

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah - Ouargla

Faculté des sciences appliquées

Département de Génie Mécanique

Filière : électromécanique

Spécialité : Maintenance industrielle

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master

Présenté par :

Maamri Djalal Tidjani Med Elhafed

THEME

**Critères aidant à la décision d'injection
de matériels neufs en remplacement**

Soutenu publiquement Le : 16 / 06 / 2021

Devant le jury composé de :

MCA/ Dokkar Boubekour	UKMO	(président)
MAA/ Mebarki Abd Elyamine	UKMO	(examineur)
MCB/ Boukhatem Mourad	UKMO	(encadreur)

Année Universitaire: 2020 / 2021

Résumé :

L'objectif de cette étude est de présenter les différents critères aidant à la prise de décision lors de remplacement de matériels de production (flotte mobile ou fixe) et d'essayer de mettre au point une procédure permettant de rendre systématiques et les critères de décision et les opérations de remplacement.

L'analyse de remplacement basée sur l'augmentation des coûts de maintenance avec le temps, couvrant à la fois des coûts en augmentation constante et inégale a permis de dégager que, dans la majorité des cas et dans un laps de temps de durée de vie assez avancé, la solution de remplacement prévaut sur le maintien et la rénovation faisant avancer les arguments financiers qui soutiennent cette vision.

Dans un second volet, l'analyse à de remplacement appliquée à des cas pratiques a permis d'observer que la solution de remplacement total, partiel, voire individuel est, principalement, laissée aux considérations financières de l'entreprise.

Abstract:

The objective of this study is to present the different criteria helping decision-making when replacing production equipment (mobile or fixed fleet) and to try to develop a procedure making it possible to make the decision criteria systematic. and replacement operations.

The replacement analysis based on the increase in maintenance costs over time, covering both steadily increasing and uneven costs has shown that, in the majority of cases and within a period of service life fairly advanced, the replacement solution prevails over maintenance and renovation, advancing the financial arguments that support this vision.

In a second part, the replacement analysis applied to practical cases made it possible to observe that the total, partial or even individual replacement solution is, mainly, left to the financial considerations of the company.

المخلص:

الهدف من هذه الدراسة هو تقديم معايير مختلفة تساعد في اتخاذ القرار عند استبدال معدات الإنتاج (سرب متنقل أو ثابت) ومحاولة تطوير إجراء يجعل من الممكن جعل معايير القرار منهجية وعمليات الاستبدال. أظهر تحليل الاستبدال المستند إلى الزيادة في تكاليف الصيانة بمرور الوقت ، والذي يغطي التكاليف المتزايدة والمتفاوتة بشكل مطرد ، أنه في معظم الحالات وخلال فترة خدمة متقدمة إلى حد ما ، يسود حل الاستبدال على الصيانة والتجديد ، مما يؤدي إلى تقدم الحجج المالية التي تدعم هذه الرؤية. في الجزء الثاني ، أتاح تحليل الاستبدال المطبق على الحالات العملية ملاحظة أن حل الاستبدال الكلي أو الجزئي أو حتى الفردي ، بشكل أساسي ، متروك للاعتبارات المالية للشركة.

Contents

REMERCIEMENT.....	I
RESUME :.....	II
SOMMAIRE.....	III
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
NOTATIONS ET SYMBOLES UTILISÉS.....	V
INTRODUCTION GENERALE.....	A
CHAPITRE I RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE REMPLACEMENT DE MATERIEL.....	1
I. 1 INTRODUCTION.....	2
I. 2 DEFINITION DE LA MAINTENANCE (NORME NF EN 13306).....	2
I. 3 LES OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE (NORME FD X 60-000).....	3
I. 4 LA MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE :.....	3
I. 5 LES DOMAINES D'ACTION DE LA FONCTION MAINTENANCE.....	3
I. 6 LES DIFFERENTES FORMES DE MAINTENANCE :.....	5
I. 6.1 LA MAINTENANCE CORRECTIVE.....	6
I. 6.1.1 MAINTENANCE CORRECTIVE « PALLIATIVE ».....	6
I. 6.1.2 MAINTENANCE CORRECTIVE « ACCEPTEE ».....	6
I. 6.1.3 MAINTENANCE CORRECTIVE « CURATIVE ».....	6
I. 6.2 LA MAINTENANCE PREVENTIVE.....	7
I. 6.2.1 LA MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE.....	7
I. 6.2.2 LA MAINTENANCE PREVENTIVE CONDITIONNELLE.....	7
I. 6.2.3 LA MAINTENANCE PREVENTIVE PREVISIONNELLE.....	7
I. 7 SYSTEMES DE GESTION.....	7
I. 7.1 SYSTEME DE GESTION DE LA MAINTENANCE.....	8
I. 7.1.1 LA FIABILITE.....	9
I. 7.1.1.1 LE TAUX DE DEFAILLANCE.....	9
I. 7.1.1.2 LA COURBE EN BAIGNOIRE.....	10
I. 7.1.2 LA MAINTENABILITE.....	10
I. 7.1.3 LA DISPONIBILITE.....	11
I. 7.1.4 SECURITE.....	12
I. 7.1.5 OUTILS DE GESTION ET D'OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE.....	13
I. 7.1.5.1 LE REMPLACEMENT PREVENTIF.....	14
I. 7.1.5.2 L'INSPECTION.....	16
I. 7.1.5.3 LE REMPLACEMENT D'EQUIPEMENTS VETUSTES.....	18
I. 7.1.6 STRATEGIE DE MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTEME DE GESTION DE LA MAINTENANCE.....	19
I. 7.1.7 CONTROLE DE LA MAINTENANCE ET MESURE DE LA PERFORMANCE.....	21
I. 7.1.8 APPLICATIONS.....	21
I. 7.1.8.1 LA MAINTENANCE PRODUCTIVE TOTALE (TPM).....	21
I. 7.1.8.2 LA MAINTENANCE BASEE SUR LA FIABILITE (RCM).....	22
I. 7.1.9 GESTION DE LA MAINTENANCE ASSISTEE PAR ORDINATEUR (GMAO).....	23
I. 7.1.9.1 FONCTIONNALITES D'UN LOGICIEL DE GMAO.....	23
I. 2 PROCESSUS ET CRITERES DE PRISE DE DECISION DE REMPLACEMENT ETUDE DE CAS PRATIQUES.....	24
I. 2.1 RAISONS DE REMPLACEMENT DE MATERIELLE.....	24
I. 2.2 CRITERES DE REMPLACEMENT DE MATERIELS.....	25
I.2.2.1 LA DUREE DE VIE OPTIMALE.....	25

I.2.2.2	LA LIMITE DES COUTS DE REPARATION.....	27
I.2.2.3	LE PLUS BAS DES COUTS TOTAUX (LTCP)	27
I.2.2.4	LE CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE	29
I.2.2.5	LA DISPONIBILITE DU CAPITAL.....	29
I.2.2.5	AUTRES CRITERES.....	29
I.2.3	LES PROCESSUS REMPLACEMENT DE MATERIELLE	30
I.2.3.2	DETERMINATION DES BESOINS DE RENOUVELLEMENT	31
I.2.3.3	OBJECTIFS DU RENOUVELLEMENT	32
I.2.3.4	POLITIQUE DE RENOUVELLEMENT.....	33
I.3	CONCLUSION	37
CHAPITRE II APPLICATIONS DES MODÈLES DE REMPLACEMENT AUX EQUIPEMENTS-CLES DE L'ETHYFOR-ÉTUDE DE CAS PRATIQUES.....		38
II.1.	INTRODUCTION	39
II.2.	IDENTIFICATION DE L'ENTREPRISE	39
II.2.1.	PRÉSENTATION JURIDIQUE DE L'ETHYFOR.....	39
II.2.2.	PRÉSENTATION ANALYTIQUE ET QUALITATIVE DE L'ENTREPRISE :	40
II.2.2.1.	RAPPEL HISTORIQUE :	40
II.2.2.2	ORGANISATION ACTUELLE DE L'ENTREPRISE :	40
a.	<i>Organigramme administratif :</i>	40
b.	<i>Organisation de la production :</i>	41
II.3	ÉTUDE DE CAS :.....	43
II.3.1	ÉTUDE GLOBALE DE REMPLACEMENT DE L'ENSEMBLE DES ÉQUIPEMENTS DE L'ETHYFOR :	43
II.3.2	ÉTUDE DE REMPLACEMENT DE LA PELLE PNEUMATIQUE IMLE071-00115-24 :	44
II.3.3	ÉTUDE DE REMPLACEMENT DE CAMION SNVI C290 IMMATRICULE 001-295-24:	45
II.3.4	ÉTUDE DE REMPLACEMENT D'UN LA PELLE HYDRAULIQUE N° M ^{LE} 041-00294-24	46
II.3.5	ÉTUDE DE REMPLACEMENT D'UN BULL FA150.FIAT ALLIS :	48
II.3.6	ÉTUDE GLOBALE SOLUTION DE REMPLACEMENT DE L'ENSEMBLE DES EQUIPEMENTS DE L'ETHYFOR	49
II.3.7	ÉTUDE DE LA SOLUTION DE REMPLACEMENT DE LA PELLE PNEUMATIQUE MLE071-00115-24	50
II.3.8	ÉTUDE DE LA SOLUTION DE REMPLACEMENT DE CAMION SNVI C290 IMMATRICULÉ : 001-295-24 :	52
II.3.9	ÉTUDE DE LA SOLUTION DE REMPLACEMENT D'UN LA PELLE HYDRAULIQUE N° M ^{LE} 041-00294-24..	54
II.3.10	ÉTUDE SOLUTION DE REMPLACEMENT D'UN BULL FA150.FIAT ALLIS	56
II 4	CONCLUSION	58
CONCLUSION		58
CONCLUSION GENERALE & PERSPECTIVES.....		59
RRÉFÉRENCES		61
ANNEXES		64
ANNEXE A.....		65
ANNEXE B.....		69
ANNEXES C.....		77

LISTE DE FIGURES

FIGURE I.1: MODELE ENTREE DE LA MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE.....	3
FIGURE I.2: PRINCIPAUX DOMAINES D' ACTION DE LA FONCTION MAINTENANCE	4
FIGURE I.3: DIFFERENTES FORMES DE MAINTENANCE.....	6
FIGURE I.4: CONFIGURATION DU SYSTEME DE MANAGEMENT DE LA MAINTENANCE.....	8
FIGURE I.5: EVOLUTION DU TAUX DE DEFAILLANCE D'UN EQUIPEMENT.....	10
FIGURE I.6: RELATION ENTRE LES LIENS TEMPORELS EN FIABILITE, MAINTENABILITE ET DISPONIBILITE	12
FIGURE I.7: CHAINAGE TEMPOREL DES ACTIVITES DE DETECTION ET DE REMISE EN SERVICE.	12
FIGURE I.8: OUTILS D'OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE.....	13
FIGURE I.9: ANALYSE DE DECISION POUR TROUVER LE TEMPS OPTIMAL DE REMPLACEMENT.	14
FIGURE I.10: CONFLIT ENTRE RENOUVELLEMENT PREVENTIF ET RENOUVELLEMENT APRES DEFAILLANCE.	15
FIGURE I.11: FREQUENCE D'INSPECTION VERSUS MTTF (JARDINE, 2011).	17
FIGURE I.12: INTERVALLE OPTIMALE D'INSPECTION.....	18
FIGURE I.13: ÉTAPES DE LA MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE GESTION DE LA MAINTENANCE.	20
FIGURE I.14: LTCP, COUTS SUR LA DUREE DE VIE.	28
FIGURE I.15: LES PROCESSUS REMPLACEMENT.	30
FIGURE II.1: ÉTUDE GLOBALE. DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	44
FIGURE II.2: DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	45
FIGURE II.3: DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	46
FIGURE II.4: DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	47
FIGURE II.5: DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	48
FIGURE II.6: DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	49
FIGURE II.7: COMPARAISON DE COUTS DE REMPLACEMENT VS COUTS DE SOLUTION DE REMPLACEMENT.....	50
FIGURE II.8: DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	51
FIGURE II.9: COMPARAISON DE COUTS DE REMPLACEMENT VS COUTS DE SOLUTION DE REMPLACEMENT.....	52
FIGURE II.10: DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	53
FIGURE II.11: COMPARAISON DE COUTS DE REMPLACEMENT VS COUTS DE SOLUTION DE REMPLACEMENT.....	54
FIGURE II.12: DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	55
FIGURE II.13: COMPARAISON DE COUTS DE REMPLACEMENT VS COUTS DE SOLUTION DE REMPLACEMENT.....	56
FIGURE II.14: DÉPRÉCIATION ET COUTS GLOBAUX VS ANNÉES DE FONCTIONNEMENT.	57
FIGURE II.15: COMPARAISON DE COUTS DE REMPLACEMENT VS COUTS DE SOLUTION DE REMPLACEMENT.....	57

LISTE DE TABLEAUX

TABLEAU II.1 :SITUATION DES ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION DÉTENUS PAR L'ENTREPRISE AU 30/06/2002..... 42

Notations et Symboles utilisés

n°	Symbole	Désignation
01	LCC	Life Cycle Coasting (Cout de durée de vie)
02	MTBF	Temps moyen de bon fonctionnement (Mean Time Between Failure)
03	MTFF	Temps moyen jusqu'à la première défaillance (Mean Time to First Failure).
04	R(t)	Fiabilité
05	λ	Taux de défaillance
06	MTTR	Durée moyenne jusqu'à la réparation d'une entité réparable. (mean time to repair)
07	(A(t))	Disponibilité instantanée
08	(AV(T))	La disponibilité
09	UTR	La disponibilité stationnaire
10	MUT	Le temps moyen de disponibilité (mean up time MUT)
11	MDT	Le temps moyen d'indisponibilité
12	C_{rd}	Représente le coût de remplacement après défaillance
13	C_{rp}	Le coût de remplacement préventif
14	C (t_p)	Le coût total par période de remplacements préventifs
15	MTTF	Le temps moyen de fonctionnement avant la panne (mean time to failure)
16	TPM	La maintenance productive totale
17	RCM	La maintenance basée sur la fiabilité
18	GMAO	Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur
19	CAUE	Coût annuel uniforme équivalent
20	k	La vie utile
21	VS_k	Valeur de récupération si l'actif est retenu k années
22	CAO_j	Coût annuel d'opération durant l'année
23	CAO	Coût d'exploitation annuel
24	ESL	La durée de vie de service économique
25	LTCP	Le plus bas du coût total
26	p.d.r	Pièces de rechange

Introduction

Introduction générale

La maintenance est un facteur important de l'assurance de qualité et détermine le succès à long terme d'une entreprise. Des ressources mal entretenues peuvent provoquer une instabilité et suspendre partiellement ou complètement la production. Des machines défectueuses ou des pannes complètes peuvent devenir un processus coûteux pour la plupart des entreprises.

La maintenance régulière de l'équipement est la clé pour éviter les pannes catastrophiques de l'équipement. Cela peut être rentable à long terme sous la forme d'une efficacité opérationnelle accrue et réduit les coûts. Le coût de maintenance régulier est très faible lorsqu'il est comparé au coût d'une panne majeure au cours de laquelle il n'y a pas de production.

Selon la vision classique, le rôle de la maintenance est de réparer les objets en panne. Prise dans une perspective aussi étroite, les activités de maintenance seront confinées aux tâches d'actions de réparation ou de remplacement d'équipement déclenchés par des pannes.

L'entreprise en demandant un examen et des recommandations sur les processus actuels de maintenance et de remplacement de l'équipement de soutien tente d'éviter des travaux excessifs ou des pannes coûteuses. L'importance d'un programme de maintenance efficace ne peut jamais être négligée car il joue un rôle si important dans l'efficacité de la production au plus juste.

Si la dimension stratégique de la maintenance est également prise en compte, elle devrait couvrir les décisions prises pour façonner les futures exigences de la maintenance. La décision de remplacement d'équipement pour améliorer la fiabilité et la maintenabilité des équipements sont des exemples de ces activités.

Lors de l'usage, l'équipement se détériore et cette détérioration peut être mesurée par une augmentation des coûts d'exploitation et de maintenance. À terme, les coûts d'exploitation et de maintenance atteindront un stade au niveau duquel il devient économiquement justifiable de remplacer l'équipement.

Ce que nous souhaitons déterminer est une politique de remplacement optimale qui minimise le coût total actualisé lié à l'exploitation, à l'entretien et à l'élimination de l'équipement sur une longue période. On supposera que l'équipement est remplacé par un article identique, donc remettre l'équipement à l'état neuf après remplacement. En outre, il est supposé que les tendances des coûts d'exploitation et d'entretien après chaque remplacement restent identiques. Étant donné que l'équipement fonctionne sur une longue période, la politique de remplacement sera périodique, ou nous essayerons de déterminer l'intervalle de remplacement optimal.

Le présent mémoire se compose de deux chapitres. Le **premier chapitre** est une recherche bibliographique consacré à l'importance de la maintenance dans l'industrie, ses différents types, formes, méthodes et techniques d'application. Une seconde partie, de ce même chapitre, est dédiée aux méthodes de prises décision pour le renouvellement d'une flotte d'équipement. D'abord, nous présentons les critères d'aide à la décision de remplacement. Un schéma général des différentes étapes du processus de renouvellement est présenté.

Le **second chapitre** est consacré à des études de cas pratiques et dans lequel nous débutons par une brève présentation de l'entreprise sujet de l'étude (ETHYFOR), suivi par la présentation de son patrimoine, pour finir, par l'application des modèles de décision de remplacement à de cas pratiques.

Enfin, une **conclusion générale**, qui met en exergue les principaux apports de ce travail ; entre autres l'importance de l'analyse des critères d'aide à la décision de renouvellement d'un matériel et qui produit les différentes remarques et observations qui se dégagent de cette étude.

Chapitre I

Recherche
bibliographique sur le
remplacement de
matériel

I. 1Introduction

La maintenance industrielle, qui vise à assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Etroitement liée au développement technologique incessant, à l'émergence de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, La maintenance des équipements de production est un enjeu clé pour la productivité de l'usine ainsi que pour la qualité des produits. La maintenance est la fonction qui doit permettre d'améliorer le taux de disponibilité des ressources de l'entreprise, de réduire les gaspillages.

Le but de la maintenance est de réduire les des risques. Cependant, le coût associé aux actions de maintenance ne doit pas dépasser la valeur des risques. En général, les décisions de maintenance sont basées sur une solide analyse coûts, Le rôle des responsables de la maintenance s'est naturellement étendu à leur implication dans les problématiques de planification stratégique, telles que la capacité de production planification des équipements. Cela inclut la sélection de solutions technologiques et quantification et optimisation des coûts de maintenance dans le cadre du coût du cycle de vie (LCC), qui, à son tour, contribue à l'étude des conséquences pour les investissements à réaliser.

I. 2Définition de la maintenance(norme NF EN 13306)

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. Une fonction requise est une fonction, ou un ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné.

I. 3Les objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000)

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

- ✓ La disponibilité et la durée de vie du bien ;
- ✓ La sécurité des hommes et des biens ;
- ✓ La qualité des produits ;
- ✓ La protection de l'environnement ;
- ✓ L'optimisation des coûts de maintenance

La politique de maintenance conduit, en particulier, à faire des choix entre :

- ✓ Maintenance préventive et/ou corrective, systématique ou conditionnelle ;
- ✓ Maintenance internalisée et/ou externalisée.

I. 4La maintenance dans l'entreprise :

Les pratiques de La maintenance qui n'étaient initialement que deréparation (maintenance curative) ont connu un développement considérable. Actuellement très diversifié dans l'entreprise. La maintenance est actuellement Toute la partie de l'entreprise avec les exigences (réalisation) et les avantages (résultats attendu). Par conséquent, la maintenance appliquer dans l'entreprise est illustrée à la figure I.1[3]

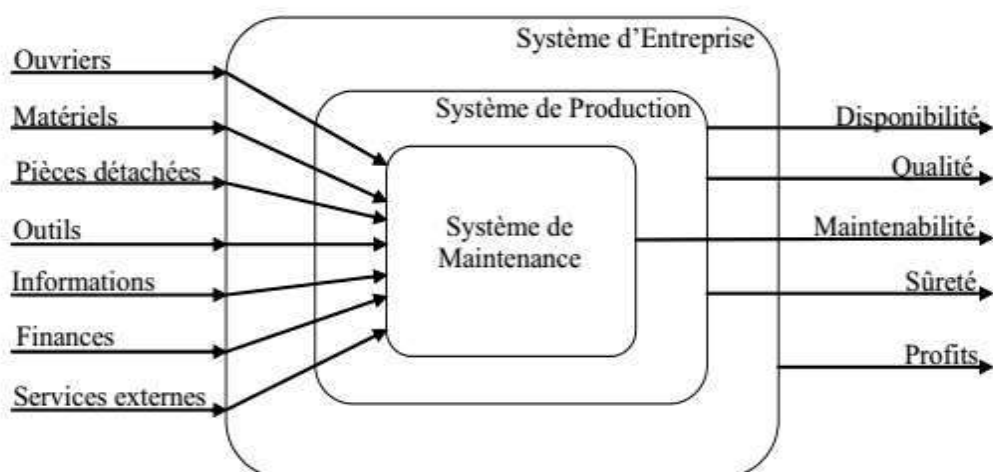


FIGURE I.1 : Modèle entrée de la maintenance dans L'ENTREPRISE

I. 5Les domaines d'action de la fonction maintenance

Les activités qui relèvent de la maintenance sont au moins aussi diverses que la pratique et sont les mêmes. La signification des fonctions de maintenance peut être combinée, comme le montre la figure I.2, qui est très claire pour les activités liées à ce domaine. Par conséquent, avec le temps, la fonction de maintenance est devenue un domaine complexe avec diverses compétences impliquées, y compris des méthodes de recherche opérationnelle pour optimiser divers aspects: l'optimisation des coûts, la gestion des stocks des pièces de rechange, la planification et l'ordonnancement des interventions compte tenu des capacités d'action de l'entreprise ; les compétences pour le diagnostic, pour la prédiction afin d'accomplir les actions de maintenance préventive, etc.

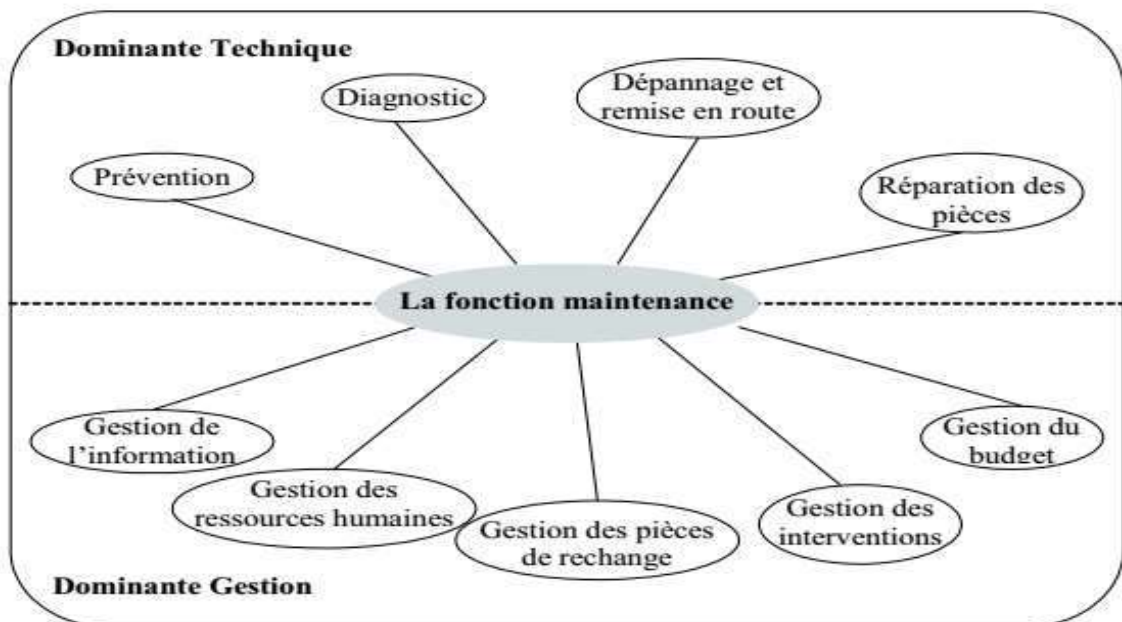


FIGURE II: Principaux domaines d'action de la fonction maintenance

L'évolution de la maintenance a donc ainsi entraîné l'apparition de divers problèmes qui lui

Sont liés il apparaît notamment les problèmes suivants :

- ✓ Organisation de la maintenance et gestion du personnel,
- ✓ Qualité et stratégies de maintenance,
- ✓ Maintenance préventive et modèles de remplacement,
- ✓ Maintenance prédictive,
- ✓ Budgétisation et control de coût,
- ✓ Modélisation et optimisation des systèmes de maintenance,

- ✓ Planification et ordonnancement de la maintenance,
- ✓ Planification des charge (capacité) de maintenance,
- ✓ Approvisionnement et gestion de stocks en maintenance,
- ✓ Maintenance basée sur la fiabilité,
- ✓ Contrôle qualité, processus de capabilité et maintenance,
- ✓ Maintenance productive totale,
- ✓ Techniques de maintenance conditionnelle,
- ✓ Systèmes d'information en maintenance,
- ✓ Gestion du coût d'exploitation des systèmes,
- ✓ Analyse des performance et standards en maintenance,
- ✓ Maintenance et nouvelles technologies pour ne citer que ceux-là. Ces différents problèmes paraissent à divers niveaux de décision et demandent des compétences aussi variées que le sont les natures des problèmes.[1].

I. 6 Les différentes formes de maintenance :

Les différentes pratiques de maintenance sont groupées en deux catégories principales que sont la maintenance à la suite d'une défaillance (la maintenance curative principalement) et la maintenance entrant dans le cadre de la prévention des défaillances (la maintenance préventive systématique et la maintenance conditionnelle, et il y a quelques années, la maintenance prédictive). Les différentes formes de maintenance peuvent être synthétisées comme sur le graphe I.3. Cette figure, très explicite, représente de façon concise et précise les grands groupes de maintenance en pratique. Une bonne politique de maintenance préventive permet de réduire considérablement la nécessité des actions de maintenance corrective. [1].

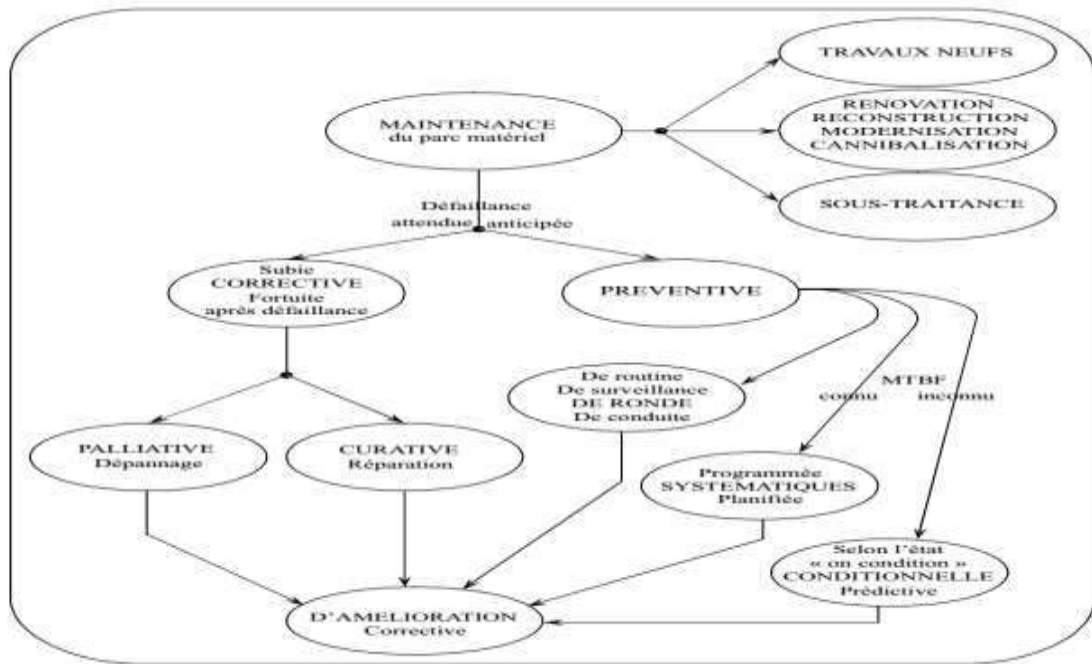


FIGURE III.3 : Différentes formes de maintenance.

I. 6.1 La maintenance corrective

C'est la maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

I. 6.1.1 Maintenance corrective « palliative »

Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelée couramment « dépannage », la maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui doivent être suivies d'actions curatives.

I. 6.1.2 Maintenance corrective « acceptée »

La recherche permanente du meilleur rapport, usage/coût, peut conduire à accepter la défaillance d'un équipement avant d'envisager des actions de maintenance.

I. 6.1.3 Maintenance corrective « curative »

Action de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié pour lui permettre d'accomplir une fonction requise.

I. 6.2 La maintenance préventive

C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

I. 6.2.1 La maintenance préventive systématique

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.

I. 6.2.2 La maintenance préventive conditionnelle

C'est la maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent.

I. 6.2.3 La maintenance préventive prévisionnelle

C'est la maintenance préventive conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien.

I. 7Systèmes de gestion

Le système de gestion est une structure efficace qui peut gérer efficacement les stratégies, processus et procédures existants dans l'organisation. Aujourd'hui, les entreprises sont confrontées à de nombreux défis, tels que l'augmentation de la rentabilité, l'amélioration de la compétitivité dans le contexte de la mondialisation et du changement, et une croissance technologique rapide. Face à ces enjeux, ils doivent être adaptables pour augmenter leur productivité afin qu'ils puissent occuper une place importante sur le marché tout en répondant aux besoins des clients. Un système de gestion efficace peut aider les gestionnaires à promouvoir l'innovation, à mieux comprendre le marché, à réduire les coûts, à accroître la productivité et l'efficacité et à gérer les risques sociaux, environnementaux et sociaux.

Enfin, il peut accroître la satisfaction des clients et des partenaires tout en préservant la marque et l'image de l'entreprise. En mettant en œuvre un système de gestion éprouvé, l'organisation peut enrichir en permanence sa mission, ses stratégies, ses activités et son niveau de service. [2]

I. 7.1 Système de gestion de la maintenance

La gestion de la maintenance intègre quatre niveaux de gestion, soit la gestion des objectifs de la maintenance, la gestion de ressources, la gestion de l'exécution des interventions et l'évaluation des performances. Ainsi, pour configurer un système de gestion, il importe d'avoir une approche systémique à l'aide de flux d'information qui relient ces 4 niveaux de gestion. [4]

Les flux d'information mettent en évidence la structure hiérarchique des éléments de ce système. La configuration de ce système est présentée à la Figure I.4.[4]

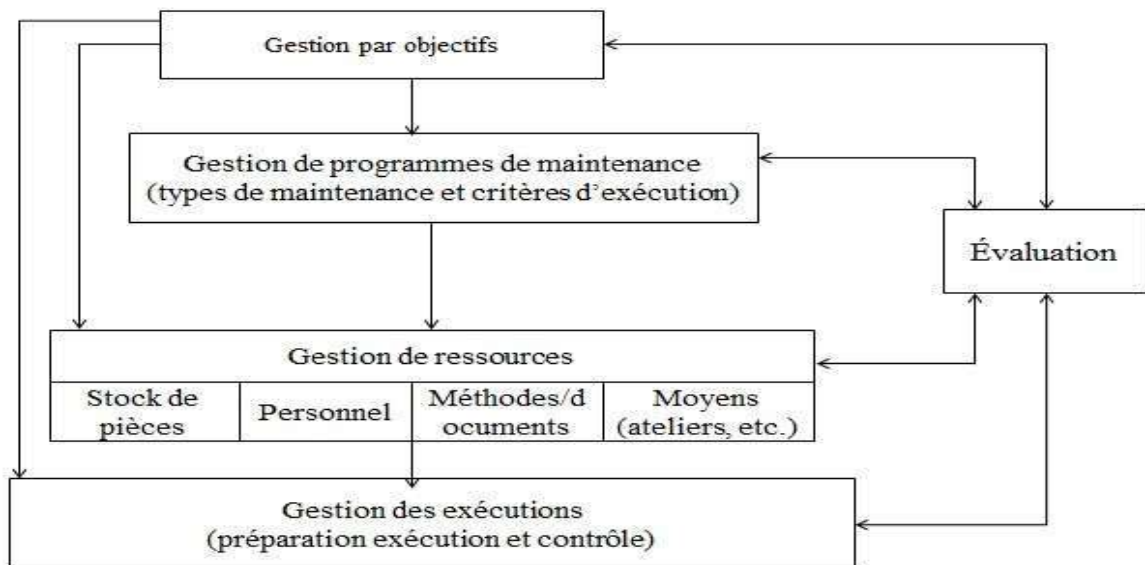


FIGURE IV: Configuration du système de management de la maintenance.

Le premier niveau de gestion comprend la définition et la formulation des objectifs, la définition des responsabilités et la désignation des responsables. Le deuxième niveau, soit la gestion des programmes de maintenance, fait référence aux types de maintenance et leurs critères d'exécution. Le troisième niveau réfère à la gestion des ressources comprend d'abord les méthodes et documents (plans, dessins etc.), la gestion des pièces de rechange (nombre de pièces retournées, retard de

livraison, quantités à commander, homologation des fournisseurs etc.), le personnel interne et en sous- traitance et, finalement les moyens pour réaliser les tâches de maintenance (installations, ateliers, outillage, transport, manutention, communication, etc.).

Le dernier niveau, l'exécution des travaux de maintenance, comprend la préparation, la planification et l'ordonnancement des travaux, l'exécution et le contrôle des réalisations.

Chacun des quatre niveaux requiert de l'évaluation. Elle comprend des indicateurs, l'analyse des coûts et des audits ainsi que le diagnostic de maintenance.

La mise en œuvre d'une approche intégrée de gestion de maintenance a pour but d'assurer la continuité du service, l'allocation optimale des technologies différentes, d'accroissement de la fiabilité, la disponibilité et la maintenabilité des flottes, ceci afin d'optimiser les performances et minimiser les ressources d'exploitation. [2]

I. 7.1.1 La fiabilité

La fiabilité est un des principaux attributs de la sûreté de fonctionnement. La mise en œuvre de la fiabilité a pour objectif d'étudier, de caractériser et de mesurer la défaillance des systèmes afin d'améliorer leur utilisation opérationnelle. Un système est un ensemble d'éléments interdépendants orientés vers la réalisation d'une fonction.

La fiabilité d'un système peut se définir à partir des éléments suivants :

- ❖ Le taux de défaillance ;
- ❖ Le temps de bon fonctionnement (durée de vie du système);
- ❖ Le temps moyen de bon fonctionnement (MTBF : Mean Time Between Failure);
- ❖ Le temps moyen jusqu'à la première défaillance (MTFF : Mean Time to First Failure).
- ❖ La fiabilité, notée communément $R(t)$, traduit le caractère aléatoire de l'accomplissement de la fonction d'un système, conformément à ses spécifications sur une période d'utilisation t .

Elle est définie par :

I. 7.1.1.1 Le taux de défaillance

Le taux de défaillance est un indicateur de fiabilité qui représente :

- ✓ Soit le nombre de défaillances par unité d'usage ;
- ✓ Soit la fonction $\lambda(t)$ qui représente la probabilité d'apparition d'une défaillance d'un équipement à l'instant t :

Le taux de défaillance s'exprime le plus souvent en pannes / heure.

I. 7.1.1.2 La courbe en baignoire

L'allure générale des variations de la fonction $\lambda(t)$ d'un équipement au long de sa durée de vie est une courbe en forme de baignoire. Cette évolution est fréquemment vérifiée sur les systèmes industriels.

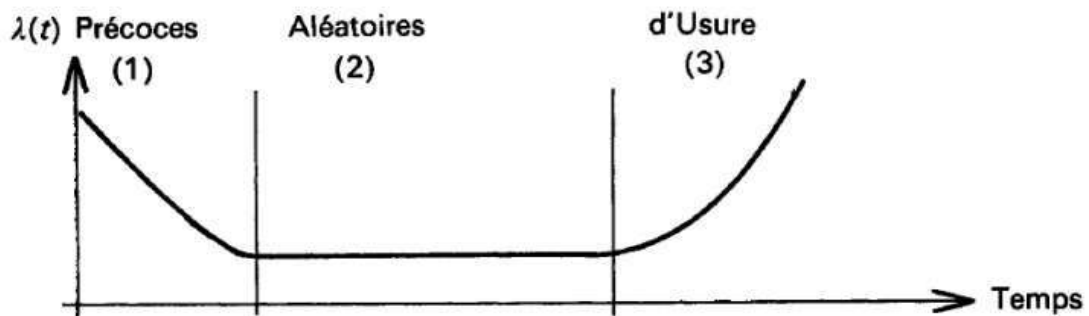


FIGURE I.5: Evolution du taux de défaillance d'un équipement.

La courbe met en évidence 3 périodes distinctes :

1. La période de jeunesse, caractérisée par des défaillances précoces.
2. La période de maturité, caractérisée par des défaillances aléatoires et un taux de défaillance sensiblement constant.
3. La période de vieillesse, ou d'usure, caractérisée par un taux de défaillance croissant jusqu'à obsolescence.

I. 7.1.2 La maintenabilité

Selon [5], la maintenabilité est la probabilité de réaliser une action de maintenance dans un intervalle de temps donné, dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits. La durée de réparation est une variable aléatoire. Le terme MTTR (Mean Time To Repair) est la durée moyenne jusqu'à la réparation d'une entité réparable.

Le temps total de réparation est la somme de deux temps :

- ❖ Le temps de réparation active.
- ❖ Le temps requis pour compléter les procédures administratives.

I. 7.1.3 La disponibilité

La norme AFNOR X 60-500 définit la disponibilité comme « l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée ». [6]

La disponibilité est contingente à la réalisation d'un aléa. Une indisponibilité temporaire résulte en une baisse de la fiabilité. [7]

Selon le secteur d'exploitation d'un système, trois mesures de disponibilité des systèmes dont les caractéristiques opératoires se dégradent avec l'âge et à l'usage peuvent être considérées : [5]

- ❖ La disponibilité instantanée ($A(t)$) : la probabilité que le système soit en opération à l'instant t et ce, indépendamment de ses états précédents
- ❖ La disponibilité ($AV(T)$) : proportion du temps moyen de bon fonctionnement du système dans l'intervalle] $0, T$
- ❖ La disponibilité stationnaire **UTR** : proportion du temps moyen de bon fonctionnement du système sur un horizon infini.

Les grandeurs moyennes associées à la disponibilité les plus utilisés sont :[8]

Le temps moyen de disponibilité ou durée de bon fonctionnement après réparation (Mean Up Time **MUT**) : durée moyenne de fonctionnement après la réparation et la défaillance suivante ;

Le temps moyen d'indisponibilité ou durée moyenne d'indisponibilité (MeanDown **MDT**) : durée moyenne entre une défaillance et la remise en état suivante ;

La durée moyenne entre deux défaillances consécutives de l'entité. En général, on a la relation :**MTBF = MUT + MDT**

La Figure 1.6 [8] montre les relations entre les concepts de durée moyenne jusqu'à la première réparation, la durée moyenne entre défaillances, le temps moyen de disponibilité et celui d'indisponibilité.

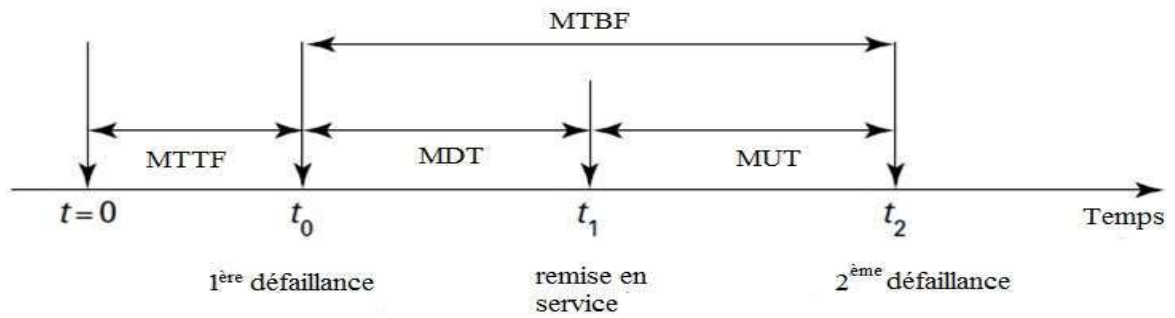


FIGURE I.6: Relation entre les liens temporels en fiabilité, maintenabilité et disponibilité

Pour améliorer la disponibilité des systèmes on peut utiliser différentes stratégies :[5]

- ❖ Utiliser généralement des composants fiables ;
- ❖ Utiliser la redondance lorsque les contraintes de budget, d'espace et autres le permettent. Les systèmes redondants peuvent fonctionner en permanence (redondance active) ou être en attente (redondance passive). Dans l'industrie automobile, c'est ainsi que l'on équipe certains véhicules avec un double circuit de freinage .[8]
- ❖ Mettre en place des stratégies de maintenance préventive ;
- ❖ Utiliser un système de gestion des opérations qui intègre toutes les contraintes de production et de maintenance.

La Figure 1.7: récapitule les liens temporels entre les différents concepts définis en fiabilité, maintenabilité et disponibilité.[8]

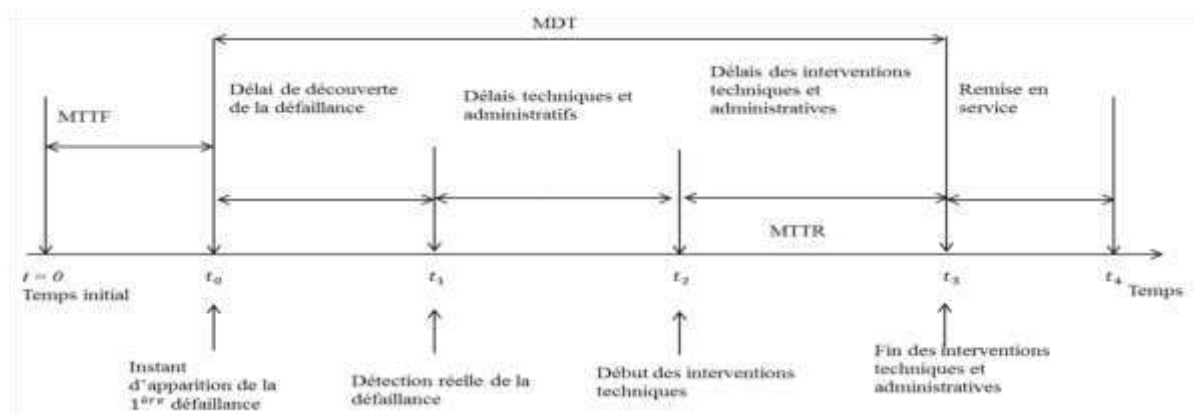


FIGURE V.7: Chaînage temporel des activités de détection et de remise en service.

I. 7.1.4 Sécurité

Les circonstances et les conséquences des catastrophes et des accidents sont variables. Elles montrent que le risque comporte deux aspects : probabilités et conséquences. Au niveau des conséquences, celles-ci se caractérisent par la sécurité :

protection des personnes, de l'environnement mais aussi de la protection de l'outil de production.

Afin de réduire les risques, selon, deux voies peuvent être pratiquées. La première concerne la diminution de la probabilité d'occurrence de « l'événement indésirable » et la deuxième, l'atténuation des conséquences de cet événement. [8].

Les études de sécurité visent essentiellement à évaluer la probabilité de l'occurrence d'un événement indésirable en prenant en compte tous les facteurs initiateurs depuis la conception :

Les facteurs techniques des problèmes de conception, de fabrication, d'assurance qualité, de conduite et de maintenance des produits ;

- ❖ Les facteurs humains : qualité de la formation, ergonomie, procédures.
- ❖ Les facteurs environnementaux : risques naturels, milieux ambiants.

I. 7.1.5 Outils de gestion et d'optimisation de la maintenance.

Les gestionnaires peuvent avoir recours à plusieurs outils. Ces outils font référence, selon [9], au remplacement préventif des équipements avant qu'une panne ait lieu, à l'inspection et au remplacement des équipements qui ont atteint leur durée de vie maximale. La Figure 1.8[4] montre les relations entre ces notions.

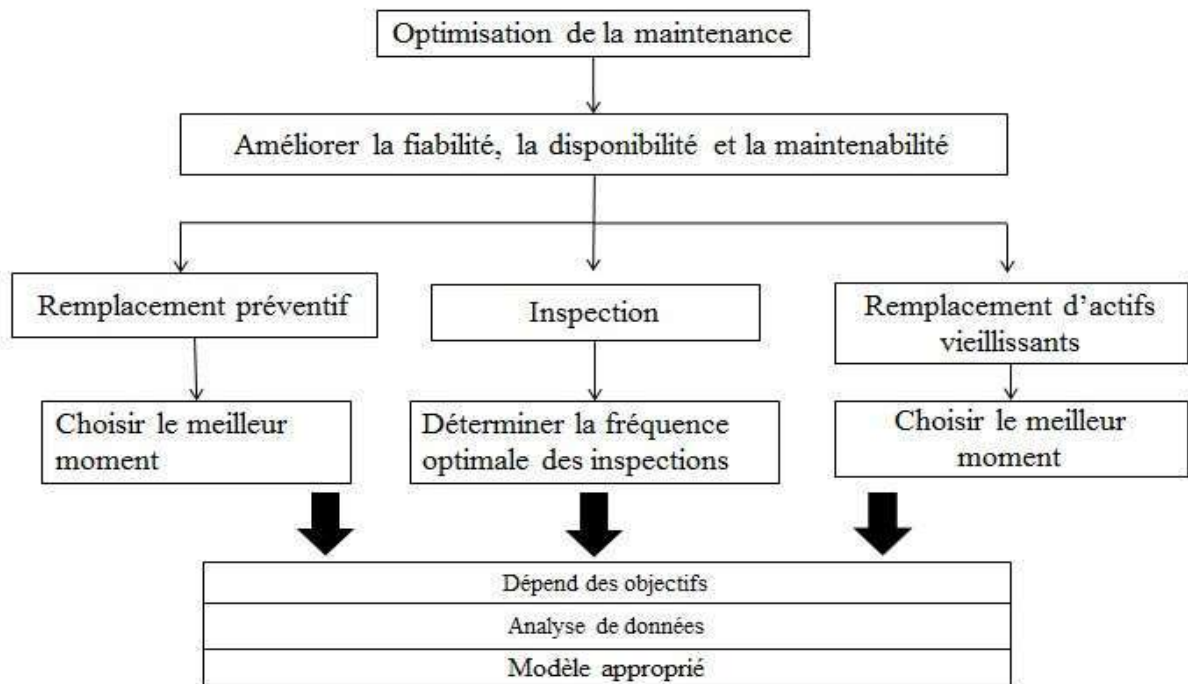


FIGURE VI.8 : Outils d'optimisation de la maintenance.

I. 7.1.5.1 Le remplacement préventif

En règle générale, le remplacement préventif consiste à remplacer les composants critiques au moment optimal avant l'arrivée d'une panne. C'est ainsi possible d'augmenter la fiabilité de l'équipement. C'est une procédure qui prévoit le remplacement, après un moment où l'effet du vieillissement est devenu suffisamment critique, même si la défaillance réelle n'a pas encore eu lieu. Le problème ici est de déterminer quel est le meilleur moment pour le faire en fonction de l'objectif global, soit de minimiser les coûts ou de maximiser la disponibilité. Parfois, le meilleur moment pour effectuer un remplacement préventif permet d'atteindre les deux objectifs, mais pas nécessairement. Ce type de remplacement tente d'optimiser le compromis entre les coûts de préemption de remplacement et les coûts de défaillance. [9].

Selon cet auteur, la détermination du temps optimal de remplacement lorsque la minimisation des coûts est l'objectif à atteindre par les gestionnaires, consiste à comparer le coût de remplacement après défaillance avec le coût de remplacement préventif.

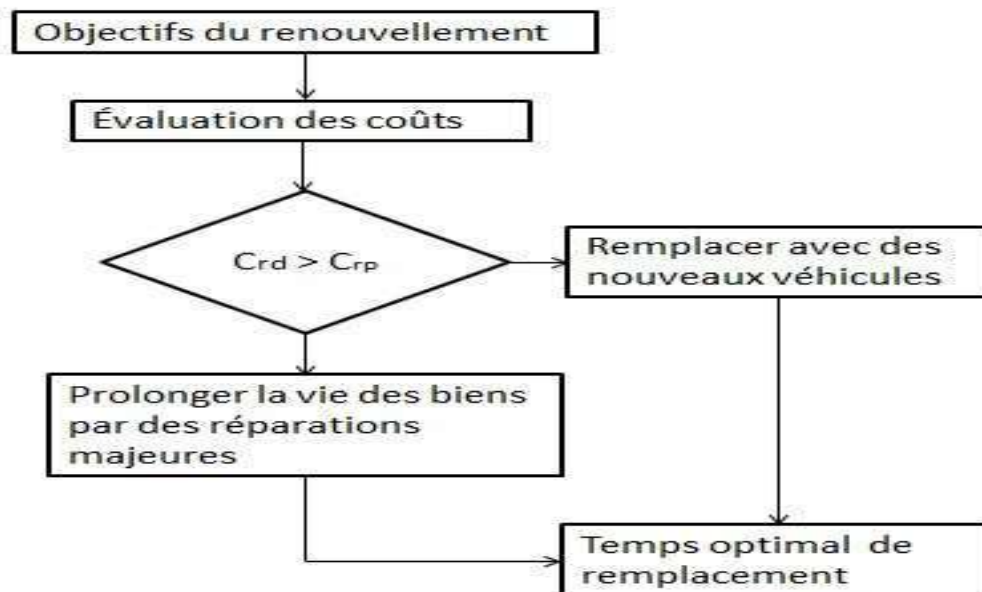


FIGURE VII.9: Analyse de décision pour trouver le temps optimal de remplacement.

Dans la figure 1.9, illustrée en fonction des coûts, C_{rd} représente le coût de remplacement après défaillance et C_{rp} le coût de remplacement préventif.

Le remplacement préventif est souhaitable dans deux cas :

Lorsque le coût est le plus important, le coût de la défaillance soudaine doit être élevé par rapport à celui du remplacement préventif. Si la réduction du temps d'arrêt total est la priorité, le total du temps d'arrêt du remplacement après défaillance doit être plus élevé que celui pour le remplacement préventif. C'est la situation qui arrive généralement dans la pratique.

Le deuxième cas est que le risque de défaillance d'un composant qui est remplacé au cours de la maintenance préventive doit augmenter comme son âge. Autrement dit ce risque se comporte comme une variable stochastique et a une durée de vie X , ou la distribution de probabilité de durée de vie à un taux de défaillances croissant. [10]

La politique de remplacement préventif est parfois appelée la politique d'intervalle constant [9] puisque le remplacement préventif survient à des moments fixes. Le dilemme du temps optimal de remplacement suppose le besoin de trouver un équilibre entre l'investissement dans le renouvellement préventif et les conséquences économiques du renouvellement après défaillance. Ce conflit est illustré dans la Figure I.10[9].

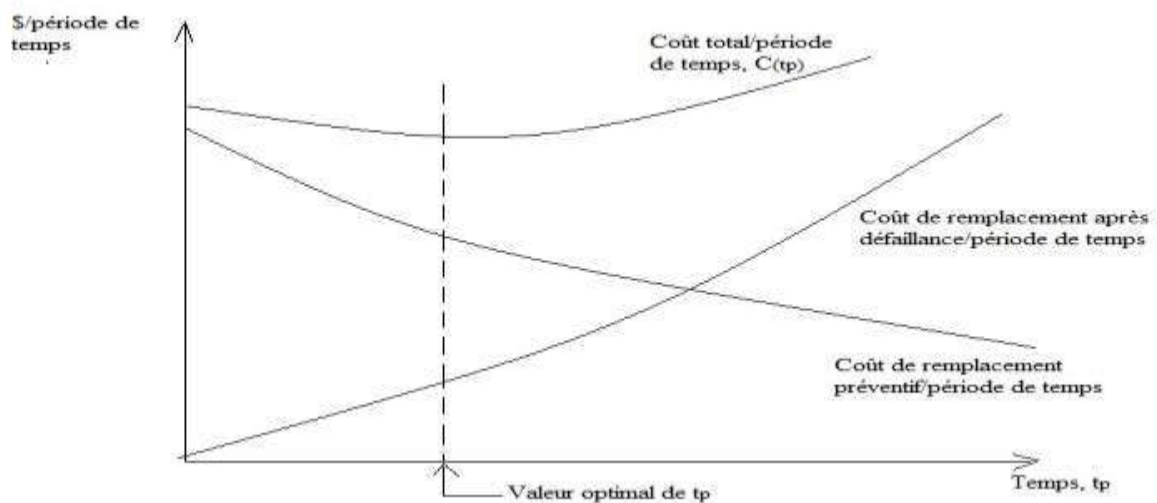


FIGURE I.10: Conflit entre renouvellement préventif et renouvellement après défaillance.

$C(t_p)$ est le coût total par période de remplacements préventifs qui se produisent à des intervalles de longueur t_p , avec les remplacements de défaillance survenant chaque fois que nécessaire. La décision de remplacer avant ou après la défaillance n'est pas évidente puisque parfois le coût après défaillance est plus élevé que lorsque c'est fait à titre préventif. D'où l'importance de déterminer le meilleur intervalle de remplacement préventif en utilisant une méthode appropriée.

D'abord, les gestionnaires ont besoin d'analyser les données afin d'identifier les composants candidats pour le remplacement. Il est essentiel, dans un contexte d'amélioration de la productivité, de pouvoir agir sur les composantes susceptibles de tomber en panne. En conséquence, il est nécessaire d'identifier l'importance relative des composantes pour ensuite pouvoir cibler les interventions de maintenance et ainsi agir sur les composantes le plus critiques. L'analyse de fiabilité permet de cibler les dites composantes.[11]

Ensuite, il importe d'avoir un modèle pour déterminer le moment de remplacement dépendamment des contraintes d'exploitation. Dans son étude, [9] présente une certaine politique de maintenance fondée sur deux modèles, celui de remplacement de bloc et celui basé sur l'âge de remplacement. Le premier est conseillé pour le remplacement de composantes peu coûteuses et le deuxième, dans le cas contraire.

Dans le cadre d'une politique de remplacement de bloc, le remplacement préventif survient à des moments fixes et les remplacements après défaillance lors que nécessaire. En remplacement basé sur l'âge, la composante reste toujours en service jusqu'à l'âge de remplacement préventif. Pour mettre en œuvre cette politique de remplacement, cependant, il est conseillé de tenir un registre permanent de l'âge actuel du composant et de modifier le temps de remplacement prévu en cas d'échec. Le remplacement préventif ainsi conçu aide à réduire les défaillances du système.[9]

I. 7.1.5.2 L'inspection

Une alternative au remplacement préventif consiste à considérer le système dans son ensemble, et de réaliser des inspections régulières pour identifier les situations problématiques. Puis d'effectuer l'entretien mineur, tel que changer une composante ou remplir la boîte de vitesses avec de l'huile, en vue de prévenir une défaillance du système et, en conséquence, de diminuer le taux de défaillance. Ce taux peut être réduit en augmentant la fréquence des inspections. Il est donc nécessaire de savoir quelle est la meilleure fréquence de l'inspection.

Une façon de voir la situation est de considérer le temps moyen de fonctionnement avant la panne (MTTF). Comme le système des défaillances diminue, le

MTTF va augmenter. Ceci est illustré par les fonctions de densité de probabilité $f(t)$ de la Figure I.11 [9]

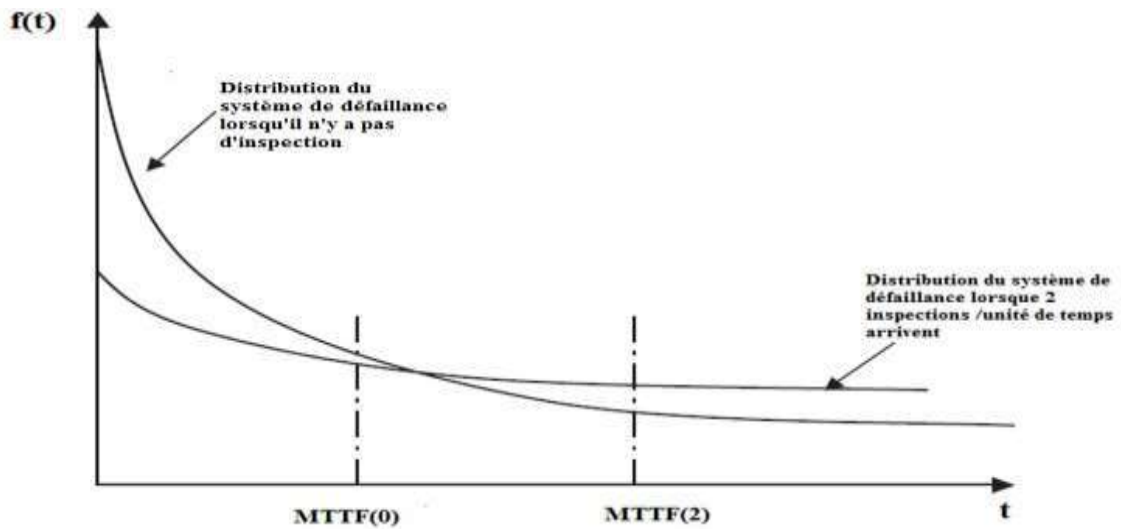


FIGURE VIII.11 : Fréquence d'inspection versus MTTF.

Lorsque la fréquence d'inspection augmente, la MTTF augmente aussi. Si la fréquence d'inspection optimale minimise les temps d'arrêt totaux du système, les courbes de la Figure I.12[9] ainsi obtenues sont contradictoires.

Une approche pour trouver la fréquence optimale d'inspection consiste à surveiller la santé de la maintenance du système par le biais de la maintenance prédictive et de n'agir que lorsque le système émet le signal qu'un défaut va se manifester et qui, s'il n'est pas corrigé, va créer une défaillance du système. Pour suivre ce signal, les méthodes de surveillance les plus courantes sont la surveillance des vibrations et l'analyse d'huile. Il peut être difficile de sélectionner les paramètres de surveillance les plus susceptibles d'indiquer l'état de santé des équipements, de déterminer combien de fois suivre ces paramètres, puis d'interpréter l'influence de ces valeurs mesurées sur le reste de durée de vie utile des équipements et d'agir en conséquence.

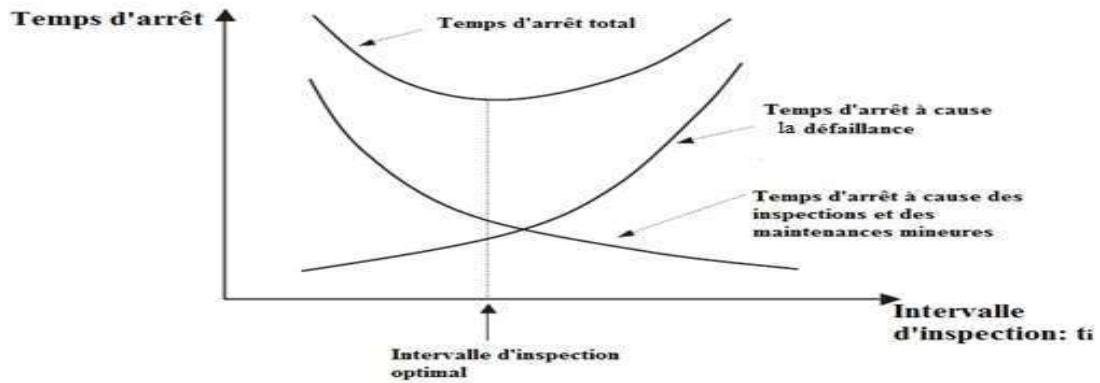


FIGURE I.12 : Intervalle optimale d'inspection.

La maintenance prédictive vise à estimer avec précision la santé de l'équipement, à l'aide de surveillance d'état des équipements. L'objectif est de prendre la décision de maintenance optimale, alliant des considérations économiques avec un risque estimé.

En analysant soigneusement les données de surveillance d'état, ainsi que les informations sur l'âge et la raison pour le remplacement du matériel, les gestionnaires peuvent construire un modèle de risque excellent. Pour optimiser les décisions de maintenance, il faut généralement, en plus de prendre en compte le risque de défaillance, maximiser le bénéfice d'exploitation et la disponibilité de l'équipement ou encore, minimiser le coût total. [9]

I. 7.1.5.3 Le remplacement d'équipements vétustes

Le dernier outil à traiter pour l'amélioration de la fiabilité, de la disponibilité et de la maintenabilité du système est le remplacement des vieux équipements. Le service de maintenance peut être confronté soudainement à des dépenses d'entretien majeur pour l'équipement, soit à cause d'un accident ou encore, parce qu'il est possible de prolonger la vie d'un actif à travers une réparation majeure. Dans les deux cas, le service de maintenance doit décider d'encourir des dépenses d'entretien ou de sortir le véhicule du parc et le remplacer par un nouveau.

En somme, ces outils mis à la disposition des gestionnaires supposent l'utilisation d'une approche pour traiter avec les systèmes réparables plutôt que pour remplacer une unité complètement échouée. Le gestionnaire peut éventuellement la remettre en service avec une action corrective mineure. C'est ce qu'on appelle une

réparation minimale et générale. Des modèles pour remédier à cette situation sont examinés dans .[9]

Pour mettre en œuvre cet ensemble d'outils, l'organisation a besoin de ressources de maintenance appropriées. Il faut décider quelles ressources il devrait y avoir, là où elles devraient être situées, qui doit les posséder et comment elles doivent être utilisées. Avoir trop de ressources n'est pas rentable. Par contre, si des ressources de maintenance suffisantes ne sont pas disponibles, les clients seront mécontents. Le défi est alors d'équilibrer les dépenses sur les ressources de maintenance telles que le personnel, les équipements et les pièces de rechange avec un rendement approprié pour cet investissement.

L'ensemble des outils d'optimisation de la maintenance ainsi que la gestion de ressources font partie du système de gestion de la maintenance. Afin qu'il fonctionne de manière efficace il est nécessaire de concevoir une stratégie pour sa mise en œuvre. C'est la notion qui occupe la section suivante.[2]

I. 7.1.6 Stratégie de mise en œuvre d'un système de gestion de la maintenance

L'objectif est de mettre en place un système de gestion de la maintenance le plus proche possible de l'état idéal qui assure toutes les conditions d'une maintenance efficace. Pour y parvenir il est nécessaire d'avoir fait un diagnostic qui donne des indications sur l'état actuel de la flotte. La stratégie mise en place doit être telle qu'elle réponde aux recommandations du diagnostic d'une part, et tienne compte des conditions idéales d'une bonne maintenance d'autre part.

Le processus de mise en place d'un système de gestion de la maintenance est un processus long, qui fait appel à beaucoup de ressources. C'est pourquoi ce processus doit être planifié, organisé et géré. Pour bien mener ce processus il est convenable d'avoir recours à la méthode de gestion de projet. [4]

Le processus de mise en œuvre peut se développer en suivant les étapes décrites dans . Ces étapes sont mises sous forme de diagramme, présenté à la Figure 1.13 : [4]



FIGURE IX.13: Étapes de la mise en place d'un système de gestion de la maintenance.

Du point de vue général, le processus de mise en place d'un système de gestion est mené en trois phases, soit la préparation, la mise en place et l'évaluation. La première étape, c'est-à-dire, la préparation et planification de l'implantation réfère à la définition du projet, au choix de l'unité pilote et à la codification des équipements. Le choix de l'unité pilote est important parce qu'il permet de faire l'implantation de façon graduelle en commençant par cette unité et de poursuivre après avec les autres. L'unité pilote doit être représentative, ce qui veut dire qu'elle doit refléter toutes les difficultés de l'ensemble des installations.

La deuxième étape consiste à mettre en place des méthodes et de moyens du processus de gestion et implique la définition des objectifs, des choix de modes de maintenance, de gestion des moyens et de gestion des travaux de maintenance. La troisième étape, soit la formation du personnel, a lieu parce qu'il est nécessaire de rendre opérationnel la configuration. La quatrième étape consiste à implanter des méthodes proprement dites, elle intègre des nouvelles pratiques. La cinquième étape vise à évaluer le système de l'unité pilote. La sixième étape comprend le développement d'une stratégie pour généraliser l'implémentation à tous les secteurs de l'installation. La dernière étape consiste à évaluer le processus et le système de gestion de la maintenance; c'est une évaluation qualitative systématique du fonctionnement de ce système. [2]

I. 7.1.7 Contrôle de la maintenance et mesure de la performance

Le contrôle de la maintenance a pour but de mesurer, de compiler et d'analyser l'information afin de contrôler la performance de la maintenance, d'apporter les correctifs nécessaires et ainsi, d'assurer l'optimisation de la productivité globale des installations . [12]

Voici une méthode qui assure un bon contrôle de la maintenance :

- ❖ Établir un système d'information qui repose sur un système de bons de travail efficace, centré sur l'équipement ;
- ❖ Obtenir et analyser des informations claires, pertinentes et précises ;
- ❖ Identifier rapidement les équipements problématiques ;
- ❖ Initier les mesures correctives nécessaires (rechercher les véritables causes par des techniques);
- ❖ Mesurer l'amélioration continue de la maintenance par comparaison à des cibles prédéfinies ou par des indicateurs.
- ❖ Le contrôle de la maintenance se fait à partir de la main d'œuvre, les stocks maintenance et les matériaux, les coûts et la performance des travaux de maintenance.

Pour une gestion adéquate de la performance d'un département de maintenance, il est fort utile d'avoir des indicateurs fiables et appropriés à l'activité du transport dans sa globalité. Ils doivent être mis en œuvre afin d'atteindre des objectifs fondamentaux tels que déterminer l'efficacité de la flotte en ce qui a trait à la distribution et préciser l'efficacité du processus.[2].

I. 7.1.8 Applications

Sous cette rubrique sont considérées quelques notions sur la maintenance productive totale (TPM) et la maintenance basée sur la fiabilité.

I. 7.1.8.1 La maintenance productive totale (TPM)

La maintenance productive totale (MPT) (TPM) fonde ses concepts sur une collaboration étroite entre tous les intervenants de l'organisation pour pouvoir agir sur les sources de gaspillage dans tous les domaines : temps, énergies, main d'œuvre,

pièces de rechange, entre autres. De cette façon, la TPM cherche à éliminer les facteurs perturbateurs qui sont à l'origine des pertes de rendement (Najahi, 2003). Donc, le critère de référence, le rendement global devient l'objectif premier et non la disponibilité. Dans ce cadre, pour motiver la participation et l'implication de tous les acteurs, le management se fait par cercles de réflexion composés d'agents directement concernés par la notion de mission et par les orientations à prendre.

L'un des piliers le plus importants de la TPM est la maintenance autonome, appelée auto maintenance. Elle s'exprime de manière la plus visible par la délégation des tâches les plus simples vers les opérateurs de conduite des machines et se fait progressivement, ainsi que l'organisation est bâtie collectivement, par l'ensemble des acteurs, lors d'échanges au cours de ce que l'on peut nommer des cercles TPM.

Le fait constaté par la littérature est que les compagnies qui ont intégré la TPM dans leurs systèmes de gestion ont réalisé des économies substantielles et, en conséquence, ont amélioré leur compétitivité à tous les plans.[4]L'implantation de la TPM n'est pas facile et, pour cette raison, elle doit se faire de manière structurée et avec les outils pertinents. Plusieurs facteurs sont en cause dans cette complexité et font en sorte que la mise en place d'un tel système varie d'une organisation à l'autre.

Le but de la Lean Maintenance est d'obtenir le meilleur rendement des équipements, à moindre coût (Les eaux, 2010). [2].

I. 7.1.8.2 La maintenance basée sur la fiabilité (RCM)

La préoccupation principale de la maintenance basée sur la fiabilité est l'optimisation des tâches de la maintenance préventive. Cette optimisation consiste à modifier les fréquences et les tâches de maintenance. Alors que certaines tâches sont éliminées parce qu'ils ne sont pas adaptés, d'autres sont modifiées dans leur contenu et d'autres appliquées à des composants et des sous-ensembles. Les nouvelles données ainsi générées vont répondre de façon objective aux besoins d'exploitation .[4]

L'évaluation et l'identification des équipements critiques, ainsi que leurs défaillances fonctionnelles, constitue le préalable pour déterminer les nouveaux besoins en maintenance.

Afin de déterminer les équipements critiques, le service de maintenance a recours à la surveillance. Alors des questions sont posées:[9]

- ❖ Pourquoi surveiller ?
- ❖ Quels sont les éléments d'équipement à surveiller ?
- ❖ Quelles sont les technologies de surveillance à utiliser ?

La maintenance centrée sur la fiabilité (RCM), aide à trouver les bonnes réponses à ces questions.

La RCM s'inscrit dans le cadre d'un projet d'entreprise, c'est pourquoi elle joue un rôle important. Elle présente tant les objectifs que la politique à appliquer pour le projet afin de favoriser la participation des services de qualité, de maintenance et de production. La direction établit les priorités de ces services quant à la productivité, la qualité, la fiabilité et la logistique de maintenance. Ensuite, la direction organise une équipe avec son pilote respectif qui est le chef d'équipe.

Les tâches de l'équipe sont :[4]

- ❖ Élaborer les nouveaux plans de maintenance technique ;
- ❖ Déterminer les moyens d'évaluation de l'état des équipements ;
- ❖ Diagnostiquer les défaillances et les moyens logistiques.

Pour accomplir ces tâches, l'équipe doit suivre une démarche basée sur quatre étapes décrites dans. De la même façon, l'équipe doit être en mesure d'étudier les défaillances fonctionnelles en ce qui concerne leur identification, leurs causes, leurs conséquences, la manière dont elles se manifestent et les moyens pour les prévenir, pour les prédire ainsi que ce qu'on peut faire s'il n'est pas possible de les prévenir ou les prédire.[4]

I. 7.1.9 Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO)

Toutes les activités d'un service de maintenance, dans ses aspects techniques, budgétaire et organisationnel, peuvent être organisées, programmées et suivies grâce à un système informatique de gestion de la maintenance. Ce système constitue un progiciel organisé autour d'une base de données à partir de terminaux disséminés dans les bureaux techniques, les ateliers, les magasins et les bureaux d'approvisionnement.[13]

I. 7.1.9.1 Fonctionnalités d'un logiciel de GMAO

La mise sous informatique de la gestion du service maintenance d'une organisation apparaît aujourd'hui incontournable pour la plupart des secteurs d'activité. Dès lors qu'un service maintenance est structuré et a fait la preuve de l'efficacité de son entreprise, l'outil de GMAO se révèle indispensable par sa capacité de mise en mémoire, par ses possibilités de traitement d'informations, par ses interfaces et par sa réactivité.

La prolifération de produits de GMAO lors des dernières années entraîne un regroupement des entreprises, cet aspect étant à prendre en compte par les acheteurs (critère de pérennité du produit et de l'entreprise).

I. 2 Processus et critères de prise de décision de remplacement étude de cas pratiques

I. 2.1 Raisons de remplacement de matérielle

Le remplacement c'est le besoin existe toujours pour la fonction, mais remplir la fonction avec un autre système est plus avantageux. Certaines des raisons pour lesquelles un système peut être remplacé sont brièvement mentionnées ici :

- ❖ Fin de vie physique, c'est-à-dire qu'aucune réparation ne le ramènera à un niveau de performance acceptable.
- ❖ Manque de soutien du fournisseur.
- ❖ Coût de maintenance élevé.
- ❖ Coût de fonctionnement élevé.
- ❖ Besoin d'un produit de meilleure qualité qui ne peut pas être produit par le système actuel.
- ❖ Besoin d'une plus grande productivité et / ou efficacité.
- ❖ Passer à des systèmes moins exigeants en main-d'œuvre.

- ❖ Sécurité - le système actuel ne satisfait plus aux normes ou réglementations de sécurité De nouvelles réglementations environnementales sont imposées que le système ne peut pas satisfaire.
- ❖ Ajout du prestige de posséder un modèle de technologie supérieure.
- ❖ Obsolescence (mise hors service) le processus pour devenir obsolète c'est ne plus être utilisé.
- ❖ Les possibilités de location ; possibilités de louer de l'équipement spécialisé pour une utilisation saisonnière.

Pour l'une des raisons ci-dessus, le système est alors remplacé par un système similaire ou différent pour continuer généralement la même opération et fournir la sortie. Le système remplacé peut avoir ou non une valeur de revente ou de récupération, et le système de remplacement peut avoir ou non le même profil financier à vie.[2]

I. 2.2 Critères de remplacement de matériels

Sur la base d'une analyse complète, Critères de remplacement font référence à des facteurs ayant un impact significatif sur la politique de remplacement. La détermination des critères de Remplacement permet de déterminer plus facilement quels modèles peuvent être utilisés. Par conséquent, l'entreprise peut choisir d'utiliser une ou plusieurs critères. Essentiellement, l'un des critères de classement les plus couramment utilisés est l'économie, qui comprend : La durée de vie optimale, les limites des coûts de réparation, le plus bas des coûts totaux et l'utilisation décroissante.[14]

I.2.2.1 La durée de vie optimale

La vie économique fait référence à la période entre la mise en service d'un équipement et le moment opportun du remplacement. Pendant cette période, le coût de possession est le plus bas. Des recherches ont été menées pour trouver la durée de vie économique optimale d'équipement L'une des méthodes les plus populaires basées sur la durée de vie optimale en tant qu'agent est l'analyse du coût du cycle de vie.[15]

La méthode qu'ils utilisent et appelée «la méthode de valeur annuelle » et se réfère à la vie de service économique. Selon ces auteurs, la durée de vie de service

économique d'équipement est le nombre d'années n , durant lesquels le coût annuel uniforme équivalent (CAUE) est au minimum, en tenant compte des estimations des coûts les plus récents sur toutes les années possibles de durée de vie des actifs.

Une façon d'aborder cette analyse est d'acquérir des données provenant d'autant des équipements que possible et d'obtenir les moyennes pour ces dépenses. Pour ce faire, un modèle de régression linéaire peut être utilisé pour déterminer chaque composant des coûts prévus sur le nombre d'années de vie des équipements. Cette façon d'aborder le problème considère l'âge des équipements comme la variable indépendante. Une autre régression linéaire peut être utilisée pour déterminer le nombre attendu de défaillances par période d'années n . Encore une fois, l'âge d'équipement est considéré comme la variable indépendante. Pour le cas spécifique du coût d'opportunité en raison de défaillance catastrophique, il peut être calculé sur la base de la probabilité d'une défaillance catastrophique. Si on considère que l'âge d'équipement suit une distribution normale avec une moyenne et un écart type données, la probabilité cumulée de défaillance catastrophique va augmenter avec l'âge. La probabilité peut être calculée en utilisant tout simplement l'Excel.

Pour trouver le coût minimum de vie utile, on augmente la valeur de la vie utile, appelée k , à partir de 1 jusqu'à la valeur maximale attendue pour l'actif, N c'est-à-dire, $k=1, 2, 3, \dots, N$. Pour chaque valeur de k se calcule la valeur du CAUE $_k$ en utilisant la formule suivante : [15]

$$CAUE_k = (AP, i\%, k) - VS_k (AF, i\%, k) + [\sum_{j=1}^k CAO_j (P/F, i\%, j)](AP, i\%, k) \quad (2.1)$$

✓ Où VS_k : Valeur de récupération si l'actif est retenu k années et CAO_j coût annuel d'opération durant l'année j ($j=1, 2, 3, \dots, k$) Les éléments suivants doivent être transformés en valeurs annuelles (AW) pour chaque nombre d'années, où le véhicule est étudié, pour un taux d'intérêt i :

Le coût d'acquisition du **équipement** ;

- ✓ Les coûts d'opération et de maintenance (coûts d'entretien majeur, coût d'opportunité et coût d'opportunité en raison de défaillances catastrophiques).
- ✓ La valeur de récupération à l'année n .
- ✓ La valeur de récupération à la fin Ces dépenses en valeur annuelle seront ensuite additionnées pour obtenir une valeur du coût d'exploitation annuel (CAO) pour

chaque année. La valeur annuelle de récupération de capital doit ensuite être ajoutée au CAO pour obtenir la durée de vie de service économique (ESL). Le temps optimal de remplacement serait celui où l'ESL est à un minimum. Il est important de rendre compte de tous les coûts qui dépendent de l'âge du véhicule. Toutefois, si le coût ne change pas avec l'âge du véhicule (tels que le coût du travail dans certains cas particuliers), il peut ne pas être inclus dans le calcul.[2]

I.2.2.2 La limite des coûts de réparation

La limite de réparation est une limite sur le montant d'argent qui peut être consacré à la réparation d'un véhicule à un emploi particulier.[14] Les valeurs des limites de réparations sont fonction du type, de l'âge et, dans certains cas, de l'emplacement d'équipement. Un équipement dont les travaux de réparation vont au-delà du coût total de réparation spécifique, n'est pas réparé, mais est mis hors service. Ainsi, la limite réparation fournit une politique de remplacement économique qui assure que les véhicules dépassant en permanence ce coût sont mis hors de service.[16]

I.2.2.3 Le plus bas des coûts totaux (LTCP)

Le calcul du point le plus bas du coût total (LTCP) est basé sur le concept de la courbe des coûts sur la durée de vie pour chacun des équipements. La courbe de coût total est obtenue par la somme du coût d'entretien cumulé par unité de temps spécifique et du coût en capital cumulé par unité de temps de fonctionnement spécifique. Le coût en capital est obtenu en déduisant du coût d'acquisition, le crédit d'impôt et la valeur de revente.[11] L'évaluation des coûts de propriété doit tenir compte des facteurs tels que l'inflation, l'intérêt, l'actualisation des coûts, l'amortissement et les crédits d'impôts liés à l'achat ou à la location d'équipement.

Les coûts d'entretien indiquent le montant total dépensé dans le maintien des unités en état de fonctionnement. La courbe de coûts sur la durée de vie considère les coûts d'opération et de maintenance sur toute la vie utile du véhicule. Selon cette méthode, les coûts initiaux de même que les coûts subséquents sont évalués.

Une structure simplifiée des coûts sur la durée de vie du véhicule est illustrée à la Figure I.13[10]. Cette structure suppose une utilisation constante des équipements et de l'inclusion des coûts dus aux pannes dans les coûts d'entretien, sauf les réparations qui sont causées par l'abus de l'opérateur. Cette structure montre la relation inverse entre les coûts d'entretien et les coûts d'acquisition en fonction du temps.

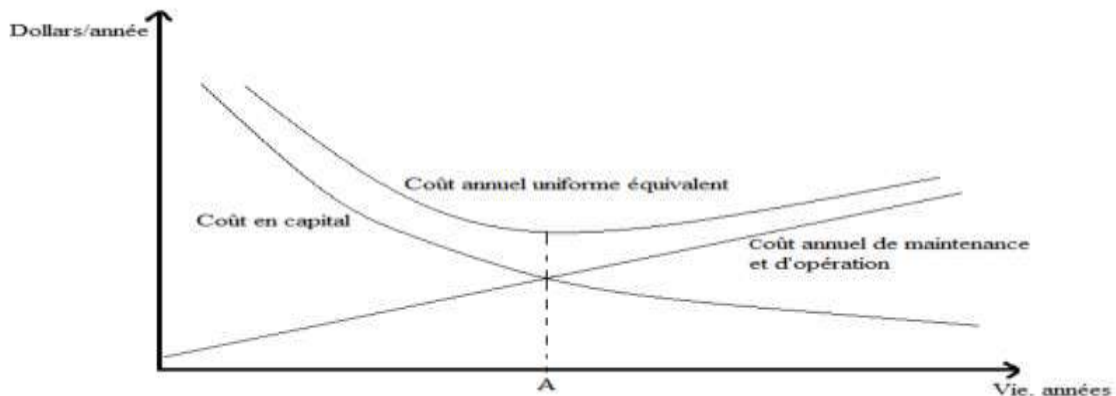


FIGURE X.14:LTCP, coûts sur la durée de vie.

Le point A dans la Figure I.14 est le plus bas du coût total (LTCP) et s'obtient en projetant la courbe du coût total dans le temps. Il est possible, par extrapolation de planifier un remplacement de l'équipement avant que des réparations majeures deviennent nécessaires.

Le point visé est le moment où l'équipement sera opérationnel à son plus bas coût total. La courbe de coûts totaux commence à diminuer après un certain temps jusqu'à un certain point où les coûts commencent à augmenter ce qui veut dire que le matériel commence à consommer progressivement les revenus générés.

Même si la courbe des coûts commencera à augmenter après ce point, et c'est à ce moment que les équipements seront prêts pour le remplacement, cela ne veut pas dire qu'il s'agit du point de coupure pour remplacement de l'équipement. Alors, il y a un intervalle réel où les gestionnaires des flottes peuvent faire le remplacement avant que les coûts totaux ne deviennent trop élevés. Cet intervalle commence un peu avant et se rend un peu après le point le plus bas des coûts. [2]

I.2.2.4 Le changement technologique

Traditionnellement, une nouvelle technologie est évaluée soit en termes de l'augmentation des revenus qu'elle amène ou de la diminution des coûts d'acquisition et d'exploitation de la nouvelle technologie. La plupart de ces modèles supposent que la technologie améliore de manière déterministe, (en termes de coûts et revenus) et le calendrier des améliorations technologiques est connu d'avance. Si l'hypothèse de ces modèles est une bonne première approximation, elle ne s'adapte pas toutefois à la réalité du fait que les améliorations technologiques peuvent rarement être prévues avec certitude. Il n'y a pas longtemps que des changements technologiques dans l'incertitude ont été pris en considération dans les recherches portant sur la modélisation du problème de renouvellement en raison de ces changements.[17]

I.2.2.5 La disponibilité du capital

Il importe, dans une politique de remplacement de connaître la limite de la disponibilité des fonds. Il peut être nécessaire d'introduire un modèle de disponibilité du capital et du coût des capitaux supplémentaires au fil du temps par divers moyens. Les principales sources de fonds pour une industrie sont les amortissements et les bénéfices non répartis, les actions privilégiées, les baux de location, les ventes, les prêts bancaires etc.[2]

I.2.2.5 Autres critères

A identifié les critères utilisés dans la pratique par les entreprises. On y retrouve entre autres le kilométrage parcouru par heure, le temps de service, les coûts d'opération, les coûts de réparation, le coût d'acquisition, l'évaluation physique et les différentes normes fixées essentiellement à partir de l'expérience. Ainsi, dans la pratique, nombre d'entreprises utilisent le classement simple des actifs en tenant compte un critère de remplacement spécifique. Selon la même étude, le choix des critères utilisés dans les décisions de remplacement provient de l'expérience et non pas de modèles scientifiques. La revue de littérature et de sondage téléphonique que a mené montrent qu'il y a une divergence entre la théorie et la pratique. Le résultat du

sondage téléphonique indique que les critères de kilométrage / heure et des heures de service sont utilisés par 89% des personnes contactées. Seulement 56% utilise des limites des coûts de réparation dans leurs modèles. Dans les décisions de remplacement définitif, les gestionnaires peuvent tenir compte d'un ensemble de critères dépendamment de l'importance qui leur est octroyée dans la politique de renouvellement. Certains de ces critères peuvent être facilement quantifiables tandis que d'autres pas nécessairement.[14]

I.2.3 Les processus remplacement de matérielle

Même si différentes façons de concevoir et de réaliser le remplacement existent, plusieurs activités sont accomplies selon une logique organisée en étapes. Nous parlons d'abord de l'analyse de l'état actuel du parc qui nous fournit les données de base de ce processus. Vient ensuite la détermination des besoins qui nous mène à la fixation des objectifs d'une politique de renouvellement. Cette politique peut être conçue comme un cadre de référence pour la prise de décisions concernant la sélection des vieux équipements et des stratégies d'acquisition des nouveaux. Nous pouvons concevoir ces étapes comme faisant partie d'un processus qui est illustré à l'aide de la Figure I.15[2]

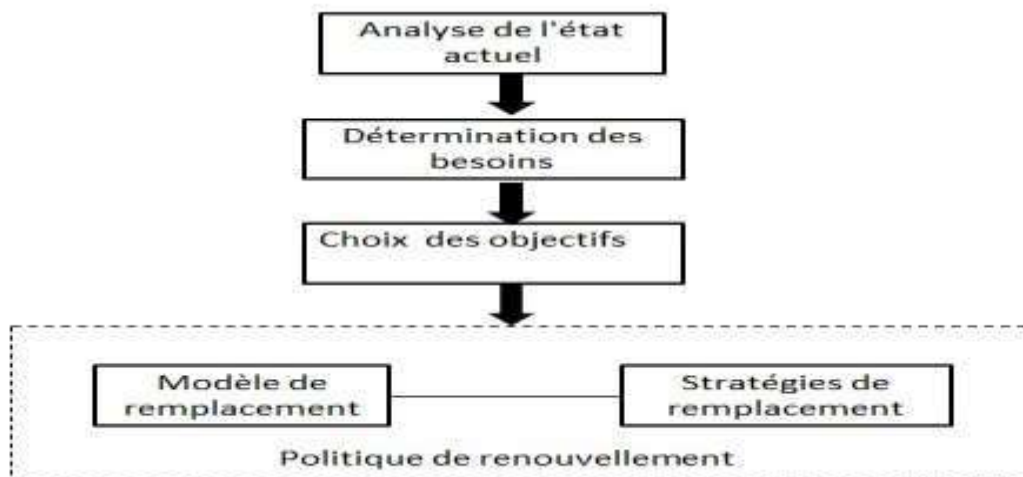


FIGURE I.15:Les processus remplacement.

I.2.3.1 Analyse de l'état actuel du matériel

L'un des éléments majeurs d'un processus de renouvellement est la préparation et l'analyse données de base. La façon de faire des entreprises pour définir ces données varie selon le modèle de remplacement établi. Ainsi, la collecte et l'analyse de données constituent le point de départ du processus de renouvellement et donnent au gestionnaire des pistes d'actions concrètes permettant des gains en matière économique et environnementale.

À partir de l'analyse de ces données, il est possible d'obtenir un diagnostic de l'état des lieux. Celui-ci met en évidence les points faibles et propose un plan d'amélioration si cela est nécessaire. Le diagnostic doit être fait par une personne responsable, qui connaît bien les pratiques de l'entreprise et qui est en mesure d'identifier le potentiel d'amélioration.

Dans le contexte d'un processus de renouvellement, le diagnostic peut être utilisé pour ressortir les besoins et les points d'amélioration de l'efficacité de l'équipement. Par ailleurs, les décisions de maintenance influencent, de façon directe, celles concernant le renouvellement. C'est pourquoi il s'agit de tirer profit du diagnostic de maintenance pour y intégrer le diagnostic de renouvellement.

Le diagnostic doit être fait afin d'obtenir un bilan technique et environnemental. Plusieurs actions peuvent être réalisées afin d'obtenir un bilan précis de la flotte. [18]

Le bilan technique est alors suivi par le bilan environnemental. Il consiste à faire l'analyse environnementale de l'équipement dans l'optique du développement durable. Une attitude responsable des entreprises exige l'estimation des impacts de leurs activités sur l'environnement. Il s'agit de compléter les données techniques existantes par des indicateurs environnementaux .

I.2.3.2 Détermination des besoins de renouvellement

À partir du bilan technique et environnemental, il est possible d'identifier les besoins en matière de renouvellement. Les facteurs clés qui peuvent ressortir de cette analyse doivent être examinés et ajustés périodiquement. En voici une liste :

- ✓ L'utilisation de la flotte.
- ✓ Les indicateurs de durée de vie utile.
- ✓ Le délai de remplacement actuel.
- ✓ La réduction des coûts.

- ✓ Les besoins d'entretien.
- ✓ L'amélioration du temps de réparation.
- ✓ D'autres exigences opérationnelles

D'ailleurs, les résultats de l'évaluation de l'état des lieux peuvent être utilisés pour établir un programme de renouvellement en fonction des besoins identifiés et ainsi d'améliorer l'efficacité du système de gestion de la maintenance (appelé MMS en anglais) pour l'enregistrement des activités d'entretien.

À partir des besoins détectés, il est possible de déterminer les objectifs du renouvellement et les bénéfices qui en découlent. C'est ce qui est abordé dans la section suivante. [2]

I.2.3.3 Objectifs du renouvellement

Il est possible de mettre en place différentes actions de renouvellement. En premier lieu, il peut être conçu comme un travail important qui n'augmente pas la capacité de conception de l'actif, mais restaure, réhabilite, remplace ou renouvelle un actif existant à son potentiel de service d'origine. Ce travail peut aussi être appelé « mise à jour ». En deuxième lieu, le renouvellement peut donner comme résultat la diminution du nombre de véhicules si l'objectif est de maintenir un équilibre entre la capacité de la flotte et la demande. En dernier lieu, il peut mener à une mise à jour au-delà de la capacité actuelle qui se traduit par l'augmentation de la taille et de la capacité.[19]

Les entreprises seront intéressées à ramener la flotte à son potentiel de service d'origine lorsque celle-ci est devenue vieillissante, constituée de véhicules anciens, chers et en perte de compétitivité, mais que la flotte répond bien aux exigences de la demande. C'est donc un rajeunissement important de la flotte qu'il faut rendre possible.

Si l'objectif est de maintenir un équilibre entre la capacité de la flotte et la demande, les objectifs du renouvellement peuvent pointer sur la diminution du nombre de véhicules en privilégiant l'acquisition de véhicules plus performants, construits de façon à permettre une plus grande flexibilité afin de répondre aux exigences changeantes de la demande et ce, dans le respect de l'environnement.

Les entreprises peuvent profiter du renouvellement pour augmenter la taille de la flotte et desservir d'autres zones. C'est le cas contraire à la situation décrite au paragraphe précédent. Ainsi, de nouveaux actifs peuvent résulter de la croissance des besoins économiques, sociaux ou environnementaux.

Que ce soit pour maintenir, diminuer ou augmenter la taille et la capacité de la flotte, les objectifs peuvent s'exprimer en termes de maximisation de la productivité, de minimisation des impacts environnementaux, économiques et de sécurité publique des incidents de pollution par l'utilisation des véhicules vieillissants.

Il importe de souligner l'importance que revêt une formulation adéquate des objectifs de renouvellement. Ils constituent la matière première pour la formulation d'une politique de renouvellement qui réponde, de la meilleure façon, aux besoins et tient compte de toutes les contraintes de la flotte. Ce point nous mène à nous concentrer sur la politique de renouvellement.[2]

I.2.3.4 Politique de renouvellement

Une politique de renouvellement constitue le cadre de référence pour prendre des décisions relatives aux critères déterminant les candidats à remplacer, au choix du modèle de remplacement approprié et aux stratégies de renouvellement.

La formulation et la mise en œuvre d'une politique de remplacement joue un rôle important dans le développement technique et économique d'une organisation. Les gestionnaires de flottes doivent identifier périodiquement les véhicules à remplacer, en tenant compte des contraintes telles qu'un budget de remplacement limité. Ils doivent agréger de nombreux paramètres quantitatifs dans le cadre d'une politique de remplacement optimale à travers un modèle approprié qui devient un outil précieux dans la formulation des aspects objectifs du processus de décision [20]

L'élaboration d'une politique de renouvellement est influencée par des contraintes spécifiques dont la disponibilité des fonds est une des plus marquantes. Étant donné les différentes stratégies d'obtention de sources de fonds pour supporter l'exploitation de l'entreprise, les possibilités de développement de politiques en matière de remplacement sont aussi vastes et diversifiées. Par exemple, si une automobile est supposée ne pas avoir de valeur de récupération, la politique à

développer sera différente que pour celle qui en a une valeur. Dans le même sens, la politique changera s'il s'agit de renouveler une flotte de véhicules semblables au lieu d'une flotte dont les véhicules sont de différents types. Cette situation particulière s'appelle, respectivement, politique de remplacement individuel ou de groupe.

Le remplacement individuel constitue une politique selon laquelle le remplacement est effectué individuellement en fonction du taux de défaillance ou de mortalité obtenus à partir d'un large échantillon de base. En contrepartie, le remplacement de groupe suggère l'existence d'un nombre de véhicules du même type à un coût non négligeable et qui sont de plus en plus responsable des défaillances. Dans de tels cas, il peut être plus économique de remplacer les véhicules du même groupe comme une mesure préventive qui peut être réalisée périodiquement. [10]

Certaines politiques peuvent donner lieu à des remplacements caractérisés par de longs délais tandis que d'autres peuvent être assez réguliers. Ainsi, le remplacement tardif provoque une augmentation de la charge de l'entretien annuel et une incidence plus élevée d'immobilisation des véhicules tandis que le remplacement précoce traîne des dépenses excessives de capitaux. Dans cet éventail de possibilités se retrouvent tant la politique de remplacement préventif que la politique de remplacement lorsque la réparation n'est plus envisageable. [20]

Une politique de remplacements tardifs peut être désastreuse pour une entreprise. Reporter le remplacement des équipements peut parfois conduire à une baisse du niveau de service rendu aux clients, et à long terme, une récession économique peut se produire. Même s'il est possible d'argumenter de façon logique et pratique, les raisons pour remplacer un équipement à un certain moment précis de sa vie en tenant compte de tous les facteurs, de nombreuses entreprises peuvent le retarder. En dehors du temps de remplacement économique, il y a certaines raisons pour lesquelles l'organisation peut préférer retarder le remplacement des équipements dont : [10]

- ✓ L'entreprise fait des profits avec son équipement actuel ;
- ✓ L'équipement actuel est opérationnel et de qualité acceptable ;
- ✓ Il existe une incertitude associée à la prévision des dépenses d'une nouvelle technologie, tandis que les dépenses de l'équipement actuel sont relativement certaines ;

- ✓ Les coûts irrécupérables influencent psychologiquement les décisions de remplacer le matériel ;
- ✓ La décision de remplacer l'équipement est un engagement plus fort pour une période de temps dans l'avenir que de le faire au moment actuel;
- ✓ Les gestionnaires ont tendance à être conservateurs dans les décisions concernant le remplacement des équipements coûteux ;
- ✓ Il peut y avoir une contrainte budgétaire pour l'achat de nouveaux équipements, mais aucune pour l'entretien des équipements existants ;
- ✓ Il peut y avoir une incertitude concernant la demande future pour les services de l'équipement en question ;
- ✓ Il prévaut une attitude passive face au fait que les améliorations technologiques dans l'avenir pourraient rendre obsolètes les équipements actuellement disponibles ;

Il peut y avoir une réticence à être un pionnier dans l'adoption de nouvelles technologies qui fait en sorte que l'entreprise attend de nouvelles actions de la part de la concurrence au lieu de remplacer tout de suite.

Par ailleurs, les politiques avec des périodes de remplacements régulières supposent des investissements en capitaux nécessitant une attitude d'ouverture face aux disponibilités de fonds de remplacement. C'est dans cet esprit qu'une politique de remplacement préventif s'inscrit. Ce concept est étudié plus en détail dans le cadre des outils de gestion et d'optimisation de la maintenance.

Étant donné que les politiques peuvent varier d'une entreprise à l'autre en fonction des besoins et de contraintes d'exploitation, le défi des gestionnaires est, dans la pratique, de trouver une politique de remplacement optimale qui réponde, de la meilleure façon, aux conditions particulières et aux objectifs en matière de remplacement.

De cette manière, une politique de remplacement optimale serait celle qui donne le remplacement des véhicules à un moment opportun et au coût le plus bas possible. Le remplacement opportun de véhicules augmente la sécurité du public, contrôle les coûts de maintenance et de réparation, permet une meilleure gestion de coûts de propriété des actifs, une gestion efficace de la flotte et des activités de

maintenance, projette une image positive aux clients, à la haute direction et au public en général.

La question suivante qui découle de la politique de renouvellement est de savoir comment identifier les candidats à remplacer parmi les membres de la flotte afin que les coûts soient minimisés ou afin d'atteindre tout autre objectif. En conséquence, nous accordons une place propre aux différents modèles de renouvellement qui permettent de répondre à cette question. La section suivante vise à établir une taxonomie de ces modèles qui sont mis à la disposition des gestionnaires pour choisir lequel il est possible de mettre en œuvre en accord avec la politique de renouvellement.

I.3 Conclusion

Dans ce chapitre de recherche bibliographique, nous avons cité les différents types de maintenance, leurs formes, leurs méthodes et techniques d'application, Le choix entre ces méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique del'entreprise. La stratégie de maintenance a des répercussions directes sur l'exploitation d'un système, sur la production et bien évidemment sur les charges financières. Lors du choix de la méthode de maintenance, il faut arbitrer entre les performances que l'on souhaite obtenir du système de production et les coûts que l'on est prêt à assurer pour le maintenir. Il faut donc trouver un équilibre entre un niveau de disponibilité des équipements que l'on veut garantir et un niveau acceptable des coûts directs de maintenance (personnel, matériels). Et ainsi, nous avons cité raisons de remplacement de matériels, leurs critères et leur Les processus pour but déterminer les décisions de remplacement associées aux biens d'équipement en tenant compte du cycle de vie coûts des décisions (LCC), les problèmes d'équipement ont tendance à traiter établir de la durée de vie économique des équipements essentiellement utilisés régulièrement chaque année décider de remplacer l'équipement actuel par un équipement technologiquement supérieur et, dans l'affirmative, à quel moment décider de la meilleure action : garder ou remplacer.

Chapitre II
APPLICATIONS DES
MODÉLES DE
REMPACEMENT
AUX
EQUIPEMENTS-
CLES DE
L'ETHYFOR- Étude
De Cas Pratiques.

II.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons tenter d'appliquer les modèles théoriques de remplacement vus dans le chapitre I. La direction de l'entreprise ETHFOR nous a permis d'avoir un libre accès à toute sa documentation technique ayant trait à son équipement et ce pour essayer d'adapter ces mêmes modèles de remplacement à sa flotte. Dans ce chapitre, nous débutons par une brève présentation de l'entreprise ETHYFOR, puis un inventaire de son matériel de travaux publics. Et enfin, nous finissons par l'application des modèles de remplacement à des cas pratiques.

II.2. Identification de l'entreprise

II.2.1. Présentation juridique de L'ETHYFOR

- ❖ Dénomination : ENTREPRISE DES TRAVAUX HYDRAULIQUES ET FORESTIERS DE GUELMA PAR ABRÉVIATION ETHYFOR
- ✓ Date de création : 1976
- ✓ Date de passage à l'autonomie : 1996
- ✓ Statut juridique : EPE/spa,
- ✓ Capital social : 30000000,
- ✓ Actionnaire : SGP est-sud/est,
- ✓ Adresse : ROUTE DE CONSTANTINE DE 29 -GUELMA,
- ✓ DOMAINE D'ACTIVITÉ : TRAVAUX HYDRAULIQUES ET FORESTIERS, ASSAINISSEMENT,

II.2.2. Présentation analytique et qualitative de l'entreprise :

II.2.2.1. Rappel historique :

L'entreprise de travaux hydrauliques et forestiers par abréviation E.T.HY.FOR. GUELMA est créée par le décret interministériel du 02 Aout 1989. Son patrimoine de départ est issu du transfert de l'actif et du passif des bilans au 31 Juillet 1989 de deux entreprises dissoutes la S.TRA. H.W. (Société des Travaux Hydrauliques de la Wilaya) et L'EMIFOR.

II.2.2.2 Organisation actuelle de l'entreprise :

a. Organigramme administratif :

L'organigramme fait ressortir principalement :

- ❖ Cinq Directions :
- ✓ Commerciale ;
- ✓ Ressources Matérielles ;
- ✓ Réalisation ;
- ✓ Ressources Humaines ;
- ✓ Finances et Comptabilité ;
- ✓ Une structure légère de contrôle de gestion ;
- ✓ En projet une cellule d'organisation et d'informatique ;
- ✓ Un bureau d'Hygiène et de sécurité ;

L'ensemble des structures suscitées sont regroupées en mono-unité pilotées par le Président Directeur Général.

b. Organisation de la production :

- ❖ Les centres de responsabilité de base sont constitués par les chantiers de réalisation codifiés et suivi par la direction des études et de la réalisation.
- ❖ Les centres de responsabilités dits de soutien logistique sont regroupés dans une structure intitulée : “Direction des Ressources Matérielles”.
- ❖ Elle comprend notamment :
 - ✓ L’unité de fabrication d’élément en béton;
 - ✓ L’unité de ferrailage;
 - ✓ Le service des approvisionnements (achats et gestion des stocks) ;
 - ✓ Le service maintenance;
 - ✓ La gestion du parc à matériel;

Le reste des structures constitue un soutien administratif à l’activité.

Les principaux produits et prestations réalisées par l’Entreprise dans ses domaines des travaux hydrauliques et des travaux forestiers sont :

- ✓ Le béton;
- ✓ Les terrassements;
- ✓ Les réseaux;
- ✓ Les équipements;
- ✓ La mise en valeur des terres;
- ✓ Les prestations accessoires (ferraillages, fabrication de buses, locations...);

TABLEAU 1: situation des équipements de production détenus par l'entreprise au 30/06/2002

U=1.000DA

Liste des équipements de production	N ^{br}	Coût d'achat probable	Planning d'achat	Observations
Maintenance				
* Grue demag	01	800	2003	Bloc moteur fissuré
* Bull 21 C	01	2000	2004	Moteur coulé
* Pelle à Chenille	03	900	2004	Usure normale chaînes+diverses pièces
* Camions C260	02	1600	2004	Rénovation moteur
* PC 300 FIAT	01	900	2003	Rénovation moteur+Éléments bv
* Porte engin 54T	01	500	2003	Pneumatique 160+ diverses pièces
*Retro chargeur	02	800	2004	Rénovation+fourniture arbre,
Case	02	800	2004	convertisseur
* OM 55(1Plataux, 1aménagé)	01	200	2003	Rénovation moteur, Pneumatique+divers p.d.r
* C170	02	500	2002	Pneumatique+divers p.d.r
* TOYOTA FJ60	01	100	2003	Moteurs, freinages et Pneumatique
* V.W Fourgons (ambulance)			Moteur+ Pneumatique
S/TOTAL		9100		
Renouvellements				
*Dumper	03	450	2003	
* Bétonnières	02	260	2002	
* Camions 20T	02	8000	2002	
* Pompes à bétons	01	1000	2004	
* Véhicules utilitaires	01	1200	2003	
* outillages et instruments	02	1600	2003	
		450	2002	
			
S/TOTAL		12960		

TOTAL GENERAL		22060		
---------------	--	-------	--	--

II.3 Étude de cas :

Dans cette partie du chapitre, nous allons présenter, dans un premier temps, une étude globale concernant l'ensemble de la flotte de l'entreprise ETHYFOR. Dans un second temps, des études personnalisées cibleront quatre engins choisis en fonction.....

II.3.1 Étude globale de remplacement de l'ensemble des équipements de l'ETHYFOR :

La méthodologie adaptée dans cette étude est d'utiliser des données réelles de la flotte de l'entreprise ETHYFOR. L'échantillon de la période d'analyse est de 17 ans (2002-2018), les coûts sont donnés par année. Après analyse, les résultats obtenus sont extrapolés sur l'ensemble des durées de vie des équipements. La figure montrant la variation de la dépréciation (valeur en capital d'un actif) au cours du temps et qui affiche une décroissance de cette valeur au fur et à mesure que la durée de vie augmente, tandis que les coûts cumulés du fonctionnement et de maintenance augmentent. La durée de vie théorique optimale est le point où le coût annuel moyen est au minimum et définissent la vie économique. D'un point de vue financier, l'objet de coût du cycle de vie minimum est l'âge idéal de la retraite et ou remplacement, indiqué en années de vie. Cette analyse doit être soumise aux mêmes conditions de travail, afin d'observer une tendance similaire. Selon l'actif le type, les spécifications de conception et le service à effectuer. Pour cette étude de cas, certains aspects doivent être pris en compte. Le coût cumulé jusqu'à une certaine année est le résultat du total coût d'investissement plus les frais de maintenance et les frais d'exploitation. Tous les coûts ont été accumulés jusqu'à cette année plus la valeur de dépréciation de cette année.

Le coût global minimal déterminer le moment optimal pour le renouvellement d'équipements, qui présente le plus bas coût éventuel pour le fonctionnement de l'ensemble.

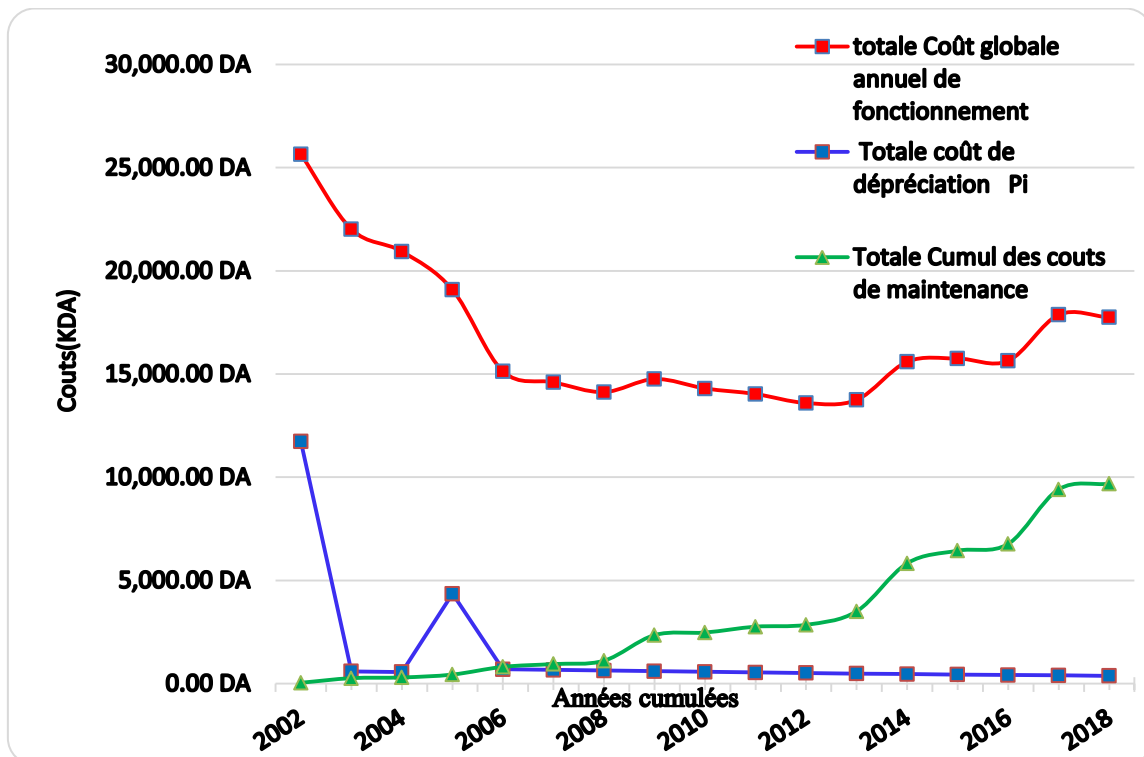


FIGURE XI.1 : ÉTUDE GLOBALE. Dépréciation et couts globaux vs Années de Fonctionnement.

II.3.2 Etude de remplacement de la pelle pneumatique imle071-00115-24 :

La pelle pneumatique, immatriculée : **071-00115-24** est de marque Liebherr a vu le long de son service des hauts et des bas. Ce comportement est symbolisé par le graphe de la figure (II.2) et qui représente la variation, (l'évolution), des couts en fonction de temps (années) et synthétisant ces couts pour obtenir le cout global et puis permettre une comparaison entre ces coûts dans l'analyse.

Le cout global est calculé en répartissant la maintenance et les coûts de remplacement tout au long de la durée de vie prévue de l'équipement. Pour un équipement conservé pour une durée plus courte le délai a une perte de valeur en capital plus élevée, mais des Cumul des couts de maintenance ou couts

d'exploitation inférieurs. Plus le matériel est conservé longtemps, la dépréciation de la valeur du capital est moindre par an mais, tandis que le cumul des coûts de maintenance ou coûts d'exploitation augmentent donnant une courbe de coût global dont la forme est donnée par la figure (II.2.)

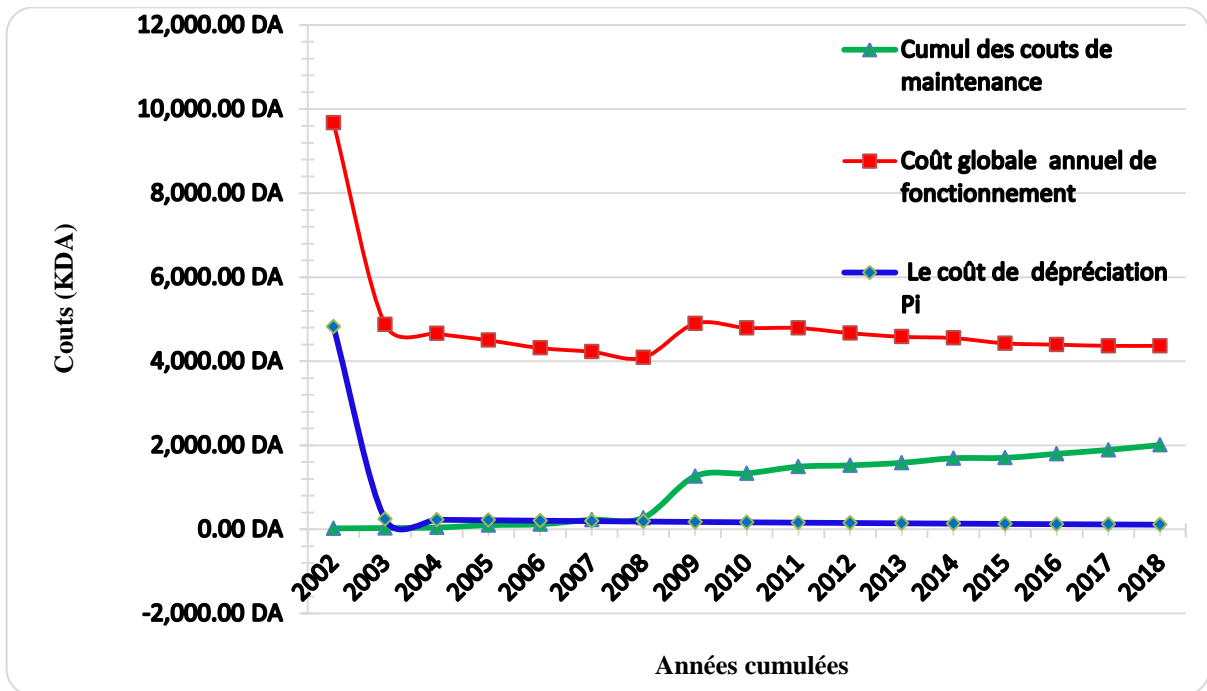


FIGURE II.2:Dépréciation et coûts globaux vs Années de Fonctionnement.

La figure (II.2) montre la diminution des performances, en raison de la détérioration matérielle, au cours de son utilisation et qui affiche trois courbes : le cumul des coûts de la maintenance (en vert), la dépréciation de la valeur du matériel (en bleu) et enfin la somme de ses deux grandeurs symbolisées par le coût global du capital (en rouge). L'activité ou le système en place ne parvient plus à remplir ses fonctions avec le niveau de fiabilité, lequel conduit généralement à une augmentation des coûts d'exploitation, ainsi qu'à une diminution de la qualité et de la sécurité, causant des pertes de ventes et accusant des surcoûts de maintenance.

II.3.3 Étude de remplacement de Camion SNVI C290 immatriculé 001-295-24:

Le camion C290, immatriculée : 001-295-24 est de marque SNVI est équipé d'un moteur Caterpillar et d'une boîte à vitesse FULLER. le comportement des coûts de maintenance est symbolisé par le graphe de la figure II.3, donnant une allure similaire à celles des figures passées.

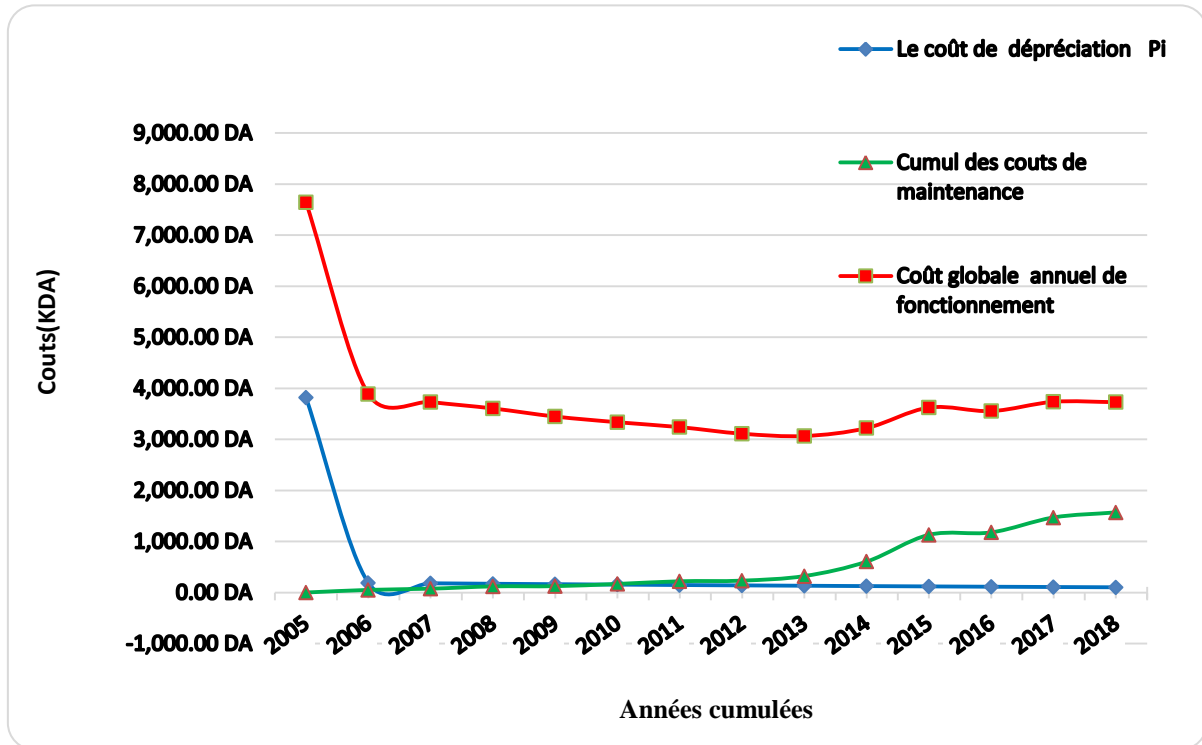


FIGURE II.3 :Dépréciation et coûts globaux vs Années de Fonctionnement.

II.3.4 Etude de remplacement d'un la pelle hydraulique N° m^{le}041-00294-24

La pelle hydraulique, immatriculée : **071-00115-24** et de marque Liebherr a vu le long de son service des hauts et des bas. Ce comportement est symbolisé par le graphe de la figure II.4 et qui représente la variation, (l'évolution), des coûts en fonction de temps (années) et synthétisant ces coûts pour obtenir le cout global et puis permettre une comparaison entre ces coûts dans l'analyse. De même, le cout global est calculé en répartissant la maintenance et les coûts de remplacement tout au long de la durée de vie prévue de l'équipement. Pour un équipement conservé pour une durée plus courte le délai a une perte de valeur en capital plus élevée, mais des Cumul des coûts de maintenance ou coûts

d'exploitation inférieurs. Plus le matériel est conservé longtemps, la dépréciation de la valeur du capital est moindre par an, tandis que le cumul des coûts de maintenance augmente donnant une courbe de coût global dont la forme est donnée par la figure II.4.

Comme les graphes précédents l'évolution, des coûts en fonction de temps (années) qui permet de tracer de trois courbe le premier c'est la dépréciation de la valeur pelle hydraulique que prendre une forme décroît jusqu'à une valeur mini (79681.67 DA), le deuxième c'est l'augmentation les cumules de coûts de maintenance que prendre une fonction croissante jusqu'à une valeur max (2826846 DA), et le troisième diminuer jusqu'à une valeur minimale (2708621 DA) et après augmente jusqu'à une valeur (4509475.781 DA).

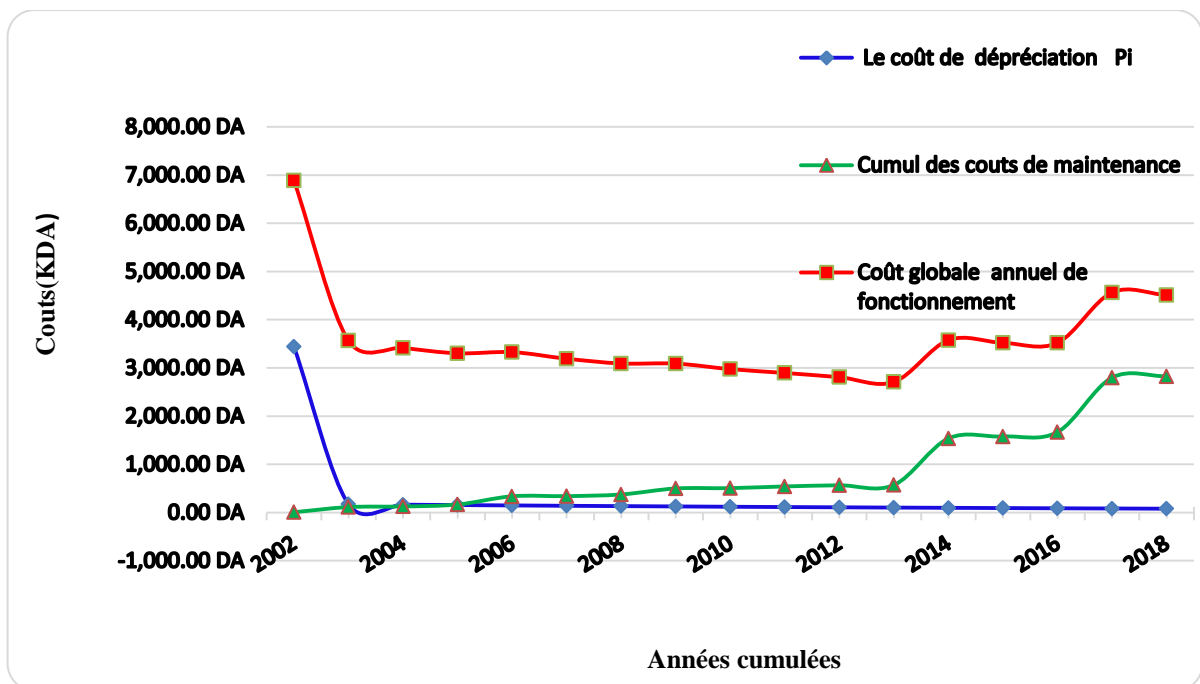


FIGURE XII.4: Dépréciation et coûts globaux vs Années de Fonctionnement.

II.3.5 Etude de remplacement d'un Bull FA150.fiat allis :

Le bulldozer FA150, immatriculée : **061-00115-24** est de marque Fiat-Allis est équipé d'un moteur Fiat à refroidissement par eau. Le comportement de ces couts d'exploitation est affiché dans le graphe de la figure II.5 et qui représente la variation, (l'évolution), des couts en fonction de temps (années) et synthétisant ces couts pour obtenir le cout global et puis permettre une comparaison entre ces coûts dans l'analyse.

Le cout global est calculé en répartissant la maintenance et les coûts de remplacement tout au long de la durée de vie prévue de l'équipement. Pour un équipement conservé pour une durée plus courte le délai a une perte de valeur en capital plus élevée, mais des Cumul des couts de maintenance ou couts d'exploitation inférieurs. Plus le matériel est conservé longtemps, la dépréciation de la valeur du capital est moindre par an, tandis que le cumul des couts de maintenance ou couts d'exploitation augmentent donnant une courbe de cout global dont la forme est donnée par la figure II.5.

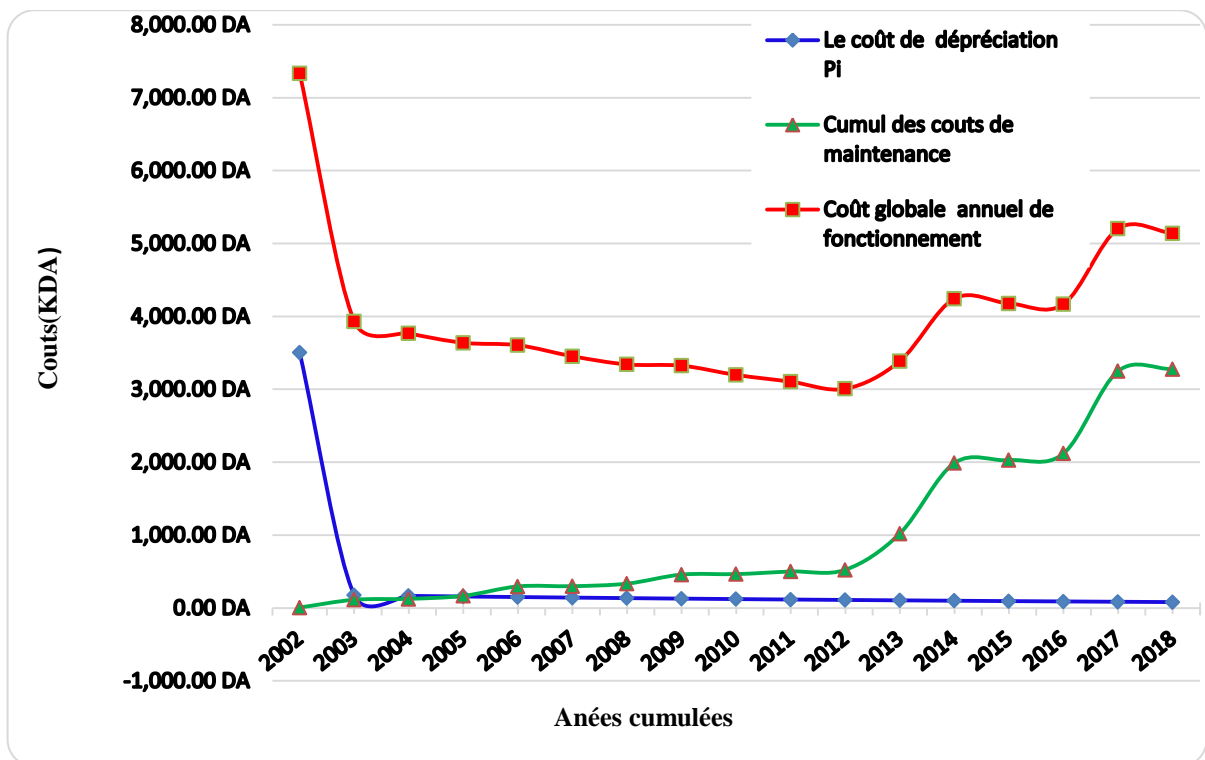


FIGURE XIII.5: Dépréciation et couts globaux vs Années de Fonctionnement.

II.3.6 Etude globale solution de remplacement de l'ensemble des équipements de l'ETHYFOR

Les données estimatives des différents engins utilisés dans l'étude globale sont prises de l'historique des dits engins. Dans l'étude globale réalisée dans la première partie de ce chapitre, nous avons déterminé une durée de vie globale, pour l'entière flotte de l'entreprise, après laquelle, une décision de remplacement ou de rénovation devra être prise. Dans cette partie du chapitre, nous avons tracé une courbe de durée de vie globale concernant la totalité de la flotte. Cette courbe débute à l'année 2012 et ayant comme particularité l'actualisation des tous les coûts. La figure II.6 comprend trois courbes qui relatent la dépréciation, le cumul des coûts de maintenance et les coûts globaux.

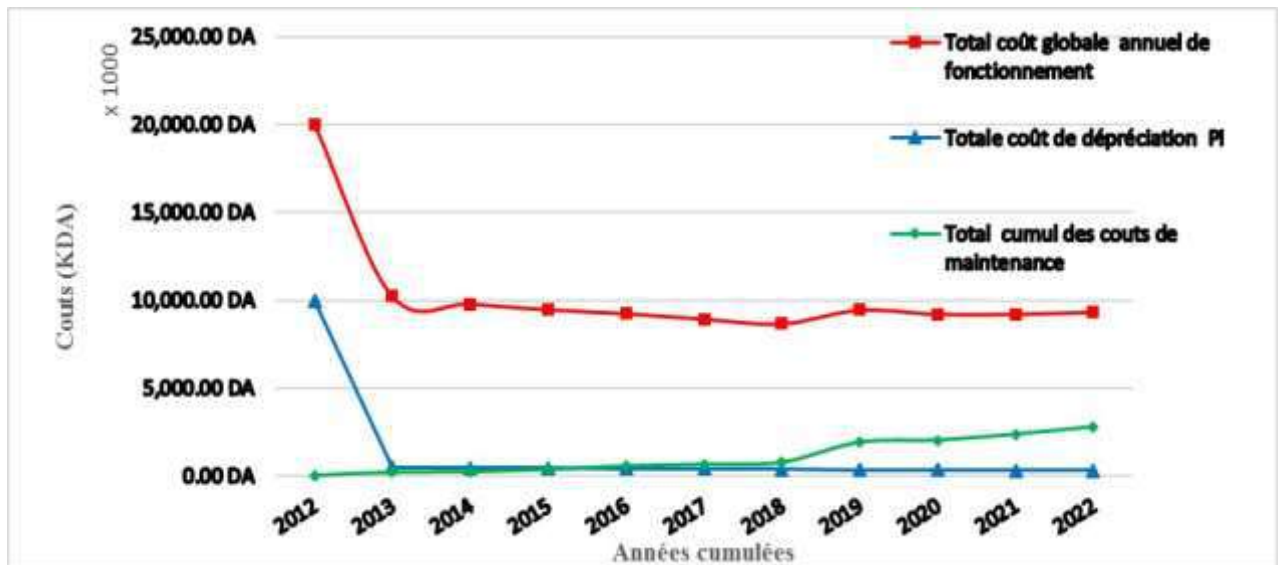


FIGURE XIV.6: Dépréciation et coûts globaux vs Années de Fonctionnement.

Ces courbes ont l'allure typique de la durée de vie (en forme de baignoire) et présentent l'historique de tous les mouvements des valeurs entre dépenses et recettes durant l'exploitation de la flotte.

Dans la figure II.7 composée d'une courbe de coûts globaux pour un remplacement global (courbe bleu) et une courbe de coûts globaux de solution

de remplacement (courbe rouge). De ces deux courbes, qui ont des tendances totalement opposées laissant voir un décalage grandissant au fil des années, il découle que l'option de remplacement est beaucoup plus rentable pour l'entreprise que celle du maintien de cet même équipement ou sa rénovation (opération qui nécessitera la mobilisation des coûts supplémentaires relevant encore plus la tendance de la courbe correspondante).

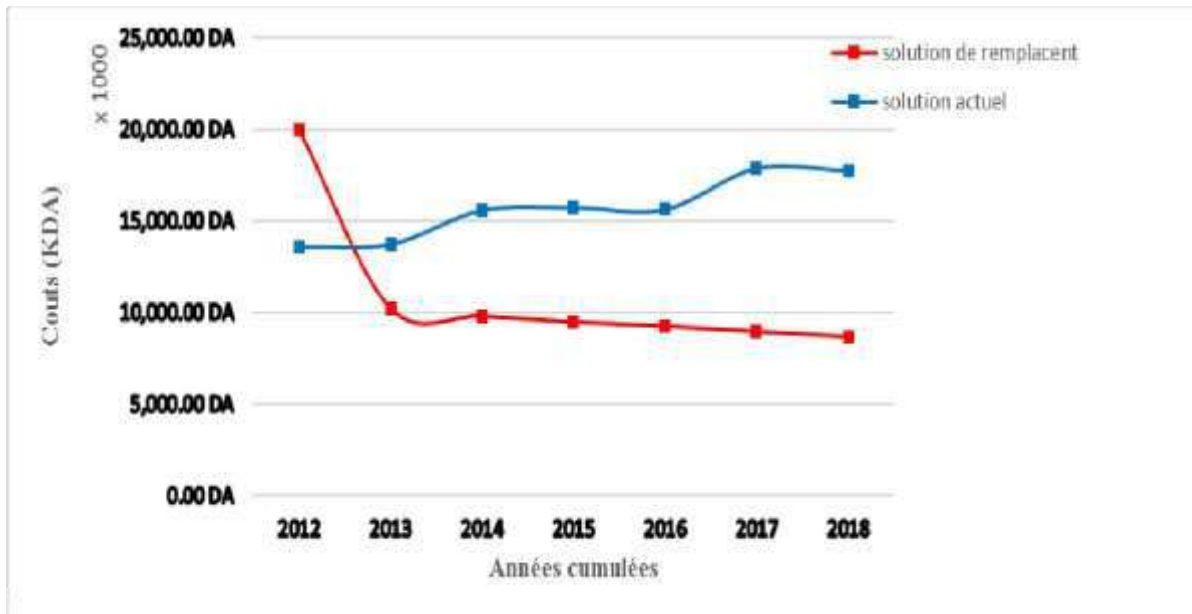


FIGURE II.7: Comparaison de coûts de remplacement vs Coûts de solution de remplacement.

II.3.7 Etude de la solution de remplacement de la pelle pneumatique mle071-00115-24

Dans cette partie nous tentons d'introduire une solution particulière à l'étude de remplacement de la pelle sur pneu sus-désignée. Les données estimatives, pour cet équipement, sont aussi prises de l'historique des dits engins. Une courbe de durée de vie de cette pelle et débutant de l'année 2012 ou les différents coûts ont subis la même actualisation des coûts. La figure II.8 comprend, elle aussi, trois courbes relatant la dépréciation, le cumul des coûts de maintenance et les coûts globaux.

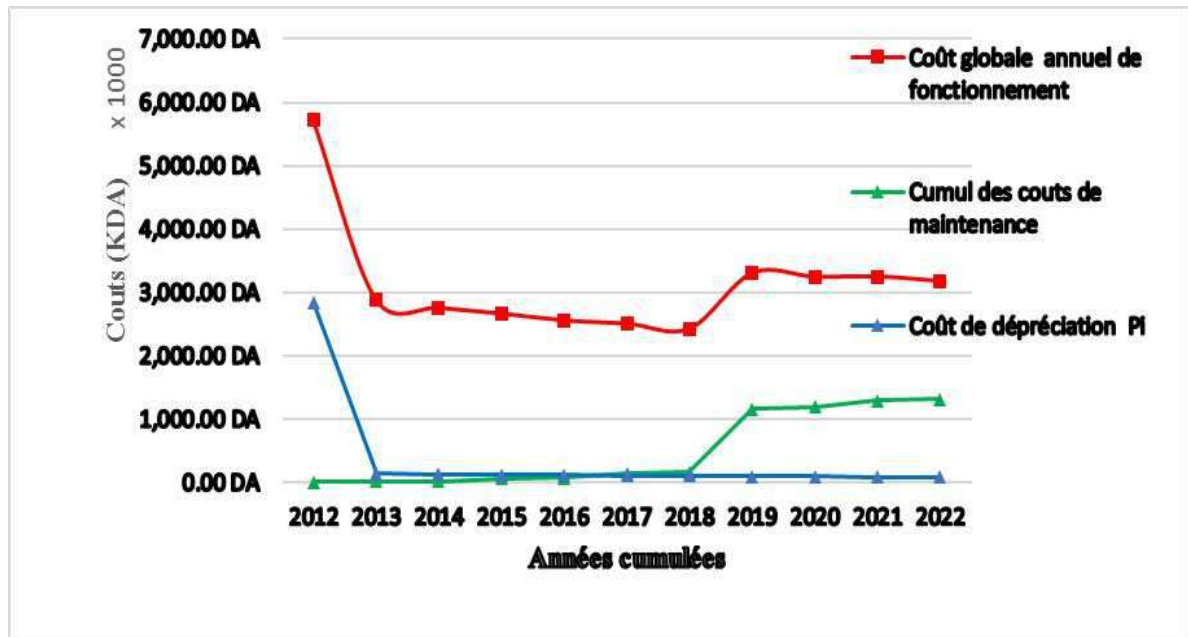


FIGURE II.8:Dépréciation et coûts globaux vs Années de Fonctionnement.

Ces courbes ont la même forme typique de baignoire et présentent, aussi, leur historique des mouvements des valeurs entre dépenses et recettes durant son exploitation.

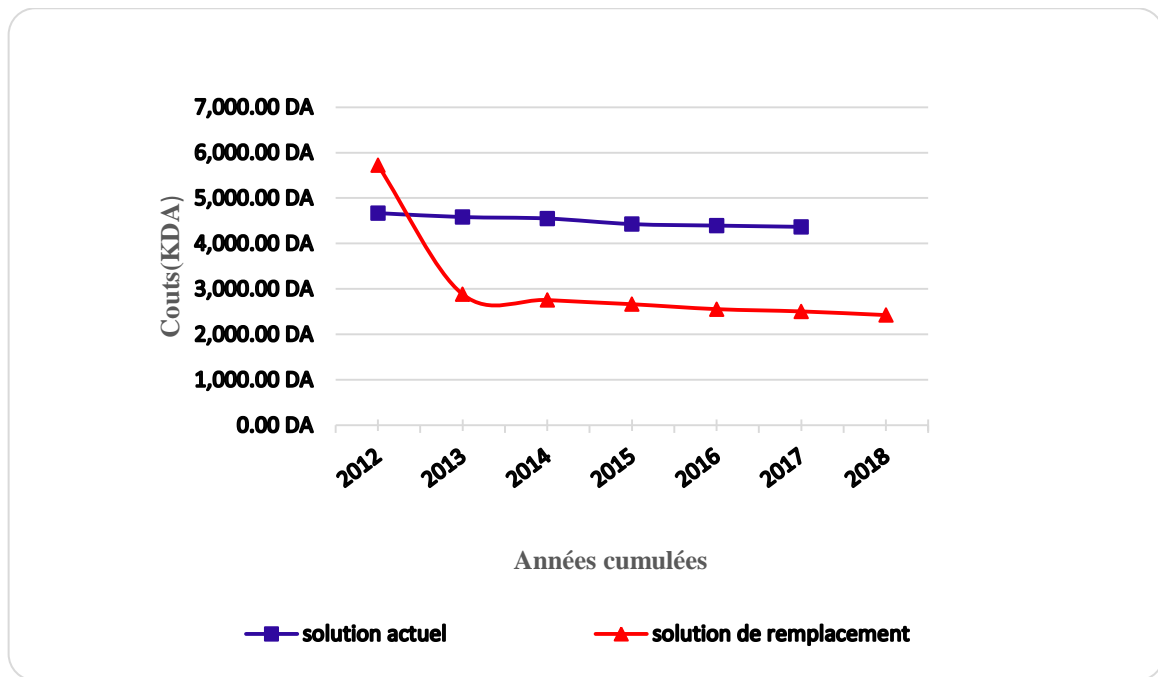


FIGURE XVI.9 : Comparaison de couts de remplacement vs Couts de solution de remplacement.

Dans la figure **II.9** composée d'une courbe de couts globaux pour un remplacement de cette pelle (courbe bleu) et une courbe de couts globaux de solution de remplacement (courbe rouge). Ces deux courbes ont des tendances opposées, aussi, qui s'éloignent l'une de l'autre au fil des années, et nous permet de conclure que l'option de remplacement est beaucoup plus rentable pour l'entreprise que celle du maintien de cet même équipement ou sa rénovation (remarque qui a été relevée dans les cas précédents).

II.3.8 Etude de la solution de remplacement de Camion SNVI C290

immatriculé : 001-295-24 :

L'étude de remplacement du camion susmentionné utilise des données estimatives, pour cet équipement, prises de l'historique des dits engins. Une courbe de durée de vie débutant de l'année 2012 accusant des couts actualisés. La figure II.10 comprend, elle aussi, trois courbes relatant la dépréciation, le cumul des couts de maintenance et les couts globaux avec les mêmes allures typiques.

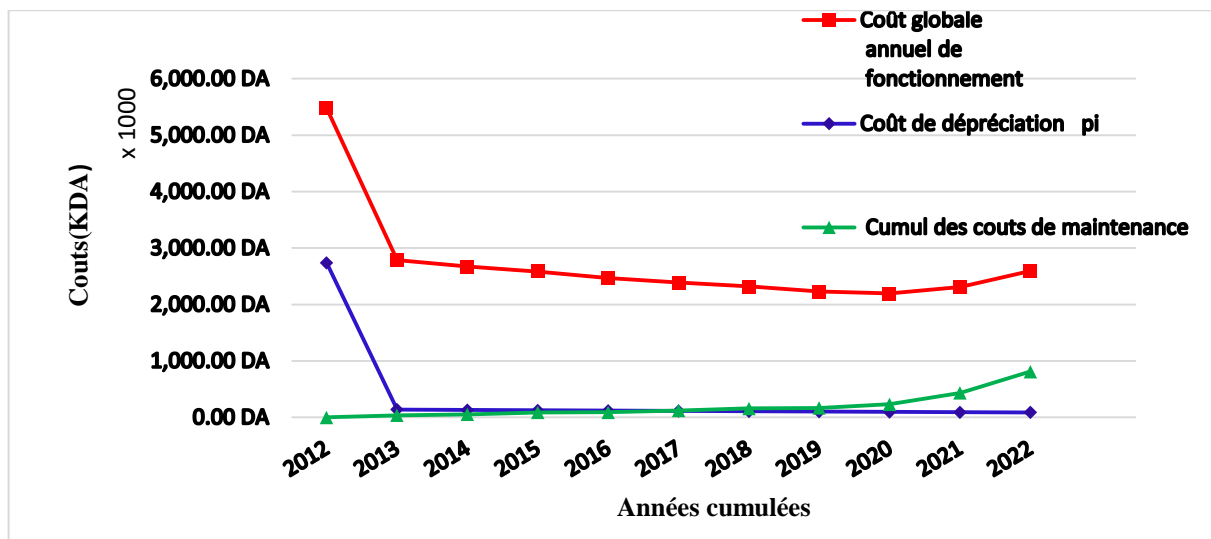


FIGURE XVI.10 : Dépréciation et coûts globaux vs Années de Fonctionnement.

La forme de baignoire et la dominante dans l'allure de ces courbes, ou la première partie descendante représente la valeur d'investissement initial suivi des dépréciations annuelles. La deuxième partie, représente la durée de vie proprement dite; ou les dépenses d'exploitation (incluant les coûts de maintenance) sont dans les proportions normales. La troisième partie, le tronçon croissant, représente la partie où les coûts de maintenance deviennent catastrophiques.

La figure II.11 composée d'une courbe de coûts globaux pour un remplacement de ce camion (courbe bleu) et une courbe de coûts globaux de solution de remplacement (courbe rouge). Ces deux courbes ont des tendances opposées, aussi, qui s'éloignent l'une de l'autre au fil des années, et nous permet de conclure que l'option de remplacement est beaucoup plus rentable pour l'entreprise que celle du maintien de cet même équipement ou sa rénovation (remarque qui a été relevée dans les cas précédents).

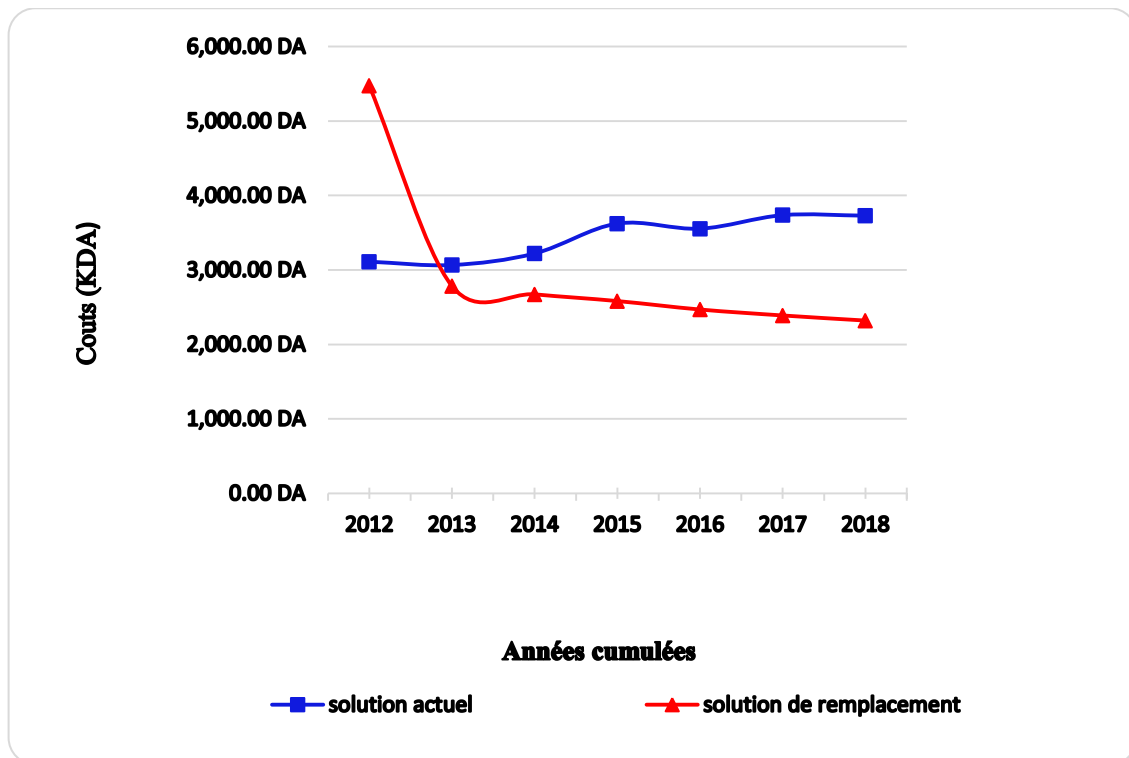


FIGURE XVII.11: Comparaison de couts de remplacement vs Couts de solution de remplacement.

II.3.9 Etude de la solution de remplacement d'un la pelle hydraulique N° M^{le}041-00294-24

Le remplacement de la pelle sur chenille sus-désignée puise aussi ses données estimatives, dans le même historique. La figure II-12 présente une courbe de durée de vie de cette pelle et débutant de l'année 2012 ou les différents couts ont subis la même actualisation des couts. La figure II.12 comprend, elle aussi, trois courbes relatant la dépréciation, le cumul des couts de maintenance et les couts globaux.

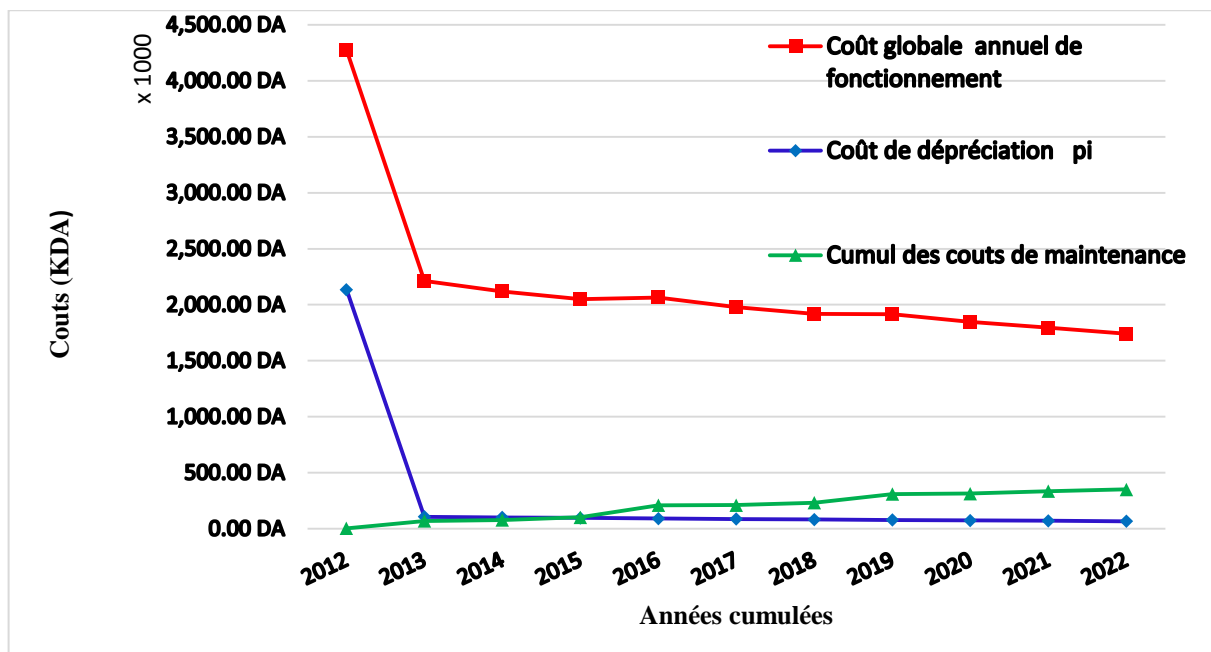


FIGURE II.12 : Dépréciation et coûts globaux vs Années de Fonctionnement.

La forme de baignoire de ces courbes, présente une première partie descendante (valeur d'investissement initial suivi des dépréciations annuelles), une deuxième partie (représentant la durée de vie proprement dite; ou les dépenses d'exploitation incluant les coûts de maintenance et qui sont dans des proportions normales. Enfin, une troisième partie (tronçon croissant, représentant la partie où les coûts de maintenance deviennent catastrophiques).

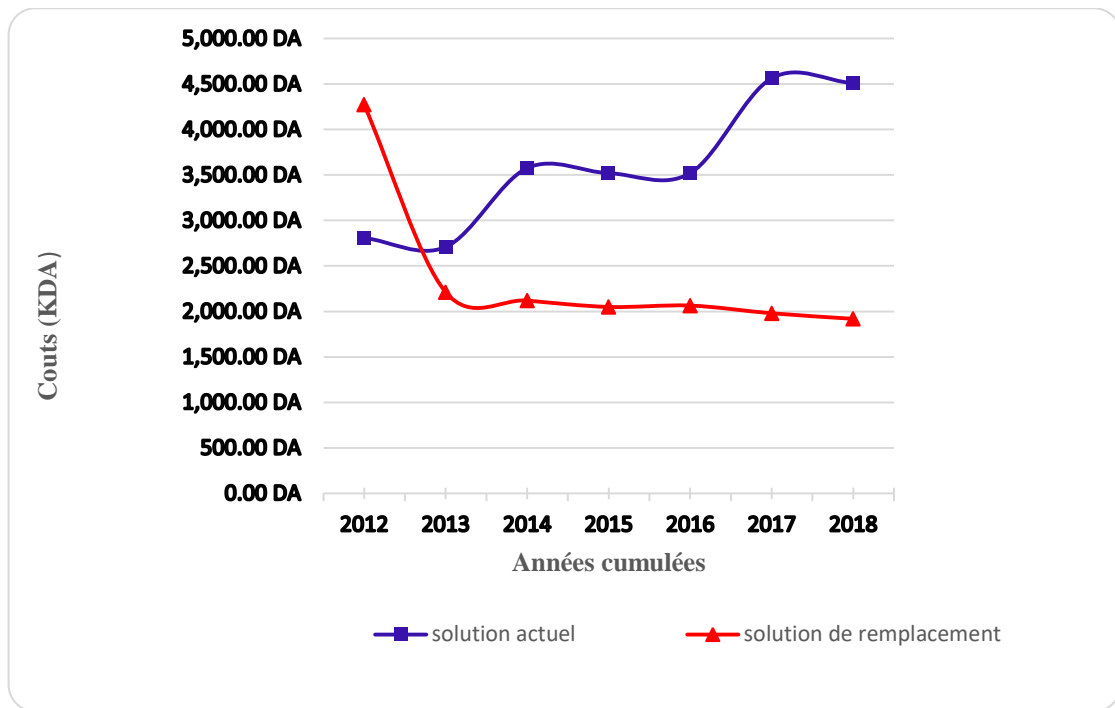


FIGURE II.13 : Comparaison de couts de remplacement vs Couts de solution de remplacement.

La figure II.13 composée, aussi, d'une courbe de couts globaux pour le remplacement de la pelle sur chenilles (courbe bleu) et une courbe de couts globaux de solution de remplacement (courbe rouge). Ces deux courbes présentent les mêmes tendances attendues et qui s'éloignent l'une de l'autre au fil des années, et qui permet d'aboutir à la même conclusion dans laquelle nous affirmons que l'option de remplacement est beaucoup plus rentable pour l'entreprise que celle de son maintien ou de sa rénovation.

II.3.10 Etude solution de remplacement d'un Bull FA150.fiat Allis

Le bull sur chenille sus-désignée dont les données estimatives sont prises dans l'historique de la flotte étudiée présente des courbes de durée de vie, débutant de l'année 2012 et où les différents couts ont subis la même actualisation des couts ayant la même forme. La figure II.14 comprend, elle aussi, trois courbes relatant la dépréciation, le cumul des couts de maintenance et les couts globaux.

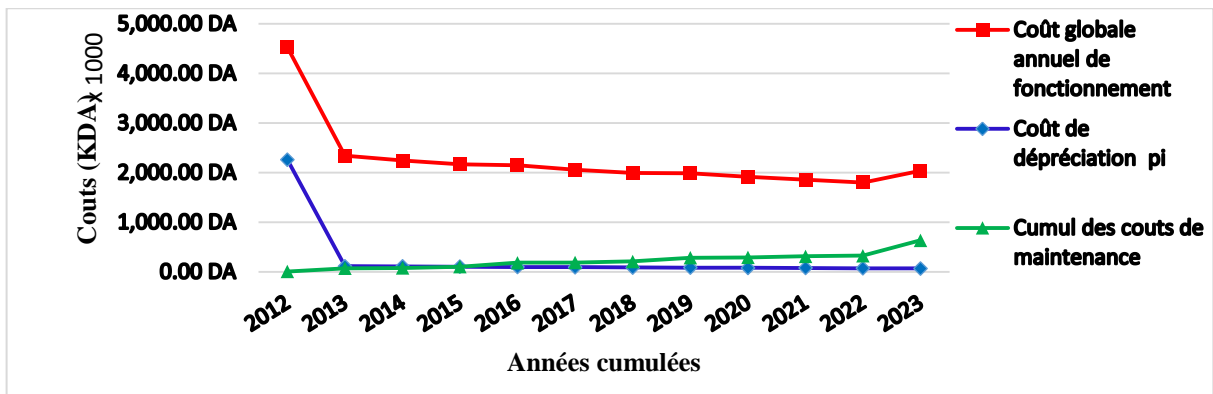


FIGURE II.14 : Dépréciation et coûts globaux vs Années de Fonctionnement.

La forme de ces courbes, présente les mêmes tronçons et ayant les mêmes tendances.

La figure II.15 composée, aussi, d'une courbe de coûts globaux pour le remplacement du bull sur chenilles FA 150 (courbe bleu) et une courbe de coûts globaux de solution de remplacement (courbe rouge). Ces deux courbes présentent les mêmes tendances attendues et qui s'éloignent l'une de l'autre au fil des années, et qui permet d'aboutir à la même conclusion dans laquelle nous affirmons que l'option de remplacement est beaucoup plus rentable pour l'entreprise que celle de son maintien ou de sa rénovation.

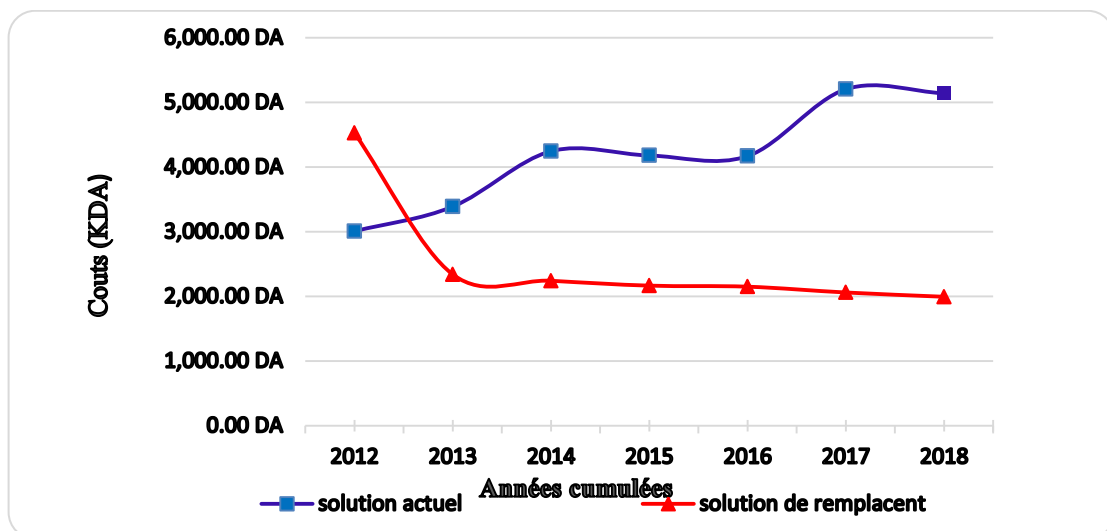


FIGURE XVIII.15 : Comparaison de coûts de remplacement vs Coûts de solution de remplacement.

II 4 Conclusion

De cette étude il se dégage que l'engagement de crédits destinés à l'investissement est beaucoup plus préférable que le maintien du même équipement ou sa rénovation, et ce pour les deux études; globale ou propre à chaque engin.

D'un autre côté, la décision de renouveler la totalité de la flotte ou une partie de celle-ci, voire un renouvellement individuel revient à d'autres critères qui entrent en jeu prenant en compte l'état de santé financière de l'entreprise. Cet aspect du problème devra être pris en considération dans les travaux et investigations futurs.

Conclusion

Conclusion générale & Perspectives

L'établissement de cycles de remplacement pour les moyens matériels, d'une entreprise, est à la fois un art et une science. Ceci implique d'une part : le jugement, la prédiction, les prévisions et les hypothèses, et d'autre part : l'analyse des données disponibles. Lorsque les ressources financières sont limitées, l'effort sera davantage axé sur la priorisation de l'un des nombreux équipements candidats au remplacement.

L'analyse du cycle de vie économique est un outil de gestion qui permet d'analyser les coûts totaux, de propriété et d'exploitation, tout au long de la vie d'un véhicule pour estimer le moment optimal pour remplacer l'équipement. Bien que cette approche soit assez flexible et complète, elle nécessite des quantités importantes de données et peut être compliquée à mettre en œuvre, car elle implique la quantification de nombreux paramètres tels que les temps d'arrêt, l'obsolescence et d'autres facteurs de coût. Et repose également sur l'hypothèse que les coûts de maintenance futurs peuvent être prévus sur la base d'une analyse des coûts de maintenance historiques.

L'intention de remplacer un véhicule lorsque ses coûts de réparation dépassent un montant seuil est de le remplacer avant qu'une réparation majeure n'ait lieu.

L'examen des tendances historiques des coûts de réparation au fil du temps devrait révéler à quel point ils commencent à augmenter de manière significative. Malheureusement, il existe de nombreux cas où une organisation de flotte dépense plus d'argent pour réparer qu'il n'en vaut la peine, parfois sans s'en rendre compte. Dans certains cas, ils peuvent avoir peu de choix si leurs budgets d'investissement sont fortement limités ou réduits.

Lors de l'étude de cas pratiques, concernant le matériel de travaux publics de l'entreprise ETHYFOR, nous avons dégager, principalement, que l'engagement de crédits destinés à l'investissement est préférable et beaucoup plus rentable, pour cette entreprise, que le maintien du même équipement ou sa rénovation, et ce pour les deux études; globale ou propre à chaque engin.

D'un autre côté, la décision de renouveler la totalité de la flotte ou une partie de celle-ci, voire un renouvellement individuel revient à d'autres critères qui entrent en jeu prenant en compte l'état de santé financière de l'entreprise. Cet aspect du problème devra être pris en considération dans les travaux et investigations futurs.

Rréférences

Références

- [1] Pelope, A. (2004). Maintenance des systèmes distribués : méthodes d'aide à la décision temps-réel. Sciences de l'ingénieur. Université de Technologie de Troyes.
- [2] Gloria Elizabeth, V. (2014). Outils d'aide à la décision pour le renouvellement d'une flotte de véhicules. Université Laval.
- [3] Aït-Kadi, D. (2011). Fiabilité des systèmes. Notes de cours. Québec: Université Laval.
- [4] Najahi, Y. (2003, mai). Outils d'aide à l'implantation d'un système de gestion de la Maintenance. Mémoire de Maîtrise. Québec: Université Laval.
- [5] Aït-Kadi, D. (2011). Fiabilité des systèmes. Notes de cours. Québec: Université Laval.
- [6] Monchy, F. (2003). Maintenance, méthodes et organisations. Dunod : L'usine nouvelle.
- [7] Delache, X. (2008, Décembre 3). Fiabilité des transports. Quelques éléments d'analyse économique,
- [8] Zwingelstein, G. (2009, juin 10). Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels Complexes.
- [9] Jardine, A. K. (2011). Optimizing Maintenance and Replacement Decisions. Dans J. D. Campbell, A. K. Jardine, & J. McGlynn, Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decision.
- [10] Tecleab, S. (2002). A decision support system on equipment replacement. Thesis of Master of Science in Mechanical Engineering. Addis Ababa: Addis Ababa University.
- [11] Wafer, C. (1997). Une approche intégrée pour l'exploitation et la gestion d'une flotte de véhicules. Mémoire de maîtrise. Québec: Université Laval.
- [12] Cégep de Sherbrooke. (1991). Gestion de la maintenance industrielle. Document de référence. Québec: Bibliothèque nationale du Québec.
- [13] Les eaux, F. (2010). Maintenance industrielle. Consulté le Juin 5, 2012, sur Cours de stratégie de maintenance <http://btsmiforges.free.fr/>

-
- [14] Kriett, P. (2009). Equipment Replacement Priorization Measures: Simulation and Testing for a Vehicle Fleet. Thesis of Master of Science in Industrial Engineering. Oregon University.
- [15] Blank, L., & Tarquin, A. (2005). Engineering Economy. New York: McGraw Hill.
- [16] Drinkwater, R., & Hastings, N. (1967, Jun). An Economic Replacement Model.
- [17] Nair, S. K., & Hopp, W. J. (1992). A Model for Equipment Replacement due to Technological Obsolescence. European journal of Operational Research,
- [18] Lorenzi, P. (2006). Diagnostic de flotte automobile : l'exemple de la communauté d'agglomération de Montauban Trois Rivières. Rapport technique.
- [19] Albany City. (2011). Asset Management Plan - Fleet and Plant. Document reference.
- [20] Dietz, D., & Katz, P. (2001, Sep. - Oct.). US WEST Implements a Cogent Analytical Model for Optimal Vehicle Replacement. Interfaces,
- [21] Blank, L., & Tarquin, A., & Iverson, S. (2012). Engineering Economy, Second Canadian. Chenelière education. McGraw-Hill Ryerson.

Annexes

ANNEXE A

IDENTIFICATION DE L'ENTREPRISE

A. 1 Présentation juridique de L'ETHYFOR

- **Dénomination** : ENTREPRISE DES TRAVAUX HYDRAULIQUES ET FORESTIERS DE GUELMA PAR ABREVIATION ETHYFOR
- **Date de creation**: 1976
- **Date de passage à l'autonomie** : 1996
- **Statute juridique** : EPE/spa,
- **Capital social**: 30000000,
- **Actionnaire** : s gp est-sud/est
- **Adresse** : ROUTE DE CONSTANTINE DE 29 -GUELMA
- **ACTIVITE** : TRAVAUX HYDRAULIQUES ET FORESTIERS, ASSAINISSEMENT
- **EFFECTIF**: 150 TRAVAILLEURS AU 31.12.2005
- **DIRIGEANT** : MONSIEUR FETOUHI RABAH, P.D.G.

A-2. Présentation analytique et qualitative de l'entreprise :

A.2.1. Rappel historique :

L'entreprise de travaux hydrauliques et forestiers par abréviation ETHYFOR GUELMA est créée par le décret interministériel du 02 Aout 1989. Son patrimoine de départ est issu du transfert. Actif et passif. Des bilans au 31 Juillet 1989 de Deux Entreprises dissoutes la STRAHW et L'EMIFOR.

A-2.2. Organisation actuelle de l'entreprise :

A-2.2.1. Organigramme administratif :

L'organigramme fait ressortir principalement :

- ❖ Cinq Direction :
 - ✓ Commerciale
 - ✓ Ressources Matérielles
 - ✓ Réalisations
 - ✓ Ressources Humaines
 - ✓ Finances et Comptabilité
- ❖ Une structure légère de contrôle de gestion
- ❖ En projet une cellule d'organisation et d'informatique
- ❖ Un bureau d'Hygiène et de sécurité

L'ensemble des structures ci avant sont regroupées en mono unité pilotées par le directeur général.

A-2.2.2. Organisation de la production :

- ❖ Les centres de responsabilité de base sont constitués par les chantiers de réalisation codifiés et suivi par la direction des études et de la réalisation.
- ❖ Les centres de responsabilités dits de soutien logistique sont regroupés dans une structure intitulée : “Direction des Ressources Matérielles”

Elle comprend notamment :

- ✓ L’unité de fabrication d’élément en béton
- ✓ L’unité de ferrailage
- ✓ Le service des approvisionnements (achats et gestion des stocks)
- ✓ Le service maintenance
- ✓ La gestion du parc à matériel

Le reste des structures constitue un soutien administratif à l’activité.

Les principaux produits et prestations réalisés par l’Entreprise dans ses domaines des travaux Hydrauliques et des travaux forestiers sont :

- ✓ Le béton
- ✓ Les terrassements
- ✓ Les réseaux
- ✓ Les équipements
- ✓ La mise en valeur des terres
- ✓ Les prestations accessoires (ferrailages, fabrication de buses, locations...)

A-3. Données sur la vocation de l’entreprise et l’importance de ses activités dans la région d’implantation :

A-3.1. Vocation initiale :

Entreprise de Wilaya au départ, L’E.T.HY.FOR GUELMA recherche progressivement une dimension régionale. Son champ d’intervention actuel s’étend sur les Wilayas de Guelma et Souk-Ahras.

Elle a hérité des vocations des entreprises EMIFOR et STRAHW dissoutes dans les domaines de développements :

- ❖ Hydraulique /
 - ✓ Forages
 - ✓ Stations de pompages
 - ✓ Réalisations de réservoirs et ouvrages hydrauliques
 - ✓ Réseaux d’assainissements
 - ✓ A.E.P
- ❖ Forestier /
 - ✓ Amélioration foncière et mise en valeur
 - ✓ Plantations forestières et fruitière
 - ✓ Génie rural et urbain (retenues collinaires)

A-3.2. Evolution :

Actuellement certaines missions sont provisoirement suspendues par la faiblesse ou la quasi absence de plan de charge (domaine forestier).

En matière de forage, l'entreprise s'interroge sur des formules de rentabilisation de ses équipements par "contrat de management" avant des investissements.

Les principaux produits et prestations réalisées par l'entreprise dans ses domaines des travaux hydrauliques et des travaux forestiers sont :

- ✓ Le béton
- ✓ Les terrassements
- ✓ Les réseaux
- ✓ Les équipements
- ✓ La mise en valeur des terres
- ✓ Les prestations accessoires (ferraillages, fabrication de buses, locations...)

A-4. Données sur la vocation de l'entreprise et l'importance de ses activités dans la région d'implantation :

A-4.1. Vocation initiale :

Entreprise de wilaya au départ, l'E.T.HY.FOR GUELMA recherche progressivement une dimension régionale. Son champ d'intervention actuel s'étend sur les WILAYAS GUELMA et Souk-Ahras. Elle a hérité des vocations des entreprises EMIFOR et STRAHM dissoutes dans les domaines de développements :

- ❖ Hydraulique/
 - ✓ Forages
 - ✓ Stations de pompes
 - ✓ Réalisations de réservoirs et ouvrages hydrauliques
 - ✓ Réseaux d'assainissements
 - ✓ A.E.P
- ❖ Forestier/
 - ✓ Amélioration foncière et mise en valeur
 - ✓ Plantations forestières et fruitières
 - ✓ Génie rural et urbain (retenues collinaires)

A-4.2. Evolution :

Actuellement certaines missions sont provisoirement suspendues par la faiblesse ou la quasi absence de plan de charge (domaine forestier). En matière de forage, l'entreprise s'interroge sur des formules de rentabilisation de ses équipements par "contrat de management" avant désinvestissement. En remplacement d'autres créneaux ont été investis, notamment :

- ✓ La vitalisation
- ✓ La production d'aggrégat-béton

Dans la perspective, il faut compter l'implication de l'entreprise dans :

- ✓ La promotion immobilière
- ✓ L'équipement des puits
- ✓ La protection cathodique
- ✓ L'électrification rurale
- ✓ La valorisation des espaces verts et l'horticulture.

A-4.3. Centres d'activité productive :

- ✚ Chantiers : Ils sont repartis, sur un rayon de 100 km par rapport au siège, dans les communes de deux Wilayets : Guelma et Souk-Ahras.
- ✚ Ateliers : de ferrailage et de fabrication d'éléments en bétons pour les besoins interne de l'entreprise

A-4.4. Taux de couverture des besoins régionaux

Les taux de couverture des besoins régionaux dans les domaines d'activité de l'entreprise sont très consistants. Ils avoisinent les 80% des inscriptions annuelles des programmes communaux de developpement.il y a lieu de noter une baisse importante des inscriptions en travaux forestiers pour lesquels l'entreprise couvre l'essentiels, pour lesquels les enveloppes sont plus importantes l'entreprise intervient au même rang que les EPE régionales et couvre près de 15% des besoins régionaux.

Tableau (IV-1) : En quantités et valeur les réalisations de l'entreprise pour le 1^{er} semestre 2004 sont :

Produits	Unité	Quantités	Valeurs
Conduites	ML	24500	17920
Bétons	M3	1076	9794
Terrassements	M3	85250	8600
Équipements	U	1180	1991
Mise en valeur	H	-	-
Élément ne bétonsferrailage	Consommations intermédiaires	Consommations intermédiaires	Consommations intermédiaires

A-5. Appréciation sur l'environnement et le marché de l'entreprise

A) Tendances

Ne sont pas favorables pour le moment surtout dans le domaine forestier. Elles devront s'améliorer avec les respectives du programme de gouvernement notamment en matière d'habitat.

B) Conséquences sur entreprise

Partant de ce qui précède, l'entreprise s'attend à une reprise de ses activités mais dans un contexte concurrentiel sévère. La position qu'occupe l'entreprise sur le marché hydraulique n'pas faible et peut être qualifiée de forte. Quant à celle des travaux forestiers, elle est a son niveau minimum. L'image de marque et la réputation de l'entreprise sont bonnes. Le tissus des relations professionnelles avec l'environnement peut être qualifié de bon pour l'ensemble des partenaires (banque-clients-administration...)

Annexe B

B- 1. Les dossiers historiques :

B- 1.1. Pelle pneumatique immatriculé 071-00115-24

Tableau. B.1 : les heures de fonctionnement et les coûts de maintenance de pelle pneumatique immatriculé 071-00115-24

N	date d'entrée	date de sortie	Heures de fonctionnement	Cumul des heures	Cout de maintenance	Cumul des couts de maintenance	Temps de réparation	Cumul des temps de réparation
1	08/01/2002	08/01/2002			2455.9	2455,9	8	8
2	9/1//2002	17/02/2002	184	184				
3	17/02/2002	17/02/2002			11525.28	13981,18	8	16
4	18/02./2002	13/10/2002	1408	1592				
5	13/10/2002	13/10/2002			9368.9	23350,08	8	24
6	14/10./2002	28/06/2003	1504	3092				
7	28/06./2003	28/06/2003			6586.14	29936,22	8	32
8	29/06./2003	30/10/2003	704	3796				
9	30/10./2003	30/10/2003			3127.472	33063,692	8	40
10	31/10./2003	28/06.2004	1408	5204				
11	28/6/2004	28/6./2004			9130.36	42194.052	8	48
12	29/6./2004	20/11/2004	848	6052				
13	20/11/2004	20/11./2004			826.62	43020.672	8	56
14	20/11./2004	20./5./2005	1056	7108				
15	20/5./2005	22./5/2005			5592.932	48613.604	16	72
16	23/5/2005	26/7/2005	352	7460				
17	26/7/2005	1/8/2005			35514.38	84127.984	40	112
18	2/8/2005	30/12/2005	880	8340				
19	30/12/2005	31/12./2005			17102.96	101230.95	16	128
20	1./12./2006	12/03/2006	432	8772				
21	12/3/2006	12/3/2006			1050	102280.95	8	136
22	13/03/2006	11/11/2006	1408	10180				
23	11/11/2006	11/11./2006			19852.08	12213.3.03	8	144
24	12/11/2006	11/3./2007	704	10884				
25	11/3/2007	11/3/2007			4804.3	126937.33	8	152
26	12/3/2007	11/6./2007	528	11412				
27	11/6/2007	11/6/2007			101676.4	228613.75	8	160
28	12/6./2007	22/9/2008	2880	14292				
29	22/9/2008	26/9/2008			47712.6	276326.35	32	192
30	27/9/2008	24/4/2009	1232	15524				
31	24/4/2009	25/4/2009			65118.92	340845.27	16	208
32	26/4./2009	15./8/2009	704	16228				
33	15/8/2009	28./8/2009			900796	430924.87	104	312
34	29/8/2009	27./11/2009	528	16756				
35	27/11./2009	27./11/2009			22505.24	453430.09	8	320
36	28/11./2009	22./5/2010	1056	17812				
37	22/05/2010	23/05/2010			28468.18	481898.27	16	336

38	24/5/2010	4/9/2010	600	18412				
39	4/9/2010	10/9/2010			38774	520672.27	48	384
40	11/9/2010	25/02/2011	952	19364				
41	25/02./2011	25/02/2011			102597.1	623269.39	8	392
42	26/02./2011	24/12/2011	1760	20024				
43	24/12./2011	27/12/2011			56700.72	679970.11	24	416
44	28/12./2011	4./5/2012	736					
45	4/5/2012	7./5/2012			32227.76	712197.87	24	440
46	8/5./2012	26./4/2013	1216	23076				
47	26/4/2013	27./4./2013			21994.88	734192.75	16	456
48	28/4/2013	28/12./2013	1408	24484				
49	28/11./2013	29/12./2013			38532.82	750730.69	16	472
50	30/12./2013	23.6/2014	1056	25540				
51	2./6/2014	30./6/2014			61842	812572.69	56	528
52	1/7/2014	10/10./2014	592	26132				
53	10/10./2014	22/10./2014			46936.04	8595008.73	96	624
54	23/10./2014	5/1./2016	2464	28596				
55	5/1./2016	5/1./2016			9891.42	869400.15	8	632
56	6/1/2016	20/11./2016	1840	30436				
57	20/11/2016	19/02./2016			94901.82	964301.97	232	864
58	20/12/2016	13/06./2017	1056	31492				
59	31/12/2017	31/06./2017			19577.94	983879.91	8	872
60	1/7/2017	16/12./2017	992	32484				
61	16/12/2017	16./12./2017			74328.3	1058208.21	8	880
62	17/12/2017	14./01./2018	176	32660				
63	14/10/2018	27./01./2018			110880	1169088.21	104	1020
64	27/1/2018	24./11./2018	1760	34420				
65	24/11./2018	26./11./2018			3828.04	1172916.25	24	1044
66	26/11/2018	28./12./2018	176	34569				
67	28/12/2018	28/12./2018			447.64	1173363.89	8	1052

B-1.2. Camion SNV immatriculé : 001-295-24

Tableau. B-2 : les heures de de fonctionnement et les coûts de maintenance de Camion SNV immatriculé : 001-295-24

N	date d'entrée	date de sortie	Heurs de fonctionnement	Cumul des heures	Cout de maintenance	Cumul des couts de maintenance	Temps de réparation	Cumule du temps de réparation
1	03/07/2005	03/07/2005			40	40	8	8
2	04/07/2005	06/12/2005	880	880				
3	06/12/2005	16/12/2005			750	790	80	88
4	17/12/2005	21/12/2006	2112	2992				
5	21/12/2006	22/12/2006			51470.15	52260.15	8	96
6	23/12/2006	13/12/2007	2112	5104				
7	13/12/2007	12/02/2008			23641.64	545901.79	488	584
8	13/02/2008	05/12/2008	1760	6864				
9	05/12/2008	05/12/2008			44988.86	590890.65	8	592
10	06/12/2008	12/11/2009	880	7744				
11	12/11/2009	04/12/2009			4237.36	595128.01	128	720
12	05/12/2009	06/09/2010	1584	9382				
13	06/09/2010	09/09/2010			43772.18	638900.19	24	744
14	10/09/2010	11/11/2010	352	9680				
15	11/11/2010	05/02/2011			52481.16	691381.35	432	1176
16	06/02/2011	26/06/2012	704	10384				
17	26/06/2012	29/06/2012			12065	703446.35	24	1200
18	30/06/2012	18/03/2013	1664	12048				
19	18/03/2013	31/03/2013			15204	718650.35	104	1304
20	01/04/2013	22/10/2013	992	13040				
21	22/10/2013	23/11/2013			74646	793296.35	256	1560
22	24/11/2013	01/06/2014	1104	14144				
23	01/06/2014	15/06/2014			151812.46	945108.81	112	1672
24	16/06/2014	17/10/2014	704	14848				
25	17/10/2014	20/10/2014			131576.78	1076685.59	24	1696
26	21/10/2014	16/01/2015	528	15376				
27	16/01/2015	01/02/2015			9154.52	1085840.11	120	1816

28	02/02/2015	09/10/2015	1408	16784				
29	09/10/2015	29/10/2015			514995.85	1600835.96	160	1976
30	30/10/2015	13/02/2016	632	17416				
31	13/02/2016	14/02/2016			47600.00	1648435.96	8	1984
32	14/02/2016	16/12/2016	1760	19176				
33	16/12/2016	31/01/2017			196331.76	1844767.72	368	2352
34	02/02/2017	06/08/2017	880	20056				
35	06/08/2017	22/09/2017			96482.00	1941249.72	268	2620
36	23/09/2017	31/03/2018	1112	21168				
37	31/03/2018	12/04/2018			79420.00	2020669.72	96	2716
38	13/04/2018	10/08/2018	704	21876				
39	10/08/2018	11/08/2018			19500.00	2040169.72	8	2724

B-1.3. Pelle hydraulique immatriculé 041-00294-24

Tableau. B-3 : les heures de de fonctionnement et les coûts de maintenance de Pelle hydraulique immatriculé 041-00294-24

N	date d'entrée	date de sortie	Heurs de fonctionnement	Cumul des heures	Cout de maintenance	Cumul des couts de maintenance	Temps de réparation	Cumule du temps de réparation
1	13/01/2002	13/01/2002			323.46	332.46	8	8
2	14/01/2002	11/04/2002	528	528				
3	11/04/2002	21/04/2002			2999.44	3331.90	80	88
4	22/04/2002	30/12/2002	1408	1936				
5	13/12/2002	13/01/2003			3343.46	6675.36	104	192
6	14/01/2003	02/11/2003	1584	3520				
7	02/11/2003	30/11/2003			106415.32	113090.68	224	416
8	31/11/2003	30/07/2004	1408	4928				

9	30/07/ 2004	30/07/ 2004			2852.04	115942.72	8	424
10	01/08/ 2004	06/11/ 2004	528	5456				
11	06/11/ 2004	15/11/ 2004			9702.46	125645.18	72	496
12	16/11/ 2004	11/08/ 2005	1408	6864				
13	11/08/ 2005	21/09/ 2005			41023.46	166668.64	328	824
14	22/09/ 2005	11/05/ 2006	1232	8096				
15	11/05/ 2005	22/05/ 2006			129550.68	296219.32	88	912
16	23/05/ 2006	10/06/ 2007	1976	10032				
17	10/06/ 2007	10/06/ 2007			3070.34	299289.66	8	920
18	11/06/ 2007	19/07/ 2008	2464	12496				
19	19/07/ 2008	22/07/ 2008			34996.2	334285.86	24	944
20	23/07/ 2008	13/11/ 2009	2640	15136				
21	13/11/ 2009	02/01/ 2010			124094.80	423384.46	400	1344
22	03/01/ 2010	05/09/ 2010	1584	16720				
23	05/09/ 2010	25/09/ 2010			6705.8	430090.26	120	1464
24	26/09/ 2010	23/07/ 2011	1760	18480				
25	23/07/ 2011	24/07/ 2011			7984.16	438074.42	8	1472
26	25/07/ 2011	15/09/ 2011	176	18656				
27	15/09/ 2011	27/11/ 2011			27728.8	465803.22	96	1568

28	28/11/ 2011	16/07/ 2012	1232	19888				
29	16/07/ 2012	31/07/ 2012			23444.84	489248.06	120	1688
30	01/08/ 2012	24/05/ 2013	1584	21472				
31	24/05/ 2013	24/05/ 2013			2200	491448.06	8	1696
32	25/05/ 2013	24/12/ 2013	1232	22704				
33	24/12/ 2013	24/12/ 2013			3257.02	494975.08	8	1704
34	25/12/ 2013	18/05/ 2014	704	23408				
35	18/05/ 2014	22/05/ 2014			820790.74	1315765.82	32	1736
36	23/05/ 2014	04/09/ 2014	528	23936				
37	04/09/ 2014	15/09/ 2014			146280	1462045.82	88	1824
38	16/09/ 2014	28/03/ 2015	1056	24992				
39	28/03/ 2015	30/03/ 2015			2820	1464865.82	24	1848
40	31/03/ 2015	01/10/ 2015	1056	26048				
41	01/10/ 2015	15/10/ 2015			36744.90	1501610.72	112	1960
42	16/10/ 2015	04/04/ 2016	880	26928				
43	04/04/ 2016	12/04/ 2016			15418.14	1517028.86	72	2032
44	13/04/ 2016	02/12/ 2016	1232	28160				
45	02/12/ 2016	12/12/ 2016			76115.12	1593143.98	88	2120
46	13/12/ 2016	03/09/ 2017	1408	29568				

47	03/09/ 2017	17/09/ 2017			1129633.06	2722777.04	112	2232
48	18/09/ 2017	23/11/ 2018	2640	32208				
49	23/11/ 2018	29/11/ 2018			27328.00	2750105.04	56	2288
50	29/11/ 2018	24/12/ 2018	176	32384				
51	24/12/ 2018	29/12/ 2018			1000	2751165.04	8	2296

B-1.4. Bull FA 150.fiat allis

Tableau. B-4 : les heures de fonctionnement et les coûts de maintenance de BullFA150.fiat Allis

N	date d'entrée	date de sortie	Heurs de fonctionnement	Cumul des heures	Cout de maintenance	Cumul des couts de maintenance	Temps de réparation	Cumule du temps de réparation
1	29/02/2002	29/02/2002			2417.2	2417.2	8	8
2	30/02/2002	10/04/2003	2368	2368				
3	10/04/2003	10/04/2003			2830.10	5247.3	8	16
4	11/04/2003	07/11/2003	1408	3776				
5	07/11/2003	07/11/2003			2416.00	7663.3	8	24
6	09/11/2003	08/03/2005	2816	6592				
7	08/03/2005	08/03/2005			120	7783.3	8	32
8	09/03/2005	04/11/2007	5632	12224				
9	04/11/2007	05/11/2007			1133.6	8916.9	16	48
10	05/11/2007	09/05/2008	1088	13312				

11	09/05/2008	09/05/2008			164.74	9081.64	8	56
12	10/05/2008	09/03/2009	1992	15304				
13	09/03/2009	06/04/2009			2715.98	11797.62	224	280
14	07/04/2009	06/11/2010	3344	18648				
15	06/11/2010	07/11/2010			4025.2	15822.82	16	296
16	08/11/2010	26/06/2011	1408	20056				
17	26/06/2011	26/06/2011			729.86	16552.68	8	304
18	27/06/2011	27/02/2012	1408	21464				
19	27/02/2012	05/03/2012			243214.1	259766.78	64	368
20	06/03/2012	17/11/2013	3520	24984				
21	17/11/2013	17/11/2013			6084	265850.78	8	376
22	18/11/2013	03/04/2014	672	25656				
23	03/04/2014	25/04/2014			17745.04	283595.82	176	552
24	26/04/2014	30/04/2015	2112	27768				
25	30/04/2015	18/05/2015			1545.44	285141.26	144	696
26	19/05/2015	18/03/2016	1760	29528				
27	18/03/2016	27/03/2016			5564.74	290706	72	768
28	28/03/2016	19/03/2017	2112	31640				
29	20/03/2017	26/03/2017			20179.66	310885.56	48	816

30	26/03/2017	21/06/2018	2288	33928				
31	21/06/2018	24/06/2018			12779.88	12779.88	24	840

Annexes C

Partie calcul

Tableau (C-1) Étude de remplacement global

N	Année	Totale la dépréciation de coût Pi (DA)	Totale Cumul des couts de maintenance (DA)	Totale Le prix d'achat A (DA)	Totale Coût globale annuel de fonctionnement (DA)
1	2002	11734240.97	36682.80	12086758.06	25654681.83
2	2003	586712.04	259227.05	11523486.61	22019425.71
3	2004	557376.42	294293.03	10986464.95	20938134.40
4	2005	4352112.61	434550.22	14297074.76	19083737.59
5	2006	694162.48	807837.27	13630797.34	15132797.09
6	2007	659454.35	944100.29	12995570.02	14599124.66
7	2008	626478.81	1106794.15	12389945.79	14123218.76
8	2009	595157.55	2347641.27	11812545.08	14755343.91
9	2010	565399.68	2472067.23	11262052.61	14299519.52
10	2011	537129.68	2755272.13	10737214.38	14029616.20
11	2012	510273.20	2846454.57	10236834.86	13593562.63
12	2013	484759.53	3499464.37	9759774.20	13743998.10
13	2014	460521.57	5825773.13	9304945.69	15591240.39
14	2015	437495.48	6438944.72	8871313.27	15747753.47
15	2016	415620.71	6764513.06	8457889.13	15638022.91
16	2017	394839.67	9410499.18	8063731.54	17869070.40
17	2018	375097.68	9681230.86	7687942.63	17744271.17

Tableau (C-2) Étude de remplacement de la pelle pneumatique imle071-00115-24

Le prix d'achat en 2002 =4824343.64DA

Le prix d'achat en 2010 =3293296.38DA

$4824343.64 (1+r)^8 = 3293296.38$

$R = 0.04660236$

Le prix d'achat en 2014

$A = 4824343.64 (1+0.046)^{12} = 2594186.42$

$A = 2594186.42$ DA

N	Année	La dépréciation de coût Pi (DA)	Cout de maintenance (DA)	Cumul des couts de maintenance (DA)	Le prix d'achat A (DA)	Coût globale annuel de fonctionnement(DA)
1	2002	4824343.64	23350.08	23350.08	4824343.64	9672037.36

2	2003	241217.18	9713.61	33063.69	4599517.84	4873798.72
3	2004	229156.32	9956.98	43020.67	4385169.46	4657346.45
4	2005	217698.51	58210.27	101230.94	4180810.21	4499739.66
5	2006	206813.58	20902.08	122133.02	3985974.59	4314921.20
6	2007	196472.90	106480.70	228613.72	3800218.77	4225305.40
7	2008	186649.26	47712.60	276326.32	3623119.61	4086095.19
8	2009	177316.79	988420.16	1264746.48	3454273.69	4896336.97
9	2010	168450.95	67242.18	1331988.66	3293296.38	4793736.00
10	2011	160028.41	159297.82	1491286.48	3139821.00	4791135.89
11	2012	152026.99	32227.76	1523514.24	2993497.93	4669039.16
12	2013	144425.64	60527.70	1584041.94	2853993.87	4582461.45
13	2014	137204.36	108778.04	1692819.98	2720991.02	4551015.36
14	2015	130344.14	9891.42	1702711.40	2594186.42	4427241.96
15	2016	123826.93	94901.82	1797613.22	2473291.21	4394731.36
16	2017	117635.58	93906.24	1891519.46	2358030.00	4367185.05
17	2018	111753.80	115155.68	2006675.14	2248140.24	4366569.19

Tableau (C-3) Étude de remplacement d'un camion SNVI imle 001-295-24

Le prix d'achat en 2005=3822605.00 DA

N	Année	La dépréciation de coût Pi (DA)	Coût de maintenance (DA)	Cumul des coûts de maintenance (DA)	Le prix d'achat A (DA)	Coût globale annuel de fonctionnement (DA)
1	2005	3822605.00	790.00	790.00	3822605.00	7646000.00
2	2006	191130.25	51470.15	52260.15	3644462.59	3887852.99
3	2007	181573.73	23641.64	75901.79	3474622.03	3732097.55
4	2008	172492.05	44988.86	120890.65	3312696.45	3606079.15
5	2009	163870.29	4237.36	125128.01	3158316.97	3447315.27
6	2010	155676.78	43772.18	168900.19	3011131.95	3335708.92
7	2011	147892.94	52481.16	221381.35	2870806.10	3240080.39
8	2012	140498.29	12065.00	233446.35	2737019.76	3110964.40
9	2013	133473.38	89850.00	323296.35	2609468.18	3066237.91
10	2014	126799.71	283389.24	606685.59	2487860.81	3221346.11
11	2015	120459.72	524150.37	1130835.96	2371920.62	3623216.30
12	2016	114436.74	47600.00	1178435.96	2261383.52	3554256.22
13	2017	108714.90	292813.76	1471249.72	2155997.72	3735962.34
14	2018	103279.15	98920.00	1570169.72	2055523.13	3728972.00

Tableau (C-4) Etude de remplacement d'une pelle hydraulique 041-00294-24

Le prix d'achat en 2002=3439809.42.76 DA

N	Année	La dépréciation de coût Pi (DA)	Coût de maintenance (DA)	Cumul des coûts de maintenance (DA)	Le prix d'achat A (DA)	Coût globale annuel de fonctionnement (DA)
1	2002	3439809.4	6666.36	6666.36	3439809.42	6886285.2
2	2003	171990.47	106415.32	113081.68	3279506.184	3564578.334
3	2004	163390.94	12554.5	125636.18	3126673.458	3415700.578
4	2005	155221.4	41023.46	166659.64	2980963.097	3302844.137
5	2006	147460.33	170574.14	337233.78	2842043.183	3326737.293
6	2007	140087.31	3070.34	340304.12	2709597.264	3189988.694
7	2008	133082.94	34996.2	375300.32	2583323.638	3091706.898
8	2009	126428.8	124094.8	499395.12	2462934.661	3088758.581
9	2010	120107.36	6705.8	506100.92	2348156.094	2974364.374
10	2011	114101.99	35712.96	541813.88	2238726.48	2894642.35
11	2012	108396.89	23444.84	565258.72	2134396.543	2808052.153
12	2013	102977.04	5457.02	570715.74	2034928.628	2708621.408
13	2014	97828.19	967070.74	1537786.5	1940096.152	3575710.822
14	2015	92936.78	39564.9	1577351.4	1849683.094	3519971.254
15	2016	88289.94	91533.26	1668884.6	1763483.497	3520658.077
16	2017	83875.44	1129633.06	2798517.7	1681301.005	4563694.145
17	2018	79681.67	28328	2826845.7	1602948.411	4509475.781

Tableau (C-5) Etude de remplacement d'un bull FA150.fiat allis

Le prix d'achat en 2002=3822605.00DA

N	Année	La dépréciation de coût Pi(DA)	Coût de maintenance (DA)	Cumul des coûts de maintenance (DA)	Le prix d'achat A (DA)	Coût globale annuel de fonctionnement (DA)
1	2002	3506406.29	6666.36	6666.36	3822605.00	7335677.65
2	2003	175320.31	106415.32	113081.68	3644462.59	3932864.58
3	2004	166554.29	12554.5	125636.18	3474622.03	3766812.50
4	2005	158226.58	41023.46	166659.64	3312696.45	3637582.67
5	2006	150315.25	129550.68	296210.32	3158316.97	3604842.54
6	2007	142799.49	3070.34	299280.66	3011131.95	3453212.10
7	2008	135659.51	34996.2	334276.86	2870806.10	3340742.47
8	2009	128876.54	124094.8	458371.66	2737019.76	3324267.96
9	2010	122432.71	6705.8	465077.46	2609468.18	3196978.35
10	2011	116311.07	35712.96	500790.42	2487860.81	3104962.30

11	2012	110495.52	23444.84	524235.26	2371920.62	3006651.40
12	2013	104970.74	497175.08	1021410.34	2261383.52	3387764.60
13	2014	99722.21	967070.74	1988481.08	2155997.72	4244201.01
14	2015	94736.1	39564.9	2028045.98	2055523.13	4178305.21
15	2016	89999.29	91533.26	2119579.24	1959730.91	4169309.44
16	2017	85499.33	1129633.06	3249212.3	1868402.82	5203114.45
17	2018	81224.36	28328	3277540.3	1781330.84	5140095.50

Tableau (C-6) solution globale solution de remplacement de l'ensemble des équipements de l'ETHYFOR

	Annee	Totale coût de dépréciation Pi (DA)	Totale Cout de maintenance (DA)	TotaleCumul des couts de maintenance (DA)	Totale Le prix d'achat A (DA)	Totale Coût globale annuel de fonctionnement (DA)
1	2012	9986793.69	23327.27	23327.27	9986793.69	19996914.65
2	2013	499339.68	174941.46	198268.73	9521385.54	10218993.96
3	2014	474372.70	38686.02	236954.75	9077666.51	9788993.96
4	2015	450654.07	119241.81	356196.56	8654625.83	9461476.45
5	2016	428121.36	202230.69	558427.25	8251299.84	9237848.46
6	2017	406715.29	101222.67	659649.92	7866769.80	8933135.02
7	2018	386379.53	110612.76	770262.68	7500159.77	8656801.98
8	2019	367060.55	1151060.08	1921322.76	7150634.62	9439017.94
9	2020	348707.53	114378.96	2035701.72	6817398.18	9201807.43
10	2021	331272.15	346072.99	2381774.72	6499691.34	9212738.20
11	2022	314708.54	424388.66	2806163.37	6196790.38	9317662.30

Tableau (C-7) Étude solution de remplacement de la pelle pneumatique mle071-00115-24

N	Année	coût de dépréciation Pi	Cout de maintenance	Cout de maintenance actualisé	Cumul des couts de maintenance (DA)	Le prix d'achat A (DA)	Coût globale annuel de fonctionnement (DA)
1	2012	2853993.87	23350.08	14488.69	14488.69	2853993.87	5722476.42
2	2013	142699.69	9713.61	6027.28	20515.97	2720991.02	2884206.68
3	2014	135564.71	9956.98	6178.29	26694.26	2594186.42	2756445.39
4	2015	128786.47	58210.27	36119.39	62813.65	2473291.21	2664891.33
5	2016	122347.15	20902.08	12969.71	75783.36	2358030.00	2556160.51
6	2017	116229.79	106480.70	66071.11	141854.47	2248140.24	2506224.50
7	2018	110418.30	47712.60	29605.60	171460.07	2143371.60	2425249.97
8	2019	104897.39	988420.16	988420.16	1159880.23	2043485.42	3308263.04
9	2020	99652.52	67242.18	41723.67	1201603.90	1948254.18	3249510.60
10	2021	94669.89	159297.82	98844.06	1300447.95	1857460.94	3252578.79
11	2022	89936.40	32227.76	19997.28	1320445.23	1770898.88	3181280.51

Tableau (C-8) Étude solution de remplacement de Camion SNVI C290 immatriculé

N	Année	Coût de dépréciation Pi (DA)	Cout de maintenance (DA)	Cumul des couts de maintenance (DA)	Le prix d'achat A (DA)	Coût globale annuel de fonctionnement (DA)
1	2012	2737019.76	565.65	565.65	2737019.8	5474605.17
2	2013	136850.99	36853.09	37418.74	2609468.2	2783737.91
3	2014	130008.44	16927.63	54346.37	2487860.8	2672215.61
4	2015	123508.02	32212.43	86558.80	2371920.6	2581987.44
5	2016	117332.62	3033.99	89592.79	2261383.5	2468308.93
6	2017	111465.99	31341.28	120934.06	2155997.7	2388397.76
7	2018	105892.69	37576.99	158511.05	2055523.1	2319926.87
8	2019	100598.05	8638.65	167149.70	1959730.9	2227478.66
9	2020	95568.15	64333.41	231483.11	1868402.8	2195454.08
10	2021	90789.74	202909.26	434392.37	1781330.8	2306512.95
11	2022	86250.25	375296.41	809688.78	1698316.6	2594255.65

Tableau (C-9) Étude de remplacement d'un la pelle hydraulique N° Mle 041-00294-24

N	Années	Coût de dépréciation Pi(DA)	Coût de maintenance (DA)	Cumul des couts de maintenance (DA)	Le prix d'achat A (DA)	Coût globale annuel de fonctionnement (DA)
1	2012	2134396.54	4136.47	4136.47	2134396.54	4272929.55
2	2013	106719.83	66030.55	70167.01	2034928.63	2211815.47
3	2014	101383.84	7790.05	77957.06	1940096.15	2119437.05
4	2015	96314.64	25454.99	103412.05	1849683.09	2049409.79
5	2016	91498.91	105841.00	209253.05	1763483.50	2064235.46
6	2017	86923.97	1905.14	211158.19	1681301.01	1979383.16
7	2018	82577.77	21715.09	232873.28	1602948.41	1918399.46
8	2019	78448.88	77000.64	309873.92	1528247.23	1916570.03
9	2020	74526.44	4160.94	314034.86	1457027.31	1845588.60
10	2021	70800.11	22159.84	336194.69	1389126.40	1796121.20
11	2022	67260.11	14547.49	350742.18	1324389.83	1742392.12

Tableau (C-10) Étude solution de remplacement d'un Bull FA150.fiat allis

N	Annee	coût de dépréciation Pi(DA)	Cout de maintenance (DA)	Cumul des couts de maintenance (DA)	Le prix d'achat A (DA)	Coût globale annuel de fonctionnement (DA)
1	2012	2261383.52	4136.47	4136.47	2261383.52	4526903.51
2	2013	113069.18	66030.55	70167.01	2155997.72	2339233.90
3	2014	107415.72	7790.05	77957.06	2055523.13	2240895.91
4	2015	102044.93	25454.99	103412.05	1959730.91	2165187.89
5	2016	96942.68	80386.00	183798.06	1868402.82	2149143.56
6	2017	92095.55	1905.14	185703.20	1781330.84	2059129.59
7	2018	87490.77	21715.09	207418.29	1698316.62	1993225.68
8	2019	83116.23	77000.64	284418.92	1619171.06	1986706.22
9	2020	78960.42	4160.94	288579.86	1543713.87	1911254.15
10	2021	75012.40	22159.84	310739.70	1471773.16	1857525.26
11	2022	71261.78	14547.49	325287.19	1403185.06	1799734.02
12	2023	67698.69	308496.39	633783.57	1337793.32	2039275.59