidienne des flux ;

➤ **Congestion accrue dans les rades**

L'encombrement des zones d'entreposage entraîne un ralentissement des opérations de débarquement, faute d'espace disponible pour accueillir de nouveaux conteneurs. Cette situation oblige les navires à attendre en rade, parfois plusieurs jours, avant de pouvoir accoster, ce qui perturbe la rotation maritime, génère des surcoûts pour les armateurs et

aggrave la congestion portuaire en amont. Cette congestion en rade devient ainsi une conséquence directe de la saturation à quai, avec des effets en cascade sur toute la chaîne logistique maritime.

Section 02 : Évaluation du processus de management des risques à l'EPAL

Dans un contexte marqué par une intensification des flux portuaires et une pression croissante sur les capacités d'entreposage, la question du management des risques logistiques prend une importance stratégique pour l'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL). Cette section vise à évaluer le niveau de structuration, d'intégration et d'efficacité du processus de gestion des risques au sein de l'EPAL, en s'appuyant sur les constats issus des entretiens réalisés avec les responsables des différentes directions.

2.1 État des lieux du management des risques à l'EPAL

L'analyse des données collectées lors des entretiens réalisés avec les responsables des différents services de l'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL) montre que la gestion des risques n'est pas encore intégrée comme un processus structuré et transversal. Il n'existe pas de cellule de management des risques clairement identifiée, ni de stratégie globale documentée permettant une approche systémique de la prévention des risques logistiques.

Afin d'illustrer concrètement les perceptions des acteurs internes sur l'état du management des risques à l'EPAL, le tableau ci-dessous présente une synthèse des réponses recueillies lors des entretiens :

Tableau N° 14 : La fiche synthétique des entretiens sur le processus management des risques de l'EPAL

Questions	Interviewés	Réponses
Le service qualité participe-t-il à une démarche de gestion des risques dans l'entreprise ?	Assistant qualité (DTC)	<i>« Non, actuellement, le service qualité ne participe pas à une véritable démarche de gestion des risques au sein de l'entreprise. Il n'y a aucun engagement formel de la direction générale dans la mise en place d'un système structuré de management des risques ».</i>
Existe-t-il une cartographie des risques ou des analyses préventives liées à la saturation ?		<i>« Il y a deux ans, un processus de management des risques avait été initié avec la création d'une cartographie des risques, mais des écarts dans l'évaluation ont entraîné</i>

		<i>l'abandon de la démarche. Depuis, elle n'a pas été relancée. Concernant la saturation des zones d'entreposage, aucune action préventive n'a encore été prise, bien qu'une analyse SWOT ait été réalisée au sein de la direction Conteneurs et Acconage pour mieux cerner les enjeux et vulnérabilités».</i>
Disposez-vous d'une évaluation formelle des risques liés à la saturation (par exemple, une matrice de criticité fréquence/gravité, un audit sur la saturation) ?	Chef de département exploitation DTC (Direction conteneur et acconage)	« Oui, généralement avec des audits »
Existe-t-il un dispositif formel de gestion des risques techniques (pannes, indisponibilité des engins) lié à la saturation ?	Chef de département exploitation de DCL (Direction centrale logistique)	« Oui, des audits qualité périodiques sont planifiés au niveau de notre département, des prévisions préventives et curatives aussi »
Quels outils ou pratiques mettez-vous en place pour améliorer la détection statistique du risque ?	Chef de service statistique (DTC)	« Pour améliorer la détection des risques liés à la saturation, nous utilisons principalement des tableaux de bord contenant des indicateurs clés, tels que le taux d'occupation des zones d'entreposage, le séjour moyenne des conteneurs, ou encore le volume moyen débarqué et livrée par jour. Ces KPIs nous permettent de suivre l'évolution de l'occupation des espaces de manière plus réactive».
À votre connaissance, existe-t-il un système d'information intégré à une démarche de gestion des risques ?	Directeur de la direction DPI (direction de planification et informatique)	« Non, il n'existe pas une démarche au niveau de cette direction, mais il existe une prévision des risques. »
Existe-t-il, à votre connaissance, une procédure ou une méthode spécifique pour anticiper ou gérer les risques de saturation dans les zones d'entreposage ?	Chef de zone d'entreposage (zone centre)	« À ma connaissance, il n'existe aucune procédure ni méthode spécifique pour anticiper ou gérer les risques de saturation dans les zones d'entreposage. La gestion de ces situations se fait plutôt de manière informelle, basée sur l'expérience et

		<i>l'échange entre les différents acteurs concernés »</i>
--	--	---

Source : établis par nous-mêmes à partir des données récoltées des entretiens

Interprétation

L'analyse de la fiche synthétique montre que le management des risques à l'EPAL est peu structuré et faiblement intégré dans les pratiques de gestion. Bien que des pratiques isolées existent, elles ne s'inscrivent pas dans un cadre global cohérent, ce qui limite fortement l'efficacité de la prévention et de la gestion des risques, notamment ceux liés à la saturation des zones d'entreposage.

Le service qualité, qui devrait jouer un rôle clé, n'est pas impliqué, et aucun engagement formel de la direction générale n'a été pris pour mettre en place une démarche globale. Cela montre clairement une absence de volonté stratégique, sans laquelle aucune culture du risque ne peut se développer durablement.

Une tentative de cartographie des risques a bien été initiée, mais elle a été abandonnée faute de suivi rigoureux. Concernant la saturation des zones d'entreposage, aucune procédure ni méthode spécifique n'est actuellement appliquée.

Certains départements opérationnels, notamment ceux en relation avec la direction DTC, comme la DCL ou les zones d'entreposage, mettent en œuvre des audits périodiques et des actions préventives ponctuelles. Cependant, ces initiatives restent isolées et non coordonnées, ne s'inscrivant pas dans un processus global partagé à l'échelle de l'entreprise.

Le service statistique suit des indicateurs clés (taux d'occupation, séjour moyen), mais ces données ne sont pas exploitées dans une logique anticipative. De plus, il n'existe pas de système d'information intégré dédié à la gestion des risques.

Sur le terrain, la gestion reste informelle, fondée sur l'expérience et les échanges entre agents. Cette situation reflète une approche principalement réactive, sans structuration ni coordination transversale.

2.2. Mise en œuvre du management des risques face à la saturation des zones d'entreposage

Comme il a été démontré précédemment, l'EPAL ne dispose pas actuellement d'un dispositif formel de management des risques structuré et transversal. La gestion des risques liés à la saturation des zones d'entreposage se fait de manière ponctuelle et réactive, sans cadre méthodologique unifié.

Dans cette partie, nous proposons une démarche de management des risques adaptée au contexte de l'EPAL, en nous appuyant sur les principes du cadre ISO 31000:2018 et sur les outils méthodologiques recommandés par la norme ISO 31010:2019.

L'objectif est de démontrer comment cette approche pourrait être appliquée pour structurer efficacement l'identification, l'analyse, l'évaluation et le traitement des risques liés à la saturation des zones d'entreposage, en tenant compte des spécificités du fonctionnement actuel de l'EPAL.

Cette proposition repose sur :

- L'analyse des données logistiques de l'entreprise (taux d'occupation, volumes débarqués/livrés, durée de séjour) ;
- Les observations de terrain ;
- Les entretiens réalisés avec les responsables des directions concernées, en lien direct avec la gestion des flux et des zones d'entreposage.

2.2.1. Communication et consultation

L'objectif est d'associer tous les acteurs internes concernés afin de construire une compréhension commune du risque et garantir l'adhésion au processus.

Acteurs à impliquer

- Direction Conteneurs et Acconage : gestion directe des conteneurs et des opérations de stockage/déstockage ;
- Direction Centrale Logistique (DCL) : gestion des équipements de manutention et de leur disponibilité ;
- Service Qualité (rattaché à la DOCG) : pilotage du système de management qualité et amélioration des processus ;

- Direction Planification et Informatique (DPI) : systèmes d'information logistiques et statistiques ;
- Direction Manutention : coordination avec les opérations de mise à quai et transfert des marchandises ;
- Direction Organisation, Contrôle de Gestion et SMQ (DOCG) : coordination globale du pilotage de performance ;
- Direction Générale : arbitrage stratégique et validation des mesures.

Actions proposées pour la communication :

- Réunions interservices mensuelle ;
- Mise en place d'un comité transversal de gestion des risques logistiques ;
- Recueil des besoins et attentes opérationnelles pour prioriser les actions.

Note : Le risque de saturation des zones d'entreposage dépend non seulement de facteurs internes à l'EPAL, mais aussi d'éléments externes. Certains acteurs extérieurs, comme les transitaires, les douanes, les compagnies maritimes ou les transporteurs terrestres, peuvent contribuer ou aggraver la saturation. Leur intégration dans l'analyse du contexte et les échanges d'information est donc essentielle.

2.2.2. Etablissement du contexte des risques

L'établissement du contexte selon l'ISO 31000 :2018 comprend la définition du périmètre d'application, l'analyse du contexte interne et externe, ainsi que la détermination des critères d'évaluation des risques liés à la saturation des zones d'entreposage.

a) Périmètre d'application

La démarche de management des risques qu'on propose, porte exclusivement sur la situation de saturation des zones d'entreposage de conteneurs au sein de l'EPAL. Elle concerne spécifiquement :

- Les zones d'entrepôts situées sur les terre-pleins portuaires ;
- Les flux entrants et sortants de conteneurs ;
- Les directions et services directement impliqués dans la gestion ou l'impact du phénomène.

b) Le contexte

L'EPAL a déjà réalisé une analyse SWOT permettant d'identifier ses forces, faiblesses, opportunités et menaces liées à la gestion logistique et à l'entreposage des conteneurs. Cette étape vise à clarifier les objectifs poursuivis par l'EPAL tout en analysant son environnement interne et externe.

Tableau N° 15 : Analyse SWOT

	FORCES (Strengths)	FAIBLESSES (Weaknesses)
Interne	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Maitrise du métier d'acconier ; ✓ Personnel expérimenté et qualifié ; ✓ Disponibilité de deux Scanners mobile moderne qui assurent une excellente fluidité du passage des conteneurs ; ✓ Augmentation des capacités de branchement des conteneurs Reefer (au niveau de la zone centre) ; ✓ Rapidité de traitement des doléances client ; ✓ Dispositif documentaire procédurale en amélioration continue. ✓ disponibilité de ponts bascules. ✓ Certification de la norme ISO 9001 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ structure des terre-pleins difficile a exploité vue ça configuration ; ✓ l'impossibilité d'entreposé les conteneurs DGX (Port enclaver dans la ville d'Alger d'où l'impossibilité d'avoir un parc a feux) ; ✓ Livraison de marchandise perturbée (Trafic extérieur, accès des camions, etc.) ; ✓ Risque d'incident et d'accident vue la dégradation des espaces d'entreposage ; ✓ l'arrêt de l'exploitation des Quais 18/1, 19, 20, 21 et prolongement du temps de rotation (débarquement/entreposage) du à l'effondrement du Quai 18/2 ainsi que la Baisse probable des navires affectés à l'EPAL.
	OPPORTUNITES (Opportunities)	MENACES (Threats)

Externe	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Situation de monopole des activités commerciales au niveau du port à l'exception de la concession de la Société DPW ; ✓ Absorption de la majorité du trafic conteneurs destiné aux opérateurs économique avoisinants ; ✓ Augmentation du trafic export, suite à l'encouragement des pouvoir public à l'exportation des produits hors hydrocarbure ; ✓ Persistance de projets structurants de l'état ; ✓ Acquisition en cours d'un nouveau scanner pour les véhicules et les conteneurs. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Saturation des espaces d'entreposage des conteneurs ; ✓ Apparition et propagation de maladie virale et contagieuse ; ✓ Changement de législation (Réduction de l'importation, horaire accès conteneurs vides etc.) ; ✓ lenteur des opérations et éventuelle erreur de facturation due à l'arrêt du système informatique et coupure des réseaux (bug système, couverture réseau, panne d'électricité, etc.).
----------------	---	--

Source : Document interne de l'EPAL

c) Critères d'évaluation des risques

- **Gravité** : Niveau de perturbation causé au fonctionnement du port ;
- **Probabilité** : Fréquence avec laquelle le risque est susceptible de se produire.

Tableau N°16 : Critères d'évaluation des risques

	Gravité (G)	Probabilité (P)
1	Négligeable (Conséquences négligeables, aucun impact réel sur les opérations. Facilement gérable)	Très faible (Moins d'une fois par an)
2	Mineur (Conséquences faibles, nécessitant des mesures simples, sans impact significatif)	Faible (Une à deux fois par an)
3	Modéré	Modéré (Au moins une fois par mois)

	(Conséquences notables, nécessitant temps et ressources pour atténuation)	
4	Majeur (Conséquences élevées, affectant la performance ou la sécurité, nécessitant une intervention structurée)	Elevé (Au moins une fois par semaine)
5	Catastrophique (Conséquences très graves ou irréversibles, avec impacts à long terme sur la sécurité, l'environnement ou l'organisation)	Très élevé (Au moins une fois par jour)

Source : réalisé par nous-même

2.2.3 Appréciation des risques

L'appréciation des risques consiste à analyser chaque risque identifié en évaluant sa gravité, sa probabilité d'occurrence et sa détectabilité. Cette étape permet de calculer un indice de criticité, essentiel pour hiérarchiser les risques et orienter les actions de maîtrise.

2.2.3.1 Identification des risques

L'identification des risques vise à recenser de manière exhaustive toutes les sources potentielles pouvant contribuer à la saturation des zones d'entreposage au sein de l'EPAL. Cette étape repose sur plusieurs méthodes complémentaires, conformément aux recommandations de la norme ISO 31010 : brainstorming structuré, entretiens avec les responsables, analyse documentaire et observation terrain.

En appui à cette démarche, une analyse SWOT (forces, faiblesses, opportunités, menaces) réalisée afin de mieux comprendre l'environnement interne et externe dans lequel évolue l'EPAL.

➤ Classification des risques

Pour simplifier l'identification et l'analyse des risques liés à la saturation des zones d'entreposage, nous avons retenu une classification en cinq catégories : organisation, matériel/technique, humain, système d'information et environnement externe. Cette

structuration claire permet de relier chaque risque à sa source directe et facilite la mise en œuvre des actions correctives ciblées.

Tableau N°17 : classification des risques

N°	Catégorie	Risque
R01	Organisationnel	- Affaiblissement de la coordination interservices
R02		- Dégradation du suivi et du contrôle interne
R03	Matériel/Technique	- Dégradation prématurée des équipements de manutention
R04		- Détérioration des infrastructures portuaires
R05	Humain	- Manque de concentration et d'attention aux règles de sécurité
R06		- Accumulation des erreurs humaines
R07	Liés aux SI	- Extraction de rapports statistiques lente et peu fiable
R08		- Perte de traçabilité des conteneurs sur le parc
R09	Externe	- Restriction de la circulation des camions
R10		- Accumulation des conteneurs due à la négligence des propriétaires

Source : élaboré par nous même

2.2.3.2. Analyse des risques :

L'analyse des risques vise à mesurer la gravité, la probabilité d'occurrence de chaque risque identifié dans l'étape précédente. Elle permet d'en évaluer la criticité afin de les classer selon leur niveau de priorité pour l'EPAL.

La criticité (IC) de chaque risque est calculée selon la formule :

$$IPR = G \times P$$

Tableau N°18 : Tableau d'analyse AMDEC

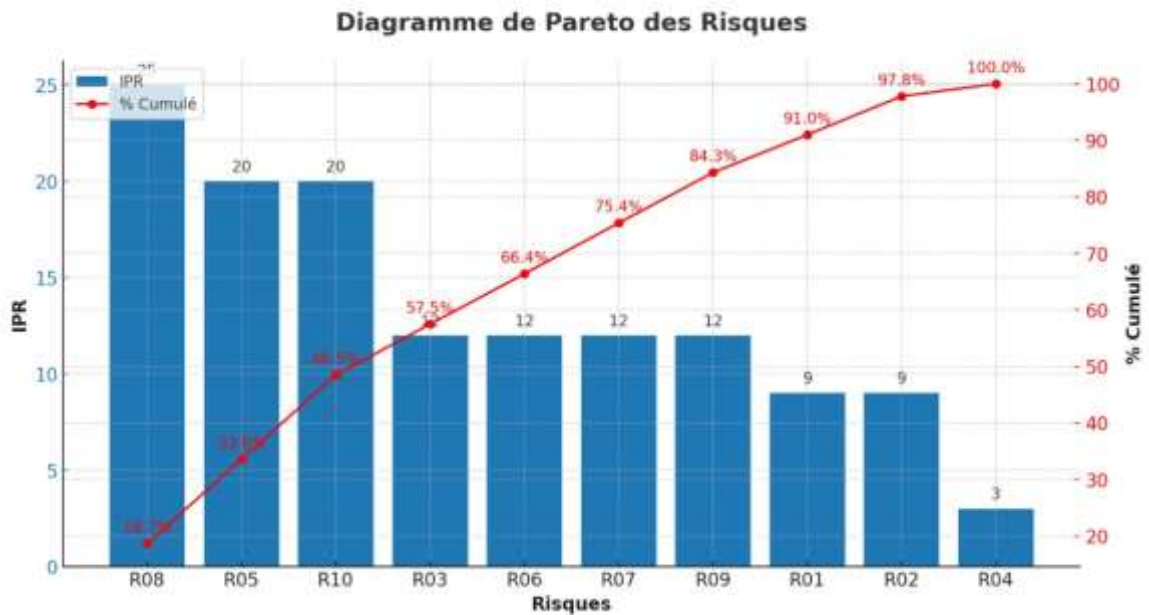
N°	Cause	Conséquence	G	P	IPR
R01	<ul style="list-style-type: none"> - Chaque service tente de gérer l'urgence à son niveau, parfois avec des priorités différentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conflits de priorités, - Communication fragmentée, - Mauvaise exploitation des ressources et moyens 	3	3	9
R02	<ul style="list-style-type: none"> - Focus quasi exclusif sur la gestion de crise immédiate. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suspension ou négligence des contrôles de qualité, - Sécurité ou conformité. 	3	3	9
R03	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation des engins au-delà de leur capacité nominale 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation des pannes, - Indisponibilité fréquente du matériel, - Surcoûts élevés (couts de fourche) 	4	3	12
R04	<ul style="list-style-type: none"> - Sur fréquentation, surpoids localisé, - Usure accélérée du sol ou des zones de dépôt. 	<ul style="list-style-type: none"> - Endommagement des terre-pleins, - Ralentissements, travaux imprévus. - Endommagement des conteneurs 	3	1	3
R05	<ul style="list-style-type: none"> - Rythme soutenu, - Focalisation sur la productivité, - Espace de travail encombré. 	<ul style="list-style-type: none"> - Accidents de travail - Incidents matériels ou humains, - Blessure grave ou mortelle - Non-respect des procédures 	5	4	20
R06	<ul style="list-style-type: none"> - Pression constante liée au volume - Fatigue physique et mentale 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais placement des conteneurs - Livraisons incorrectes ou retardées 	3	4	12

	<ul style="list-style-type: none"> - Absence d'informations actualisées ou d'outil de suivi précis 	<ul style="list-style-type: none"> - La non-conformité réglementaire 			
R07	<ul style="list-style-type: none"> - Système non automatisé, - Dépendance à des tableaux Excel ou traitements manuels. 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse erronée des volumes et des flux. - Prévision erronée - Retards dans la prise de décision, 	4	3	12
R08	<ul style="list-style-type: none"> - Aucun dispositif automatisé pour enregistrer les mouvements ou l'emplacement exact des conteneurs. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conteneurs introuvables ou mal positionnés, - Erreurs de livraison, - Augmentation du cout de fourche 	5	5	25
R09	<ul style="list-style-type: none"> - Interdiction de circulations des poids lourds sur certaines routes et certains horaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Retard dans l'évacuation des conteneurs, - Allongement du séjour moyen, - Aggravation de la saturation des zones d'entreposage. 	4	3	12
R10	<ul style="list-style-type: none"> - Retard ou refus des propriétaires à retirer leurs conteneurs, provoquant leur stockage prolongé au port. 	<ul style="list-style-type: none"> - Allongement des délais de traitement, congestion administrative, - Immobilisation des conteneurs, - Désorganisation des chaînes d'approvisionnement en amont et en aval. 	4	5	20

Source : réalisé par nous-même

Pour compléter l'analyse AMDEC, nous avons eu recours à un outil visuel : le diagramme de Pareto. Cet outil permet de classer les risques par ordre décroissant de criticité et de repérer les risques prioritaires selon le principe des 80/20.

Figure N°10 : Diagramme de PARETO



Source : Etabli par nous-même à l'aide de l'outil Python

Interprétation

L'analyse du diagramme de Pareto, établi à partir des Indices de Priorité de Risque (IPR) calculés dans l'AMDEC, met en évidence les risques les plus critiques affectant la saturation des zones d'entreposage de l'EPAL.

Il ressort que les six premiers risques identifiés (R08, R05, R10, R03, R06 et R07) concentrent à eux seuls près de 75 % de la criticité cumulée.

Dans notre étude, le principe de Pareto ne se vérifie pas de manière rigoureuse : 80 % de la criticité globale ne sont pas concentrés sur 20 % des risques, mais répartis sur une majorité d'entre eux. Ce constat met en lumière deux caractéristiques fondamentales du système analysé :

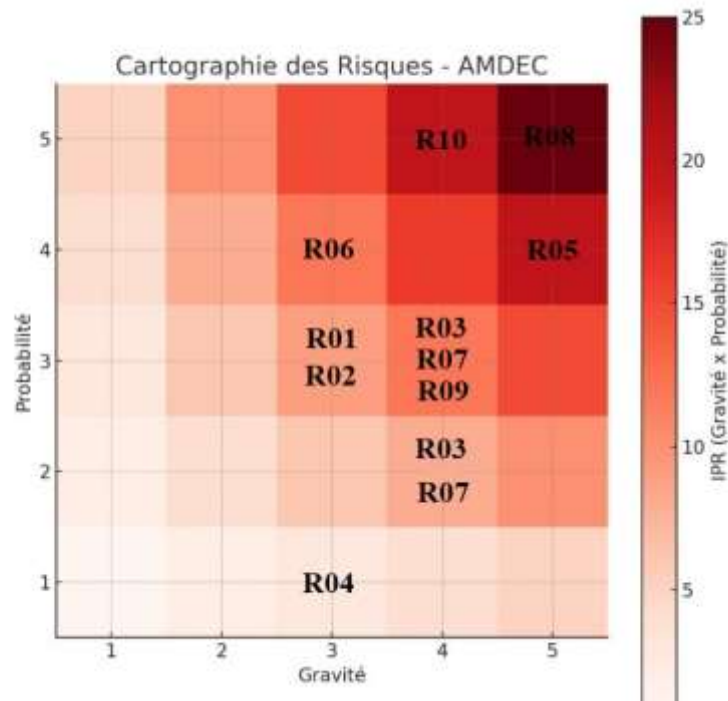
- Une distribution élargie de la criticité : aucun risque isolé ne domine significativement l'ensemble. Au contraire, plusieurs risques présentent des niveaux de criticité comparables, ce qui rend leur hiérarchisation moins tranchée. Cela impose une attention équitable portée à un ensemble élargi de risques ;
- Un phénomène à causes multiples : la saturation des zones d'entreposage n'est pas attribuable à un seul facteur critique. Elle résulte de l'interaction de dysfonctionnements divers, de nature organisationnelle (défaut de coordination),

humaine (erreurs et surcharge), technique (usure du matériel), et systémique (déficiences du système d'information).

2.2.3.3 Evaluation des risques

L'évaluation des risques permet de structurer l'analyse en vue de mesurer le degré de criticité des situations identifiées. Elle repose sur l'utilisation d'une matrice fondée sur deux dimensions essentielles : la probabilité d'occurrence et la gravité des impacts potentiels. Le calcul de l'Indice de Priorisation du Risque (IPR) permet ainsi de classer les risques par ordre de priorité, afin de déterminer les actions les plus appropriées à entreprendre selon leur niveau d'urgence et d'importance.

Figure N°11 : Cartographie des risques



Source : Elaborée par nous même à l'aide de l'outil python

Interprétation

La cartographie des risques présentée ci-dessus croise les deux dimensions clés de l'analyse AMDEC : la gravité (G) et la probabilité (P). Chaque case représente une valeur de l'Indice de Priorité de Risque ($IPR = G \times P$). Plus la case est foncée, plus le niveau de criticité est élevé.

- **Risques critiques** : Ces risques présentent un niveau de gravité et de probabilité tel qu'ils exigent une priorité absolue. Leur traitement doit être immédiat afin de prévenir des impacts majeurs sur le fonctionnement ou la sécurité. Sont concernés les risques R08, R05 et R10 ;
- **Risques élevés** : Bien que moins urgents que les précédents, ces risques nécessitent une prise en charge prioritaire à court ou moyen terme à travers la mise en place d'un plan d'atténuation adapté. Cette catégorie inclut le risque R03, R06, R07 et R09 ;
- **Risques modérés** : Ces risques doivent faire l'objet d'une surveillance régulière et de mesures d'amélioration progressive. Ils n'impliquent pas d'action immédiate mais requièrent une vigilance continue. Les risques concernés sont R01 et R02 ;
- **Risque faible** : Ce type de risque ne justifie pas de mesure urgente. Une surveillance passive est suffisante pour s'assurer qu'il ne s'aggrave pas avec le temps. Cela concerne le risque R04.

2.2.4. Traitement des risques

Une fois les risques identifiés, évalués et hiérarchisés, cette phase consiste à définir et à mettre en œuvre des mesures de traitement appropriées. Le traitement des risques vise à réduire leur probabilité d'occurrence, atténuer leurs impacts ou, lorsque cela est possible, les éliminer totalement.

➤ **Stratégie de traitement des risques**

Pour chaque risque identifié, une stratégie de traitement a été déterminée en fonction de sa nature, de sa criticité et des capacités internes de l'EPAL. Les actions proposées s'inscrivent dans une des quatre approches préconisées par la norme ISO 31000 : évitement, réduction, transfert ou acceptation. La majorité des risques identifiés ayant une origine interne ou logistique, la stratégie retenue est essentiellement préventive (réduction).

Tableau N°19 : Stratégie de traitement des risques

Stratégie	Définition
Éviter	Supprimer le risque en arrêtant l'activité qui le génère
Réduire	Diminuer la probabilité et/ou l'impact par des actions correctives
Transférer	Déléguer tout ou partie du risque
Accepter	Tolérer le risque s'il est peu critique ou non maîtrisable immédiatement

Source : Réalisé par nous-mêmes

➤ **Plan d'action :**

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des principaux risques identifiés, assortis de leur priorité et criticité. Il détaille également les stratégies de traitement envisagées, les actions de prévention associées, ainsi que la durée prévue pour leur mise en œuvre. Chaque risque est attribué à un responsable chargé du suivi, avec une évaluation actualisée de la criticité après application des mesures correctives.

Tableau N°20 : Plan d'action des risques liés à la saturation des zones d'entreposage

N°	Priorité	Criticité			Stratégie	Action de prévention	Durée	Responsable	Criticité		
		G	P	IPR					G2	P2	IPR2
R08	Critique	5	5	25	Réduction	- Mettre en place un système de traçabilité informatisé en temps réel	4 mois	DPI/DTC	2	3	6
R05		5	4	20	Réduction	Mettre en place un contrôle systématique des EPI, à l'entrée des zones d'entreposage avant chaque début du shift.	1 mois	QHSE/ Chef de zone	3	3	9
R10		4	5	20	Réduction	Facturation journalière progressive pour les conteneurs non déclarés	1 mois	DG	3	4	12
R03	Elevé	4	3	12	Réduction	Segmentation claire des tâches et affectation spécifique des engins selon leur capacité et type d'opération	1 mois	DCL/ DM	3	2	6
R06		3	4	12	Réduction	Mise en place d'un système de saisie automatisée et de validation assistée par code-barres ou QR code	1 an	DPI/DTC	2	2	4

R07		4	3	12	Acceptation partielle / Réduction	Automatiser l'agrégation et la consolidation des données	1-2 mois	Service statistique/DPI	4	2	8
R09		4	3	12	Acceptation partielle / Réduction	Instauration d'un système de prise de rendez-vous par créneaux horaires pour l'entrée des camions	1 mois	DTC	3	3	9
R01	Modéré	3	3	9	Réduction	Déploiement d'un tableau de bord numérique partagé entre les directions opérationnelles	2 mois	DPI/les directions opérationnelles	2	2	4
R02		3	3	9	Réduction	Un tableau récapitulatif (de bord) des anomalies ou des erreurs détectées est mis à jour chaque semaine.	15 jours	QHSE/DTC	2	2	4
R04	Faible	3	1	3	Réduction	Élaboration et utilisation d'une carte de densité de trafic pour équilibrer l'usage des infrastructures	2-3 mois	PFSO/ Capitainerie	2	1	2

2.2.5. Suivi et revue

À ce jour, l'EPAL ne dispose pas encore d'une démarche formalisée de management des risques conforme à la norme ISO 31000. Cependant, afin d'améliorer la maîtrise des risques liés à ses activités portuaires, il est recommandé de mettre en place un système structuré de suivi et de revue.

Ce système consisterait à désigner des responsables pour le suivi régulier des risques identifiés, afin de vérifier l'efficacité des actions correctives et préventives mises en œuvre. Des indicateurs de performance pourraient être définis pour mesurer l'évolution des risques et la pertinence des mesures prises.

Par ailleurs, une revue périodique, intégrée au cycle de gestion de l'EPAL, permettrait d'ajuster les stratégies de traitement en fonction des changements opérationnels et du contexte environnemental. Cette démarche proactive contribuerait à renforcer la résilience de l'EPAL face aux risques, tout en assurant la continuité et la sécurité des opérations portuaires.

2.2.6. Enregistrement et élaboration de rapports

L'enregistrement des informations sur les risques et l'élaboration de rapports réguliers sont essentiels pour assurer la traçabilité et le suivi du management des risques. Ces documents facilitent la communication avec les parties prenantes et permettent d'ajuster les actions en fonction des résultats observés. À l'EPAL, ce processus contribuerait à une meilleure gouvernance des risques et à une gestion plus transparente.

2.3. Limites du dispositif actuel

Malgré la certification ISO 9001 dont bénéficie l'EPAL, gage d'un engagement pour la qualité des processus, le dispositif actuel de management des risques présente plusieurs limites structurelles et opérationnelles, particulièrement en ce qui concerne la saturation des zones d'entreposage.

2.3.1 Absence d'un système formel et intégré de management des risques

L'EPAL ne dispose pas d'un cadre structuré de gestion des risques couvrant l'ensemble de ses activités logistiques. La gestion des risques reste majoritairement réactive et morcelée, sans

véritable cartographie des risques ni processus d'évaluation et de traitement formalisés, en dépit des exigences de l'ISO 9001 en matière d'amélioration continue.

2.3.2 Faiblesse des outils d'analyse et de prévision

Le suivi des flux logistiques et des capacités d'entreposage repose sur des indicateurs de base, souvent exploités de manière descriptive. L'absence de modèles de simulation ou de prévision limite la capacité à anticiper les pics de saturation ou à ajuster les ressources en conséquence.

2.3.3 Insuffisance des pratiques d'évaluation et de hiérarchisation des risques

L'analyse des risques n'intègre pas encore des méthodes structurées, ce qui empêche une identification systématique des défaillances critiques. En conséquence, les actions correctives ou préventives manquent de ciblage et de hiérarchisation.

2.3.4 Limites dans la digitalisation et le suivi en temps réel

L'EPAL ne dispose pas de systèmes d'information logistique suffisamment avancés (comme un WMS ou un TOS intégré) pour assurer un suivi en temps réel de l'occupation des zones d'entreposage, des mouvements de conteneurs, ou encore de la performance des opérations.

2.3.5 Formation et sensibilisation insuffisantes du personnel

Bien que certaines fonctions soient encadrées par des procédures qualité, le personnel n'est pas systématiquement formé à la gestion des risques. L'absence de culture du risque à tous les niveaux hiérarchiques freine l'adoption de bonnes pratiques dans la gestion des saturations.

2.3.6 Faible intégration des parties prenantes externes

Enfin, le dispositif de gestion des risques reste centré sur les entités internes de l'EPAL, sans intégrer pleinement les parties prenantes clés (douanes, transporteurs, consignataires, etc.) dans la planification ou la résolution des situations de saturation.

Section 03 : Discussion des résultats et recommandations

Dans cette section, nous discutons les résultats obtenus dans les parties précédentes, en les confrontant à la revue de littérature ainsi qu'aux constats tirés de notre stage au sein de l'Entreprise Portuaire d'Alger (EPAL). L'étude repose sur une approche mixte combinant des méthodes qualitatives et quantitatives afin d'évaluer l'impact de la saturation des zones d'entreposage sur l'efficacité opérationnelle du port. D'une part, les données quantitatives ont permis d'analyser plusieurs indicateurs de performance clés (KPI), tels que le taux de saturation hebdomadaire, le volume de conteneurs débarqués et livrés, ainsi que la durée moyenne de séjour. D'autre part, des outils d'analyse des risques ont été mobilisés, notamment la cartographie des risques logistiques, la méthode AMDEC pour identifier les défaillances critiques, et le diagramme de Pareto pour hiérarchiser les causes majeures de saturation. Les observations de terrain et les échanges avec les responsables des directions concernées ont confirmé l'existence de dysfonctionnements structurels, comme le manque de coordination entre les services, l'absence de système de planification informatisé et une gestion réactive des flux. Bien que l'EPAL soit certifiée ISO 9001, la démarche qualité en place ne couvre pas efficacement les risques logistiques, laissant apparaître un écart entre les exigences normatives et les pratiques opérationnelles. Ces résultats corroborent les enseignements de la littérature, en soulignant la nécessité de mettre en œuvre un véritable système de management des risques adapté au contexte portuaire.

3.1 Analyse critique des résultats obtenus

Les résultats obtenus confirment les apports théoriques sur l'importance du management des risques dans l'efficacité logistique portuaire. Ils rejoignent les conclusions de Rannane (2023) et Roussel (2006), qui soulignent que la saturation des zones d'entreposage nuit à la performance globale. L'analyse des KPI a révélé des taux de saturation élevés et un allongement du séjour des conteneurs, traduisant une congestion structurelle. L'utilisation combinée de la cartographie des risques, de l'AMDEC et du diagramme de Pareto a permis d'identifier les défaillances prioritaires, confirmant les approches recommandées par Lamé (2011). Malgré la certification ISO 9001 de l'EPAL, les résultats mettent en évidence un décalage entre les exigences du système qualité et la gestion réelle des flux, ce qui renforce la nécessité d'une démarche plus intégrée et proactive (Renault & Granier, 2009).

3.2 Comparaison avec la littérature

Nos résultats révèlent des similitudes notables avec les études précédentes. Par exemple, Roussel (2006) et Lamé (2011) ont mis en évidence l'impact négatif de la saturation des zones d'entreposage sur la performance des ports, ce qui correspond à nos observations concernant les niveaux élevés de saturation et les durées prolongées de séjour des conteneurs à l'EPAL. Par ailleurs, notre recours à des outils d'analyse des risques comme l'AMDEC, la cartographie et le diagramme de Pareto confirme l'importance de ces méthodes soulignée par Rannane (2023) et Renault et Granier (2009) pour une meilleure maîtrise des risques portuaires. Enfin, l'écart que nous avons identifié entre la certification ISO 9001 et les pratiques opérationnelles s'aligne avec les critiques formulées par Renault et Granier (2009) quant aux limites des systèmes qualité dans les structures portuaires complexes.

3.3 Recommandations et implication

Dans le cadre de l'étude des risques liés à la saturation des zones d'entreposage au port d'Alger, plusieurs dysfonctionnements majeurs ont été identifiés, notamment la gestion désorganisée des flux, l'absence de segmentation fonctionnelle claire des parcs, et une sous-exploitation des ressources matérielles et technologiques disponibles. Le contexte actuel, marqué par des investissements récents et l'introduction prochaine d'un système informatisé de suivi des conteneurs en temps réel, représente une opportunité pour mettre en place un système d'organisation plus intelligent, plus fluide et résilient. Les recommandations suivantes visent à améliorer durablement l'efficacité logistique et à réduire les risques de saturation.

3.3.1 Réorganisation du parc 2 par zonage fonctionnel avec traçage et affectation ciblée des moyens de manutention

Dans le but d'améliorer la performance logistique du port et de réduire les risques associés à la saturation des zones d'entreposage, nous proposons une réorganisation du parc 25 reposant sur une logique de zonage fonctionnel, accompagnée d'un traçage opérationnel structuré et d'une spécialisation des engins de manutention en fonction des tâches à effectuer.

Concrètement, cette réorganisation consiste à segmenter physiquement le parc en plusieurs zones distinctes, chacune étant dédiée à un type spécifique de conteneurs :

- une zone pour les conteneurs standards (20', 40', 45') ;
- une zone pour les conteneurs high cube ;
- une zone pour les conteneurs frigorifiques nécessitant un raccordement électrique.

Chaque zone serait clairement identifiée par un système de marquage au sol, complété par :

- **Délimitations des zones** : lignes de couleur différentes au sol pour identifier clairement chaque zone ;
- **Voies de circulation** : sens de circulation imposé pour les engins et camions, pour éviter les conflits ;
- **Marquage des travées/alignements de conteneurs** : par lettres/chiffres (ex. A1, A2, B1...) ;
- **Signalisation verticale** : panneaux pour identifier les zones depuis une distance (utile la nuit ou en cas de mauvaise visibilité).

En complément de cette réorganisation, nous recommandons d'affecter à chaque zone un nombre fixe d'engins spécialisés, notamment des stackers, qui seront exclusivement dédiés à l'empilement des conteneurs au sein de leur zone respective. Cette approche vise à :

- limiter les déplacements non nécessaires des engins ;
- optimiser les temps d'intervention ;
- faciliter la maintenance préventive ;
- et réduire les risques de croisement et de congestion.

3.3.2 Renforcement de la capacité logistique de parc 1 par l'introduction d'un mode de manutention vertical et automatisé via des chariots cavaliers

Dans le cadre de la réhabilitation des quais 18 à 21, deux parcs d'entreposage situés en arrière-zone sont également en phase finale de travaux. Ces deux espaces, présentant une configuration propice à une gestion terminaliste, offrent une opportunité stratégique pour désengorger les zones saturées.

À travers cette recommandation, nous visons à accroître significativement la capacité de stockage en EVP tout en réduisant l'emprise au sol, en optant pour une solution de manutention verticale mécanisée basée sur l'utilisation de chariots cavaliers.

Nous proposons l'adoption des chariots cavaliers comme principal moyen de manutention dans ces deux parcs, en remplacement ou en complément des reach stackers actuellement utilisés. Cette solution présente plusieurs avantages :

- Possibilité d'empiler les conteneurs sur trois niveaux, contre deux pour les reach stackers, permettant ainsi un gain de capacité d'entreposage ;
- Meilleure mobilité dans des espaces restreints, ce qui en fait un outil idéal pour des zones à forte densité ;
- Réduction des mouvements de réempilage grâce à une meilleure accessibilité verticale.

3.3.3 Délocalisation des conteneurs en souffrance vers des ports secs pour libérer l'espace d'entreposage au sein du port

L'analyse de la situation actuelle révèle une accumulation progressive des conteneurs dits en souffrance (conteneurs non enlevés par les clients au-delà de 2 mois et 8 jours), ce qui engendre une pression significative sur les capacités d'entreposage. Cette situation, persistante et croissante, contribue directement à la saturation des zones d'entreposage, à la baisse de la fluidité logistique et à l'augmentation des risques liés à l'engorgement.

Afin de remédier à cette problématique, nous recommandons la mise en place d'une stratégie de délocalisation progressive des conteneurs en souffrance (conteneurs non enlevés par les clients au-delà de 2 mois et 8 jours), vers des ports secs situés à proximité. Ces infrastructures, généralement reliées par voie terrestre (routière ou ferroviaire), permettraient de :

- Libérer de manière continue les parcs d'entreposage du port principal ;
- Optimiser l'utilisation des surfaces disponibles ;
- Accélérer la rotation des conteneurs en réduisant les délais d'attente ;
- Et réduire les risques de congestion dans les zones d'activité portuaire.

Ainsi, nous proposons d'intégrer un processus transversal de management des risques dans l'ensemble des activités de l'entreprise, en nous appuyant sur les cinq composantes de la norme ISO 31000 :

- **Établissement du contexte** (organisationnel, opérationnel et stratégique) ;
- **Identification des risques** liés à chaque processus métier ;
- **Évaluation et hiérarchisation** selon des critères communs définis par la direction générale (gravité, probabilité, détectabilité) ;
- **Mise en œuvre de plans d'action** pour le traitement des risques selon leur criticité ;
- **Suivi, communication et amélioration continue** du dispositif à travers une cellule dédiée.

Nous soulignons qu'en cas de risques partagés entre plusieurs directions, chaque entité doit être autorisée à évaluer ces risques en fonction de son propre niveau d'exposition, sans pour autant compromettre la cohérence globale. Il conviendra d'instaurer un cadre de coordination permettant de collecter, comparer et agréger ces différentes évaluations pour obtenir une vision globale consolidée.

3.3.5 Mise en place d'un système informatique intégré pour le suivi en temps réel et la traçabilité des conteneurs

Afin d'améliorer la performance logistique et de renforcer le contrôle opérationnel au sein de l'Entreprise Portuaire d'Alger, nous préconisons l'adoption d'un système informatique intégré de type Terminal Operating System (TOS), permettant d'assurer une traçabilité en temps réel des conteneurs depuis leur entrée jusqu'à leur sortie de l'enceinte portuaire.

L'absence d'un système digitalisé de suivi constitue aujourd'hui un frein majeur à la fluidité des opérations. Elle se traduit notamment par des difficultés d'identification des conteneurs en souffrance, un manque de visibilité sur les disponibilités d'espace dans les parcs, ainsi qu'une coordination insuffisante entre les différents acteurs impliqués dans la chaîne de traitement.

Dans cette optique, la mise en place d'un système informatisé vise plusieurs objectifs :

- Assurer une localisation instantanée et précise des conteneurs dans les différentes zones de stockage ;

- Optimiser l'utilisation des espaces d'entreposage par une allocation dynamique et automatisée des emplacements ;
- Réduire les délais de traitement, en minimisant les recherches manuelles et les erreurs de stockage ;
- Renforcer la coordination entre les services logistiques, techniques et douaniers, à travers une interface centralisée et accessible en temps réel.

Ce système devra être accompagné d'une stratégie de déploiement incluant :

- La formation des opérateurs et agents de parc à l'utilisation du logiciel et des dispositifs mobiles associés ;
- La digitalisation des processus de suivi terrain (avec équipements mobiles et QR codes, RFID ou capteurs IoT selon les possibilités) ;
- Et la mise en place de procédures normalisées de saisie, de validation et de mise à jour des données.

Conclusion

L'analyse menée dans ce chapitre a mis en évidence une saturation préoccupante des zones d'entreposage au port d'Alger, se traduisant par des taux d'occupation excessifs et un séjour moyen des conteneurs anormalement long. Ces déséquilibres nuisent à la fluidité des opérations portuaires et génèrent des congestions qui affectent la performance globale du terminal.

L'application des méthodes AMDEC et Pareto a permis d'identifier les principaux risques liés à cette saturation, tels que la congestion des parcs, les retards de livraison, la surcharge des équipements et la perte d'efficacité des flux. Ces risques trouvent leur origine dans un ensemble restreint de causes récurrentes, notamment l'insuffisance de coordination entre services, l'absence de régulation des flux, et des limites infrastructurelles.

Ces résultats soulignent l'urgence d'une gestion plus rationnelle et anticipative de l'espace portuaire, intégrant à la fois des solutions organisationnelles et technologiques. Le diagnostic établi servira ainsi de base à l'élaboration, dans le prochain chapitre, d'un système d'entreposage optimisé répondant aux contraintes identifiées.

Conclusion générale

Ce mémoire a permis d'aborder de manière approfondie le phénomène complexe de la saturation des zones d'entreposage dans le port d'Alger, en s'appuyant sur une analyse rigoureuse du management des risques dans le contexte spécifique de la chaîne logistique portuaire.

Dans un premier temps, la revue de littérature a posé les bases théoriques indispensables, en définissant les concepts clés du management des risques, de la congestion portuaire, des méthodes d'entreposage et des mécanismes de saturation. Cette démarche a mis en lumière la nature multifactorielle des risques liés à la congestion des zones d'entreposage et leurs impacts directs sur l'efficacité opérationnelle du port.

L'étude empirique menée sur les données opérationnelles du port d'Alger a confirmé que la saturation des parcs d'entreposage constitue un facteur critique limitant la fluidité des opérations portuaires. L'analyse quantitative a révélé des taux d'occupation élevés, un séjour moyen prolongé des conteneurs, et des déséquilibres entre les flux de débarquement et de livraison, exacerbant ainsi les risques de congestion. Ces constats soulignent l'urgence de mettre en œuvre des mesures efficaces pour prévenir la saturation et ses effets négatifs sur la performance globale du terminal.

À travers l'examen des ressources existantes et des infrastructures, ce mémoire a proposé un système d'entreposage optimisé fondé sur la segmentation des parcs, l'intégration de nouveaux équipements (stackers et cavaliers), ainsi que l'adoption d'un système de localisation et de suivi en temps réel. Ces recommandations, combinées à la possibilité de transférer les conteneurs en souffrance vers des ports secs extra-portuaires, offrent une réponse pragmatique aux contraintes actuelles et participent à une meilleure gestion des risques.

Enfin, cette recherche ouvre des perspectives prometteuses pour le port d'Alger, en insistant sur la nécessité d'une gouvernance renforcée, d'une collaboration accrue entre les acteurs portuaires, et d'une veille continue sur les indicateurs clés de saturation. Le management proactif des risques dans la chaîne logistique portuaire apparaît ainsi comme un levier stratégique incontournable pour garantir la compétitivité et la résilience du port face aux défis croissants du commerce maritime.

Ce travail contribue à enrichir la réflexion sur la gestion opérationnelle portuaire en Algérie et pose les jalons d'une amélioration durable des processus, essentielle pour accompagner le développement économique régional et national.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdoli, M. (2021). Risk management in port operations: A strategic approach. *International Journal of Maritime Affairs*, 7(1), 33–47.
- Alaoui, M., & Dhiba, Y. (2022). Le management des risques : cadre théorique. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, 3(1–1), 118–142.
- Amodeo, L., & Yalaoui, F. (2018). *Logistique et pilotage des systèmes de production*. ISTE Éditions.
- Anwar, M., Henesey, L., & Casalicchio, E. (2019). Digitalization in container terminal logistics: A literature review. *27th Annual Conference of the International Association of Maritime Economists (IAME)*, Athens, Greece.
- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13.
- Baird, A., Thomas, C., & Williams, P. (2017). Risk management in port operations: A comprehensive review. *Maritime Policy & Management*, 44(5), 517–533.
- Baldwin, A., Moffatt, S., & Williams, D. (2014). Technical risks in port infrastructure: Maintenance and safety challenges. *Journal of Infrastructure Systems*, 20(3), 04014013.
- Baron, G., & Guérin, F. (2017). *Le management des risques* (3e éd.). Dunod.
- Baudez, C. (2012). *Ports maritimes : enjeux et dynamiques*. Presses Universitaires de France.
- Belotti, J. (2015). *Transport international de marchandises* (4^e éd.). Vuibert.
- Benkhedda, K., El Hakmi, S., & Bennaceur, A. (2023). Les déterminants de la performance logistique portuaire : Cas du port de Casablanca. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, 4(1–2), 81–100.
- Bouhlal, A., Aitabdelouahid, R., & Marzak, A. (2022). A Review on Port Integration With 4IR Technologies: Smart Port Development. *International Journal of Advanced Research in Innovative Ideas and Education (IJARIE)*, 10(1), 517–525.
- Boureba, A., & Benhamla, A. (2020). Les ports algériens face aux défis de la performance logistique. *Revue Algérienne d'Économie et de Management*, 10(2), 75–92.

- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2013). *Supply Chain Logistics Management* (4e éd.). McGraw-Hill Education.
- Carbone, V., & De Martino, M. (2003). The changing role of ports in supply-chain management: An empirical analysis. *Maritime Policy & Management*, 30(4), 305–320.
- Dauphiné, A., & Provitolo, D. (2013). *Risque et catastrophe : Territoires vulnérables*. Armand Colin.
- Debrie, J. (2005). *Conteneurisation et mondialisation : Les logiques des armements de ligne régulière*. Synthèses INRETS.
- Debrie, J., & Raimbault, N. (2016). The port–city relationships in two European inland ports: A geographical perspective on urban governance. *Cities*, 50, 180–187.
- Di Nouredine, A., Bensalem, H., & Mekki, R. (2022). Analyse des performances logistiques dans les ports algériens. *Revue des Transports et de la Logistique*, 14(1), 45–62.
- Ducruet, C., & Notteboom, T. (2012). The worldwide maritime network of container shipping: Spatial structure and regional dynamics. *Global Networks*, 12(3), 395–423.
- Farzadmehr, M., Carlan, V., & Vanelslander, T. (2023). Contemporary challenges and AI solutions in port operations: Applying Gale–Shapley algorithm to find best matches. *Journal of Shipping and Trade*, 8(1), 27.
- Gorgeu, A., & Lavissière, A. (2015). *Port Management and Operations*. Éditions EMS.
- Heaver, T. (2015). The evolving roles of shipping lines in international logistics. *International Journal of Maritime Economics*, 2(3), 210–230.
- Hopkin, P. (2018). *Fundamentals of Risk Management* (5th ed.). Kogan Page.
- International Maritime Organization. (2022). *International Maritime Dangerous Goods Code: Incorporating Amendment 41-22* (2022 Edition). IMO Publishing.
- Kim, K. H., & Kim, H. B. (1999). Segregating space allocation models for container inventories in port container terminals. *International Journal of Production Economics*, 59(1–3), 415–423.

- Marcq, J.-P. (2011). *Risques et assurances transports et logistique* (2e éd.). L'Argus de l'assurance.
- Meyer, C., & Heilig, L. (2019). Port digitalization: The role of smart technologies in modern port operations. *Maritime Economics & Logistics*, 21(4), 531–552.
- Notteboom, T., & Rodrigue, J.-P. (2005). Port regionalization: Towards a new phase in port development. *Maritime Policy & Management*, 32(3), 297–313.
- Notteboom, T., & Rodrigue, J.-P. (2020). *Port economics, management and policy*. Routledge.
- OECD. (2014). *The competitiveness of global port-cities*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Parsons, G. (2011). Port cities and hinterlands: Historical perspectives. *Journal of Urban History*, 37(2), 267–285.
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.).
- Rannane, M. (2021). Évolution des risques : De la gestion du risque simple au management des risques. *Revue Marocaine de Recherche en Management et Marketing*, 25, 56–72.
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.
- Slovic, P., Monahan, J., & MacGregor, D. G. (2000). Violence risk assessment and risk communication: The effects of using actual cases, providing instruction, and employing probability versus frequency formats. *Law and Human Behavior*, 24(3), 271–296.
- Techniques de l'Ingénieur. (2011). *Port maritime : fonctions, organisation et gestion*. Techniques de l'Ingénieur.
- UNCTAD. (2020). *Review of Maritime Transport 2020*. United Nations Conference on Trade and Development.
- Van de Voorde, E., & Vanellander, T. (2010). Port competitiveness: A comprehensive review. *Maritime Economics & Logistics*, 12(3), 332–354.

Wang, H., Liu, Y., & Chen, Z. (2024). A survey on blockchain technology in the maritime industry. *Future Generation Computer Systems*, *143*, 123–135.

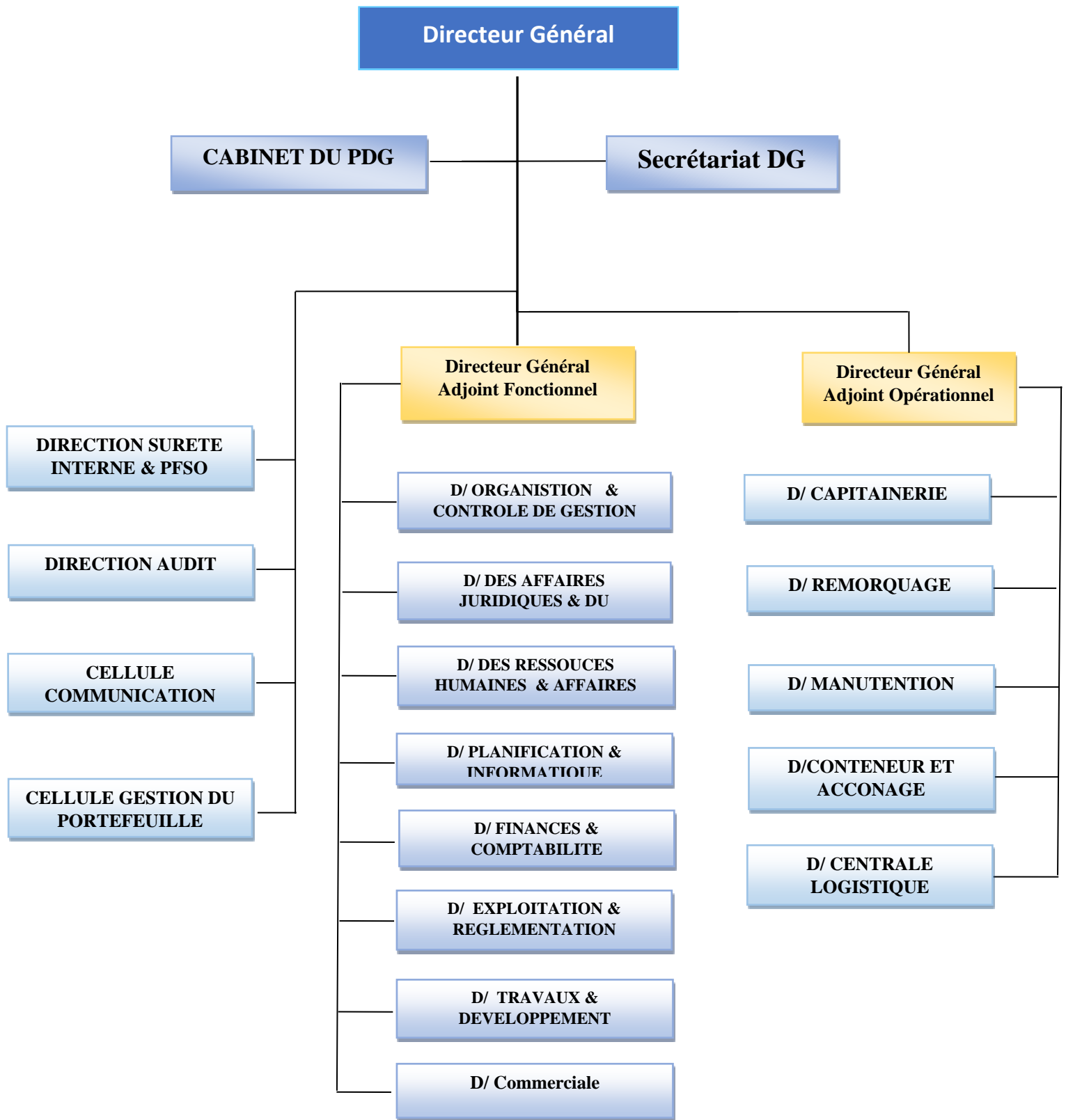
Woo, S. H., Pettit, S. J., Beresford, A. K. C., & Kwak, D. W. (2015). Seaport research: A structured literature review on methodological issues since the 1980s. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *75*, 1–9.

World Bank. (2007). *Port reform toolkit* (2nd ed.).

Zhang, Y., Li, X., & Wang, L. (2024). The impact of AI technology adoption on operational decision-making in ports. *Decision Support Systems*, *157*, 113845.

ANNEXE A

Organigramme de l'organisation



ANNEXE B
GUIDE D'ENTRETIEN

Bonjour et bienvenue à cette entrevue.

Nous nous présentons : CHEMALI Amani et LETLAT Sadjia, étudiantes à l'École Nationale Supérieure de Management, spécialisées en Management de la Chaîne Logistique.

Nous sommes ravies de vous accueillir dans le cadre de cette étude portant sur le management des risques liés à la saturation des zones d'entreposage : cas de l'EPAL.

Votre expérience et vos connaissances sont essentielles pour approfondir notre compréhension des pratiques actuelles, des difficultés rencontrées, ainsi que des opportunités d'amélioration dans ce domaine stratégique de la logistique.

Partie01 : Présentation du participant

- ✓ Pouvez-vous vous présenter (nom, fonction et service) ?
- ✓ Depuis combien de temps occupez-vous ce poste ?

Partie02 : Perception de la saturation

Fréquence et gravité :

- ✓ À quelle fréquence rencontrez-vous des situations de saturation ?
(Jamais/occasionnellement/fréquemment)
- ✓ Selon vous, quels sont les impacts qualitatifs/opérationnels d'une saturation ?
- ✓ Le parc d'équipements est-il suffisant face aux volumes traités ? (Pour rôles techniques)

Causes identifiées :

- ✓ Quels facteurs contribuent à la saturation ? (Exemples : arrivées exceptionnelles de conteneurs, pannes d'équipements, inexactitudes des prévisions).
- ✓ Parmi ces causes, lesquelles observez-vous le plus souvent ? (Liste à choix multiples selon les documents)

Partie03 : Gestion opérationnelle et outils

Processus quotidiens :

- ✓ Chef de zone : Comment organisez-vous la réception/placement/sortie des conteneurs ? Quels outils utilisez-vous ?
- ✓ Directeur DPI : Existe-t-il un logiciel de suivi en temps réel de l'occupation des zones ?

Données et statistiques :

- ✓ Chef de service statistique : Comment l'absence de données fiables affecte-t-elle la détection des risques ?
- ✓ Assistant qualité : Des indicateurs qualité sont-ils définis pour mesurer la performance des zones ?

Systèmes informatiques :

- ✓ Directeur DPI : Quels signaux informatiques alertent d'un risque imminent (ex. données obsolètes, pannes système) ?

Partie04 : Impacts et conséquences

Opérationnels :

- ✓ Quels effets concrets observez-vous en cas de saturation ? (Ex. ralentissement des opérations, coûts supplémentaires).
- ✓ Y a-t-il eu des décisions stratégiques remises en cause à cause de données erronées ?

Organisationnels :

- ✓ Comment la communication inter-services fonctionne-t-elle en cas de crise ?
- ✓ Recevez-vous des instructions spécifiques ou prenez-vous des initiatives locales ?

Partie05 : Gestion des risques et améliorations

Pratiques actuelles :

- ✓ Existe-t-il une cartographie des risques ou des audits spécifiques à la saturation ?
- ✓ Assistant qualité : Des actions correctives ont-elles été mises en place suite à des non-conformités ?

Opportunités d'amélioration :

- ✓ Selon vous, un processus structuré de gestion des risques serait-il pertinent ? Pourquoi ?
- ✓ Chef de service statistique : Quels outils pourraient améliorer la détection des risques ?

Risques technologiques :

- ✓ Directeur DPI : Quels sont les principaux risques informatiques liés à la saturation ?

- ✓ Chef département exploitation DCL : Existe-t-il un dispositif formel pour gérer les pannes d'équipements aggravant la saturation ?

Partie06 : Conclusion

Synthèse :

- ✓ Avez-vous des suggestions ou recommandations pour optimiser la gestion des zones d'entreposage ?

Merci beaucoup pour vos réponses très précieuses. Votre regard me permettra de mieux intégrer une approche structurée et préventive dans la proposition d'un processus de management des risques.

ANNEXE C
LES TABLEAUX DES DONNEES
STATISTIQUES

semaine 01	Période	Débarquement EVI	Livraison EVP
semaine 01	01 au 07janv	4513	2457
semaine 02	08 au 14 janv	3667	3299
semaine 03	15 au 21 janv	3192	3992
semaine04	22 au 28 janv	4138	4087
semaine05	29 au 4fév	3232	4341
semaine06	5 au 11fév	3714	4112
semaine07	12 au 18fév	4865	3942
semaine08	19 au 25 fév	3922	4334
semaine09	26 au 4 mars	4915	3834
semaine10	5au 11 mars	3880	4118
semaine 11	12 au 18 mars	3229	4231
semaine12	19 au 25 mars	3507	3607
semaine13	26 au 1 avril	2132	1854

semaine	période	stock initiale	stock finale	stock moyen	capacité	taux d'occupation	total livraison	livraison moyenne	séjour moyen
semaine 01	06 au 12	10640	11867	11253,5	8000	140,66875	3245	463,5714286	24,27565485
semaine02	13 au 19	11867	9335	10601	8000	132,5125	3859	551,2857143	19,22959316
semaine03	20 au 26	9335	10764	10049,5	11320	88,77650177	4046	578	17,3866782
semaine04	27 au 02	10764	9667	10215,5	11320	90,24293286	4084	583,4285714	17,50942703
semaine05	3 au 09	9667	9042	9354,5	11320	82,6369258	4517	645,2857143	14,49667921
semaine 06	10 au 16	9042	9570	9306	11320	82,20848057	3597	513,8571429	18,11009174
semaine07	17 au 23	9570	9791	9680,5	11320	85,51678445	4299	614,1428571	15,76261921
semaine 08	24 au 02	9791	10459	10125	11320	89,4434629	4283	611,8571429	16,54798039
semaine 09	03 au 09	10459	10500	10479,5	11320	92,57508834	3835	547,8571429	19,12816167
semaine 10	10 au 16	10500	9956	10228	11320	90,35335689	4211	601,5714286	17,00213726
semaine 11	17 au 23	9956	8935	9445,5	11320	83,44081272	3850	550	17,17363636
semaine 12	24 au 30	8935	8877	8906	11320	78,67491166	3734	533,4285714	16,69576861

ANNEXE D
CODAGE PYTHON

```
In [2]: # 1. Importation des bibliothèques
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
```

```
In [ ]:
```

```
In [58]: fichier = 'C:/Users/mac/Downloads/debaquement sortie.xlsx'
```

```
In [59]: feuilles = pd.ExcelFile(fichier).sheet_names
print("Feuilles disponibles :", feuilles)
```

Feuilles disponibles : ['Débar et liv', 'taux d'occupation']

```
In [ ]:
```

```
In [61]: df1 = pd.read_excel(fichier, sheet_name='Débar et liv', engine='openpyxl')
df2 = pd.read_excel(fichier, sheet_name='taux d'occupation', engine='openpyxl')
```

```
In [17]: # Afficher les premières lignes de chaque tableau
print("Tableau 1 :")
print(df1.head())

print("Tableau 2 :")
print(df2.head())
```

Tableau 1 :

	Unnamed: 1	Unnamed: 2	Unnamed: 3
0 semaine 01	Période	Débarquement EVP	Livraison EVP
1 semaine 01	01 au 07janv	4513	2457
2	NaN	NaN	NaN
3 semaine 02	08 au 14 janv	3667	3299
4 semaine 03	15 au 21 janv	3192	3992

Tableau 2 :

	semaine	période	stock initiale	stock finale	stock moyen	capacité
0 semaine 01	06 au 12		10640	11867	11253.5	8000
1 semaine02	13 au 19		11867	9335	10601.0	8000
2 semaine03	20 au 26		9335	10764	10049.5	11320
3 semaine04	27 au 02		10764	9667	10215.5	11320
4 semaine05	3 au 09		9667	9042	9354.5	11320

	taux d'occupation	total livraison	livraison moyenne	séjour moyen
0	140.668750	3245	463.571429	24.275655
1	132.512500	3859	551.285714	19.229593
2	88.776502	4046	578.000000	17.386678
3	90.242933	4084	583.428571	17.509427
4	82.636926	4517	645.285714	14.496679

```
In [18]: df1[df1>0]

In [19]: # Afficher le tableau avec la 5ème ligne comme en-tête
df = df1.copy()
df.columns = ['semaine', 'période', 'débarquement EVP', 'livraison EVP']

# Supprimer les lignes qui ne contiennent pas de données
df = df[df['période'].str.len() > 0 && df['livraison'].str.len() > 0]

# Conversion des colonnes numériques
df['débarquement EVP'] = pd.to_numeric(df['débarquement EVP'], errors='coerce')
df['livraison EVP'] = pd.to_numeric(df['livraison EVP'], errors='coerce')

# Réinitialiser l'index
df.reset_index(drop=True, inplace=True)

# Afficher le résultat
print(df.head())

semaine  période  débarquement EVP  livraison EVP
0  semaine 01  01 au 07janv      4513.0      2457.0
1  semaine 02  08 au 14 janv      3667.0      3299.0
2  semaine 03  15 au 21 janv      3192.0      3992.0
3  semaine 04  22 au 28 janv      4136.0      4007.0
4  semaine 05  29 au 04fév      3112.0      4061.0
```

```
In [76]: import matplotlib.pyplot as plt

plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(df['Semaine'], df['Débarquement EVP'], marker='o', label='Débarquement EVP')
plt.plot(df['Semaine'], df['Livraison EVP'], marker='o', label='Livraison EVP')
plt.title('Évolution des EVP par semaine')
plt.xlabel('Semaine')
plt.ylabel('Nombre d\'EVP')
plt.xticks(rotation=45)
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
plt.show()
```

```
In [98]: import matplotlib.pyplot as plt

# Configuration de la taille de la figure
plt.figure(figsize=(12, 6))

# Placer Les barres pour Débarquement EVP avec une couleur personnalisée
plt.bar(df['Semaine'], df['Débarquement EVP'], width=0.4, label='Débarquement EVP', align='center', color='orange')

# Placer Les barres pour Livraison EVP (décalées pour ne pas chevaucher) avec une couleur personnalisée
plt.bar(df['Semaine'], df['Livraison EVP'], width=0.4, label='Livraison EVP', align='edge', color='blue')

# Ajouter un titre et des labels
plt.title('Diagramme en bâtons : Débarquement EVP vs Livraison EVP par Semaine')
plt.xlabel('Semaine')
plt.ylabel('Nombre d\'EVP')

# Rotation des étiquettes pour la lisibilité
plt.xticks(rotation=45)

# Ajouter la légende
plt.legend()

# Afficher Le graphique
plt.tight_layout()
plt.show()
```

```
In [101]: print(df.columns)
Index(['Semaine', 'Période', 'Débarquement EVP', 'Livraison EVP'], dtype='object')

In [102]: import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Si tu copies manuellement le tableau :
data = {
    'Semaine': ['semaine 01', 'semaine02', 'semaine03', 'semaine04', 'semaine05', 'semaine 06',
               'semaine07', 'semaine 08', 'semaine 09', 'semaine 10', 'semaine 11', 'semaine 12'],
    'taux d\'occupation': [100.668750, 112.512500, 88.776500, 90.242933, 82.636926,
                        82.208481, 85.516784, 89.443465, 92.575088, 90.353357, 81.448811, 78.674012]
}

df2 = pd.DataFrame(data)

In [104]: plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(df2['Semaine'], df2['taux d\'occupation'], marker='o', color='BLUE', linewidth=2, label='Taux d\'occupation (X)')

plt.title("Évolution du Taux d'Occupation par Semaine")
plt.xlabel("Semaine")
plt.ylabel("Taux d'occupation (X)")
plt.xticks(rotation=45)
plt.grid(True, linestyle='--', alpha=0.6)
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()
```