

Évaluation et amélioration des services de manutention au port de Bizerte-Tunisie

Evaluation and improvement of the handling operations at the Tunisian Port of Bizerte.

Auteur 1 : HNID Mohamed

HNID Mohamed, Maître Technologue
Institut Supérieur des Études Technologiques – ISET – de Bizerte Tunisie.

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : HNID Mohamed (2024) « Évaluation et amélioration des services de manutention au port de Bizerte- Tunisie », African Scientific Journal « Volume 03, Numéro 25 » pp: 0813 – 0828.

Date de soumission : Juillet 2024

Date de publication : Août 2024



DOI : 10.5281/zenodo.13650401
Copyright © 2024 – ASJ



Résumé

La manutention portuaire est le maillon le plus important dans la chaîne logistique maritime, elle englobe toutes les opérations de transbordement, de chargement/déchargement des marchandises à bord des navires ou à quai. Au port de Bizerte- Tunisie, la STUMAR joue un rôle incontournable, en tant que société de manutention portuaire et concessionnaire du port.

L'objectif de cet article est d'analyser les modes de défaillance des opérations de manutention, de mesurer leurs effets et leur criticité et de proposer des actions correctives à même d'améliorer la qualité des services au sein du port.

Pour ce faire, nous avons commencé par la méthode du brainstorming avec l'équipe technique qui nous a permis d'identifier les dysfonctionnements de l'équipement portuaire le plus critique : la grue de quai. Ensuite, nous avons adopté une démarche qualité, dans une logique d'amélioration continue, qui consiste à analyser le fonctionnement de la grue de quai par les outils de la gestion FDM (Fiabilité, Disponibilité et Maintenabilité) et l'AMDEC machine (Analyse des Modes de Défaillances, des Effets et de la Criticité), ces outils qualité ont fait ressortir des solutions concrètes d'entretien périodique et d'installation de composants à même de résoudre les problèmes d'arrêt et de perte de puissance de l'équipement portuaire.

Mots clés : Manutention portuaire, Grue de quai, AMDEC machine, Gestion FDM.

Abstract

Port handling is the most important link in the maritime logistics chain, it includes all transshipment operations and loading/unloading of containers. At the port of Bizerte-Tunisia, STUMAR company has an essential role, as a port handling and docking company.

The aim of this paper is to analyze the failure modes of handling operations, to measure their effects, their criticality and to propose corrective actions in order to improve the port performance.

First the brainstorming method allowed us to identify the operating problems of the most critical equipment: the grab ship. Then we analyzed the operations of this equipment using the RAM management (Reliability, Availability, Maintainability) and FMEA (Failure Mode Effects and Criticality). These quality tools proposed solutions about periodic maintenance and installation of components in order to resolve the operating problems of the port equipment.

Keywords : Port Handling, Grabs hip, FMRAM Management, FMEAC Method.

Introduction

Le transport maritime, joue un rôle d'une importance cruciale dans le développement du commerce international, il représente plus de 80% des échanges commerciaux par le monde et constitue l'épine dorsale de la mondialisation.

La logistique portuaire, en tant que pierre angulaire du transport maritime, fait intervenir plusieurs acteurs privés et publics, ces parties prenantes assurent les services d'aconage, de manutention et d'entreposage.

Le port de Bizerte fait partie intégrante du système portuaire tunisien qui englobe 7 ports, ce port est géré par deux acteurs principaux : l'autorité portuaire l'Office des Marines Marchandes et des Ports (OMMP) et l'entrepreneur de manutention portuaire et concessionnaire la Société Tunisienne Maritime (STUMAR).

Les entreprises de manutention sont des acteurs incontournables du système portuaire, elles gèrent les flux physiques entre les navires, les quais et les terminaux et contribuent de manière substantielle à la compétitivité du port (Lemtaoui M. et Raji. H, 2017). En effet, une mauvaise performance de la manutention peut entraîner des retards dans les opérations portuaires, des coûts supplémentaires pour les armateurs et les chargeurs, ainsi qu'une insatisfaction des clients.

Dans cet article, nous allons essayer, en se basant sur des méthodes et outils de résolution de problèmes d'analyser des modes de défaillance des opérations d'aconage assurées par la STUMAR, de mesurer leurs effets et leur criticité et de proposer des actions correctives pour améliorer la qualité des services portuaires au sein du port de Bizerte.

1- Aperçu théorique

La qualité des services portuaires représentent un pilier de la compétitivité portuaire, en plus du coût portuaire et le délai des opérations portuaires (Lakhloufi, Moussamir, 2020). Pour appréhender la qualité des services et évaluer le fonctionnement des installations portuaires, il existe plusieurs techniques tel que : la **F.D.M** et plusieurs outils qualité pour analyser les modes de défaillance et leurs effets tel que : **AMDEC**.

1.1 La gestion F.D.M

La gestion F.D.M se base sur les 3 facteurs : **Fiabilité**, **Disponibilité**, **Maintenabilité**, elle consiste à satisfaire correctement les exigences des systèmes, à les surveiller, à les contrôler de manière continue et à les maintenir en bon état de marche.

La Fiabilité est « l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné »¹.

Par extension, on appelle fiabilité la probabilité associée $R(t)$ à cette notion, $R(t)=P$

Avec E : une entité non défaillante sur la durée $[0.t]$, en supposant qu'elle n'est pas défaillante à l'instant $t=0$.

La Disponibilité est « l'aptitude d'un dispositif à être en état de fonctionner dans des conditions données »².

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes de bon fonctionnement et la moyenne de réparation :

$$D_i = MTBF + MTTR$$

M.T.B.F : moyenne des temps de bon fonctionnement (Mean Time Between Failures).

M.T.T.R : moyenne des temps d'immobilisation pour intervention de maintenance (Mean Time to Repair).

N_c : nombre de panne.

$$M.T.B.F = T.C.B.F / N_c$$

$$M.T.T.R = \sum \text{Temps de réparation} / N_c$$

La Maintenabilité est « l'aptitude d'une entité à être maintenue, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie, dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits »³.

La Maintenabilité d'une entité réparable est caractérisée par une probabilité $M(t)$ que la maintenance d'une entité E est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits, soit achevée au temps t, sachant que E est défaillante au temps $t=0$:

¹²³ Norme AFNOR X60-500

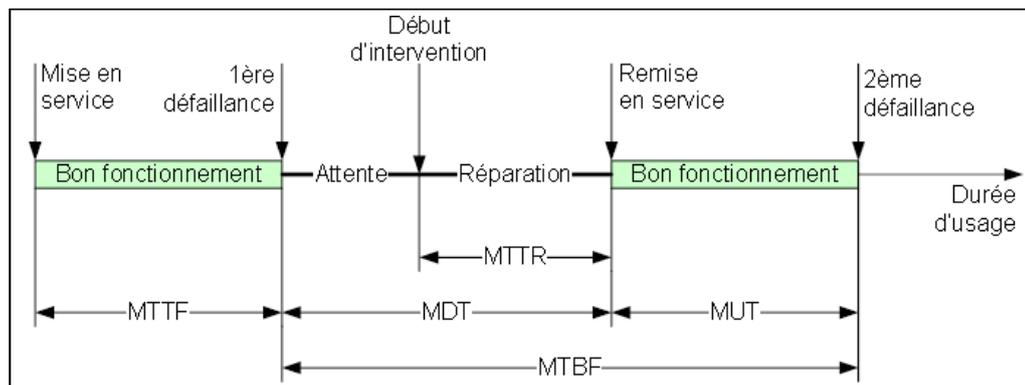
$M(t) = P(\text{la maintenance de E est achevée au temps } t)$.

$M(t) = 1 - P(\text{E non réparée sur la durée } [0, t])$.

Les paramètres de calcul des 3 piliers FDM caractérisent les dispositifs réparables et les dispositifs non réparables

- **MTTF** (mean time to [first] failure) : moyenne des temps avant la 1ère défaillance
- **MDT** (mean down time) : appelé encore MTI. c'est le temps moyen d'indisponibilité ou temps moyen d'arrêt propre.
- **MUT** (mean up time) : temps moyen de disponibilité.

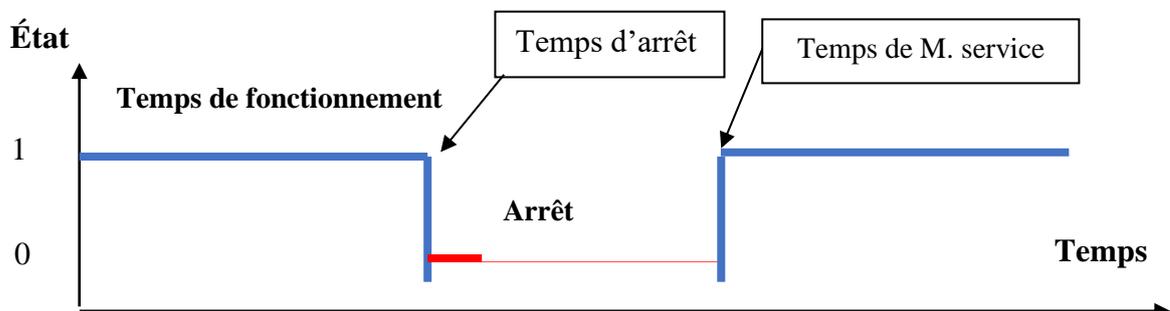
Figure 1- Chronogramme pour les dispositifs réparables



Source : (Gillet-Goinard F, Seno B, 2023)

Les dispositifs non réparables sont caractérisés par : le temps de fonctionnement, le taux de défaillance et la durée de vie mesurée par MTTF : moyenne des temps jusqu'à la panne.

Figure 2- Chronogramme pour les dispositifs non réparables



Source : (Gillet-Goinard F, Seno B, 2023)

La maintenabilité se base sur le concept de maintenance qui est un ensemble de processus, d'activités et de pratiques visant à maintenir, réparer ou restaurer un équipement, un système ou une infrastructure dans un état opérationnel optimal.

La maintenance peut être planifiée : maintenance préventive ou non planifiée : maintenance corrective, elle implique généralement des inspections régulières, des réparations, des remplacements de pièces et des mises à niveau.

En ce qui concerne la maintenance préventive, elle permet d'éviter les défaillances d'une machine, elle peut être systématique ou conditionnelle.

La maintenance préventive est systématique si elle est effectuée suivant un échéancier bien précis (par exemple tous les mois) ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien. Par contre, elle est conditionnelle si elle basée sur une surveillance de fonctionnement du bien et des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent.

En ce qui concerne la maintenance corrective est exécutée après la détection d'une panne, elle peut être palliative ou curative.

La maintenance palliative ou dépannage est une action visant à remettre un équipement en panne en état de fonctionnement, en obtenant parfois des résultats provisoires (maintenance palliative) et en s'affranchissant des règles de procédures, coûts et qualité.

La maintenance curative correspond à une action définitive, une intervention définitive après une défaillance. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu.

1.2 La méthode AMDEC

La méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) se présente comme une démarche structurée permettant d'identifier et de traiter les causes potentielles de défauts et de défaillances.

Cette méthode a un champ d'application large (Foucher .J ,2009) qui s'applique aussi bien à la conception d'un nouveau produit, à la mise au point d'un procédé de fabrication ou encore d'un processus ou de moyens alloués à la production ou service. Ainsi, on distingue : AMDEC produit, processus, moyen, flux et services.

La méthode AMDEC moyen est la méthode la plus appropriée pour évaluer les services portuaires. Il s'agit d'une estimation de l'indice de criticité des trois notions cause-mode-effet de la défaillance étudiée.

Indice de criticité $C = G \times F \times D$

- La note G pour la gravité de l'effet (conséquences sur le client).
- La note F (fréquence d'apparition).
- La note D (risque de non-détection).

Niveau de Criticité	Décision
$1 \leq C < 10$ Criticité Négligeable	Aucune modification
$10 \leq C < 20$ Criticité Moyenne	Amélioration
$20 \leq C < 40$ Criticité élevée	Surveillance Particulière
$40 \leq C < 64$ Criticité Interdite	Remise en cause complète

- **Fréquence d'apparition F**

Niveau de fréquence	Indice	Définition
Fréquence très faible	1	Défaillance rare : 1 défaillance maxi par an
Fréquence faible	2	Défaillance possible : 1 défaillance maxi par trimestre
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente : 1 défaillance maxi par mois
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente : 1 défaillance maxi par semaine

- **Gravité G**

Niveau de gravité	Indice	Définition
Gravité très faible	1	Sous influence => Pas d'arrêt de la production
Gravité faible	2	Peut critique => Arrêt ≤ 1 heure
Gravité moyenne	3	Critique => 1 heure ≤ Arrêt ≤ 1 jour
Gravité catastrophique	4	Très critique => Arrêt > 1 jour

- **Non détection N**

Niveau de probabilité de non détection	Indice	Définition
Détection évidente	1	Visite par opérateur
Détection possible	2	Détection aisée par un agent de maintenance
Détection improbable	3	Détection difficile
Détection impossible	4	Indécelable

Grille AMDEC

Nom d'élément	Fonction	Mode de défaillance	Description	Cause	Détection	Effet	Evaluation				Solution
							G	F	N	C	

Source : Norme AFNOR NF EN 60-812

2- Analyse quantitative des ressources matérielles au port de Bizerte

2.1- Équipements portuaires de la STUMAR

La société STUMAR est équipée de sa propre flotte d'équipements de manutention, qui englobe des chariots élévateurs, des grues, des portes conteneurs et des chargeuses. Ces équipements sont spécifiquement sélectionnés pour répondre aux besoins de manutention des différentes marchandises.

Les flux de conteneurs représentent la grande majorité des mouvements de marchandises, avec 60% du total. Les autres flux de marchandises, bien qu'importants, sont en comparaison relativement faibles en volume.

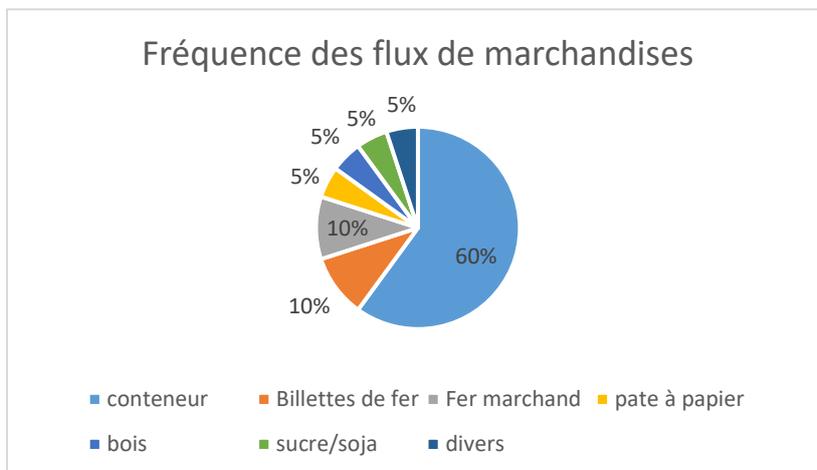
Tableau 1- Marchandises et engins utilisés

Type de marchandise	Fréquence en (%)	Engin	Nombre
Conteneur	60%	Grue de quai Liebherr	1
		Porte conteneur	8

Source : élaboré par l'auteur

Une séance de brainstorming avec le responsable mécanique et le directeur technique a confirmé que l'engin le plus critique dans les opérations de manutention du port de Bizerte est la Grue de quai Liebherr. Une étude FMD sera faite pour appréhender le bon fonctionnement continu de cet engin.

Figure 3- Fréquence des flux de marchandises



Source : élaboré par l'auteur

2.2- Etude FMD de la Grue de quai Liebherr

En se basant sur l'historique d'entretien de Grue de quai Liebherr collecté au sein de l'entreprise STUMAR pour le premier trimestre 2024, nous allons déterminer les indicateurs de maintenance requis pour évaluer cet élément.

- **Fiabilité**

La fiabilité est calculée comme suit : sachant que : **TF**= 99

$$\mathbf{TBF} = 990 - 167.60 = 822.4\text{h} \qquad \mathbf{MTBF} = \frac{\Sigma \mathbf{TBF}}{\mathbf{N}} = \frac{822.4}{6} = 137.1 \text{ h}$$

$$\gamma = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{MTBF}} = \frac{\mathbf{1}}{137.1} = 0.0072\text{h} = 0.72\%$$

- **Maintenabilité**

Le MTTR se calcule comme suit:

$$\mathbf{MTTR} = \frac{\Sigma \mathbf{TTR}}{\mathbf{N}} = \frac{167.60}{6} = 28\text{h}$$

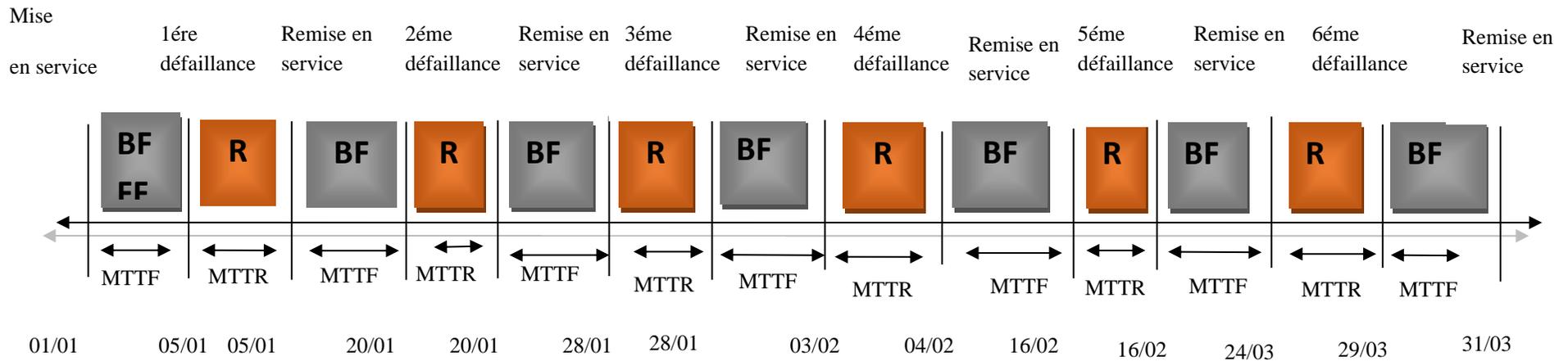
$$\gamma = \frac{\mathbf{1}}{28} = 0.03\text{h} = 3, 57\%$$

• **Disponibilité**

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{137.1}{137.1 + 28} = 0.83 = 83\%$$

⇒ La disponibilité de grue de quai est de **83%**.

Figure 4 : Fonctionnement de grue de quai Liebherr



Source : réalisé par l'auteur

3- Application de la méthode AMDEC moyen

L'étude porte sur une grue de quai Liebherr équipée d'un système de levage centralisé. Le système est composé d'un moteur diesel qui alimente un système hydraulique pour activer les vérins de levage de la grue, la méthode AMDEC va être appliquée pour le moteur à Diesel.

Tableau 2- AMDEC- Moteur à diesel

Analyse des modes de défaillances, des effets et de la criticité										
Machine : Grue										
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Détection	F	G	N	C	Solution
Capteur	Convertir grandeur physique en grandeur électrique	Pas de Signal	Usure, défaillance interne Choc externe	Mauvais contrôle du moteur	Agent de maintenance	2	3	2	12	Inspections : maintenance préventive systématique
Carte électronique	Surveillance et contrôle des paramètres du moteur	Code d'erreur Pas de fonctionnement du moteur	Court-circuit Présence d'eau Lavage	Fonctionnement anormal du moteur	Détection difficile	1	3	3	9	Contrôle régulier de ces périphériques Contrôle de régulateurs de tensions : maintenance corrective

Filtre à gasoil	Filtration du carburant diesel	Obstruction/ blocage	Encrassement, mauvaise qualité du carburant	Dysfonctionnement et arrêt du moteur	Agent de maintenance	3	3	2	18	Remplacement périodique du filtre, utilisation de carburant de qualité Nettoyage de réservoir : Maintenance préventive
Pompe à gasoil	Alimentation en carburant du moteur	Défaillance/ débit insuffisant	Usure, encrassement	Perte de puissance, arrêt du moteur	Agent de maintenance	3	3	2	18	Inspection remplacement si nécessaire. Changement régulier de filtre : maintenance préventive
Alternateur	Recharge de la batterie et alimentation électrique	la batterie ne charge pas	Usure, défaillance interne	Batterie déchargée, panne de courant	Agent de maintenance	1	3	2	6	Inspections, remplacement si nécessaire : maintenance corrective
Démarrreur	Démarrage du moteur	Le moteur ne démarre pas	Usure, défaillance interne	Impossibilité de démarrer le moteur	Agent de maintenance	1	3	2	6	Inspections, remplacement si nécessaire : maintenance corrective

Turbo	Alimentation d'air pour le moteur	Manque de puissance/surpression	Encrassement, usure	Baisse de puissance, dégradation du moteur	Détection difficile	1	3	3	9	Inspection et nettoyage réguliers, remplacement si nécessaire : maintenance corrective
Injecteur	Injection du carburant dans les cylindres	Mauvaise injection	Encrassement, usure	Mauvaise combustion, perte de puissance	Détection difficile	1	3	3	9	Contrôle régulier des filtres et utilisation une bonne qualité du gasoil : maintenance corrective
Filtre à huile	Filtration de l'huile pour le moteur	Obstruction/ blocage	Encrassement, usure Qualité et durée de vie d'huile	Détérioration du moteur	Agent de maintenance	3	3	2	18	Remplacement périodique du filtre, utilisation d'huile de qualité : maintenance préventive
Filtre à air	Filtrer l'air entrant dans le moteur	Filtre endommagé ou déchiré	Poussière, pollution	Diminution de la performance du moteur	Agent de maintenance	4	4	2	32	Nettoyer ou remplacer le filtre à air régulièrement : maintenance préventive

Source : élaboré par l'auteur

Toutes les notes attribuées aux fréquences et gravité de chaque élément sont déterminées à partir de l'historique de trois premiers mois de l'année 2024 des pannes et les propositions de groupe de travail.

A la suite de l'application de l'AMDEC, on peut hiérarchiser les criticités différentes de chaque élément.

Tableau 3 : Hiérarchisation de criticité pour le moteur à diesel

Les éléments	Coefficient de criticité
Capteur	12
Carte électronique	9
Filtre gasoil	18
Pompe gasoil	18
Alternateur	6
Démarrreur	9
Turbo	9
Filtre à huile	18
Filtre à air	32

	Niveau de criticité	Mode de défaillance	Action à engager	Mesure corrective
Moteur à Diesel	10<C<20	- Signal erroné. - Obstruction/ blocage - Défaillance/débit. insuffisant.	Maintenance améliorative	- Nettoyage de réservoir. - Maintenance et inspection remplacement si nécessaire. - Changement régulier de filtre
	20<C<40	- Filtre colmaté ou déchiré.		- Utilisation de pré-filtre pour améliorer le fonctionnement du filtre principal et allonger sa durée de vie.

Source : élaboré par l'auteur

Conclusion

La performance de la logistique portuaire dépend de plusieurs facteurs quantitatifs et qualitatifs (BENKHEDDA K & al 2023), la disponibilité des équipements portuaires est le facteur quantitatif le plus important.

Nous avons cherché à appréhender la logistique portuaire à travers l'évaluation des services de manutention du port de Bizerte et la proposition des mesures correctives concernant les équipements portuaires.

L'approche FMD nous a permis d'analyser le fonctionnement des équipements portuaires et évaluer la qualité des services portuaires à travers l'étude de la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité de l'équipement critique : la grue portuaire.

La méthode AMDEC machine a mesuré les différentes défaillances en fonction de leurs criticités dans le but d'améliorer la disponibilité de la grue portuaire, en anticipant les pannes et en optimisant la maintenance. Ainsi, on peut réduire les temps d'arrêt et garantir un fonctionnement plus fluide des opérations portuaires.

L'ensemble des mesures correctives visent à offrir des pistes d'amélioration concrètes et adaptées aux problématiques identifiées, afin d'accompagner STUMAR dans sa démarche d'amélioration continue et de lui permettre de se positionner de manière plus compétitive sur le marché du transport maritime.

Cependant, la principale limite de cette étude est liée au fait que nous avons limité l'évaluation des services de manutention aux équipements portuaires et à la gestion des flux physiques, en effet une analyse approfondie des flux informationnels à travers le logiciel TOS (Terminal Operating System) est nécessaire pour évaluer de manière globale le fonctionnement des opérations de manutention et d'acconage au port de Bizerte.

Bibliographie

Articles

Lakhloufi T. et Moussamir A. (2020) « La compétitivité de la logistique portuaire et les décisions politiques : Cas du port de Nador », Revue des Etudes et Recherches en Logistique et Développement. Volume 5 ,2020.

Benkhedda K., Saliha El Hakmi S., Bennaceur A. (2023) « Les déterminants de la performance logistique portuaire : Cas du port de Casablanca ». International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics, 2023, 4, pp.81-100.

Baron M.L , Guérin F. (2019) « Logistique maritime et portuaire », Logistique & Management, Volume 27,2019 - p.p. 213-214.

Lemtaoui M. et Raji. H. (2017) « Les facteurs clés de la performance de la logistique portuaire » International Journal of Economics & Strategic Management of Business (2017)

Livres

Foucher .J (2009) « La pratique de l'AMDEC 2^{ème} édition », collection performance industrielle, Editeur : Dunod 2009.

Gillet-Goinard F, Seno B. (2023) « La boîte à outils de la qualité », Collection : B à O La Boîte à Outils , Éditeur : Dunod 2023.

Norme NF X50-600 (2006) « Management logistique - Démarche logistique et gestion de la chaîne logistique » Collection Normes nationales et documents normatifs nationaux, AFNOR Editions 2006.

Norme NF EN 60-812 (2006) « Techniques d'analyses de la fiabilité du système - Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) AFNOR Edition, 2006.