

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA



Faculté des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de Gestion

Département des Sciences Commerciales

MEMOIRE

**En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER EN SCIENCES DE GESTION**

Option : Management

L'INTITULE DU MEMOIRE

**La contribution des systèmes numériques portuaire dans
l'optimisation des flux de conteneurs Cas de Béjaïa Mediterranean
Terminal (BMT)**

Préparé par :

- AOUCHICHE Belkacem
- KERKAR Sarah

Dirigé par :

BENKHIDER Naima

Date de soutenance : 09 juin 2026

Jury :

Présidente : Mme. SLIMANI Radia

Examineur : Mme. GHANEM Yasmina

Rapporteur : Mme. BENKHIDER Naima

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

Nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné la santé, la volonté et le courage nécessaires pour entreprendre et achever ce modeste travail.

Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrante, Madame Benkhider, pour son accompagnement, ses précieux conseils, sa disponibilité ainsi que son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ses orientations et ses encouragements ont été d'une grande importance dans l'aboutissement de ce travail.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce travail.

Nos remerciements vont aussi au Béjaïa Mediterranean Terminal (BMT) pour son accueil, sa collaboration et les informations mises à notre disposition durant notre stage et la préparation de cette étude.

Enfin, nous remercions l'ensemble de nos professeurs de l'Université de Bejaïa pour la qualité de leur enseignement, leurs efforts et leur patience tout au long de notre parcours universitaire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices, leurs encouragements et leur soutien permanent tout au long de mon parcours.

Que Dieu les protège et leur accorde santé et bonheur.

À mes chers frères KHALED et LOUNES, pour leur présence, leur soutien et leurs encouragements qui m'ont toujours donné la force d'avancer.

Et à toute ma famille

À mes chers amis, en témoignage des moments partagés, de leur soutien moral et de leur précieuse amitié et à ma binôme

À toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

BELKACEM

Tout d'abord je tiens à remercier DIEU de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

À mes cher parents pour leur soutien inconditionnel, leur patience et leurs sacrifices qui m'ont permis d'arriver jusqu'ici.

Que ce travail soit le reflet de votre amour.

À mes frères RIMY et YOUBA pour leur présence et leurs encouragements constants.

À mon binôme Avec qui j'ai partagé les défis et les réussites de ce projet.

Enfin, je dédie ce travail à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail

SARAH

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre 1: Fondements théoriques de la logistique portuaire et de la numérisation des flux de conteneurs	5
Section 1: La logistique portuaire et les flux de conteneurs.....	5
1. La logistique portuaire : définition et enjeux	5
2. Les flux de conteneurs dans un terminal portuaire.....	7
3. Les critères d'optimisation des flux de conteneurs	8
Section 2 : La numérisation des processus portuaires	9
1. Définition de la numérisation dans le contexte portuaire.....	9
2. Systèmes numériques dans les terminaux à conteneurs	10
3. Effets attendus de la numérisation sur les flux de conteneurs.....	11
Section 3 : Numérisation et gestion des flux dans les ports	12
Section 4 : Numérisation et gestion des ressources humaine portuaire	13
1. Impact de la numérisation sur les métiers portuaires	13
2. Conditions de réussite de la numérisation opérationnelle	14
3. Numérisation et organisation du travail au terminal	14
Chapitre 2 : Étude de cas de BMT Apports et limites de systèmes numériques dans la gestion des flux	16
Section 1: Présentation du terrain et du système étudiés	16
1.1 Présentation de BMT	16
1.2 Organisation et capacités opérationnelles	18
1.3 Genèse et évolution numérique du terminal.....	19
1.4 Architecture du système iPROS	21
Section 2 : Analyse qualitative des effets des systèmes numériques.....	23
2.1 Apports perçus des systèmes numériques	23

2.2 Analyse qualitative par module	23
2.3 Limites structurelles identifiées	31
2.4 Indicateurs de performance de base	31
Section 3 : Analyse quantitative de la contribution perçue des systèmes numériques au BMT	34
1. Impact perçu des systèmes numériques au sein de BMT	34
2. Amélioration perçue des performances opérationnelles	36
3. Contribution perçue des systèmes numériques à l'optimisation des flux de conteneurs	37
Section 4 : Discussion des résultats : vers une compréhension intégrée de l'apport des systèmes numériques au BMT	39
1. Recommandations technologiques et système d'information	42
2. Recommandations infrastructurelles et capacitaires	42
3. Recommandations organisationnelles et humaines	42
5. Recommandations en matière de pilotage de la performance	43
5. Recommandations stratégiques à moyen et long terme	43
Conclusion générale	45
Bibliographie	45

Liste des abréviations :

Acronyme	Signification
BMT	Béjaïa Mediterranean Terminal
CTMS	Container Terminal Management System
EDI	Échange de Données Informatisé
EVP	Équivalent Vingt Pieds
EPB	Entreprise Portuaire Bejaia
IA	Intelligence Artificielle
IoT	Internet of Things
IPROS	Integrated Port Resource Optimization System
KPI	Key Performance Indicator
MHS	Mobile Harbour Crane
OCR	Optical Character Recognition
ESPO	European Sea Ports Organisation
ITV	Intenet Transport Vehicle
OMI	Organisation Maritime Internationale
QC	Quay Crane (portique de quai)
RFID	Radio Frequency Identification
RTG	Rubber Tyred Gantry (portique sur pneus)
STS	Ship-to-Shore (crane)
TAT	Turnaround Time (temps de rotation)
TOS	Terminal Operating System

Liste des Tableaux :

Tableau 1 : l'importance des terminaux à conteneurs dans le commerce international...	6
Tableau 2 : Les principaux acteurs d'un terminal à conteneurs et leurs rôles.....	8
Tableau 3 : Types de contraintes identifiées.....	9
Tableau 4 : Les principales fonctionnalités d'un TOS	10
Tableau 5 : Les principaux gains temporels observés.....	11
Tableau 6 : Compétence et leurs domaines d'application.....	13
Tableau 7 : Fiche technique du BMT	18
Tableau 8 : corrélation entre navire traites par mois et temps moyen de traitement	24
Tableau 9 : indicateurs de performance des opérations de quai	26
Tableau 10 : capacité de parc de stockage de BMT.....	27
Tableau 11 : synthèse montrent la capacité théorique vs le volume réel.....	29
Tableau 12 : Résultats des TAT observés au BMT (Janvier - Mars 2026)	31
Tableau 13 : Productivité par navire et engin par rapport à l'écart standard	32
Tableau 14 : impact de Dwell Time sur la capacité réelle su terminal	33
Tableau 15: Taux d'utilisation des équipements par navire	33
Tableau 16 : Statistiques descriptives des variables étudiées	34
Tableau 17 : Matrice des corrélations de Pearson	36
Tableau 18 : Résumé du modèle de régression linéaire.....	37

Listes des Figures:

Figure 1 : Carte de la situation géographique du port de Béjaïa.....	17
Figure 2 : Structure de la capitale de la joint-venture BMT	20
Figure 3 : Processus opérationnel du système iPROS	21
Figure 4 : Graphique à barres – Temps d’attente moyen en rade vs Temps de séjour à quai.....	24
Figure 5 : Graphique linéaire représente l’évolution du taux d’occupation du parc.....	28
Figure 6 : Exemple de fiche EDI utilisée au BMT.....	30

Introduction générale

Grâce à la mondialisation, des millions de conteneurs traversent les océans chaque année, reliant les usines aux consommateurs. Les terminaux à conteneurs sont au cœur de ce système, assurant le passage entre les bateaux et les autres moyens de transport. Leur efficacité a un impact direct sur nos coûts, nos délais et la fiabilité de tout ce que nous importons ou exportons.

Gérer ces terminaux est un vrai casse-tête : les arrivées ne sont jamais pile à l'heure, l'espace de stockage est limité, et une multitude d'acteurs doivent collaborer (compagnies maritimes, douanes, transporteurs...). Sans oublier la sécurité des biens et des personnes. Face à ces défis, la digitalisation s'est imposée comme une évidence. Les ports les plus performants utilisent désormais des systèmes informatiques, appelés Terminal Operating Systems (TOS), pour planifier, suivre et gérer tous les mouvements de conteneurs. Ces outils permettent de réduire les temps d'attente, d'améliorer la traçabilité, de faciliter la collaboration entre les équipes et d'optimiser l'utilisation du matériel. Les grands ports comme Tanger Med et les études de la Banque mondiale ne cessent de souligner les gains de productivité liés au numérique. Pourtant, on sait encore peu de choses sur ce que ces systèmes apportent concrètement dans le contexte spécifique des ports algériens.

En Algérie, les ports sont en pleine mutation. La Béjaïa Méditerranéen Terminal (BMT), stratégiquement situé sur la côte méditerranéenne dans une baie abritée, est une porte d'entrée commerciale essentielle pour le pays, notamment vers l'Europe et le Moyen-Orient. Depuis son ouverture en 2005, la BMT a considérablement évolué, passant d'une gestion quasi entièrement manuelle à une exploitation numérique grâce au système iPROS (Integrated Port Resource Optimization System). Malgré ces avancées, les résultats observés sont mitigés. Bien que le système offre une meilleure visibilité sur la localisation des conteneurs et améliore la communication entre les services, les performances globales restent en deçà des standards internationaux.

C'est de là que part notre question principale : Dans quelle mesure les systèmes numériques portuaires aident-ils vraiment à mieux gérer les flux de conteneurs au BMT ?

Pour y répondre, nous nous sommes posé trois questions plus précises :

1. Est-ce que iPROS réduit vraiment les délais (temps d'attente des bateaux en rade, durée des escales, productivité des grues) ?
2. Dans quelle mesure ce système améliore-t-il le suivi des conteneurs et la coordination entre les différents métiers du terminal ?

3. Qu'est-ce qui freine encore l'optimisation des flux, malgré l'utilisation de ce système (problèmes techniques, d'organisation, ou humains) ?

Nous avons aussi formulé trois hypothèses, basées sur ce qu'on lit dans la littérature et ce qu'on a vu sur le terrain :

- H1 : Le module iBERTH aide à réduire l'attente des navires en rade, mais il ne fait pas vraiment baisser la durée totale de l'escale, car celle-ci dépend surtout du rendement réel des grues.

- H2 : Les modules iCONTROL WHARF et iSTACK améliorent le suivi en temps réel et la coordination, mais leur impact sur la productivité et sur la durée de stockage des conteneurs (Dwell Time) sont limité par la vétusté du matériel et par les saisies manuelles qui provoquent encore des erreurs.

- H3 : La performance du système est surtout freinée par des choses qui n'ont rien à voir avec le logiciel : capacité de stockage trop juste, manque de postes à quai, pannes fréquentes des engins, absence d'automatisation avancée. Du coup, pour vraiment améliorer les flux, il faudrait investir dans le matériel et dans l'automatisation.

Notre mémoire est organisé en deux chapitres. Le premier pose le cadre théorique : la logistique portuaire, les flux de conteneurs, la numérisation, et le lien entre numérique et optimisation. Le deuxième chapitre est une étude de cas du BMT : on y présente le terminal et son système iPROS, on détaille les trois modules (iBERTH, iCONTROL WHARF, iSTACK), on regarde les indicateurs de performance, et on discute les limites et les pistes d'amélioration.

L'objectif final, c'est d'évaluer ce que le numérique apporte vraiment au BMT, et d'identifier ce qui freine son efficacité.

Méthodologie de la recherche

Pour répondre à notre question centrale et tester nos hypothèses, nous avons choisi une approche mixte, mêlant méthodes qualitatives et quantitatives. Pourquoi ? Parce que la numérisation des flux, ce n'est pas qu'une question de chiffres : il y a aussi des aspects techniques, organisationnels et humains. Une seule méthode n'aurait pas suffi à tout saisir.

Chapitre 1: Fondements théoriques de la logistique portuaire et de la numérisation des flux de conteneurs

Ce chapitre vise à poser les fondements conceptuels nécessaires à l'analyse de la contribution des systèmes numériques. Ce cadre théorique servira de grille d'analyse pour l'étude empirique menée ultérieurement au sein d'un terminal à conteneurs.

Section 1: La logistique portuaire et les flux de conteneurs

1. La logistique portuaire : définition et enjeux

La logistique portuaire ne se limite plus à la simple interface entre la mer et la terre ; elle est devenue un maillon stratégique de la chaîne d'approvisionnement mondiale. Toutes les activités de planification, de mise en œuvre et de contrôle du flux efficace et efficient des marchandises, ainsi que des services et informations connexes, depuis le début jusqu'à la consommation, en passant par l'interface portuaire. (UNCTAD, 2020). Sur le plan opérationnel, cette définition s'appuie sur trois piliers fondamentaux : L'organisation physique du passage d'un mode de transport à un autre ; Le port est défini comme un « *espace de stockage temporaire stratégique permettant de réguler les flux tendus de la chaîne d'approvisionnement mondiale* » (Pareschi, 2015) ; l'utilisation de plateformes dématérialisées pour coordonner les acteurs (douanes, transporteurs, manutentionnaires).

La fonction première d'un terminal à conteneurs est d'assurer le transfert des conteneurs entre navires et les différents modes de transport, offrir un espace de stockage aux conteneurs, gérer le regroupement ou répartition des marchandises et fournir inspection douanière, maintenance, réparation. (<https://www.prologistik.com/fr/lexique-de-la-logistique/logistique-des-conteneurs/>, s.d.)

Dans le contexte de la mondialisation des échanges, les ports occupent une position charnière. Ils agissent comme des interfaces critiques entre les systèmes de transport maritime et terrestre, et leur performance influence directement l'efficacité de toute la chaîne logistique. (Rodrigue J.-P. R.-P., (2020) page 27.)

Tableau 1 : l'importance des terminaux à conteneurs dans le commerce international

Indicateur	Impact sur la chaîne logistique
Temps d'escale	Affecte la fiabilité des chaînes d'approvisionnement
Productivité des grues	Détermine la vitesse de rotation des navires
Capacité de stockage	Influence la fluidité des flux entrants/sortants
Connectivité terrestre	Conditionne la desserte arrière-pays

Source : (Med, 2021)

L'infrastructure portuaire agit comme un catalyseur de croissance économique. Les terminaux à conteneurs participent à la fluidité des échanges commerciaux et à la performance logistique. (Med., Rapport d'activité : Performance et connectivité portuaire., (2021))

Cette performance repose sur la capacité du port à synchroniser les flux de marchandises avec les réseaux de transport mondiaux. Les ports sont que des sous-systèmes au sein de réseaux de transport mondiaux, où la connectivité maritime est un déterminant majeurs du coût du commerce. (CNUCED, 2020)

La performance d'un terminal à conteneurs se mesure à sa capacité à traiter efficacement les flux tout en minimisant les coûts et les délais. À cet égard, la technologie joue un rôle prépondérant. Le TOS est un système de gestion des opérations portuaires, et un outil pour la planification, le contrôle, la coordination et l'exécution de tous les mouvements de cargaison et des équipements. (Stahlbock R. &.-5., 2008)

Les terminaux modernes doivent relever plusieurs défis majeurs pour maintenir leur compétitivité :

- Les arrivées de navires et de camions sont sujettes à des fluctuations constantes.
- Les parcs à conteneurs sont souvent saturés, nécessitant une optimisation millimétrée du gerbage.
- La protection rigoureuse des marchandises et du personnel.
- La gestion de ces contraintes est complexifiée par un manque de prévisibilité opérationnelle.

Le grand problème réside dans le fait que les opérateurs de terminaux portuaires rencontrent est les limites de visibilité sur les moyens à mobiliser pour réaliser les opérations de chargement/déchargement des navires. (Dauzère-Pérès, 2012)

2. Les flux de conteneurs dans un terminal portuaire

Les terminaux à conteneurs gèrent trois catégories principales de flux, comme le décrit la littérature spécialisée :

- Flux d'importation tous les conteneurs arrivant par navire sont déchargés, stockés temporairement, puis acheminés sur plusieurs modes de transport. (Gharehgozli, 2016)
- Flux d'exportation tous les conteneurs en provenance des chargeurs locaux sont acheminés au terminal, stockés en attente, puis chargés à bord des navires pour leur expédition internationale.
- Flux de transbordement les conteneurs sont transférés d'un navire à un autre sans passer par l'arrière-pays, ce qui permet les correspondances entre lignes maritimes. (Agbeze, 2025)

La gestion optimale de ces flux repose sur une coordination étroite entre les moyens de manutention horizontaux (chariots cavaliers, véhicules automatisés) et verticaux (portiques de quai), afin de minimiser le temps de séjour des conteneurs sur le terminal. Le processus opérationnel d'un terminal à conteneurs suit une séquence standardisée que les systèmes d'information modernes permettent d'optimiser : La planification de l'escale commence bien avant l'arrivée physique du navire. Les compagnies maritimes transmettent par EDI les manifestes de cargaison, entre le système d'information et les systèmes des lignes maritimes est mise en place permettant de recevoir automatiquement les informations d'un navire. (Med, 2021).

Les opérations de déchargement et de chargement mobilisent des équipements spécialisés : portiques de quai (STS/QC), grues mobiles (MHC), portiques sur pneus (RTG) ou chariots cavaliers, et camions internes (ITV). L'efficacité de cette étape se mesure par le nombre de mouvements par heure, un indicateur clé de la productivité portuaire (Banque Mondiale, 2021)

Les conteneurs sont empilés dans le parc selon des plans d'occupation optimisés visant à minimiser les doubles manipulations, en attente de leur transport. Les conteneurs vides peuvent être stockés plus longtemps. (Rodrigue J.-P. , 2020). Les conteneurs quittent le terminal par camion ou par train. La fluidité de cette étape, souvent gérée par des systèmes de rendez-vous pour les transporteurs, conditionne l'évitement de la congestion au niveau des portes du terminal.

La gestion des flux au sein d'un terminal à conteneurs n'est pas une activité isolée ; elle implique une multiplicité d'acteurs dont la coordination est essentielle pour garantir la fluidité de la chaîne logistique :

Tableau 2: Les principaux acteurs d'un terminal à conteneurs et leurs rôles

Acteur	Rôle principal
Compagnie maritime	Fournisseur du navire et de la cargaison
Terminalier	Exploitant des infrastructures et responsable de la manutention.
Transitaire	Organisateur du transport pour le compte du chargeur (client).
Transporteur routier	Assure la liaison physique entre le port et l'arrière-pays (hinterland).
Douane	Autorité de contrôle des marchandises importées et exportées.
Capitainerie	Gère la sécurité et les mouvements des navires (entrée/sortie).

Source : (Stahlbock R. &.-5., 2008)

Cette interaction complexe nécessite un outil de synchronisation puissant. Le système d'information centralise les données pour tous ces intervenants afin d'éviter les ruptures de charge. Le TOS fournit des informations en temps réel sur la localisation, le calendrier des opérations, la coordination entre les différents facteurs et le suivi de l'activité opérationnelle en cours (Stahlbock & Voß, 2008).

3. Les critères d'optimisation des flux de conteneurs

L'optimisation des flux repose sur la mesure et l'amélioration continue d'indicateurs clés de performance :

-Le Turnaround Time (TAT) : Temps total qu'un navire passe dans le port. Cet indicateur est synthétisé par la formule suivante :

Où temps {attente} est le temps passé en rade avant accostage, et temps {manutention} est la durée des opérations de chargement/déchargement.

- La productivité des grues : Mesurée en « moves par heure ». La littérature indique que les standards internationaux de productivité situent entre 25 et 30 mouvements par heure. (Banque Mondiale, 2021)
- Le Dwell Time : Durée de séjour d'un conteneur dans le terminal. Selon les standards internationaux de productivité le temps de séjour des ports performants est de 2 à 5 jours (UNCTAD., 2020)
- Le taux d'occupation du parc : Pourcentage de la capacité de stockage utilisée. Un seuil critique est généralement fixé à 70-80 % pour éviter la congestion.

L'optimisation des flux peut agir sur trois dimensions complémentaires. Sur le plan temporel « Le système de régulation des flux gate-in/gate-out vise à rationaliser et mieux planifier l'arrivée des camions dans la zone portuaire, contribuant à éviter la congestion » (Med., Rapport d'activité : Performance et connectivité portuaire. , 2021). Sur le plan spatial : « *Le TOS utilise des algorithmes avancés pour améliorer l'organisation du parc et la planification des navires* » (Stahlbock R. &, 2008). Enfin l'optimisation informationnelle : « *Le système consolide les opérations avec des données en temps réel, fournissant des informations précises au centre de contrôle opérationnel* » (Navis., 2022).

L'optimisation se heurte à plusieurs types de contraintes résumées dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Types de contraintes identifiées

Type de contrainte	Exemples
Physiques	Nombre de quais, superficie du parc, profondeur du tirant d'eau.
Techniques	Vétusté des équipements, pannes, maintenance du réseau IT.
Organisationnelles	Coordination multi-acteurs, lourdeur des procédures douanières.
Humaines	Besoin de formation, résistance au changement face aux nouveaux outils.

Source : (Radès & P, 2019)

La transition technologique reste un défi majeur. Intégrer un nouveau système TOS nécessite beaucoup de patience, sachant que des pays développés prennent deux ou trois ans pour s'adapter à ce système. (Radès & P, 2019)

Section 2 : La numérisation des processus portuaires

1. Définition de la numérisation dans le contexte portuaire

Il convient d'établir une distinction claire entre trois concepts souvent confondus dans la littérature académique :

La numérisation: Passage du support papier au support numérique. « *C'est la conversion d'informations analogiques en format numérique* » (Brennen, 2016) . Dans le contexte portuaire, cela correspond par exemple à la substitution des documents papier par des fichiers électroniques via l'EDI. La digitalisation: Utilisation des technologies numériques pour modifier les processus opérationnels. La digitalisation de fournir un service de meilleure qualité aux clients, et procure un avantage concurrentiel, elle rend les terminales plus efficaces (Parola, 2020). La transformation digitale, quant à elle, désigne le changement stratégique plus profond de l'organisation, de sa culture et de son modèle d'affaires, visant une intégration technologique globale.

La numérisation des opérations portuaires répond à plusieurs enjeux majeurs de compétitivité. Selon un rapport technique sur l'évolution des infrastructures, « *Le TOS représente un saut technologique et permet de travailler avec un système innovant utilisé par les ports les plus avancés du monde* » (STAM, 2019).

Les bénéfices attendus de cette transition sont multiples : la réduction des erreurs, moins de saisies manuelles et de risques d'erreurs humaines, automatisation des processus administratifs et douaniers, suivre la position et le statut des conteneurs en temps réel et le partage des informations entre tous les acteurs de la chaîne. Cette digitalisation des services portuaires représente une étape importante de la stratégie de modernisation (Tanger Med, 2021). La numérisation des ports s'inscrit dans un cadre plus large de modernisation des infrastructures mondiales. Au niveau international, l'Organisation Maritime Internationale encourage l'adoption du guichet unique maritime pour simplifier les escales. Dans la région méditerranéenne, nous observons une accélération des projets de digitalisation visant à réduire la congestion terrestre.

2. Systèmes numériques dans les terminaux à conteneurs

Le TOS constitue le cœur du système d'information d'un terminal à conteneurs. Le TOS est un système informatique opérationnel avancé qui centralise la gestion des opérations portuaires, c'est un outil essentiel pour la planification, le contrôle, la coordination et l'exécution de tous les mouvements de cargaison et des équipements (Stahlbock & Voß, 2008).

Tableau 4 : Les principales fonctionnalités d'un TOS

Fonctionnalité	Description
Planification des escales	Gestion des créneaux d'accostage et des fenêtres de temps.
Allocation des ressources	Affectation optimisée des équipements de manutention
Gestion du parc	Suivi précis des emplacements de stockage et optimisation du gerbage.
Traçabilité	Enregistrement historique de tous les mouvements de conteneurs.
Interface EDI	Échanges dématérialisés avec les partenaires externes (armateurs, douanes).
Reporting	Production automatisée d'indicateurs de performance (KPI).

Source : (Hutchison Ports, 2021).

Les TOS modernes sont structurés en modules spécialisés couvrant chaque domaine d'activité, notamment module de planification maritime qui gère les arrivées de navires, l'allocation des postes à quai et la séquence de manutention, module de gestion des opérations de quai qui coordonne les grues, les camions internes et le séquençement des mouvements pour minimiser les temps d'attente, module de gestion du parc qui optimise l'occupation du stockage et gère intelligemment les emplacements pour éviter les doubles manipulations, module gate qui gère les entrées/sorties des camions, incluant souvent le pesage et la vérification automatique, module de facturation qui automatise la facturation des services rendus sur la base des mouvements réels enregistrés.

L'évolution technologique transforme ces outils: Le TOS permet d'utiliser des technologies avancées incluant la reconnaissance optique de caractères. (Hutchison Ports, 2021).

3. Effets attendus de la numérisation sur les flux de conteneurs

La numérisation permet de réduire significativement les délais à toutes les étapes du processus logistique. L'EDI permet de récupérer automatiquement les informations, rationalisant la planification et la régulation du trafic conteneur dans le port.

Tableau 5 : Les principaux gains temporels observés

Processus	Gain attendu
Transmission des manifestes	De quelques jours à quelques heures
Enregistrement à l'entrée	De 5-10 minutes à 1 minute
Dédouanement	De 24 h à quelques heures
Recherche de conteneur	De 30 min à quelques secondes

Source : (Stahlbock R. &.-5., 2008)

La traçabilité en temps réel est l'un des bénéfices majeurs de la numérisation. Le système fournit une image en temps réel sur la localisation et le type de cargaison, permettant le suivi de toutes les activités opérationnelles en cours. Selon Stahlbock et Voß (2008),

Cette traçabilité accrue permet notamment : La localisation instantanée de tout conteneur sur le parc, l'accès à l'historique complet des mouvements, la détection rapide des anomalies et des erreurs de gerbage et une plus grande transparence vis-à-vis des clients finaux. La numérisation facilite la coordination entre les multiples acteurs du terminal.

L'intégration des systèmes permet la planification, le contrôle, la coordination et l'exécution de tous les mouvements de cargaison et des équipements ce qui fournit une synchronisation optimale des opérations et une réduction significative des conflits de planification, garantissant une utilisation rationnelle des ressources du terminal. (Navis, 2022).

Malgré ses avantages, la numérisation n'est pas une solution miracle. « *L'intégration de ce système nécessite une période d'adaptation importante* ». (Retour d'expérience sur le port de Radès (2019), Les limites identifiées incluent :

- Fiabilité technique, une dépendance critique aux serveurs et au réseau.
- La persistance d'interventions manuelles reste une source potentielle d'erreurs.
- L'absence de fonctions prédictives (IA) dans certains systèmes plus anciens.
- Des coûts d'investissement et de maintenance très élevés.

Section 3 : Numérisation et gestion des flux dans les ports

Les systèmes d'information portuaires contribuent à la rationalisation des flux selon trois dimensions complémentaires (Notteboom & Rodrigue, 2020) :

La dimension temporelle vise à réduire les délais à chaque étape du parcours du conteneur, depuis l'annonce du navire jusqu'à sa sortie du terminal. Grâce à l'échange de données informatisé (EDI), les manifestes de cargaison sont transmis plusieurs jours avant l'escale, ce qui permet aux planificateurs d'optimiser les créneaux d'accostage et de préparer les ressources (grues, camions internes, zones de stockage). Cette anticipation réduit le temps d'attente en rade, un indicateur clé du Turnaround Time (TAT). (<https://mag.wcoomd.org/fr/magazine/omd-actualites-88/algeria-launches-new-customs-information-system/>, s.d.)

La dimension spatiale concerne l'organisation physique du parc à conteneurs. Les TOS modernes intègrent des algorithmes d'allocation dynamique qui décident, à chaque entrée d'un conteneur, de son emplacement optimal (bloc, rang, niveau). Ces algorithmes cherchent à minimiser les doubles manipulations, à équilibrer les taux d'occupation entre les différentes sections et à rapprocher les conteneurs destinés à l'exportation des postes à quai. Stahlbock & Voß (<https://www.bdc.ca/fr/articles-outils/boite-outils-entrepreneur/gabarits-documents-guides-affaires/glossaire/logistique>, s.d.)

La dimension informationnelle est peut-être la plus transformatrice. En centralisant en temps réel la position et le statut de chaque conteneur, le TOS réduit les asymétries d'information entre les différents acteurs (terminal, douane, transporteurs, chargeurs). La traçabilité instantanée permet de répondre en quelques secondes à une demande de localisation, de détecter une erreur de gerbage, ou d'alerter sur un dépassement du délai de séjour (dwell time). Cette transparence accélère les prises de décision et réduit les attentes liées à la recherche d'information papier. (<https://www.searates.com/fr/container/tracking/>, s.d.)

L'objectif global est d'assurer une meilleure planification des opérations pour les terminaux, d'améliorer le service et les délais de traitement pour les clients, et de réduire les risques de sécurité (Tanger Med, 2021).

La gestion numérique repose sur un cycle itératif de planification qui permet d'optimiser l'organisation du parc et la planification des navires grâce au système avancés (Stahlbock & Voß, 2008). Exécution des opérations avec saisie en temps réel. Contrôle des écarts et réajustements.

La recherche opérationnelle propose des modèles pour les problèmes de quai, de grues et de stockage. Travaillé sur des outils de prévision des flux pour pallier le manque de visibilité des opérateurs sur les moyens à mobiliser (Dauzère-Pérès et al., 2012).

Section 4 : Numérisation et gestion des ressources humaine portuaire

1. Impact de la numérisation sur les métiers portuaires

La numérisation transforme radicalement les structures de l'emploi dans les terminaux. On observe une disparition des tâches de saisie manuelle au profit de nouveaux métiers comme les analystes de données et des spécialistes des systèmes d'information logistique.

L'adoption de systèmes tels que les systèmes TOS impose une montée en compétences technologiques. Comme le souligne la littérature spécialisée, « *Le TOS est un outil qui intègre les technologies numériques, les machines et les personnes* » (Navis, 2022).

Tableau 6 : Compétence et leurs domaines d'application

Compétence	Domaine d'application
Maîtrise du TOS	Navigation dans les systèmes
Analyse de données	Interprétation des KPI et indicateurs de performance.
Saisie sur tablette	Enregistrement des mouvements en temps réel sur le terrain.
Coordination numérique	Utilisation des workflows dématérialisés.

Source : (Radès & P, 2019)

Le passage au numérique peut susciter des appréhensions liées à la surveillance ou à la peur de l'obsolescence des compétences, ce passage nécessite beaucoup de patience pour s'adapter à ce système. Rapport sur le port de Radès (2019)

2. Conditions de réussite de la numérisation opérationnelle

La formation comme facteur d'acceptation technologique implique la formation des équipes, en commençant par les terminaux pilotes avant généralisation. Cette stratégie doit couvrir l'initiation, la spécialisation par métier et la formation continue. (Port de Santos, 2020)

La réussite dépend d'une communication transparente et d'une gestion progressive. Un exemple de succès est celui de Port de Haifa a réussi la mise en œuvre d'une nouvelle version de son système ce qui représente un saut technologique permettant de travailler avec un système innovant. (Hutchison Ports, 2021).

3. Numérisation et organisation du travail au terminal

La centralisation des données permet une gestion fluide entre les différents services. « *Le TOS est une plateforme partagée pour le personnel du port et les opérateurs de ferries, permettant une gestion numérique des opérations terminalières* » (Parola et al., 2020).

Le contrôle opérationnel devient plus précis avec des données en temps réel, fournissant des informations précises au centre de contrôle opérationnel Cela permet une identification rigoureuse des anomalies et une meilleure mesure de la performance individuelle. (Navis, 2022).

L'impact est ambivalent. Si la numérisation réduit la pénibilité des tâches répétitives, elle peut augmenter le stress lié au rythme imposé par le système. Néanmoins, « *la digitalisation des opérations améliore l'efficacité, permet un service de meilleure qualité et procure un avantage concurrentiel* » (Parola et al., 2020).

Chapitre 2 : Étude de cas de BMT Apports et limites de systèmes numériques dans la gestion des flux

Ce chapitre présente le cadre empirique de l'étude et expose les résultats issus de l'analyse des données collectées au sein du terminal à conteneurs de Béjaïa (BMT). Il s'inscrit dans une démarche visant à comprendre l'apport des systèmes numériques dans l'amélioration des opérations portuaires et l'optimisation des flux de conteneurs.

Afin d'assurer une lecture progressive et cohérente des résultats, l'analyse est structurée en quatre sections complémentaires. Elle débute par une présentation du terrain et du système étudié, avant d'aborder successivement l'analyse qualitative, puis l'analyse quantitative des perceptions des répondants. Enfin, une discussion générale permet de mettre en perspective les principaux résultats obtenus.

Section 1: Présentation du terrain et du système étudiés

Cette première partie vise à contextualiser l'étude en présentant le terminal BMT ainsi que les principaux systèmes numériques mobilisés dans la gestion des opérations portuaires. Elle permet de comprendre l'environnement organisationnel dans lequel s'inscrit la transformation digitale du terminal.

1.1 Présentation de BMT

Localisation stratégique

La Béjaïa Mediterranean Terminal (BMT), qui se trouve dans le port de Béjaïa, est un pilier pour le bon fonctionnement du port en Algérie. Idéalement situé sur la côte nord, en plein cœur de la Méditerranée, il fait office de carrefour stratégique important entre les grandes routes maritimes mondiales et l'économie algérienne. Sa situation géographique, cela constitue un avantage stratégique important : il sert de porte d'entrée et de sortie pour les échanges commerciaux avec l'Europe (notamment la France, l'Espagne, l'Italie, Malte) et le Moyen-Orient, surtout en passant par Jebel Ali. Ainsi, c'est une pièce maîtresse pour que le commerce extérieur algérien circule bien, en aidant les marchandises à traverser le pays. En plus, le port de Béjaïa a la chance d'être dans une baie bien protégée naturellement, ce qui crée un cadre sûr et efficace pour accueillir les navires. En résumé, si la BMT est aussi performante, c'est grâce à ses infrastructures bien solides, mais aussi parce qu'il sait utiliser intelligemment des systèmes numériques de pointe. Ainsi, il faut regarder de près le système iPROS afin d'évaluer sa contribution réelle à l'optimisation des flux de conteneurs.

Figure 1 : Carte de la situation géographique du port de Béjaïa



Source : Données internes de l'entreprise

Rôle dans le commerce extérieur

La BMT joue un rôle très important dans le commerce extérieur Algérien. Il aide beaucoup à échanger des marchandises avec plein d'endroits dans le monde. La BMT est une installation dédiée aux conteneurs. La mission de BMT, c'est de recevoir les navires qui viennent de partout, de s'occuper d'embarquer et débarquer les conteneurs, de stocker les marchandises le temps qu'il faut, et de faire en sorte que tout bouge sans interruption dans toute la chaîne logistique.

« *La BMT travaille avec des grosses compagnies de transport maritime comme MSC, CMA CGM, MAERSK et NASHCO* ». Grâce à ces liens, le port de Béjaïa est connecté à plein d'autres ports dans le monde entier. Les produits qui passent par la BMT viennent surtout d'Europe – on parle de la France, de l'Espagne, de l'Italie et de Malte – et aussi pas mal du Moyen-Orient, surtout de Jebel Ali.

Avec tout ce qu'il peut faire et les améliorations qu'il met en place, la BMT aide vraiment à ce que le trafic maritime en Algérie soit plus fluide et que le marché algérien reçoive ses marchandises plus facilement. En gérant en moyenne 25 000 conteneurs par mois, la BMT est un maillon essentiel dans toute l'organisation logistique des ports en Algérie.

Infrastructures

Sur le plan technique, la BMT est un terminal spécialisé pour les conteneurs, construit conformément aux normes internationales de la logistique portuaire. Il possède des équipements modernes pour gérer efficacement l'embarquement, le débarquement, le stockage et le déplacement des conteneurs. « *Le terminal utilise deux quais dédiés (P.22 et P.24) et peut stocker environ 9 720 EVP. Le parc à conteneurs est organisé en cinq blocs (A, B, C, D et E) »*. Par ailleurs, « *le terminal est équipé de moyens de manutention performants, notamment trois grues mobiles, un portique de quai sur rail (QC), ainsi que des équipements complémentaires tels que les RTG, reach stackers, spreaders, chariots élévateurs et camions internes »*. Cette infrastructure permet au BMT de traiter des navires de type Post-Panamax, ce qui constitue un avantage concurrentiel significatif à l'échelle nationale (voir l'organigramme en annexe 1).

1.2 Organisation et capacités opérationnelles

Le fonctionnement du terminal repose également sur une organisation structurale bien définie, mobilisant environ 900 employés. Cette organisation est pilotée par une Direction Générale, qui supervise plusieurs directions fonctionnelles essentielles. La Direction des Opérations constitue le cœur de l'activité du terminal, en assurant la gestion des opérations de manutention des navires ainsi que la gestion des terre-pleins (aconage). Elle coordonne l'ensemble des flux logistiques et garantit la fluidité des opérations. La Direction Technique est responsable de la maintenance et de la disponibilité des équipements, tandis que le Département Informatique joue un rôle central dans la gestion du système d'information du terminal, notamment à travers le système iPROS. Cette structuration organisationnelle permet d'assurer une coordination efficace entre les différents services et d'optimiser les performances opérationnelles du terminal.

Tableau 7 : Fiche technique du BMT

Indicateur	Valeur
Capacité de stockage	9 720 EVP
Navires traités /mois	14
Volume mensuel	25 000 EVP (Embarquement Débarquement)
Postes à quai	2 (P.22 et P.24)
Nombre de grues	4 (3 mobiles + 1 QC)
Productivité grues	10 moves /heure
Camion internes	34
Durée du traitement navire	3 jours
Durée séjour conteneur	30 jours
Effectif	900 employés

Source : Données internes de l'entreprise

Même si la BMT arrive à faire 15 mouvements par heure, ce qui demeure inférieur aux standards internationaux, certains chiffres nous montrent que le terminal présente encore une grosse marge de progression pour que tout circule mieux. Par exemple, les conteneurs restent au sein du terminal en moyenne 30 jours, alors que partout ailleurs, c'est plutôt 2 à 5 jours. Ça veut dire que notre espace de stockage est saturé et que la circulation n'est pas assez fluide.

Tout ça s'explique par quelques problèmes de fond propres au terminal. D'abord, elle a seulement deux postes pour a quai, ce qui limite le nombre de navires qu'elle peut gérer en même temps et crée des retards. Ensuite, la zone de stockage, divisée en seulement cinq sections, n'est pas assez grande par rapport à tout ce qu'on traite, ce qui accentue la saturation.

En plus de ça, elle n'a pas assez de matériel pour déplacer les charges /conteneurs : grues, camions, engins de parc. Cela ralentit l'ensemble des flux et cela limite le nombre de mouvements qu'elle peut faire par heure.

1.3 Genèse et évolution numérique du terminal

Passage CTMS → iPROS

L'évolution de Béjaïa Mediterranean Terminal (BMT) représente une mutation stratégique majeure pour le secteur portuaire algérien, marquant le passage d'une gestion conventionnelle à une exploitation industrialisée et numérique. Avant 2005, bien que le port de Béjaïa bénéficiât d'une situation géographique privilégiée et d'une protection naturelle exceptionnelle, il se heurtait à des contraintes structurelles lourdes, notamment une gestion manuelle sur support papier et une absence d'espaces dédiés aux conteneurs qui engendraient une saturation chronique des aires de stockage. En mai 2004, le Conseil des Participations de l'État a décidé de créer la BMT. Il s'agissait d'une nouvelle collaboration entre l'Entreprise Portuaire de Béjaïa (EPB) et une entreprise de Singapour appelée PORTEK Systems & Equipment. PORTEK a apporté son savoir-faire technique pour obtenir des grues de quai très performantes. Dès son ouverture en juillet 2005, le terminal s'est démarqué en étant le premier en Algérie à pouvoir accueillir de grands navires appelés Post-Panamax. Entre 2006 et 2008, il a aussi développé d'autres types de terminaux pour le papier et les véhicules. Cette transformation physique a été soutenue par une révolution technologique profonde : le passage du système initial CTMS (Container Terminal Management System), limité par des procédures manuelles et une absence de suivi en temps réel, vers le système intégré iPROS (Integrated Port Resource Optimization System).

Ce nouveau Terminal Operating System a instauré une traçabilité numérique intégrale, optimisant ainsi la coordination des ressources et la sécurité des flux. La BMT est devenue un point central pour la logistique, grâce à l'ajout d'un guichet unique pour la douane et à son efficacité opérationnelle. Cela a considérablement réduit le temps que les marchandises passent au port, rendant le port de Béjaïa plus compétitif dans le bassin méditerranéen.

Figure 2 : Structure de la capitale de la joint-venture BMT



Source : Données internes de l'entreprise

Logique de digitalisation et enjeux de modernisation

La Béjaïa Mediterranean Terminal (BMT) fonctionne grâce à un système d'information centralisé, l'iPROS (Integrated Port Resource Optimization System). C'est en quelque sorte la plateforme numérique centrale du terminal, qui gère « toutes les opérations liées aux conteneurs de manière automatisée et en temps réel ». En théorie, l'iPROS est un outil clé dans la logistique maritime, conçu pour optimiser et harmoniser tous les aspects du transport. Ce système fait le lien entre ce qui se passe physiquement avec les conteneurs, les navires et le matériel, et toutes les infos numériques. On peut citer les échanges de données électroniques, aux positions et aux plannings, sans oublier la documentation administrative qu'il faut pour suivre tout ça et pour faire les factures. L'ensemble de ces fonctionnalités contribue directement à ce que le terminal gagne en efficacité en général.

1.4 Architecture du système iPROS

Présentation générale du système iPROS

La Béjaïa Mediterranean Terminal (BMT) fonctionne grâce à un système d'information centralisé, l'iPROS (Integrated Port Resource Optimization System). C'est en quelque sorte le cerveau numérique du terminal, qui gère toutes les opérations liées aux conteneurs de manière automatisée et en temps réel. En théorie, « l'iPROS est un outil clé dans la logistique maritime, conçu pour optimiser et harmoniser tous les aspects du transport. Ce système fait le lien entre ce qui se passe physiquement avec les conteneurs, les navires et le matériel, et toutes les infos numériques. On peut citer les échanges de données électroniques, aux positions et aux plannings, sans oublier la documentation administrative qu'il faut pour suivre tout ça et pour faire les factures ».

Figure 3 : Processus opérationnel du système iPROS



Source : Elaboré à partir des données internes de l'entreprise

Le but principal de l'iPROS, c'est de faire que les conteneurs circulent le plus facilement possible. Pour ça, on coordonne mieux tout ce qui concerne les opérations avec les navires. Plus concrètement, on veut que les navires passent moins de temps à quai, que les engins de manutention soient utilisés au mieux, qu'on sache exactement où est chaque conteneur à chaque instant, et qu'on réduise au maximum les erreurs qui arrivent quand on fait tout à la main. C'est pour ça que l'iPROS est essentiel pour que le terminal reste dans la course sur un marché maritime qui change tout le temps.

Le système iPROS est organisé en plusieurs parties qui gèrent des fonctions spécifiques. Il y a iBERTH pour quand les bateaux arrivent et repartent, iCONTROL WHARF pour ce qui se passe au quai, et iSTACK pour gérer où sont rangés les conteneurs. Tout ça est connecté, donc on a toujours les infos à jour sur toutes les étapes de la logistique, depuis le moment où on planifie l'arrivée des bateaux jusqu'à ce que les conteneurs quittent le port.

Le système fonctionne aussi grâce à la collaboration de plusieurs personnes sur le terrain. *« Les planificateurs, par exemple, s'occupent de décider quand les navires accostent et de répartir le matériel. Ensuite, les superviseurs, qu'ils soient chefs de bord ou chefs d'exploitation, gèrent le déroulement des opérations sur le quai. Les opérateurs, munis de tablettes, sont essentiels pour enregistrer en direct tous les déplacements de conteneurs. Enfin, les équipes administratives et commerciales se servent des informations fournies par le système pour suivre les services rendus et établir les factures ».*

Malgré ses performances, *« le système iPROS a certaines limites. D'un côté, ce système ne s'occupe pas de la zone de mouillage ni des manœuvres d'arrivée et de départ des navires »*, car c'est le rôle de la capitainerie du port de Béjaïa. De l'autre, il fonctionne un peu comme un système à part, qui n'est pas très connecté avec les intervenants extérieurs comme les douanes ou les entreprises de transport. En plus, certaines tâches demandent encore une intervention humaine, ce qui peut causer des erreurs, surtout quand il s'agit de rentrer des informations. Pour finir, le système n'a pas encore de fonctions sophistiquées basées sur l'intelligence artificielle pour anticiper ou améliorer automatiquement les mouvements.

En ce qui concerne les résultats, iPROS aide à suivre plusieurs points importants pour l'efficacité du terminal. On y trouve le temps passé par les bateaux au quai, le rendement des grues (qui est en moyenne de 15 mouvements par heure), le taux d'utilisation de la zone de stockage des conteneurs (un niveau critique se situe autour de 70 %), et la quantité de conteneurs traités chaque mois. Ces informations sont particulièrement importantes pour voir comment le système aide à rendre les flux logistiques plus efficaces. En résumé, iPROS est une plateforme numérique clé qui garantit que les opérations maritimes au sein de BMT se déroulent de manière fluide, que l'on peut suivre chaque étape, et que tout fonctionne au mieux.

Après avoir présenté le terrain d'étude ainsi que le fonctionnement du système numérique utilisé au sein de BMT, il convient désormais d'examiner les perceptions et les retours des acteurs concernés concernant ses effets sur les opérations portuaires. Cette première analyse qualitative

permet d'identifier les principaux apports du système ainsi que les difficultés rencontrées dans son utilisation quotidienne.

Section 2 : Analyse qualitative des effets des systèmes numériques

2.1 Apports perçus des systèmes numériques

Le module i STACK permet une meilleure visibilité des flux, car il permet de suivre les conteneurs en temps réel. Ça aide beaucoup pour la visibilité et pour que tout le monde soit coordonné.

2.2 Analyse qualitative par module

iBERTH → optimisation temporelle partielle

Béjaïa Mediterranean Terminal (BMT). C'est le début de toutes les activités portuaires et cela affecte directement la performance du terminal en termes de fluidité, de coordination et de diminution des durées d'escale.

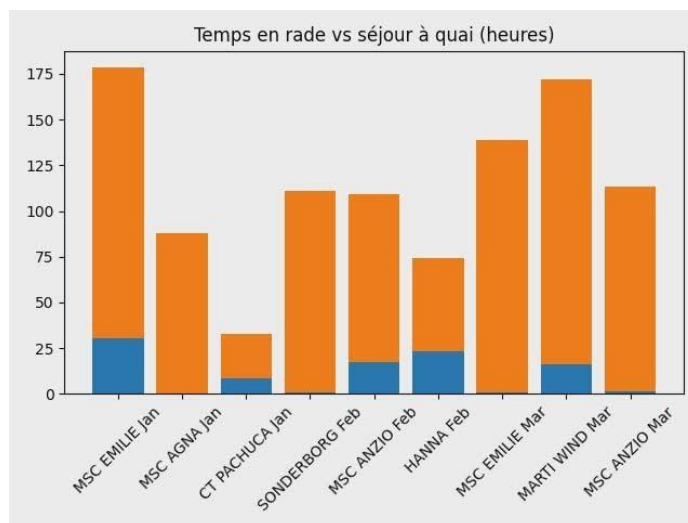
Dès qu'un navire est en approche, « *le terminal reçoit toutes les infos importantes par EDI* ». ce système facilite considérablement pour que les compagnies maritimes et le terminal se parlent en numérique. On y trouve le nom du navire, son numéro de voyage, combien il y a de conteneurs, quand il est censé arriver et repartir, et même des détails techniques comme le code ISO, le poids, le code de chargement et où sont placés les conteneurs sur le navire.

« *Ces informations sont ensuite intégrées dans le module iBERTH par les planificateurs des opérations, qui créent la fiche du navire dans la zone de rade (RAD)* ». Ce module centralise toutes les données des escales et donne une vue en temps réel des navires en attente ou en cours de traitement au port. Il est essentiel pour planifier les postes à quai (P.22 et P.24) et organiser les fenêtres d'accostage, en tenant compte des contraintes et des infrastructures disponibles.

Cependant, la BMT ne gère pas directement la rade ni les opérations d'accostage, qui sont du ressort de la capitainerie du port de Béjaïa (EPB). Le module iBERTH est donc un système d'information qui reflète la situation réelle des navires, sans fonctions de prévision ou d'anticipation de la congestion.

Malgré cela, iBERTH aide à optimiser les durées d'escale. La disponibilité des informations en temps réel permet une meilleure coordination entre les différents services, ce qui réduit les délais et améliore la réactivité du terminal. Cette numérisation est une grande avancée par rapport à l'ancien système CTMS, qui utilisait des documents papier et ne permettait pas une mise à jour instantanée des données.

Figure 4 : Graphique à barres – Temps d’attente moyen en rade vs Temps de séjour à quai



Source : Données internes de l’entreprise

Le graphique montre que le temps d’attente en rade est généralement faible (moins d’un jour), ce qui reflète une bonne réactivité du module iBERTH dans la planification des créneaux d’accostage. En revanche, les séjours à quai restent élevés (4 à 6 jours pour certains navires), indiquant que les marges d’optimisation résident davantage dans les opérations terre mer que dans la phase d’attente.

Tableau 8 : corrélation entre navire traités par mois et temps moyen de traitement

Mois	Navires traités	Temps moyen de traitement à quai (jours)
Janvier 2026	3	$(6,04 + 3,65 + 1,01)/3 \approx 3,57$ j
Février 2026	3	$(4,58 + 3,83 + 2,12)/3 \approx 3,51$ j
Mars 2026	3	$(5,74 + 6,50 + 4,66)/3 \approx 5,63$ j

Source : Données internes de l’entreprise

Quand on analyse le module iBERTH, on voit qu’il aide surtout à gagner du temps sur les flux. Il améliore la façon dont on planifie les arrivées des bateaux et ça réduit pas mal le temps qu’ils passent à attendre au large. En gros, on voit que ces attentes sont souvent moins d’une journée, ce qui est relativement satisfaisant.

Par contre, Le système présente néanmoins certaines limites. Ce qui manque, c'est la capacité d'anticiper les moments où tout va être bloqué, parce qu'il n'y a pas de fonctions prédictives. Et puis, le temps que les navires passent vraiment à quai, ça reste assez long, parfois plus de 5 jours.

Du coup, on peut dire que iBERTH optimise les flux, mais seulement en partie. Il s'occupe surtout du début de la chaîne, mais il n'améliore pas énormément tout le reste du parcours logistique.

iCONTROL WHARF → coordination mais limites techniques

Dès que le navire accoste aux quais du terminal, les activités de manutention démarrent et sont gérées via le module iCONTROL WHARF, un élément essentiel du système iPROS. *« Ce module numérise totalement les opérations de débarquement et d'embarquement des conteneurs, permettant une planification efficace des ressources et une coordination en temps réel des actions opérationnelles ».*

Le module iCONTROL WHARF intervient surtout dans l'organisation des activités de quai, comme la planification des grues de quai (QC), la définition des séquences de débarquement selon le plan de chargement du navire, et la gestion des flux de transport interne assurés par les camions du terminal. Cette planification, souvent nommée « Schedule QC », aide à optimiser l'utilisation des équipements et à diminuer les temps d'attente, ce qui augmente la productivité globale.

Le processus opérationnel de manutention repose sur une coordination étroite entre plusieurs personnes. Les planificateurs organisent les opérations et attribuent les ressources, tandis que le chef de bord (superviseur du navire) et le chef des opérations (superviseur du terminal) s'assurent que les tâches sont bien exécutées sur le terrain. Cette organisation permet de synchroniser efficacement les activités maritimes et terrestres.

De plus, *« le suivi des mouvements des conteneurs est assuré en temps réel grâce aux pointeurs, qui utilisent des tablettes numériques connectées au système iPROS ».* Ces agents enregistrent chaque mouvement de conteneur (débarquement, transfert, positionnement), mettant ainsi à jour instantanément les données dans le système. Cette numérisation améliore la traçabilité des opérations et réduit les erreurs humaines, même si celles-ci peuvent persister en cas de mauvaise saisie ou de problème technique.

Sur le plan opérationnel, « *le terminal affiche une productivité moyenne d'environ 15 mouvements par heure et par grue, avec en moyenne deux grues par bateau. Les opérations de transfert sont assurées par une flotte d'environ 34 camions internes* », qui transportent les conteneurs du quai vers le parc de stockage. « *Le temps moyen de traitement d'un navire, incluant les opérations d'embarquement et de débarquement, est estimé à environ trois jours* », ce qui montre un niveau de performance opérationnelle relativement élevé.

Cependant, malgré les avantages du module iCONTROL WHARF, certaines limites peuvent être observées. En effet, une partie des opérations dépend encore de l'intervention humaine, notamment pour la saisie des données par les pointeurs, ce qui peut entraîner des erreurs. De plus, en cas de panne du système, les opérations peuvent passer temporairement en mode manuel avant la reprise du système numérique. Enfin, l'absence d'outils d'intelligence artificielle limite la capacité du système à anticiper automatiquement les embouteillages ou à optimiser de manière prédictive l'allocation des ressources.

Tableau 9 : indicateurs de performance des opérations de quai

Indicateur	Valeur
Productivité QC	15 mouvements/heure
Nombre de QC	2 par navire
Camions internes	34
Durée moyenne navire	3 jours

Source : Données internes de l'entreprise

« *La productivité des QC (portiques) varie entre 7 et 15 moves/h, celle des grues mobiles (MHC/LHM) entre 7 et 13 moves/h* ». Le module iCONTROL WHARF permet une répartition dynamique des engins, mais les performances restent inférieures aux standards internationaux (25 30 moves/h), en raison d'arrêts fréquents (pannes, translation, problèmes de spreader).

Le module iCONTROL WHARF est vraiment là pour que les opérations de manutention se passent mieux. Il aide à mieux organiser tout ce qui est ressources et à planifier ce qui doit se faire au quai.

« *Mais quand on regarde les chiffres, on voit que ça coince un peu. La productivité des grues, qui tourne entre 10 et 15 mouvements par heure, demeure insuffisant par rapport aux standards internationaux qui sont plutôt entre 25 et 30. Il y a un écart significatif* ».

« Si on cherche pourquoi, ça vient surtout du fait que le matériel est vieux, qu'il y a des pannes tout le temps et qu'il manque des technologies modernes pour aider à la manutention. Donc, même si le système aide à mieux s'organiser, il n'améliore pas non plus énormément tout ce qui est flux global ».

iSTACK → visibilité mais congestion persistante

La gestion du lieu de stockage des conteneurs au sein du terminal est prise en charge par le module iSTACK, un élément essentiel du Terminal Operating System iPROS. « Ce module assure une organisation optimale de l'espace de stockage, tout en suivant précisément et en temps réel la position de chaque conteneur ».

« Le lieu de stockage est organisé en cinq sections principales, désignées par les lettres A, B, C, D et E. Chaque section comprend 57 emplacements (slots), et chaque emplacement peut contenir jusqu'à six conteneurs empilés. Cette configuration donne au terminal une capacité totale de stockage estimée à 9720 EVP », permettant de gérer d'importants volumes de conteneurs dans un espace optimisé.

« Le bloc E se distingue car une partie est réservée aux conteneurs frigorifiques (Reefer) ». Ces conteneurs nécessitent une alimentation électrique continue pour préserver les marchandises sensibles, justifiant leur emplacement dans une zone équipée d'infrastructures adaptées.

Tableau 10 : capacité de parc de stockage de BMT

Élément	Valeur
Nombre	5
Emplacement par bloc	57
Capacité par emplacement	6 conteneurs
Capacité totale	9720 EVP

Source : Données internes de l'entreprise

« Le module iSTACK permet de suivre les conteneurs grâce à un système de localisation précis basé sur un code (section, emplacement, niveau) ». Cependant, le choix de l'emplacement exact d'un conteneur ne repose pas sur une automatisation complète, mais sur l'intervention des pointeurs. Ces derniers, avec des tablettes numériques connectées à iPROS, enregistrent et mettent à jour en temps réel la position des conteneurs lors de leur stockage ou de leur

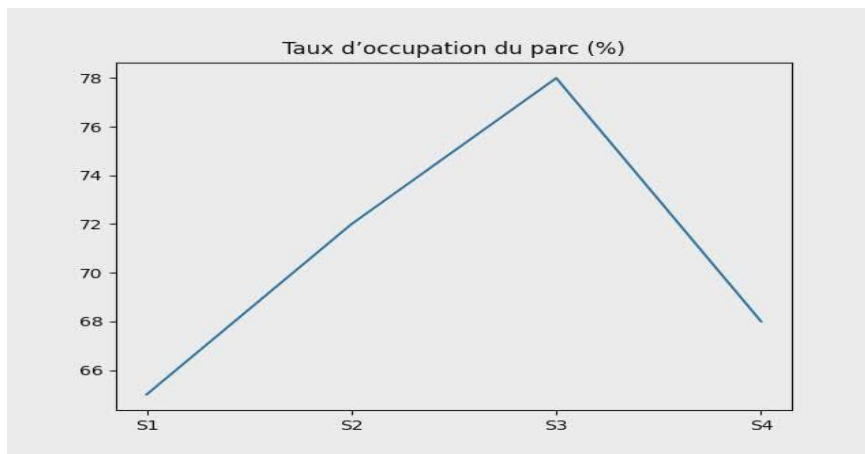
déplacement. Cela assure une visibilité immédiate des opérations, mais dépend aussi de l'intervention humaine.

En termes d'opérations, la durée moyenne de séjour d'un conteneur est d'environ 30 jours. « Le système surveille aussi le taux d'occupation, un indicateur clé. Quand ce taux atteint environ 70 %, des mesures sont prises pour éviter la congestion », comme accélérer les sorties ou réorganiser l'espace de stockage. De plus, « iSTACK gère différemment les conteneurs selon leur nature et leurs contraintes ». Les conteneurs frigorifiques sont stockés dans le bloc E, avec des prises électriques. Les conteneurs Tank, avec des citernes, sont placés près du quai pour faciliter leur manipulation. Les conteneurs Open Top et Flat Rack, de grandes dimensions, sont stockés au niveau du quai pour simplifier la manutention. Enfin, les conteneurs contenant des matières dangereuses sont dirigés vers une zone spécifique, le « parc à feu », gérée selon les normes de sécurité.

Malgré les avantages d'iSTACK en termes d'organisation et de suivi, certaines limites existent. L'absence d'un système automatisé pour choisir les emplacements limite l'optimisation du stockage. De plus, la dépendance à la saisie humaine peut causer des erreurs de positionnement. Enfin, le système ne prévoit pas les situations de congestion, faute d'outils d'intelligence artificielle.

Le module iSTACK est essentiel pour la gestion des flux internes du terminal, en assurant une organisation structurée et une visibilité en temps réel des conteneurs. Il améliore la fluidité des opérations logistiques, tout en soulignant la nécessité de solutions plus automatisées et intelligentes.

Figure 5 : Graphique de l'évolution du taux d'occupation du parc



Source : Données internes de l'entreprise

Le système iSTACK permet un suivi en temps réel, mais l'absence d'automatisation de l'affectation des emplacements conduit à des pics d'occupation dépassant le seuil des 70 %, générant des risques de congestion.

Tableaux 11 : synthèse montrent la capacité théorique vs le volume réel

Indicateur	Valeur
Capacité de stockage (EVP)	9 720
Volume mensuel traité (EVP)	25 000
Durée de séjour moyenne (jours)	30
Rotation théorique du stock (EVP/mois)	9 720
Rotation réelle nécessaire	$25\,000 / 9\,720 \approx 2,57$ rotations complètes par mois en incluant les vides

Source : Données internes de l'entreprise

Le tableau montre que le terminal utilise une rotation rapide du stock (chaque emplacement est libéré environ 2,5 fois par mois en incluant les vides), ce qui compense la capacité limitée. Le module iSTACK joue un rôle clé dans cette fluidité en garantissant la traçabilité.

Le module iSTACK contribue à améliorer la visibilité des flux logistique, car il permet de suivre les conteneurs en temps réel. Cela facilite pour la visibilité et pour que tout le monde soit coordonné.

Par contre, quand on regarde les chiffres, on voit que l'optimisation des flux de stockage n'est pas top. Les conteneurs restent en moyenne 30 jours et le parc est souvent plein à plus de 70 %, ce qui montre qu'il y a toujours de la congestion.

Ça arrive surtout parce qu'il n'y a pas d'automatisation pour dire où mettre les conteneurs, et on dépend beaucoup des gens pour ça.

Du coup, même si le module iSTACK aide pour l'information, il n'arrive pas à optimiser les flux de manière proactive, ce qui limite vraiment son efficacité globale.

Figure 6 : Exemple de fiche EDI utilisée au BMT

File Options Reports Statistics Utility Help Sender : MAEU Recipient : SEUOPVGM Time of preparation : samedi 11 avril 2026 06:01 Control reference : 29450 Message reference number : 2945000001														
Lines : 2588 Decoding time : 0,139 sec Containers : 322 Error lines : 0 1 lines unrecognized, see 'Error.txt' file for line list														
Port	Units	TEU	Total Weight	RF	DRY	Class	Full	Mt	40'	40' - Weight	20'	20' - Weight	BB - Units	BB - Weight
Algeciras [ESAL	33	62	596,7	0	33	0	29	4	29	588,0	4	8,7	0	0,0
Bejaia (Ex Boug	288	544	4909,7	0	288	1	288	0	256	4227,3	32	682,4	0	0,0
ESALG [ESALG]	1	2	8,6	0	1	0	1	0	1	8,6	0	0,0	0	0,0
Totals o/b	322	608	5514,9	0	322	1	318	4	286	4823,8	36	691,1	0	0,0

Disch Port	Bay	Slot	Container Id	Size	Weight	Type	Class	Setting	Height	Full	Load Port	Optional F	Carrier	Del Port
(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)
DZBJA	022	0220504	MRKU6000850	40	32069	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	001	0010204	MSKU3148430	20	17660	GP			8'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	026	0260108	BEAU5750725	40	20520	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	018	0180208	SELU4001238	40	28096	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	026	0260306	MRSU4653972	40	21720	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	022	0220202	MRSU3708392	40	27965	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	005	0050082	TLLU2389270	20	16441	GP			8'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	022	0220208	SUDU6522830	40	25010	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	003	0030204	HASU1455660	20	19501	GP			8'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	002	0020086	MSKU4745810	45	21350	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	026	0260204	CAAU4755426	40	28318	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	010	0100808	MRSU8827291	40	13170	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	002	0020586	MSKU4794985	45	16360	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	026	0260706	MRSU8869189	40	22430	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	006	0060308	MRSU5634051	40	25720	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	026	0260806	FFAU5581512	40	20940	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	010	0100382	TRHU4122460	40	12540	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA
DZBJA	026	0260302	FFAU7438012	40	29591	GP			9'6	Full	ESALG		MSK	DZBJA

Source: Capture d'écran d'une fiche EDI données interne de l'entreprise

La figure ci-dessus illustre concrètement une fiche EDI utilisée au Béjaïa Mediterranean Terminal pour la planification des escales maritimes. Ce document numérique, envoyé par la compagnie maritime (MAEU) au terminal, compile des informations cruciales sur le navire et sa cargaison. On y trouve le nombre total de conteneurs (322), leur équivalent vingt pieds (608 EVP), leur poids total (5514,9 tonnes), les ports de départ et d'arrivée (par exemple, Algeciras vers Béjaïa), ainsi que des détails spécifiques pour chaque conteneur comme son type, sa taille, son poids et sa position sur le navire.

Grâce à ces informations, le module iBERTH et les planificateurs du terminal peuvent anticiper les opérations d'accostage, allouer les ressources requises et élaborer le plan de manutention. L'EDI améliore ainsi l'optimisation informationnelle des flux en rendant les échanges de données entre les acteurs portuaires plus fiables, rapides et coordonnés.

Cependant, cette optimisation atteint ses limites car les données ne sont pas utilisées dans une approche prédictive avancée. De ce fait, la capacité du système à anticiper les éventuelles situations de congestion est réduite.

Contrairement à l'ancien système CTMS basé sur des documents papier, l'EDI permet une transmission instantanée et structurée des données.

2.3 Limites structurelles identifiées

Selon le chargé d'études de la BMT : « Même si on arrive à faire 15 mouvements par heure, ce qui n'est pas satisfaisant, certains chiffres nous montrent que le terminal présente encore une grosse marge de progression pour que tout circule mieux. Par exemple : les conteneurs restent chez nous en moyenne 30 jours, alors que partout ailleurs, c'est plutôt 2 à 5 jours. Ça veut dire que notre espace de stockage est saturé et que la circulation n'est pas assez fluide ».

« Tout ça s'explique par quelques problèmes de fond propres à notre terminal. D'abord, on a seulement deux postes à quai pour les navires, ce qui limite le nombre de navires qu'on peut gérer en même temps et crée des retards. Ensuite, notre zone de stockage, divisée en seulement cinq sections, n'est pas assez grande par rapport à tout ce qu'on traite, ce qui accentue la saturation ».

« En plus de ça, on n'a pas assez de matériel pour déplacer les charge /conteneurs : grues, camions, engins de parc. Cela ralentit l'ensemble des flux et ça limite le nombre de mouvements qu'on peut faire par heure ».

Ce que fait la BMT montre qu'elle a optimisé les flux, mais seulement en partie. Les outils numériques aident à mieux organiser et coordonner les choses, mais ils ne peuvent pas, à eux seuls, régler tous les problèmes liés à l'espace et à la structure du terminal.

2.4 Indicateurs de performance de base

Tableau 12 : Résultats des TAT observés au BMT (Janvier - Mars 2026)

Navire	Mois	Mouillage	Appareillage	TAT (jours)	TAT (heures)
MSC EMILIE	Janvier	26/12/25	02/01/26	7,2 j	173 h
MSC AGNA	Janvier	02/01/26	06/01/26	3,6 j	86 h
CT PACHUCA	Janvier	08/01/26	09/01/26	1,1 j	27 h
SONDERBORG	Février	01/02/26	06/02/26	4,6 j	110 h
MSC ANZIO	Février	03/02/26	08/02/26	3,8 j	91 h

HANNA	Février	05/02/26	08/02/26	2,1 j	50 h
MSC EMILIE	Mars	28/02/26	06/03/26	5,7 j	137 h
MARTI WIND	Mars	28/02/26	06/03/26	5,7 j	137 h
MSC ANZIO	Mars	06/03/26	10/03/26	4,7 j	113 h
MOYENNE				4,4 j	105 h

Source : Données internes de l'entreprise

Les données révèlent que les navires restent en moyenne 4,4 jours au BMT, ce qui est considérablement plus long que les normes internationales qui se situent généralement sous les 24 heures. Cela indique clairement un problème dans la rapidité avec laquelle les navires sont traités. En creusant un peu, on constate que ce n'est pas tant le temps passé en attente en rade qui pose problème, mais plutôt la durée excessive des opérations une fois que le navire est à quai.

Tableau 13 : Productivité par navire et engin par rapport à l'écart standard

Navire	Engin principal	Productivité (moves/h)	Ecart /Standard (25)
MSC EMILIE	LHM	11,04	-13,96
MSC AGNA	LHM + QC2	14,66	-10,34
CT PACHUCA	MHC + QC2	8,17	-16,83
SONDERBORG	MHC + QC2	7,62	-17,38
MSC ANZIO	MHC3 + QC2	13,29	-11,71
HANNA	MHC	9,52	-15,48
MSC EMILIE	MHC3+ QC2	8,89	-16,11
MARTI WIND	MHC + QC2	9,18	-16,09
MSC ANZIO	MHC3 + QC2	10,2	-15,82
MOYENNE		10,2	-14,8

Source : Données internes de l'entreprise

La productivité moyenne constatée au BMT s'établit à 10,2 mouvements par heure, ce qui est bien en deçà des standards internationaux, généralement situés entre 25 et 30 mouvements par heure. Cet écart d'environ 60% met en évidence une performance opérationnelle qui pourrait être améliorée. Plusieurs facteurs expliquent cette situation :

Les équipements de manutention sont vieillissants.

- Les pannes techniques des composants sont fréquentes.
- Il manque des technologies modernes pour aider à la conduite des équipements.
- La vitesse de cycle est ralentie à cause de l'usure mécanique.

Tableau 14 : impact de Dwell Time sur la capacité réelle du terminal

Indicateur	Valeur	Explication
Capacité nominale	9 720 EVP	Stockage maximum simultané
Volume mensuel traité	9 720 EVP (plein)	Volume moyen traité mensuellement
Dwell Time réel	30 jours	Temps moyen d'occupation
Standard international	2-5 jours	Reference des ports performants
Rotation mensuelle	1	Renouvellement insuffisant du stock

Source : Elaboration personnelle partir des données de l'entreprise

Le terminal traite un volume mensuel équivalent à sa capacité de stockage totale (9 720 EVP), ce qui implique une rotation unique du stock par mois. Cependant, la durée de séjour des conteneurs, fixée à 30 jours, entrave sérieusement la fluidité des flux. Chaque emplacement étant occupé sur une longue période, la capacité du terminal à absorber des flux additionnels ou à gérer des pics d'activité s'en trouve réduite. Le taux d'utilisation des équipements offre une mesure de l'intensité avec laquelle les ressources disponibles sont exploitées.

Tableau 15: Taux d'utilisation des équipements par navire

Navire	Heures nettes	Heures brutes	Taux d'utilisation
MSC ANZIO	63,66h	78 ,50h	81,1 %
MARTI	85,35h	105,25h	85,2 %
WIND			
MOYENNE			82,5 %
Standard international			70-80 %

Source : Données internes de l'entreprise

Le taux d'utilisation de ses équipements de 82,5 %, ce qui semble supérieur aux standards internationaux. Toutefois, cette performance, à première vue positive, dissimule une inefficacité structurelle.

En réalité, malgré une sollicitation intense des équipements, la productivité demeure faible, s'établissant à 10,2 mouvements par heure. Ce paradoxe révèle que les équipements sont sollicités de manière intensive malgré un rendement limité. Cette situation découle principalement de la dégradation de l'état mécanique du parc, ce qui révèle des goulets d'étranglement opérationnels entravant la fluidité des flux.

Les résultats qualitatifs ont mis en évidence plusieurs dimensions liées à l'utilisation des systèmes numériques, notamment en matière de coordination, de traçabilité et de gestion des opérations. Afin d'approfondir ces observations et de mesurer le niveau de perception des employés, une analyse quantitative est réalisée à partir des données collectées par questionnaire.

Section 3 : Analyse quantitative de la contribution perçue des systèmes numériques au BMT

1. Impact perçu des systèmes numériques au sein de BMT

L'analyse descriptive met en évidence une perception globalement favorable des systèmes numériques utilisés au sein du terminal BMT. Les moyennes observées pour l'ensemble des variables dépassent le seuil de 4 sur 5, ce qui traduit un niveau élevé d'adhésion des répondants quant à l'utilité des outils numériques dans la gestion des opérations portuaires.

Tableau 16 : Statistiques descriptives des variables étudiées

Variables	Moyenne (M)	Écart-type (ET)	Niveau d'appréciation
Les systèmes numériques facilitent les opérations portuaires	4,68	0,52	Très élevé
Les informations sont accessibles rapidement	4,42	0,66	Élevé
Les systèmes améliorent la coordination entre services	4,37	0,71	Élevé
Les systèmes réduisent les erreurs opérationnelles	4,58	0,59	Très élevé
Les systèmes réduisent le temps d'escale	4,26	0,74	Élevé
Les systèmes améliorent la productivité des grues	4,21	0,77	Élevé
Les systèmes facilitent la planification des opérations	4,58	0,63	Très élevé
Les systèmes améliorent la gestion des conteneurs	4,58	0,61	Très élevé
Les systèmes améliorent les flux de camions	4,16	0,83	Élevé
Les systèmes améliorent la fluidité des flux	4,32	0,72	Élevé
Les systèmes améliorent la traçabilité des conteneurs	4,68	0,55	Très élevé
Les systèmes réduisent les congestions	4,16	0,88	Élevé
Les systèmes améliorent la coordination entre acteurs	4,37	0,69	Élevé

Les systèmes améliorent la performance globale du terminal	4,47	0,67	Élevé
--	------	------	-------

Source : Etablit a partir des résultats du questionnaire

Les résultats montrent notamment que les systèmes numériques sont fortement associés à la facilitation des opérations portuaires ($M = 4,68$; $ET = 0,52$) ainsi qu'à une meilleure traçabilité des conteneurs ($M = 4,68$; $ET = 0,55$). Les faibles écarts-types observés pour ces variables traduisent une relative homogénéité des perceptions des répondants, ce qui renforce la stabilité des résultats obtenus.

Par ailleurs, les répondants considèrent que les systèmes numériques améliorent significativement la réduction des erreurs opérationnelles ($M = 4,58$; $ET = 0,59$), la planification des opérations ($M = 4,58$; $ET = 0,63$) ainsi que la gestion des conteneurs dans le parc ($M = 4,58$; $ET = 0,61$). Ces résultats suggèrent que les outils numériques contribuent à renforcer la fluidité des activités logistiques et la circulation de l'information entre les différents services du terminal.

De même, l'accessibilité rapide aux informations ($M = 4,42$; $ET = 0,66$) et l'amélioration de la coordination entre services ($M = 4,37$; $ET = 0,71$) confirment l'existence d'un impact perçu positif des systèmes numériques sur la coordination opérationnelle interne de BMT.

Les résultats montrent également des perceptions positives concernant l'amélioration des performances opérationnelles, notamment à travers la réduction du temps d'escale des navires ($M = 4,26$; $ET = 0,74$), l'amélioration de la productivité des grues ($M = 4,21$; $ET = 0,77$) ainsi que la fluidité des flux de conteneurs ($M = 4,32$; $ET = 0,72$). Ces éléments suggèrent implicitement que les systèmes numériques contribuent à améliorer l'efficacité des opérations portuaires et la gestion des flux logistiques au sein du terminal.

Cependant, certains indicateurs présentent des scores relativement moins élevés, notamment la gestion des flux de camions ($M = 4,16$; $ET = 0,83$) et la réduction des congestions ($M = 4,16$; $ET = 0,88$). Les écarts-types plus importants pour ces variables traduisent des perceptions plus dispersées entre les répondants, ce qui laisse supposer l'existence de contraintes opérationnelles persistantes malgré la digitalisation des activités portuaires.

En somme, ces résultats montrent que les systèmes numériques sont perçus comme des outils stratégiques participant à l'amélioration des opérations portuaires, particulièrement en matière de traçabilité, de coordination et de gestion des activités logistiques.

2. Amélioration perçue des performances opérationnelles

Afin d'évaluer l'amélioration perçue des performances opérationnelles liée à l'utilisation des systèmes numériques, une analyse de corrélation de Pearson ainsi qu'une régression linéaire simple ont été réalisées.

Tableau 17 : Matrice des corrélations de Pearson

Variables	Efficacité des systèmes numériques	Performance opérationnelle	Optimisation des flux
Efficacité des systèmes numériques	1		
Performance opérationnelle	0,767**	1	
Optimisation des flux	0,914**	0,736**	1

** La corrélation est significative au seuil de 0,01 (bilatéral).

Source : Etablit a partir des résultats du questionnaire

Les résultats de la matrice de corrélation révèlent l'existence d'une relation positive et statistiquement significative entre l'efficacité perçue des systèmes numériques et la performance opérationnelle ($r = 0,767$; $p < 0,01$). Cette relation indique que plus les employés considèrent les systèmes numériques comme efficaces, plus ils estiment que les performances opérationnelles du terminal s'améliorent.

Cette amélioration perçue se manifeste notamment à travers plusieurs dimensions opérationnelles importantes, telles que la réduction du temps d'escale des navires ($M = 4,26$; $ET = 0,74$), l'amélioration de la productivité des grues ($M = 4,21$; $ET = 0,77$) ainsi que la facilitation de la planification des opérations portuaires ($M = 4,58$; $ET = 0,63$).

Afin de mesurer l'effet explicatif des systèmes numériques sur la performance opérationnelle, une régression linéaire simple a été réalisée.

Tableau 18 : Résumé du modèle de régression linéaire

a) Résumé du modèle

Modèle	R	R ²	R ² ajusté	Erreur standard
1	0,767	0,588	0,574	0,412

Source : Etablit a partir des résultats du questionnaire

b) Coefficients du modèle

Variables	Beta standardisé	T	Sig.
Efficacité des systèmes numériques	1,225	8,417	< 0,001

Source : Etablit a partir des résultats du questionnaire

Les résultats de la régression montrent que le modèle explique environ 58,8 % de la variation de la performance opérationnelle perçue ($R^2 = 0,588$). La significativité statistique du modèle ($p < 0,001$) confirme l'existence d'un effet positif significatif de l'efficacité perçue des systèmes numériques sur les performances opérationnelles du terminal.

Ces résultats indiquent que les systèmes numériques ne sont pas uniquement perçus comme des outils administratifs, mais également comme des leviers d'amélioration opérationnelle permettant de soutenir la productivité, la coordination des opérations et la gestion des activités portuaires.

Néanmoins, la part de variance non expliquée suggère que d'autres facteurs continuent d'influencer les performances du terminal, notamment les contraintes organisationnelles, les infrastructures disponibles, les équipements techniques et les compétences humaines mobilisées dans les opérations portuaires.

3. Contribution perçue des systèmes numériques à l'optimisation des flux de conteneurs

L'analyse des corrélations met en évidence une relation très forte entre l'efficacité perçue des systèmes numériques et l'optimisation des flux de conteneurs ($r = 0,914$; $p < 0,01$). Ce résultat souligne l'importance stratégique des outils numériques dans la fluidification des flux logistiques et dans l'amélioration de la coordination opérationnelle au sein du terminal.

Les répondants estiment en particulier que les systèmes numériques contribuent à améliorer la fluidité des flux de conteneurs ($M = 4,32$; $ET = 0,72$), la coordination entre les

différents acteurs portuaires ($M = 4,37$; $ET = 0,69$) ainsi que la performance globale du terminal ($M = 4,47$; $ET = 0,67$).

La forte moyenne observée concernant la traçabilité des conteneurs ($M = 4,68$; $ET = 0,55$) confirme également que les systèmes numériques facilitent le suivi des opérations et renforcent la visibilité des flux logistiques au sein de BMT.

Ces résultats montrent implicitement que les systèmes numériques contribuent à améliorer la gestion des conteneurs et la circulation de l'information entre les différents métiers du terminal, ce qui rejoint les objectifs associés au système iPROS dans l'optimisation des opérations portuaires.

Ces observations rejoignent les travaux portant sur la digitalisation portuaire, selon lesquels les systèmes numériques permettent de réduire les délais décisionnels, d'améliorer la circulation de l'information et de renforcer la coordination entre les différents métiers portuaires.

Toutefois, malgré cette contribution perçue positive, certains freins persistent encore. Les résultats relatifs à la congestion portuaire ($M = 4,16$; $ET = 0,88$) et aux flux de camions ($M = 4,16$; $ET = 0,83$) montrent que la digitalisation seule ne suffit pas à résoudre l'ensemble des contraintes opérationnelles du terminal. Les écarts-types relativement élevés pour ces variables traduisent des perceptions plus hétérogènes des répondants, ce qui peut révéler des difficultés variables selon les services ou les fonctions occupées.

Les réponses ouvertes mettent également en évidence plusieurs contraintes persistantes, notamment des problèmes techniques, des besoins de formation, certaines insuffisances organisationnelles ainsi que des contraintes liées aux équipements et aux infrastructures portuaires.

Ainsi, l'optimisation durable des flux de conteneurs apparaît non seulement dépendante des systèmes numériques, mais également des capacités organisationnelles et humaines accompagnant leur mise en œuvre.

Les résultats issus de l'analyse quantitative confirment globalement les tendances observées dans l'analyse qualitative, en mettant en évidence des relations significatives entre les systèmes numériques et la performance portuaire. Toutefois, ces résultats nécessitent une mise en perspective globale afin de dépasser une lecture descriptive et d'aboutir à une compréhension intégrée de l'apport réel des systèmes numériques au sein de BMT, en articulant les dimensions organisationnelles, humaines et technologiques.

Section 4 : Discussion des résultats : vers une compréhension intégrée de l'apport des systèmes numériques au BMT

L'analyse croisée des résultats quantitatifs et qualitatifs permet de répondre à la problématique centrale de cette recherche portant sur la contribution réelle des systèmes numériques portuaires à l'optimisation des flux de conteneurs au sein de Béjaïa Mediterranean Terminal (BMT). Globalement, les résultats convergent vers une conclusion nuancée : les systèmes numériques, notamment iPROS et ses modules (iBERTH, iCONTROL WHARF, iSTACK), jouent un rôle structurant dans l'amélioration de la gestion des flux, mais leur impact reste partiellement contraint par des facteurs techniques, organisationnels et infrastructurels.

1. Une perception fortement positive confirmée par les données quantitatives

Les résultats quantitatifs révèlent une perception globalement très favorable des systèmes numériques, avec des moyennes systématiquement supérieures à 4/5. Les dimensions les plus valorisées concernent la facilitation des opérations portuaires ($M = 4,68$), la traçabilité des conteneurs ($M = 4,68$), ainsi que la réduction des erreurs opérationnelles ($M = 4,58$).

Ces résultats sont renforcés par l'analyse qualitative, qui montre que le système iPROS permet une **centralisation de l'information en temps réel**, une **meilleure coordination entre les acteurs**, et une **digitalisation complète des processus portuaires**. Le passage du système manuel (CTMS) à iPROS est ainsi perçu comme une rupture organisationnelle majeure ayant amélioré la visibilité et la fluidité des opérations.

Cependant, cette perception positive doit être relativisée par les KPI opérationnels. En effet, malgré cette forte appréciation, les indicateurs de performance montrent des résultats encore éloignés des standards internationaux, notamment en matière de productivité (10,2 moves/h contre 25–30) et de temps de séjour des navires (4,4 jours en moyenne).

2. Une amélioration confirmée mais inégale des performances opérationnelles

L'analyse statistique confirme une relation significative entre l'efficacité perçue des systèmes numériques et la performance opérationnelle ($r = 0,767$; $R^2 = 0,588$). Cela signifie que les systèmes numériques expliquent près de 59 % de la variation de la performance perçue, ce qui constitue un impact substantiel.

Cette relation est cohérente avec les résultats qualitatifs, notamment au niveau du module iCONTROL WHARF, qui améliore la planification des grues, la coordination des équipes et la

traçabilité des mouvements. Toutefois, les données empiriques montrent que cette amélioration reste limitée par des contraintes matérielles, notamment :

- Amortissement des équipements de manutention,
- Pannes fréquentes des grues,
- Absence de technologies d'automatisation avancées,
- Dépendance à l'intervention humaine.

Ainsi, les systèmes numériques améliorent la **coordination logique des opérations**, mais pas nécessairement leur **efficacité mécanique réelle**, ce qui explique l'écart observé entre perception et performance réelle.

3. Une contribution très forte à l'optimisation des flux, mais surtout informationnelle

Les résultats montrent une corrélation très élevée entre les systèmes numériques et l'optimisation des flux de conteneurs ($r = 0,914$), ce qui confirme leur rôle stratégique dans la gestion logistique du terminal.

L'analyse qualitative permet de préciser cette contribution : les systèmes numériques améliorent principalement trois dimensions :

- **Optimisation informationnelle** : traçabilité en temps réel des conteneurs via iSTACK,
- **Optimisation temporelle** : réduction des temps d'attente en rade grâce à iBERTH,
- **Optimisation organisationnelle** : meilleure coordination entre services via iCONTROL WHARF.

Cependant, les données KPI montrent que cette optimisation reste incomplète. Le dwell time moyen de 30 jours et le taux d'occupation dépassant parfois 70 % révèlent une **saturation structurelle du terminal**, que les systèmes numériques ne parviennent pas à corriger.

Autrement dit, les systèmes numériques améliorent la visibilité et la gestion des flux, mais pas la capacité physique du terminal à absorber ces flux.

4. Une optimisation contrainte par des limites structurelles persistantes

Les résultats qualitatifs et quantitatifs convergent sur un point central : les limites de la digitalisation ne sont pas technologiques, mais structurelles et organisationnelles.

Trois contraintes majeures émergent :

1. Contraintes infrastructurelles

- Nombre limité de postes à quai (2 seulement),
- Capacité de stockage saturée,
- Equipements insuffisants.

2. Contraintes techniques

- Productivité des grues faible (10,2 moves/h),
- Pannes fréquentes et vieillissement du matériel.

3. Contraintes organisationnelles et humaines

- Dépendance aux saisies manuelles (pointeurs),
- Absence de systèmes prédictifs et d'intelligence artificielle,
- Coordination parfois hétérogène entre services.

Ces éléments expliquent pourquoi, malgré un système numérique performant sur le plan informationnel, les performances globales du terminal restent en deçà des standards internationaux.

5. Vers une logique de digitalisation partielle des flux portuaires

L'ensemble des résultats permet de proposer une lecture intégrée du phénomène : les systèmes numériques au BMT ne constituent pas un levier d'optimisation autonome, mais un **outil de renforcement de la coordination existante**. Ainsi, le système iPROS agit principalement comme :

- Un **système de visibilité des flux**,
- Un **outil de coordination opérationnelle**,
- Un **support de décision pour la planification**,

Mais il ne transforme pas fondamentalement la structure physique et organisationnelle du terminal.

4. Recommandations pour l'optimisation des flux numériques au BMT

Sur la base des résultats qualitatifs et quantitatifs, ainsi que des écarts constatés entre les perceptions favorables des acteurs et les indicateurs de performance réels (productivité des grues,

dwel time, congestion), plusieurs recommandations sont formulées à destination de Béjaïa Mediterranean Terminal (BMT), de l'Entreprise Portuaire de Béjaïa (EPB), ainsi qu'aux autorités portuaires nationales.

1. Recommandations technologiques et système d'information

Problème identifié	Recommandation
Productivité faible des grues (10,2 moves/h vs 25–30)	Moderniser le parc d'équipements (QC, MHC, RTG) et intégrer des capteurs IoT pour la maintenance prédictive
Absence de fonctions prédictives (IA) dans iPROS	Développer ou acquérir un module d'intelligence artificielle pour prévoir les pics de congestion et optimiser l'affectation des emplacements de stockage
Dépendance aux saisies manuelles (pointeurs)	Généraliser la reconnaissance automatique (OCR, RFID) aux portes d'entrée/sortie et au parc pour réduire les erreurs humaines
Système iPROS peu connecté aux acteurs externes (douanes, transporteurs)	Mettre en place une plateforme d'interopérabilité type « guichet unique maritime » pour fluidifier les échanges EDI avec tous les partenaires

2. Recommandations infrastructurelles et capacitaires

Contrainte identifiée	Recommandation
Seulement 2 postes à quai (P.22, P.24)	Étudier l'extension des quais ou l'aménagement d'un troisième poste pour réduire les temps d'attente et permettre des escales simultanées
Capacité de stockage saturée (9 720 EVP) avec dwell time de 30 jours	Mettre en place une politique de gestion des « long-stay containers » : pénalités financières, zones dédiées hors-site, ou système de pré-notification pour les chargeurs
Taux d'occupation > 70 % fréquent	Optimiser l'organisation du parc en introduisant un algorithme d'allocation dynamique des emplacements (dans iSTACK)

3. Recommandations organisationnelles et humaines

Problème identifié	Recommandation
Résistance au changement et hétérogénéité des perceptions	Résistance au changement et hétérogénéité des perceptions Lancer un programme de formation continue obligatoire (TOS iPROS, tablettes, analyse de données) avec certification interne
Erreurs de saisie persistantes	Mettre en place un système de double contrôle aléatoire et des indicateurs de qualité de saisie (feedback mensuel)
Faible coordination entre services (opérations, technique, informatique)	Créer un comité de pilotage hebdomadaire « flux numériques » pour remonter les anomalies et ajuster les processus

5. Recommandations en matière de pilotage de la performance

Indicateur faible	Recommandation
Dwell time moyen (30 jours)	Dwell time moyen (30 jours) Fixer un objectif progressif (20 jours à 6 mois, puis 10 jours à 1 an) avec suivi mensuel via tableau de bord iPROS
Productivité grues (10,2 moves/h)	Comparer mensuellement les performances par navire et par engin, et déclencher des actions correctives dès que l'écart dépasse 20 % par rapport au standard
Congestion et flux de camions (perception dispersée)	Instaurer un système de rendez-vous pour les transporteurs routiers (slot booking) connecté à Ipros

5. Recommandations stratégiques à moyen et long terme

Vision Recommandation	Recommandation
Digitalisation complète	Passer d'un TOS de type « iPROS » à une plateforme de smart port intégrant un jumeau numérique (digital twin) pour simuler les flux avant chaque escale
Compétitivité méditerranéenne	Réaliser un benchmark annuel avec des ports similaires (Radès, Tanger Med, Marseille) sur les indicateurs TAT, productivité et occupation
Durabilité environnementale	Utiliser les données d'iPROS pour optimiser les déplacements des camions internes et réduire la consommation énergétique (électrification des RTG)

Les systèmes numériques au BMT constituent une base solide (perception utilisateur élevée, traçabilité améliorée), mais leur potentiel reste sous-exploité en raison de contraintes structurelles et organisationnelles. Une amélioration durable des flux de conteneurs nécessite une action conjointe sur trois leviers : modernisation technologique (IA, OCR, maintenance prédictive), adaptation des infrastructures (quais, stockage) et montée en compétences humaines. La transformation digitale ne peut pas se résumer à l'installation d'un TOS : elle doit s'accompagner d'une stratégie intégrée associant l'EPB, la douane et les opérateurs privés.

En définitive, les systèmes numériques portuaires au BMT contribuent significativement à l'amélioration de la gestion des flux de conteneurs, principalement à travers la traçabilité, la coordination et la planification des opérations. Toutefois, leur impact reste partiel car limité par des contraintes structurelles, techniques et humaines. L'étude montre ainsi que la performance portuaire ne dépend pas uniquement de la digitalisation, mais d'un système hybride où technologies numériques, infrastructures physiques et compétences organisationnelles doivent évoluer de manière conjointe.

Conclusion générale

Au terme de cette étude consacrée à l'apport des systèmes numériques dans l'optimisation des flux de conteneurs au sein de Béjaïa Mediterranean Terminal (BMT), il apparaît que la numérisation constitue aujourd'hui un levier incontournable de modernisation de la logistique portuaire. Dans un contexte marqué par l'intensification des échanges internationaux, la pression sur les délais de traitement et la nécessité d'améliorer la compétitivité portuaire, les terminaux à conteneurs doivent impérativement s'appuyer sur des outils numériques performants afin d'assurer une meilleure fluidité des opérations logistiques.

L'objectif principal de ce mémoire était d'évaluer dans quelle mesure le système iPROS contribue réellement à l'optimisation des flux de conteneurs au BMT. Pour répondre à cette problématique, notre travail s'est appuyé sur une démarche à la fois théorique et empirique, combinant l'analyse documentaire, les entretiens réalisés auprès des responsables opérationnels du terminal ainsi qu'une enquête par questionnaire auprès des employés de BMT. Cette méthodologie nous a permis d'obtenir une vision globale des performances du système numérique ainsi que des contraintes qui limitent encore son efficacité.

L'étude théorique a montré que la logistique portuaire moderne repose désormais sur la maîtrise de trois dimensions fondamentales : l'optimisation temporelle, l'optimisation spatiale et l'optimisation informationnelle. Les Terminal Operating Systems (TOS) jouent à ce titre un rôle central dans la coordination des opérations portuaires, la planification des ressources, la traçabilité des conteneurs et l'amélioration de la communication entre les différents acteurs de la chaîne logistique. Les expériences internationales démontrent que la digitalisation permet généralement de réduire les temps d'attente, d'améliorer la productivité des équipements et de renforcer la compétitivité des ports.

L'analyse du cas pratique de BMT a cependant révélé une réalité plus nuancée. Le système iPROS a effectivement permis une amélioration significative de la gestion opérationnelle du terminal. Le module iBERTH facilite la planification des escales et réduit les temps d'attente des navires en rade grâce à une meilleure disponibilité des informations et à l'utilisation des échanges EDI. Le module iCONTROL WHARF améliore la coordination des opérations de quai et assure un suivi en temps réel des mouvements de conteneurs. Quant au module iSTACK, il renforce la traçabilité des conteneurs et permet une meilleure organisation du parc de stockage.

Néanmoins, les résultats obtenus montrent également que la numérisation, à elle seule, ne suffit pas à garantir une optimisation complète des flux portuaires. Malgré l'existence du système iPROS, plusieurs indicateurs de performance restent en dessous des standards internationaux. Le Turnaround Time moyen des navires demeure élevé, avec une moyenne d'environ 4,4 jours, alors que les ports les plus performants enregistrent généralement des durées inférieures à 24 heures. De même, la productivité moyenne des grues, estimée à environ 10 à 15 mouvements par heure, reste largement inférieure aux standards internationaux situés entre 25 et 30 mouvements par heure. Par ailleurs, le Dwell Time des conteneurs atteint environ 30 jours, ce qui traduit une congestion importante du parc de stockage.

Ces limites s'expliquent principalement par des contraintes structurelles, techniques et organisationnelles qui dépassent le simple cadre du système informatique. L'étude a mis en évidence plusieurs facteurs freinant l'efficacité globale du terminal : la capacité limitée des infrastructures, le nombre restreint de postes à quai, la saturation fréquente du parc de stockage, la vétusté des équipements de manutention, les pannes techniques récurrentes ainsi que la persistance de certaines opérations manuelles. En outre, l'absence de technologies avancées basées sur l'intelligence artificielle ou sur des outils prédictifs limite la capacité du système à anticiper les situations de congestion et à optimiser automatiquement les ressources disponibles.

Ainsi, les hypothèses formulées au début de cette recherche peuvent être considérées comme globalement confirmées. Le module iBERTH contribue effectivement à réduire l'attente des navires en rade sans pour autant diminuer fortement la durée totale des escales. Les modules iCONTROL WHARF et iSTACK améliorent la traçabilité et la coordination des opérations, mais leur impact sur la productivité globale reste limité par les contraintes matérielles et humaines du terminal. Enfin, les principales limites à l'optimisation des flux ne proviennent pas directement du logiciel iPROS, mais plutôt des insuffisances infrastructurelles, de l'usure des équipements et du manque d'automatisation avancée.

Cette étude permet donc de conclure que la transformation numérique de BMT constitue une avancée importante dans la modernisation du port de Béjaïa et dans l'amélioration de la gestion logistique des conteneurs. Toutefois, pour atteindre un niveau de performance comparable aux grands terminaux internationaux, cette numérisation doit impérativement être accompagnée d'investissements supplémentaires dans les infrastructures, le renouvellement des équipements de manutention, l'automatisation des opérations et la formation continue des ressources humaines. La réussite de la digitalisation portuaire ne dépend pas uniquement de la

performance des logiciels utilisés, mais aussi de la capacité globale du terminal à intégrer harmonieusement les dimensions technologiques, humaines et organisationnelles.

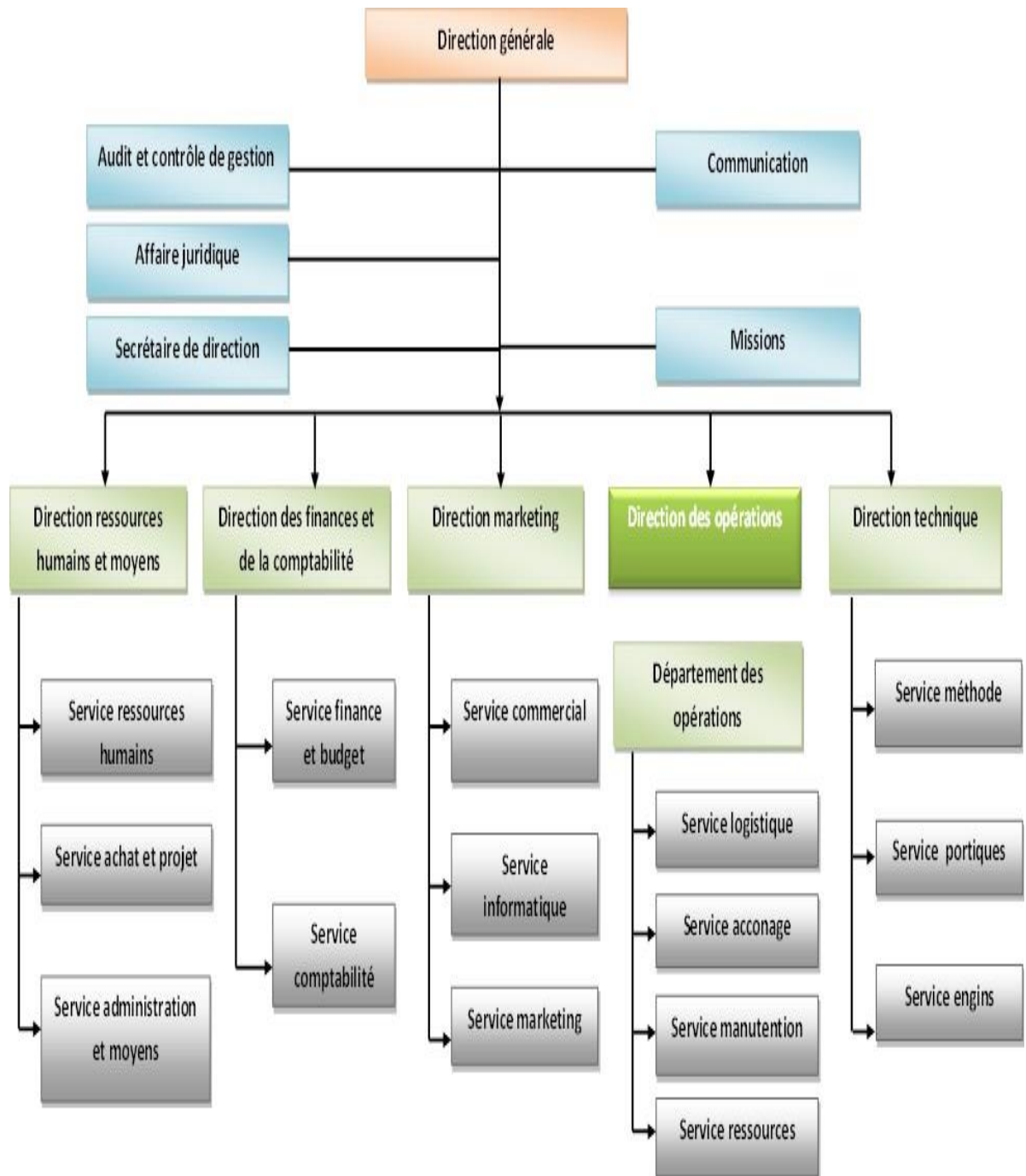
Enfin, ce travail ouvre plusieurs perspectives de recherche intéressantes. De futures études pourraient approfondir l'impact de l'intelligence artificielle, des technologies prédictives, de l'Internet des objets ou encore des ports intelligents (Smart Ports) sur l'optimisation des flux portuaires en Algérie. Il serait également pertinent de réaliser des comparaisons entre différents ports algériens ou méditerranéens afin d'identifier les meilleures pratiques de digitalisation portuaire et les conditions nécessaires à l'amélioration durable de la performance logistique nationale.

Bibliographie

- (s.d.). Récupéré sur <https://www.prologistik.com/fr/lexique-de-la-logistique/logistique-des-conteneurs/>.
- (s.d.). Récupéré sur <https://mag.wcoomd.org/fr/magazine/omd-actualites-88/algeria-launches-new-customs-information-system/>.
- (s.d.). Récupéré sur <https://www.bdc.ca/fr/articles-outils/boite-outils-entrepreneur/gabarits-documents-guides-affaires/glossaire/logistique>.
- (s.d.). Récupéré sur <https://www.searates.com/fr/container/tracking/>.
- Agbeze, G. (2025, 02). *Logistique et normes des conteneurs*. Consulté le 04 2026, sur Scribd: <https://fr.scribd.com/document/814114085/cours-de-La-logistique-des-conteneurs>
- Banque Mondiale. (2021). *The Container Port Performance Index 2020: A Comparable Assessment of Container Port Performance*. World Bank Publications.
- Brennen, J. S. (2016). *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy*. Wiley-Blackwell.
- CNUCED. (2020). *Étude sur les transports maritimes 2020*. Nations Unies.
- Dauzère-Pérès, S. M.-P. (2012). *Optimisation de la gestion des opérations dans un terminal à conteneurs*. .
- Gharehgozli, A. H.-1. (2016). Sea container terminals: New technologies and OR models. *Maritime Economics & Logistics*. 103-140.
- Med, T. (2021). *Rapport d'activité : Performance et connectivité portuaire*. Tanger Med Port Authority.
- Navis. (2022). *Smart Port Digitization and Real-Time Data Solutions*. . Navis LLC.
- Pareschi, G. F. (2015). *Port economics, management and policy*. Routledge.
- Parola, F. P. (2020). Strategy and innovation in the port industry. 281-296.
- Radès, & P. (2019). *Rapport sur la transition numérique et l'implémentation du TOS*. STAM.
- Rodrigue, J.-P. R.-P. ((2020).). *The Geography of Transport Systems* . (5e éd.). Routledge.
- Stahlbock, R., & Voß, S. (2008). Operations research at container terminals: a literature update. *OR Spectrum: Quantitative Approaches in Management*, 30, 1-52.
- UNCTAD. (2020). *Review of Maritime Transport 2020*. United Nations.

Annexes

Annexe 1 : Organigramme de BMT



Questionnaire de recherche

Contribution des systèmes numériques portuaires à l'optimisation des flux de conteneurs : étude du BMT

Master 2 Management – Université de Béjaïa

Ce questionnaire s'inscrit dans le cadre d'un mémoire de fin d'études. Les réponses sont anonymes et utilisées uniquement à des fins scientifiques.

Partie 1 : Informations générales

1. Sexe : ☐ Homme ☐ Femme
2. Âge : ☐ Moins de 30 ans ☐ 30–40 ans. ☐ 41–50 ans ☐ Plus de 50 ans
3. Ancienneté au BMT : ☐ Moins de 5 ans ☐ 5–10 ans ☐ 10–15 ans ☐ Plus de 15 ans
4. Service : ☐ Opérations ☐ Documentation ☐ Commercial ☐ Autre
5. Utilisez-vous des systèmes numériques dans votre travail ?
☐ Oui ☐ Non

Partie 2 : Utilisation des systèmes numériques au sein de BMT

1. Les systèmes numériques sont utilisés quotidiennement dans votre milieu de travail.
☐ Oui | ☐ Non
2. Les systèmes informatiques facilitent la gestion des opérations portuaires.
☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord
3. Les informations nécessaires sont accessibles rapidement grâce aux systèmes numériques.
☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord
4. Les systèmes numériques améliorent la coordination entre les services.
☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord
5. Les systèmes numériques réduisent les erreurs opérationnelles.
☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord

Partie 3 : Impact sur la performance opérationnelle

1. Les systèmes numériques permettent de réduire le temps d'escale des navires.
☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord
2. Ils contribuent à améliorer la productivité de la chaîne logistiques.
☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord
3. Les systèmes numériques facilitent la planification des opérations portuaires.
☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord
4. Ils améliorent la gestion des conteneurs au Terminal.
☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord
5. Ils permettent une meilleure gestion des flux de camions.
☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord

Partie 4 : Impact sur l'optimisation des flux de conteneurs

1. Les systèmes numériques améliorent la fluidité des flux de conteneurs.

☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord

2. Ils permettent une meilleure traçabilité des conteneurs.

☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord

3. Ils contribuent à réduire les congestions dans le terminal.

☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord

4. Les systèmes numériques facilitent la coordination entre les différents acteurs portuaires.

☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord

5. L'utilisation des systèmes numériques améliore la performance globale du terminal.

☐ Pas du tout d'accord | ☐ Pas d'accord | ☐ Neutre | ☐ D'accord | ☐ Tout à fait d'accord

5 : Évaluation globale

1. Pensez-vous que les systèmes numériques jouent un rôle important dans l'optimisation des flux de conteneurs au sein de BMT ?

☐ Oui ☐ Non

2. Selon vous, quels aspects devraient être améliorés dans les systèmes numériques du BMT ?

.....
.....

Guide d'entretien

PARTIE 2 : Présentation et fonctionnement (Le "Comment ça marche ?")

1. Présentation de BMT et le TOS (Terminal Operation System)

- L'histoire : Comment BMT travaillait-il avant d'installer le TOS (iPROS) ? Qu'est-ce qui a changé ?

- La capacité : Combien de conteneurs le terminal peut-il stocker ?

Est-ce que le SYSTÈME aide à éviter que le port ne soit trop plein ?

- L'importance : Quelle est la place de BMT en Algérie pour l'import et l'export ?

2. Le travail au quotidien avec le numérique

- L'arrivée du navire (iBERTH) : Comment recevez-vous les informations du navire avant qu'il arrive ?

Est-ce que le système vous dit d'avance combien de grues il faut préparer ?

- Le déchargement (iSTACK) : * Comment le logiciel choisit-il la place exacte où poser un conteneur ?

- Est-ce que les conducteurs d'engins (de grues/ Chef Ops) ont des tablettes ou des écrans dans leurs machines pour recevoir les ordres ?

- La gestion (iPROS) : * Comment les navires (facturation, planning) communiquent-ils entre eux ?

- Est-ce que le client peut voir sur internet où se trouve son conteneur ?

PARTIE 3 : L'impact en chiffres (Le "Combien on gagne ?")

- Les indicateurs : Quels sont les chiffres que vous surveillez le plus pour dire que le terminal travaille bien ? (Exemple : nombre de conteneurs par heure).

- Gain de temps : Depuis que vous utilisez iBERTH, est-ce que les navires restent moins longtemps au port ? (Gagne-t-on des heures ou des jours ?).

- Rapidité des grues : Est-ce que les grues déchargent plus de conteneurs par heure grâce au logiciel iCONTROL ?

* Gain de place : Grâce à iSTACK, est-ce qu'on arrive à ranger plus de conteneurs sur le même terrain ?

PARTIE 4 : Analyse et problèmes (Le "Qu'est-ce qui bloque ?")

- Les erreurs : Pourquoi arrive-t-il que le logiciel dise qu'un conteneur est à une place, alors qu'en vrai il est ailleurs ?

- Les pannes : Si le système s'arrête une heure, quel est l'impact sur le travail et sur l'argent perdu ?

- Le personnel : Est-ce que les employés ont eu du mal à apprendre à utiliser ces logiciels ?

PARTIE 5 : Conseils pour l'avenir (Le "Qu'est-ce qu'on peut améliorer ?")

- Le futur : Est-ce que vous allez utiliser l'Intelligence Artificielle bientôt pour prévoir les périodes de grande activité ?

La connexion : Serait-il utile que vos logiciels soient connectés directement avec les douanes ?

- Le besoin : S'il manque une option dans vos logiciels aujourd'hui, ce serait quoi ?

Résumé :

Ce mémoire examine la contribution des systèmes numériques portuaire à l'optimisation des flux de conteneurs, en prenant comme cas d'étude le terminal à comprendre comment la transition numérique, à travers des outils comme le TOS et le logiciel iPROS, influence la performance opérationnelle. Les résultats démontrent que si la numérisation améliore significativement la traçabilité et la coordination des flux, son impact reste freiné par des contraintes d'infrastructures et une intégration incomplète des données en temps réel. Cette étude souligne la nécessité d'une mise à jour technologique continue pour maintenir la compétitivité du port de Bejaia face aux standards internationaux.

Mots clés : Logistique portuaire, flux de conteneurs, Terminal Operating Systems (TOS), iPROS, Béjaia Méditerranéan Terminal (BMT), performance opérationnelle.

Abstract:

This thesis examines the contribution of port digital systems to the optimization of container flows, taking the terminal as a case study to understand how the digital transition, through tools such as the TOS and the iPROS software, influences operational performance. The results demonstrate that while digitalization significantly improves the traceability and coordination of flows, its impact remains hindered by infrastructure constraints and incomplete integration of real-time data. This study highlights the need for continuous technological upgrades to maintain the competitiveness of the Port of Bejaia against international standards.

Keywords: Port logistics, container flows, Terminal Operating Systems (TOS), iPROS, Bejaia Mediterranean Terminal (BMT), operational performance.

ملخص:

تتناول هذه الأطروحة مساهمة الأنظمة الرقمية للموانئ في تحسين تدفقات الحاويات، مع التركيز على محطة بجاية كدراسة حالة لفهم كيفية تأثير التحول الرقمي، من خلال أدوات مثل نظام تشغيل المحطات (TOS) وبرنامج iPROS ، على الأداء التشغيلي. تُظهر النتائج أنه على الرغم من أن الرقمنة تُحسن بشكل ملحوظ إمكانية تتبع وتنسيق التدفقات، إلا أن تأثيرها لا يزال محدودًا بسبب قيود البنية التحتية وعدم اكتمال دمج البيانات الآنية. تُسلط هذه الدراسة الضوء على الحاجة إلى تحديثات تقنية مستمرة للحفاظ على تنافسية ميناء بجاية وفقًا للمعايير الدولية.

الكلمات المفتاحية: الخدمات اللوجستية للموانئ، تدفقات الحاويات، أنظمة تشغيل المحطات (TOS)، iPROS، محطة بجاية المتوسطة (BMT)، الأداء التشغيلي.