

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة ياجي مختار - غابرة

Faculté : Technologie

Département : Génie Mécanique

Domaine : Science et Technologie

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Ingénierie de la Maintenance

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

Analyse des données d'un structure de maintenance

Présenté par: MATTALLAH CHAIMA

Encadrant : M. KHELIF - R

Pr. Université Badji Mokhtar Annaba

Jury de Soutenance :

Djeddi lamine	MCA	UBMA	Président
KHELIF Rabia	Pr.	UBMA	Encadrant
Kallouche Abdelkader	MCB	UBMA	Examinateur

Année Universitaire: 2024/2025



Remerciements

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à Monsieur Rabia KHELIF, pour son encadrement rigoureux, ses orientations pertinentes et sa disponibilité constante. Ses conseils avisés ont été d'un grand apport dans l'aboutissement de ce travail, et je lui adresse mes remerciements les plus profonds.

Je remercie également l'ensemble des enseignants du département de Génie Mécanique, spécialité Ingénierie de la Maintenance, pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont dispensé tout au long de notre parcours académique, ainsi que pour leur engagement pédagogique exemplaire.

Mes remerciements s'adressent aussi aux responsables et aux intervenants techniques de l'unité LRB – Sider El Hadjar, pour leur accueil, leur accompagnement durant le stage, ainsi que pour les données précieuses mises à ma disposition.

J'exprime également ma reconnaissance aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils accordent à ce mémoire et pour le temps qu'ils consacreront à son évaluation.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce mémoire, par leur soutien, leur encouragement ou leur collaboration





Dédicace

Du plus profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui ont été à mes côtés, dans les moments de doute comme dans les instants d'espoir.

Avant tout, je rends grâce à Allah, Le Très-Haut, pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce parcours et finaliser ce travail.

À ma famille, pilier fondamental de mon existence, pour leur amour inestimable, leur éducation exemplaire et leur présence constante dans ma vie. Votre confiance m'a porté jusqu'ici.

De manière particulière,

À ma mère, lumière bienveillante, cœur rempli d'amour et de sagesse. Ta foi en moi, tes prières silencieuses et ton soutien indéfectible m'ont guidé à chaque étape. Rien ne saurait égaler ce que tu représentes pour moi.

À mon père, modèle de droiture et de courage. Ta force tranquille, tes sacrifices silencieux et ton accompagnement m'ont inspiré à ne jamais abandonner.

À mes frères et sœurs, pour leur complicité, leur écoute et leurs encouragements, même dans les moments les plus simples. Vous avez été une véritable source de motivation.

À mes amis les plus proches, pour leur soutien sincère, leur compréhension et leur présence, toujours au bon moment.

À mes camarades de l'université, avec qui j'ai partagé les années d'apprentissage, les efforts communs, les projets de dernière minute et les souvenirs inoubliables. Merci pour votre esprit d'équipe, votre solidarité et vos encouragements.

Ce travail est aussi le vôtre.



Sommaire

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Liste des Tableaux

Liste des figures

Résumé

Introduction générale..... I

Chapitre I: Présentation de l'unite LRB

I.1. Présentation du complexe:	3
I.1.1.Historique du complexe sidérurgique d'EL-HADJAR :.....	3
I.1.2.Organigramme :	6
I.1.3 Produits de complexe:.....	7
I.2 Présentation de l'unité (laminoir rond à béton) :	8
I.2.1. Historique du laminoir rond à béton :	9
I.2.2. Définition du laminoir rond à béton :	10
I.2.3. Objectif du LRB :.....	10
I.2.4. La PRODUCTION :.....	10
I.2.5.Autres gammes de Production :	11
I.2.6.Spécifications techniques du laminoir rond à béton :	11
I.2.7.Données de base du laminoir :	12
I.2.8 Description du laminoir rond à béton (LRB) :	13

Chapitre II: Concepts fondamentaux de l'analyse des données

II.1. Introduction	18
II.2. Définition.....	19
II.3. Domaines d'application.....	19
II.4. Types d'analyse des données :	20
II.5. La nature des données :	21
II.5.1. Les différents types de caractères :	22
II.6. Le processus de l'analyse de données :	24
II.7. Collecte et analyse des données : brève description:.....	24
II.8.Les principaux objectifs de l'Analyse des données :.....	25
II.9.Distinction entre données et informations :	26
Conclusion :.....	26

Sommaire

Chapitre III: Analyse et pilotage des processus de maintenance

APPROCHE PROCESSUS EN MAINTENANCE :	28
III.1. INTRODUCTION :	28
III.1.1. DEFINITION DE LA MAINTENANCE:	28
III.1.2. LE ROLE DE LA MAINTENANCE:	28
III.1.3. Les objectifs de maintenance:	28
III.1.4. LA MAINTENANCE PREVENTIVE :	29
III.1.5. MAINTENANCE CORRECTIVE:	31
III.1.6. Les indicateurs de performance de la maintenance :.....	32
III.2. Introduction :	33
III.2.1. Définition d'un processus:	33
III.2.2. Approche processus :	33
III.2.3. Différents niveaux et categories de processus :	34
III.2.4. Processus maintenance :	35
III.2.5. Objectifs du processus maintenance :	35
III.2.6. Indicateurs du processus :	36
III.3. Processus maintenance (LRB) :	37
III.3.1. Indicateurs de performance (KPI):	38
III.3.2. Cartographie des processus de l'entreprise :	39
III.3.3. Les Processus de maintenance :	39
III.3.4. Déroulement des activités maintenance :	43

Chapitre IV: Données collectées au sein de la structure de maintenance

IV.1. Ages du personnel de maintenance :.....	47
IV.2. Données sur les pannes et indicateurs associés :.....	47
IV.3. Données relatives à la consommation des pièces de rechange (PDR) :	48
IV.4. Données relatives au budget de maintenance :	49
IV.5. Indicateurs techniques de la performance:	50
V .1. Analyse de la répartition d'âge du personnel de maintenance :	53

Chapitre V: Analyse et interprétation des données de maintenance

V.2. Analyse des pannes et identification des équipements les plus défaillants :.....	57
V.2.1. Analyse des résultats :	57
V.4. Analyse du budget de maintenance :	63
V.5. Condition de mise en œuvre :	65

Sommaire

V.5.1. Comment sélectionner les machines :	66
V.5.4. AVANTAGES ET LIMITES :	69

Chapitre VI: Synthèse et recommandations

VI.1. Gestion des âges et compétences du personnel :	71
VI.2. Analyse des pannes et fiabilité des équipements :	72
VI.3. Gestion et contrôle des pièces de rechange :	73
VI.4. Optimisation du budget de maintenance :	74
VI.5. Conclusion :	75
Conclusion :	77
Références :	
.....	80

Liste des Tableaux

Liste des tableaux

Chapitre I :	
Tableau I.2.7 : Données de base du laminoir.....	12
Chapitre II	
Tableau II.1 : Exemple d'application d'analyse de données	20
Chapitre IV	
Tableau IV.1. :Répartition du personnel de maintenance selon l'âge.....	47
Tableau IV.2. : Données des pannes et indicateurs tchniques des équipements	48
9Tableau IV.4. : Budget de maintenance	49
Tableau IV.5 : Indicateurs techniques de la performance des équipements	50
Chapitre V	
Tableau V.1.1: Répartition des employés selon les tranches d'âge.....	54
Tableau V.1.2: Répartition cumulative de l'effectif par tranche d'âge.....	55
Tableau V.2.1 : Durée totale d'arrêt des machine(en heure).....	57
Tableau V.2.2 : l'analyse cumulative des durées par machine	59
Tableau V.3.1 : Données mensuelles de consommation des PDR en 2024	62
Tableau V.4.1: Suivi mensuel du budget de maintenance	63
TableauV.4.2 : Tableau de bord des indicateurs de performance en maintenance.....	65
Tableau V.5.1 : Evaluation du niveau de risques de défaillance.....	66
Tableau V.5.2 : Evaluation de la conséquence de défaillance :	66
Tableau V.5.3 : Evaluation de la conséquence de défaillance :	67

Liste des figures

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1.2: Organigramme de l'entreprise.....	6
Figure I.2.1 : Laminoir rond a beton annaba	9
Figure I.2.3 : Barre de béton armé sur chantier.....	10
Figure I.2.1 : Zone de four.	14
Figure I.2.2 : Zone de laminage.....	15
Figure: I.2.3: zone de barrs.....	15
Figure I.2.4:zone de refoidissement.....	16

Chapitre III

Figure III.2.1 : Objectifs du processus maintenance	36
--	-----------

Chapitre V

Figure V.1.1: Histogramme représentant la répartition des effectifs par classe d'âge.....	54
Figure V.1.2 : Histogramme du cumul des effectifs par classe d'âge	55
Figure V.2.1 : Répartition de la durée annuelle des arrêts par machine (en heures).	59
Figure V.2.2 : Répartition du pourcentage cumulé des arrêts par machine	61
Figure V.3.1 : Consommation des pièces de rechange par mois en 2024.....	62
Figure V.4.1 : Répartition mensuelle du budget de maintenance réalisé 2024.....	64

Résumé

Résumé :

Face à la croissance importante des données collectées dans les structures de maintenance, l'analyse des données s'impose comme un outil essentiel pour optimiser les processus de maintenance industrielle. Ce travail vise à exploiter les données historiques relatives aux interventions, aux coûts, aux équipements et aux ressources humaines, afin de mieux comprendre les facteurs influençant la performance et la fiabilité des équipements. L'application de méthodes statistiques et analytiques permet d'identifier des tendances et des anomalies, offrant ainsi des pistes d'amélioration pour la gestion et la planification des opérations de maintenance. Les résultats obtenus soulignent l'importance d'une gestion rigoureuse des données pour soutenir la prise de décision et accroître l'efficacité opérationnelle.

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Dans un contexte industriel de plus en plus compétitif, la performance des équipements et la maîtrise des coûts d'exploitation constituent des leviers essentiels pour garantir la productivité et la pérennité des entreprises. Parmi les fonctions clés qui concourent à cet objectif, la maintenance occupe une place stratégique, en assurant la disponibilité, la fiabilité et la sécurité des installations.

Aujourd'hui, la gestion de la maintenance ne peut plus se limiter à des interventions réactives. Elle s'inscrit dans une logique proactive, structurée autour de processus pilotés par les données. L'évolution des outils numériques, l'émergence de systèmes d'information dédiés comme la GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur), ainsi que la généralisation de la collecte d'informations techniques ont ouvert la voie à une nouvelle approche : l'analyse des données appliquée à la maintenance.

L'objectif de cette démarche est de transformer les données issues des interventions, des équipements, des consommations et des coûts, en indicateurs pertinents permettant de comprendre les dysfonctionnements, d'évaluer les performances, et de soutenir la prise de décision. L'analyse de ces données permet non seulement d'identifier les défaillances récurrentes et les coûts critiques, mais également d'optimiser les politiques de maintenance, la gestion des ressources humaines, et la planification budgétaire.

La présente étude s'inscrit dans cette perspective. Elle vise à analyser les données collectées au sein d'une structure de maintenance afin d'en évaluer l'organisation, d'identifier les leviers d'amélioration, et de proposer des pistes d'optimisation adaptées. Pour ce faire, plusieurs axes seront explorés : la présentation de l'unité étudiée, les fondements théoriques de l'analyse des données, le pilotage des processus de maintenance, l'exploitation des données collectées, et enfin l'interprétation des résultats accompagnée de recommandations concrètes.

Ainsi, cette démarche analytique s'inscrit dans une volonté de renforcer la fiabilité technique, la maîtrise des coûts et la structuration des activités de maintenance dans une logique d'amélioration continue.

CHAPITRE I :
PRESENTATION DE
L'UNITE LRB

I.1. Présentation du complexe:**I.1.1. Historique du complexe sidérurgique d'EL-HADJAR :**

L'entreprise nationale de sidérurgie a été créée par la société BONOISE de Sidérurgie (SBS) en 1959 suite à la mise en application du plan de Constantine (1950).

Après l'indépendance, la sidérurgie a été un secteur d'investissement privilégié par l'Algérie qui fixait dans ses premières priorités la transformation de son propre minerai et la mise en place de la base de l'industrie. Ainsi la société nationale de sidérurgie (SNS) a été créée en 1964 et a hérité du potentiel existant nationalisé.

La SNS a pris sa véritable dimension en 1969 avec la mise en activité du premier Haut fourneau du complexe sidérurgique d'EL-HADJAR.

La restructuration de la SNS dans les années 1980 a donné lieu à la création de sept (7) opérateurs publics dans la branche sidérurgie- métallurgie dont l'entreprise SIDER (Sidérurgie de base et distribution des produits sidérurgiques).

Depuis sa création en 1969, le complexe intégré d'EL-HADJAR a vu son domaine d'activités se développer aux fil des années, afin de répondre à la demande sans Croissante en produits sidérurgiques pour la réalisation de plusieurs plans de développement (Unités pétrolières ...etc.).

Après la phase de l'implantation de la sidérurgie en Algérie, ce complexe entre dans sa phase finale ; celle de l'extension de la capacité de production de 400.000 Tonnes /an à 2.000.000 Tonne / an.

Le souci majeur des responsables qui était la maîtrise de la technologie dans la première a été suivi par la fixation de l'objectif de l'amélioration de la quantité.

Vers l'année 1976, ce complexe comprenait à son actif les secteurs suivants :

*Un secteur d'agglomération (PMA1)

*Un secteur haut fourneau (HF1)

*Une aciérie à oxygène (ACO1)

*Un laminoir à froid (LAF).

*Un laminoir à chaud (LAC).

*Un laminoir à fil et rond	(LFR).
*Une tuberie spiral	(TUS).
*Un poste de distribution électrique	(PDE).
*Une gestion stock magasin	(GSM).
*Des ateliers centraux	(ATC).

Pour la deuxième phase de 1977 à 1980, c'est l'extension du complexe, pour augmenter les capacités de production avec la création d'autres secteurs :

* une aciérie à oxygène 2	(ACO2).
* Un haut fourneau 2	(HF2).
* Un secteur d'agglomération	(PMA2).
* Une centrale thermique	

L'année 1980 marque dans l'histoire du complexe, l'année des grandes réalisations.

L'effectif de cette société est plus de 17.000 employés, qui sont répartis sur différentes sous directions.

Les sous directions produites plates (PPL), a un effectif égal à 4400 soit un taux de 25.88 qui sont réparties aux différents postes.

- 120 personnes occupant les postes d'encadrement (cadre).
- 4280 postes de maîtriser et d'exécution répartis dans les différents ateliers.

On distingue des sous directions opérationnelles de production, des sous directions prestation de service et des directions fonctionnelles centrales.

- S/D opérationnelle de production :

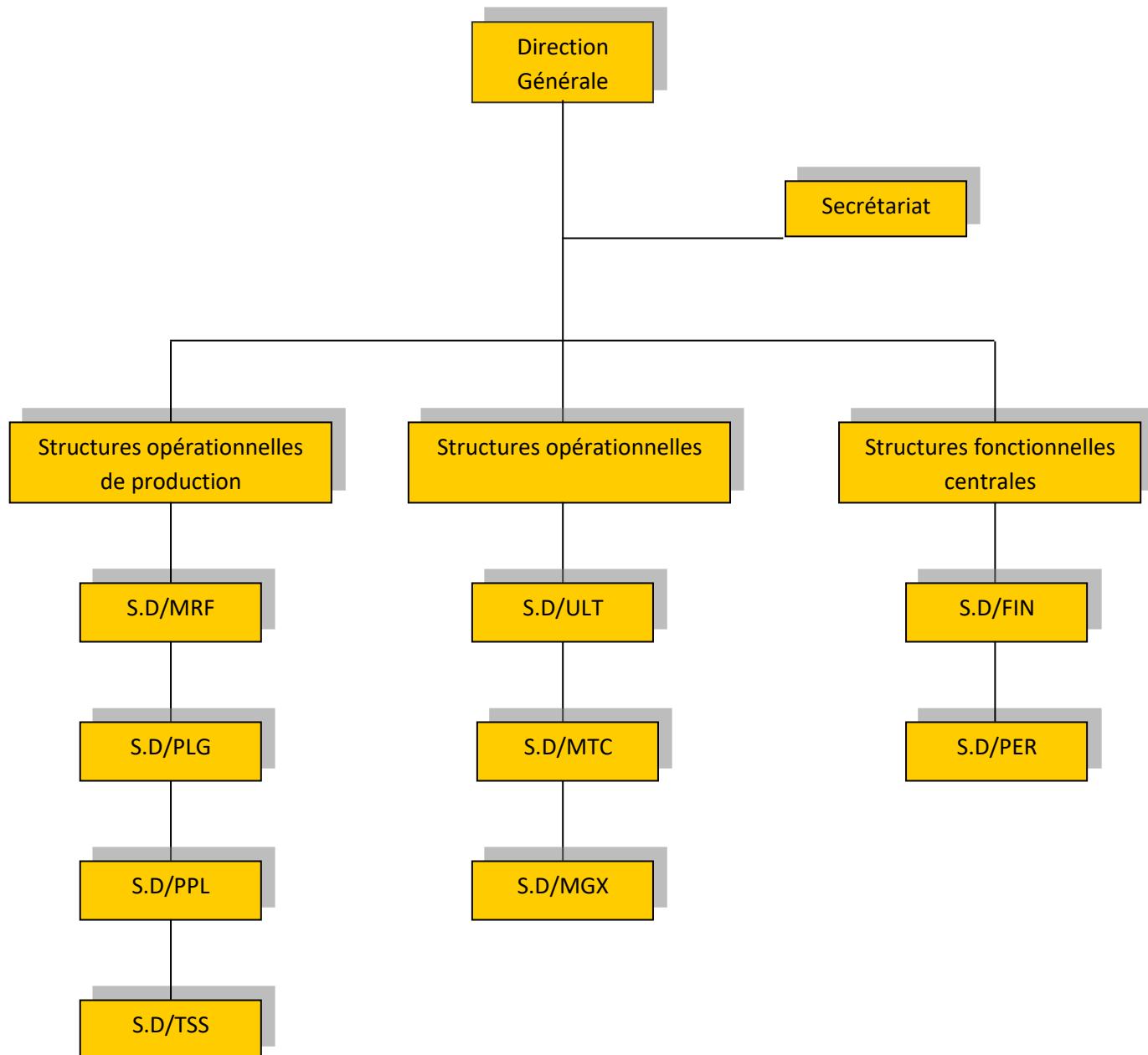
* S/D matière première et fonte	(MPF).
* S/D produits plats	(PPL).
* S/D produits longs	(PLG).
* S/D tube rie sans soudure	(TSS).

- S/D opérationnelle prestation des services :
 - * S/D service technique (STG).
- * S/D moyens généraux (MGX).
- S/D fonctionnement centrale :
 - * S/D relations professionnelle du personnel (PRO/PER).
 - * S/D planification et organisation (PLO).
 - * S/D méthodes métallurgiques (MTM).
 - * S/D financier (FIN).

Après la compressions du personnel en octobre 1997 où plus de 10000 travailleurs ont quitté l'entreprise SIDER, son effectif aujourd'hui se trouve réduit.

L'entreprise a connu en l'année 1998 une nouvelle mutation suppression des sous directions et création des filiales aux nombres de vingt quatre (24), cette application prend effet à partir de janvier 1999 [1].

I.1.2.Organigramme :

**Figure I.1.2:** Organigramme de l'entreprise

I.1.3 Produite de complexe:**Tableau I.1.3 : Produits du complexe**

Installation	Produits	Principaux utilisateurs
Cokerie	Coke	Métallurgie
Hors service		
HF ₁ Hors service et HF ₂	Fonte	Métallurgie
ACO ₁	Brames	Industrie de transformation
ACO ₂	Billettes	Industrie de transformation
Laminoir à chaud (LAC)	Tôles fortes	Constructions métalliques Chantiers navals Tube bouteilles à gaz
Laminoir à froid (LAF)	Tôles fines	Electroménager Mobilier métallique Industrie de transformation
Etamage	Fer blanc	Emballage métallique Divers pour les industries Alimentaires et chimiques
Galvanisation	Tôles galvanisées	Bâtiments pour l'agronomie Industrie et levage
Aciérie électrique (ACE) Hors service	Lingots	Recherche et production Pétrolière Transport des hydrocarbures
Laminoir à fil rond (LFR) et Laminoir rond à béton (LRB)	Fil rond à béton et Rond à béton	Bâtiment et travaux publics hydraulique

I.2 Présentation de l'unité (laminoir rond à béton) :

Le laminoir rond à béton, conçu par le constructeur italien POMINI, d'une capacité nominale de 400.000tonnes/an, a été un premier investissement d'un coût de 44millions de dollars US, que **SIDER EI HADJAR** a construit durant les premières années de son avènement. Pour répondre aux besoins du marché local et national en rond à béton, dont la demande se trouve maintenant (boostée) par le programme de réalisation d'un million de logements lancés par le président de la république.

Ce laminoir, monté au courant de l'année 2003/2004, est une installation de haute technologie.

Il est doté :

- D'un four de circuit d'une capacité de 80T/H qui consiste à chauffer à 1160 °C avant son défournement la billette provenant des aciéries.
- D'un système de 16 cages convertibles Composés chacun de 02 cylindres, fonctionnant en position horizontale et verticale. Ils sont disposés en ligne de 06 cages de dégrossissage, de 04 intermédiaires et de 06 cages finisseuses.
- D'un thermaux, dispositif permettant un traitement thermique destiné à donner au produit ses caractéristiques mécaniques (tolérances selon normes d'un système de refroidissement et de conditionnement du produit fini) (cisaillage, constitution fardeaux de 24 barres de 12 M chacune, ligature uses, passage et expédition).

Le démarrage du laminoir rond à béton a été lancé avec un personnel redéployé non formé pour la maîtrise technique de cette nouvelle installation mais disposant quand même d'une expérience et d'un savoir-faire acquis au niveau de leurs unités d'origine (Tuberie sans soudure ; laminoir files et rond.

L'unité de production du rond à béton, se compose de quatre zones, ayant différentes fonctions nommées comme suit :

- Zone four,
- Zone laminage,
- Zone barres,
- Zone refroidissement

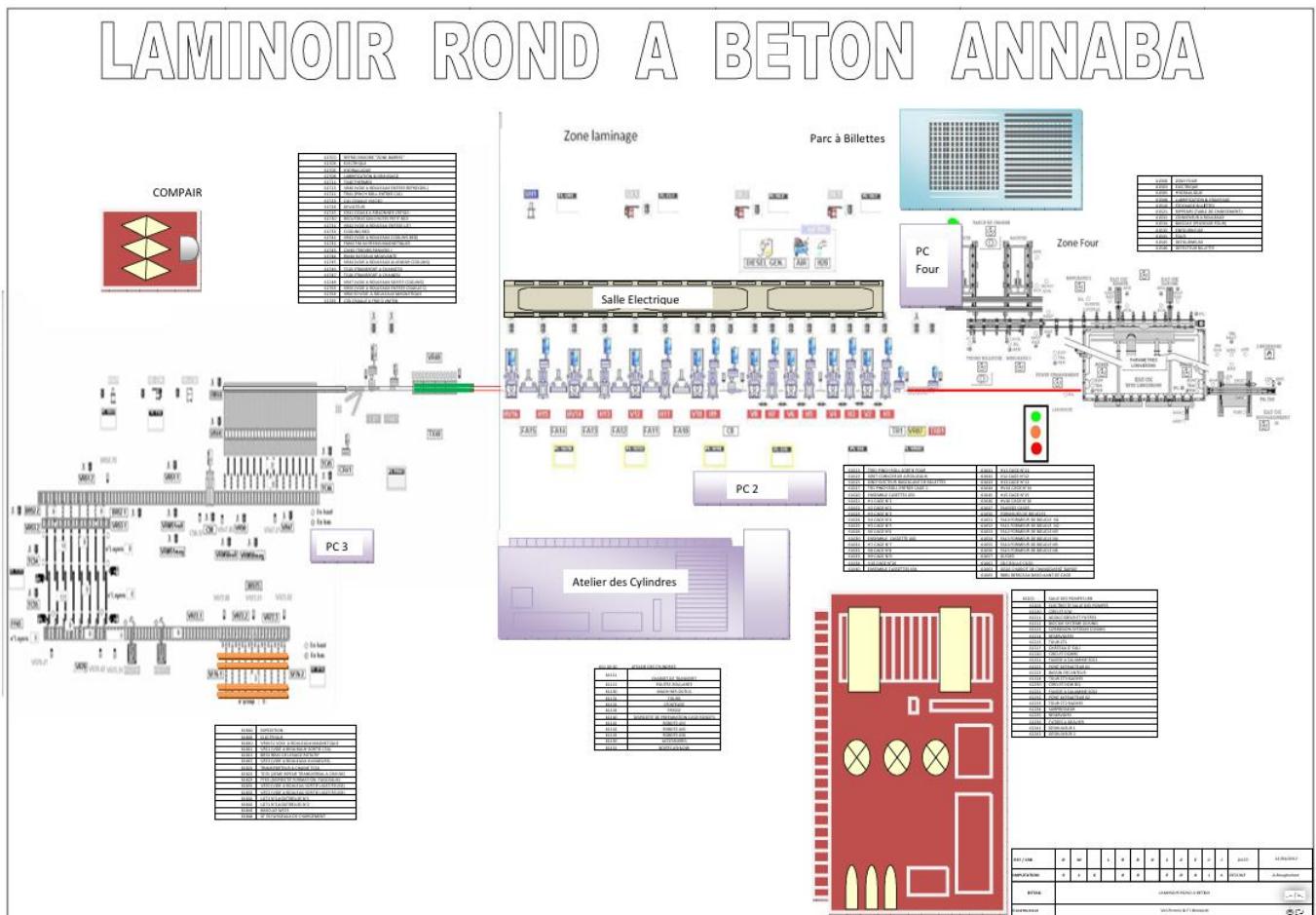


Figure I.2.1 : Laminoir rond à beton annaba

I.2.1. Historique du laminoir rond à béton :

Le laminoir rond à béton est le dernier né du complexe sidérurgique d'El-hadjar. Réalisé dans un temps record avoisinant une année, toute opération confondue (génie civil et montage) réalisées par une main d'œuvre Algérienne avec comme support engineering un bureau d'étude étranger et un groupe de jeune Algérien issu de l'unité LFR. La première billette est passée par le train de laminage le 16/12/2003 à 21h15.

Le laminoir rond à béton est une usine réalisée par la firme italo-autrichienne : VAI POMINI, dès son indépendance, en 1962, l'Algérie avait déjà opté pour le développement du secteur de l'électricité.

I.2.2. Définition du laminoir rond à béton :

Le LAMINOIR ROND À BÉTON par définition est le laminoir rond à béton qui a pour matière première la billette qui est une section carrée de métal 130*130*12000 mm.

Pour la transformer en différents produits finis de rond à béton et fer rond de section différente [1].

I.2.3. Objectif de LRB :

L'objectif du laminoir du rond à béton LRB est la transformation de produits semi finis les billettes de longueur de 12 m et section 130x130mm en produits finis, des barres nervurés à haute adhérence, de 12 m de longueur et de de différents diamètres 12, 14, 16, 20, 25, et 32 mm [1].



Figure I.2.3 : Barre de béton armé sur chantier

I.2.4. La PRODUCTION :

Le laminoir produit les différents diamètres possibles et existants au marché international :

- Diamètre RB08 08mm par 12000mm ou 08mm par 6000mm réalisable mais difficilement (Le LFR le produit) ;
- Diamètre RB10 10mm par 12000mm ou 10mm par 6000mm
- Diamètre RB12 12mm par 12000mm ou 12mm par 6000mm
- Diamètre RB14 14mm par 12000mm ou 14mm par 6000mm

- Diamètre RB16 16mm par 12000mm ou 16mm par 6000mm
- Diamètre RB20 20mm par 12000mm ou 20mm par 6000mm
- Diamètre RB25 25mm par 12000mm ou 25mm par 6000mm
- Diamètre RB32 32mm par 12000mm ou 32mm par 6000mm
- Diamètre RB50 50mm par 12000mm ou 50mm par 6000mm [1].

I.2.5. Autres gammes de Production :

Suite à des demandes clientèles, et avec des modifications faites par les techniciens, le LRB a pu réalisé d'autres gammes tels que:

- En diamètres: 50 lisse et 80 lisse.
- En longueurs: 7.0 m, 7.3 m, 7.5m, 9.5m, et 11.2m [1].

I.2.6. Spécifications techniques du laminoir rond à béton :

• Année de mise en service	2004
• Dimensions de la billette	130x130 <u>mm</u>
• Longueur de la billette	12 <u>m</u>
• Poids max	env. 1550 <u>kg</u>
• Rang de <u>Production</u>	<u>8 ÷ 50</u> <u>*m</u>
• Longueur des barres commerciales	<u>12</u> <u>m</u>
• Plan de performance	
• Longueur totale du laminoir	Max. 255 m
• Nombre de lignes	1
• Capacité théorique	400.000 T
• Capacité de production /H	80 T
• Rythme moyen /H	73,22 T
• Vitesse max à la sortie finisseuse	13 <u>m\s</u>
• Vitesse max à l'entrée cooling bed	13 <u>m\s</u>
• Nuance d'acier	St 37.2 Faible %
• Carbone	$\leq 0,045C$
• Rendement pondéral	96%
• % Total des temps d'arrêts (Théorique) MTC	8.10%

I.2.7. Données de base du laminoir :

Le LAMINOIR ROND À BÉTON est d'une capacité de production de 80t/h à 1050 °C (T° de déchargement du four) pour des barres nervurées de D=8 à D= 32 mm et du rond lisse de D=14 à D = 50 mm.

Le système de trempe des ronds PQS est installé pour produire des barres soudables à résistance élevée (AFNOR FeE400, DIN Bst 420, Bs Grade 460) à partir d'une billette au carbone doux.,

Les taux de production du laminoir sont calculés sur la base de la vitesse maxi de laminage de 13m/s, d'une coupe transversale de billette de 130mm et une longueur de 12000 mm.

Tous les équipements mécaniques incorporent une technologie de pointe approuvée faisant partie de la série du Red Ring connue pour sa rigidité et sa facilité d'entretien.

Tableau I.2.7 :Données de base du laminoir

N° cage	Type	Disposition	Style et plan
1	RR-455 HS ratio 40 P=350 Kw 900/1700 rpm	Horizontale	Mono rainure 2177-08434
2	RR-455 HS ratio 40 P=350 Kw 900/1700 rpm	Verticale	Mono rainure 2177-08435
3	RR-455 HS ratio 52 P=350 Kw 900/1700 rpm	Horizontale	Mono rainure 2177-08434
4	RR-455 HS ratio 40 P=350 Kw 900/1700 rpm	Verticale	Mono rainure 2177-08438
5	RR-455 HS ratio 30 P=600 Kw 900/1800 rpm	Horizontale	Mono rainure 2177-08441
6	RR-455 HS ratio 17 P=350 Kw 900/1700 rpm	Verticale	Mono rainure 2177-08444
7	RR-445 HS ratio 11 P=600 Kw 900/1800 rpm	Horizontale	Traverse 2177-08447
8	RR-445 HS ratio 7,5 P=600 Kw 900/1800 rpm	Verticale	Traverse 2177-08452
Cisaille Volante C8 2916-00495 2916-00166			
9	RR-445 HS ratio 7,5 P=600	Horizontale	Traverse

	Kw 900/1800 rpm		2177-08457
10	RR-445 HS ratio 4 P=600 Kw 900/1800 rpm	Verticale	Traverse 2177-08460
11	RR-436 HS ratio 4 P=600 Kw 900/1800 rpm	Horizontale	Traverse 2177-08463
12	RR-436-HS ratio 3 P=600 Kw 900/1800 rpm	Verticale	Traverse 2177-08466
13	RR-436-HS ratio 2,8 P=600 Kw 900/1800 rpm	Horizontale	Traverse 2177-08601
14	RR-436-HV ratio 2,4 P=600 Kw 900/1800 rpm	Convertible	Traverse 2177-08602
15	RR-436-HS ratio 2,2 P=600 Kw 900/1800 rpm	Horizontale	Traverse 2177-08603
16	RR-436-HV ratio 1,7 P=600 Kw 900/1800 rpm	Convertible	Traverse 2177-08604
Cisaille volante C41		2937-02033	

I.2.8 Description du laminoir rond à béton (LRB) :

A partir des billettes fournies par l'aciérie à oxygène N°2 (ACO2) ou par l'aciérie électrique (ACE), le LRB produit du rond à béton nervuré.

Sa capacité annuelle est de 400 000 T.

Le rond à béton nervuré (Grade FeE 400 & 500) du diamètre 10mm au 32, en fardeaux, est destiné à renforcer les constructions en béton (Bâtiment, Travaux Publics) et à constituer les armatures passives pour les constructions en béton précontraint.

Le LRB est composé de :

- Un four à longerons mobiles de 80 T/h.
- Un train de laminage de 16 cages, équipé d'un dégrossisseur et un groupe de cages intermédiaires et cages finisseuses.
- Une ligne de rond à béton nervuré (\varnothing 10-32mm) et rond lisse (\varnothing 14-50mm).
- Une ligne de refroidissement (Thermex & grand bed).

En 2010, le LRB est certifié ISO 9001 version 2008 et en 2011 OHSAS 18001.

Il emploie 150 personnes.

L'unité de production du rond à béton, se compose de quatre zones, dont les fonctions sont nommées comme suit :

Zone de four :

La zone de four est dotée d'un four de circuit d'une capacité de 80T/H qui consiste à chauffer à 1160 °C avant son défournement la billette provenant des aciéries.

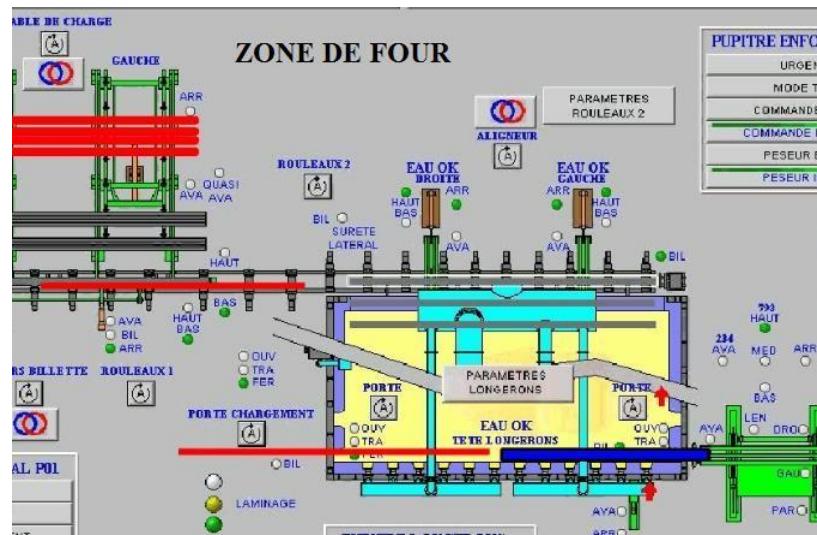


Figure I.2.1 : Zone du four

Zone de laminage :

La zone de laminage est composée d'un système de 16 cages convertibles, composées chacune de 02 cylindres –fonctionnant en position horizontale et verticale. Elles sont disposées en ligne de 06 cages de dégrossissage (cage 01-02-03-04-05-06) diamètre max cylinder = 510 mm, de 04 intermédiaires (cage 07-08-09-10) diamètre max cylinder = 420 mm et de 06 cages finisseuses (cage 11-12-13-14-15-16) diamètre max cylinder = 320 mm.

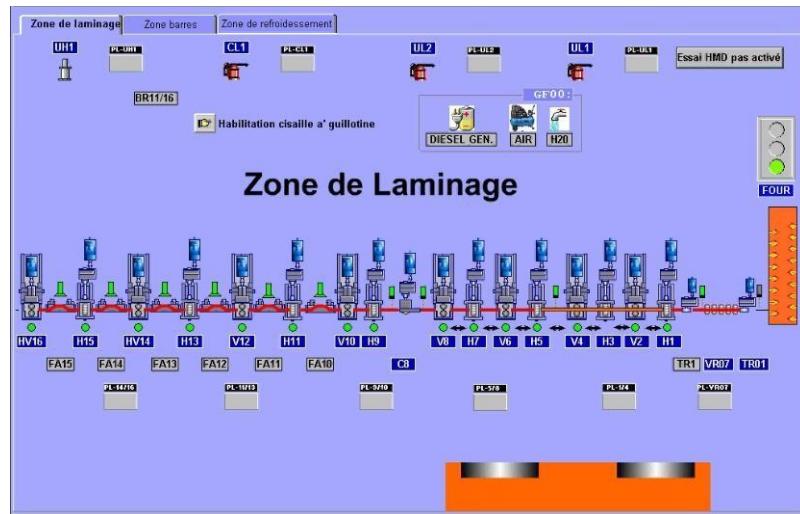


Figure I.2.2 : Zone de laminage.

Zone de barres :

La zone de barres est dotée d'un thermex, dispositif permettant un traitement thermique destiné à donner au produit ses caractéristiques mécaniques (trempe à l'eau).

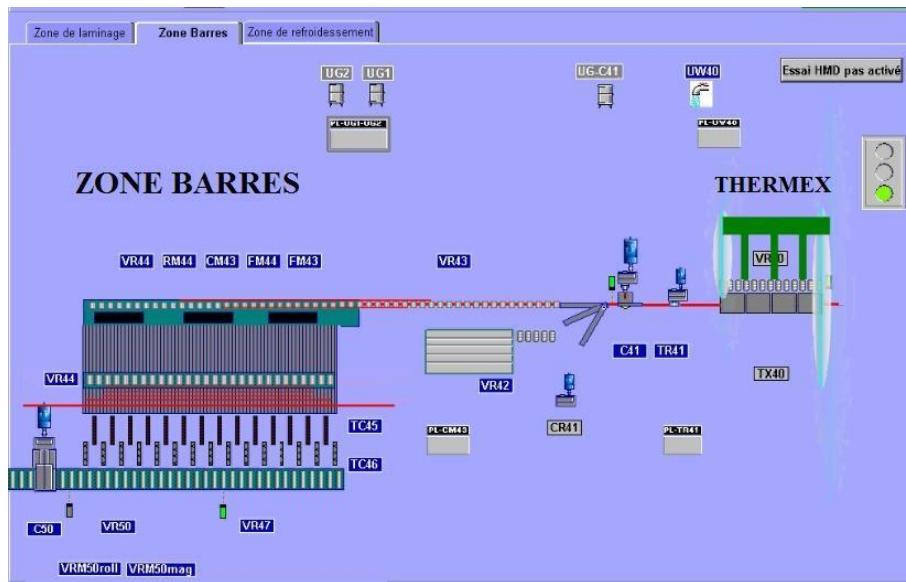


Figure I.2.3 : Zone de barres.

Zone de refroidissement :

La zone de refroidissement est dotée d'un dispositif nommé « cooling bed » qui se compose de plaques de refroidissement fixe et amovible, permettant un refroidissement à l'air libre « revenu ».

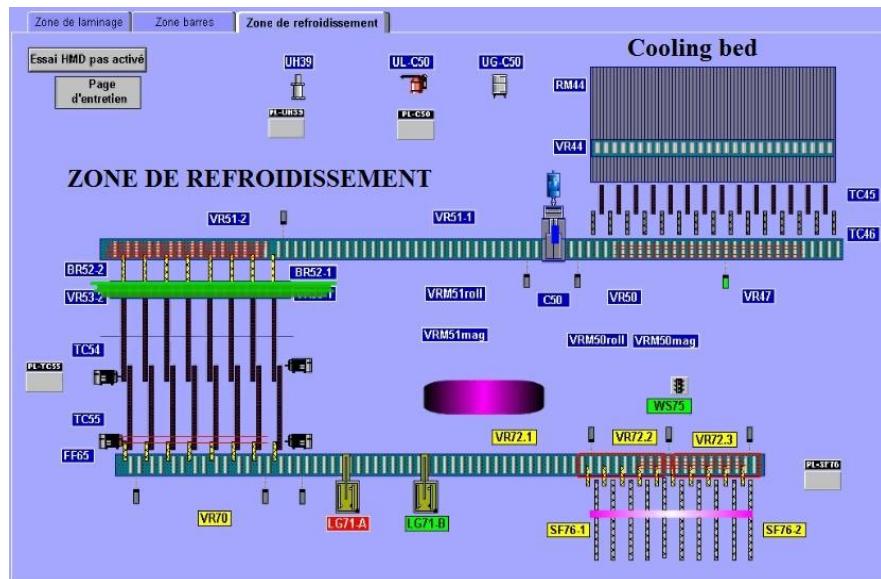


Figure I.2.3 : Zone de refroidissement [1].

Chapitre II :

Concepts fondamentaux de

l'analyse des données

II.1. Introduction

L'analyse des données (AD), et plus généralement la fouille des données (FD), est constituée d'un ensemble de techniques qui ont pour but de déterminer les structures possédées par l'ensemble des données. Ces structures peuvent être de nature descriptive (partition, hiérarchie, plan factoriel,...) ou explicative (arbre de décision, analyse factorielle discriminante,...). L'analyse de données peut être considérée comme une science expérimentale: propriétés démontrées après avoir été observées, indice empirique pour l'interprétation des résultats, codages établis de façon heuristique.

Par ailleurs, les premiers résultats fournis par une analyse factorielle sont généralement évidents, alors que les résultats suivants ne sont pas triviaux et sont souvent intéressants.

Les données peuvent se présenter sous différentes formes: tableaux individus x variables (dans un but descriptif, l'interprétation établira des liens entre variables et groupes d'individus qui se ressemblent selon ces variables), tableaux de distances (représentation des individus dans un plan, sur une droite, etc ou partitionnement de l'ensemble des individus), tableaux de contingence (ces tableaux croisent les ensembles de modalités de deux caractères qualitatifs), tableaux de présence-absence (0/1), tableaux de notes, tableaux de pourcentage...

Les techniques d'analyse de données se différencient non seulement par les outils mathématiques utilisés (algèbre linéaire dans le cas de l'analyse factorielle, théorie des graphes et combinatoire pour certaines méthodes de classification) mais aussi par les buts poursuivis qui peuvent être un but descriptif ou un but prévisionnel. Le but descriptif consiste à essayer d'obtenir une représentation simplifiée aussi proche que possible des données initiales, le but prévisionnel consiste à expliquer et prévoir une ou plusieurs variables en fonction d'autres variables. Dans ce cours, nous présenterons les techniques suivantes:

- Analyse en composantes principales (ACP): rechercher des axes d'inertie d'un système de points affectés de poids, ce qui permet d'en déduire des sous-espaces de dimensions réduites sur lesquels la projection des points est la moins déformante.
- Analyse des correspondances (AC) double ACP ayant un but à la fois descriptif et prévisionnel (étude de liens existants entre lignes et colonnes d'un tableau [2]).

II.2. Définition

Dans l'acception française, la terminologie << analyse des données >> désigne un sous-ensemble de ce qui est appelé plus généralement la statistique multivariée. L'analyse des données est un ensemble de techniques descriptives, dont l'outil mathématique majeur est l'algèbre matricielle, et qui s'exprime sans supposer a priori un modèle probabiliste.

Elle comprend l'analyse en composantes principales (ACP), employée pour des données quantitatives, et ses méthodes dérivées: l'analyse factorielle des correspondances (AFC) utilisée sur des données qualitatives (tableau d'association) et l'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM ou

ACM) généralisant la précédente. L'analyse canonique et l'analyse canonique généralisée, qui sont plus des cadres théoriques que des méthodes aisément applicables, étendent plusieurs de ces méthodes et vont au-delà des techniques de description. L'Analyse Factorielle Multiple est adaptée aux tableaux dans lesquels les variables sont structurées en groupes et peuvent être quantitatives et/ou qualitatives. La classification automatique, l'analyse factorielle discriminante (AFD) ou analyse discriminante permettent d'identifier des groupes homogènes au sein de la population du point de vue des variables étudiées [3].

II.3. Domaines d'application

Aujourd'hui, les méthodes d'analyse des données sont employées dans de nombreux domaines tel que le marketing dans la gestion de la clientèle, le sondage dans l'analyse d'enquêtes, on peut également, citer la recherche documentaire très utile spécialement dans la recherche avec internet.

Le très grand nombre de données en méthodologie a été une des premières motivations pour développer les méthodes d'analyse des données. En effet, tout domaine scientifique qui doit gérer un grand nombre de données de type varié ont recours à ces approches (comme écologie, linguistique, économie etc.), ainsi que tout domaine industriel(tel que les assurances, banques, téléphonie etc.). Ces dernières sont également utilisées en traitement de signal et image et en ingénierie mécanique :

- Afin d'illustrer la diversité des contextes dans lesquels l'analyse des données est mobilisée, le tableau ci-dessous présente plusieurs exemples d'applications concrètes réparties selon différents domaines d'activité [4].

Tableau II.1 : Exemple d'application d'analyse de données [5].

<u>Marketing</u>	<u>Gestion des risques</u>	<u>Gouvernement</u>	<u>Web</u>	<u>Logistiques</u>	<u>Autre</u>
Modélisation de la réponse	Modélisation du risque de crédit	Évasion fiscale	Analyses de web	Prévision de la demande	Analyse de texte
Modélisation du net lift	Modélisation du risque de marché	Fraude à la sécurité sociale	Analyse des médias sociaux	Analyse de la chaîne d'approvisionnement	Analyse des processus métier
Modélisation de la rétention	Modélisation des risques opérationnels	Blanchiment d'argent	Test multivarié		
Analyse du panier de marché	Détection de fraude	Détection du terrorisme			
Systèmes de recommandation					
Segmentation de la clientèle					

II.4. Types d'analyse des données :

L'analyse de données constitue une étape essentielle dans tout processus de recherche ou de prise de décision. Selon les objectifs visés, différents types d'analyse peuvent être mobilisés pour explorer, comprendre, expliquer ou prédire les phénomènes observés à partir des données collectées. Cette section présente une typologie des approches analytiques les plus couramment utilisées, en mettant l'accent sur leurs finalités, leurs logiques méthodologiques et leurs domaines d'application :

A . Analyse Descriptive :

Reconnue comme le premier type d'analyse de données, elle est réputée pour être la méthode la plus simple. Elle peut donc être utilisée pour traiter de grands volumes de données. Dans ce cas, les données sont utilisées pour constituer un ensemble de données [6].

B. Analyse diagnostique :

Ce type d'analyse se concentre davantage sur les raisons pour lesquelles quelque chose s'est passé, cela implique des entrées de données plus diversifiées et un peu d'hypothèses.

Bien que l'analyse descriptive puisse être utile pour résumer les données en calculant diverses statistiques (telles que la moyenne, le minimum, le maximum, la variance ou le N supérieur).

On peut prendre un exemple comme un système qui collecte et analyse les données des capteurs des machines pour surveiller leur état de santé et prévoir les pannes, ici le rôle de l'analyse diagnostique est de fournir plus d'informations sur les raisons pour lesquelles une erreur s'est produite en fonction des modèles du données du capteur pour les défauts précédents [7].

C. Analyse Exploratoire : Cette méthode permet d'explorer des relations inconnues, de découvrir de nouvelles connexions et de définir des études ou des questions futures [6].

D .Analyse Inférentielle : La méthode d'analyse inférentielle utilise un petit échantillon pour conclure à une population plus large. Cela signifie que les données d'un échantillon de sujets du monde entier sont utilisées pour tester une théorie générale sur sa nature. Les types d'ensemble de données pouvant être utilisés dans cette méthode sont les données observationnelles, rétrospectives et les études temporelles transversales [6].

E. Analyse Prédictive : L'analyse prédictive utilise des faits historiques et actuels pour établir des prédictions futures. Elle peut également utiliser les données d'un sujet pour prédire les valeurs d'un autre sujet. Il existe différents modèles prédictifs ; cependant, un modèle simple avec davantage de données est généralement plus efficace. Par conséquent, l'ensemble de données de prédition et la détermination des variables de mesure sont des aspects importants à prendre en compte [6].

F. Analyse Explicative : Cette méthode d'analyse permet de déterminer les conséquences sur une variable lorsqu'une autre est modifiée à l'aide d'ensembles de données d'essais randomisés [6].

G. Analyse Mécaniste : Cette méthode requiert le plus d'efforts pour déterminer les variations exactes des variables pouvant entraîner des modifications d'autres variables à l'aide d'ensemble de données d'essais randomisés. On peut également conclure que l'analyse mécaniste est difficilement déductible. Ainsi, lorsqu'on a besoin d'une grande précision dans les résultats et souhaiter minimiser les erreurs, par exemple en ingénierie et en sciences physiques, cela peut être une option [6].

II.5. La nature des données :

On distingue généralement deux ensembles : les individus et les caractères relatifs à ces individus. Le terme individu s'entend au sens très large : une personne, l'employé d'une

entreprise, un client, un animal, un lieu géographique, un pays, etc. L'ensemble des individus observés peut provenir d'un échantillon ou de la population tout entière. Il s'agit alors d'un sondage, dans le cas où il s'agit de la population tout entière.

Les caractères correspondent aux renseignements relevés sur les individus : le nom de l'entreprise, le salaire, l'ancienneté, le poste occupé, le service, etc. Les caractères peuvent être quantitatifs ou qualitatifs. Un caractère est quantitatif lorsqu'il est mesuré par un nombre, comme le salaire, l'âge, le chiffre d'affaires. Il est qualitatif lorsqu'il est observé, mais non mesuré sur une échelle numérique : sexe, profession, fonction occupée dans une hiérarchie... Les données d'un caractère qualitatif peuvent être ordonnées (niveau hiérarchique); on dit alors que le caractère est ordinal. Sinon, on dit qu'il est nominal (profession) [8].

II.5.1. Les différents types de caractères :

La littérature distingue deux types de caractères :

Qualitatif et Quantitatif.

A - Caractère Qualitatif: Un caractère est qualitatif si ses modalités échappent à la mesure ou au comptage.

Exemples: le sexe, la profession, la résidence, etc....

On distingue deux types de caractères qualitatifs: Nominal et ordinal.

- **Caractère qualitatif nominal:** est un caractère dont les modalités sont des noms, par conséquent ces modalités ne peuvent pas être ordonnées ni additionnées.

Tel est le cas de la Catégorie socioprofessionnelle, le sexe, le lieu de résidence, la nationalité.

- **Caractère qualitatif ordinal :** Est un caractère qui permet d'apprécier le degré d'appartenance ou non à une catégorie donnée, de plus haut jusqu'au plus bas, de plus important au plus faible.

On peut donner comme exemples niveau de satisfaction, niveau d'accord ou de désaccord... Les modalités de ce caractère peuvent être codifiées par des échelles allant par exemple de 1 à 3, 1 à 5, 1 à 7.

B - Caractère quantitatif: Ses modalités sont mesurables. Les nombres correspondant à la mesure d'un individu sont appelés modalités de la variable quantitative.

On distingue deux types de variables quantitatives: discrète et continue.

Variable quantitative discrète: Elle prend des valeurs isolées dans son domaine de variations.

Exemples:

- Le nombre d'interventions de maintenance préventive réalisées sur les systèmes électriques durant l'année 2025.

- Le nombre de pannes enregistrées sur les équipements de production dans une usine au cours du premier semestre 2024.

Une variable qualitative est dite dichotomique si elle ne peut prendre que deux modalités.

Un caractère de type quantitatif peut être converti en un caractère qualitatif ordinaire en classant les individus par rapport à ce caractère quantitatif du plus bas jusqu'au plus élevé ou l'inverse.

- Le nombre d'articles vendus dans un magasin en fin de journées.

Variable quantitative continue : Le nombre de valeurs possibles au sein de chaque classe est infini; il est donc nécessaire de définir les modalités en groupant ces valeurs en classes.

Exemples:

La taille, le poids, ou l'âge d'un individu.

La distance entre deux villes.

Les salaires des travailleurs ou le nombre d'années d'expérience.

La longueur de chaque classe est appelée "amplitude". Ces dernières peuvent être constantes ou variables.

Exemples

Amplitude constante: Pour la variable Age des employés d'une entreprise, nous allons proposer: 15 ans à 20 ans; 20 ans à 25 ans, 25 à 30; 30 à 35 ans.

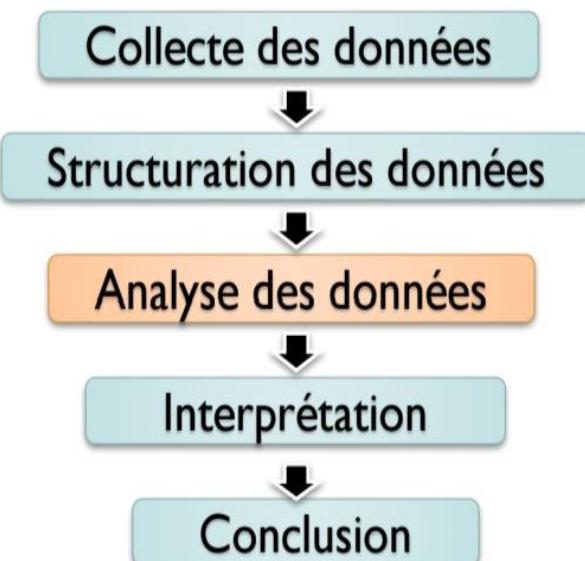
Amplitude variable: Durée du chômage moins de 3 mois, entre 3 mois et 1 an, et plus d'une année

On évite, en général, de constituer plus d'une dizaine de classes afin de faciliter les analyses et les interprétations des résultats.

Le gestionnaire est souvent confronté à une masse de données qu'il peut être utile de chercher à interpréter. On recourt alors à un certain nombre méthodes pour classer au mieux ces informations. On peut en faire une synthèse tabulaire, graphique [9].

II.6. Le processus de l'analyse de données :

Les principales étapes du processus d'analyse [10].



II.7. Collecte et analyse des données, brève description:

Des méthodes de collecte et d'analyse des données bien choisies et mises en œuvre sont essentielles pour tous les types d'évaluation. Cette note d'information offre un aperçu des enjeux liés au choix et à l'utilisation des méthodes d'évaluation d'impact, c'est-à-dire des évaluations qui fournissent des informations sur les effets à long terme, attendus et imprévus, produits par des programmes ou des politiques.

Les évaluations d'impact doivent aller au-delà de l'évaluation de l'ampleur des effets (c'est-à-dire l'impact moyen) pour identifier les bénéficiaires et les modalités du succès d'un programme ou d'une politique. La définition du « succès » et la manière dont les données seront analysées et synthétisées pour répondre aux questions clés d'évaluation (QCE) spécifiques doivent être

prises en compte dès le départ, car la collecte des données doit être axée sur l'ensemble des données nécessaires pour porter des jugements pertinents sur le programme ou la politique. En d'autres termes, le cadre analytique – la méthodologie d'analyse de la « signification » des données en recherchant des tendances de manière systématique et transparente – doit être précisé dès la phase de planification de l'évaluation. Le cadre explique comment l'analyse des données tiendra compte des hypothèses formulées dans la théorie du changement du programme concernant la manière dont le programme était censé produire les résultats escomptés. Dans une véritable évaluation mixte, cela implique l'utilisation de méthodes d'analyse numérique et textuelle appropriées et la triangulation de multiples sources de données et perspectives afin de maximiser la crédibilité des résultats de l'évaluation.

- Points principaux

1. Les méthodes de collecte et d'analyse des données doivent être choisies en fonction de l'évaluation concernée, de ses questions clés d'évaluation (QCE) et des ressources disponibles.
2. Les évaluations d'impact doivent exploiter au maximum les données existantes, puis combler les lacunes par de nouvelles données.
3. Les méthodes de collecte et d'analyse des données doivent être choisies en fonction de leurs forces et faiblesses respectives[11].

II.8.Les principaux objectifs de l'Analyse des données :

- Répondre aux problèmes posés par des tableaux de grandes dimensions
- Résumer les informations contenues dans un grand tableau sous forme d'une matrice
- Organiser et visualiser les informations

Le développement des outils informatiques a fortement contribué au développement de nombreuses méthodes statistiques.

- ➔ Ce qui permet de traiter sans difficultés de vastes données des enquêtes et des investigations (grands tableaux de milliers de lignes et milliers de colonnes)
- ➔ Ex: SPSS, EVIEWS [10].

II.9. Distinction entre données et informations :

Données : les données sont brutes. Elles existent simplement et n'ont aucune signification au-delà de leur existence (en soi). Elles peuvent exister sous n'importe quelle forme, utilisable ou non. Elles n'ont pas de sens en elles-mêmes. En informatique, une feuille de calcul commence généralement par contenir des données.

Informations : les informations sont des données auxquelles on a donné un sens grâce à une connexion relationnelle. Ce « sens » peut être utile, mais pas nécessairement. En informatique, une base de données relationnelle génère des informations à partir des données qu'elle contient [12].

Conclusion :

L'analyse des données constitue un outil fondamental pour exploiter efficacement les volumes importants d'informations issus des enquêtes, des études ou des systèmes d'information. Elle permet de simplifier les données complexes, de mettre en évidence des relations significatives et de fonder les décisions sur des bases objectives. Grâce à l'évolution des méthodes statistiques et des logiciels spécialisés, le traitement et l'interprétation de grandes bases de données sont désormais plus accessibles, offrant une meilleure compréhension des phénomènes étudiés.

**Chapitre III :
Analyse et Pilotage des
processus de Maintenance**

APPROCHE PROCESSUS EN MAINTENANCE :**III.1. INTRODUCTION :**

La fonction maintenance a pour but d'assurer la disponibilité optimale des installations de production et de leurs annexes, impliquant un minimum économique de temps d'arrêt. Jugée pendant longtemps comme une fonction secondaire entraînant une perte d'argent inévitable, la fonction maintenance est en général, assimilée à la fonction dépannage et réparation d'équipements soumis à usage et vieillissement. La véritable portée de la fonction de la maintenance mène beaucoup plus loin : elle doit être une recherche incessante de compromis entre la technique, et l'économique. Il reste alors, beaucoup à faire pour que sa fonction productive soit pleinement comprise. Une organisation, une planification et des mesures méthodiques sont nécessaires pour gérer les activités de maintenance [13].

III.1.1. DEFINITION DE LA MAINTENANCE:**• Notions sur la maintenance**

: « 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 ». (Norme AFNOR X 60-010) [13].

III.1.2. LE ROLE DE LA MAINTENANCE:

Il est la maîtrise de la disponibilité opérationnelle de équipements afin qu' ils soient mis à la disposition de la production par ces actions, la maintenance ammeistre le profit cumule durant la vie des équipements par :

- La réduction des coûts de maintenance
- L'accroissement de la durée rentable de vie des équipements.
- Réduction des accidents et des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement [13].

III.1.3. Les objectifs de maintenance:**LES OBJECTIFS DE COUT :**

- ✓ Minimiser les dépenses de maintenance.
- ✓ Assurer la maintenance dans les limites d'un budget.

- ✓ Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par l'installation en fonction de leur âge et de leur taux d'utilisation.
- ✓ Tolérer à la discréption du responsable de la maintenance une certaine quantité de dépense imprévue [13].

Les objectifs opérationnels :

- Maintenir le bien durable:

1. Dans un état acceptable
 2. Dans des meilleures conditions
- Assure la disponibilité maximale à un coût raisonnable.
 - Eliminer les pannes à tout moment et au meilleur coût
 - Maximiser la durée de vie de bien.
 - Remplacer le bien à des périodes prédéterminées
 - Assurer au bien des performances de haute qualité.
 - Assurer au bien un fonctionnement sûr et efficace.
 - Obtenir de l'investissement un rendement maximum.
 - Garder au bien une présentation suffisamment satisfaisante
 - Maintenir le bien dans un état de propreté absolue [13].

III.1.4. LA MAINTENANCE PREVENTIVE :

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (maintenance systématique), et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle).

Les objectifs visés par la maintenance préventive sont les suivants :

- Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc réduire les défaillances en service : réduction des coûts de défaillance, amélioration de la disponibilité
- Augmenter la durée de vie efficace d'un équipement
- Améliorer l'ordonnancement des travaux, donc les relations avec la production
- Réduire et régulariser la charge de travail

- Faciliter la gestion des stocks (consommations prévues)
- Assurer la sécurité (moins d'improvisations dangereuses)
- Plus globalement, en réduisant la part « d'imprévu », améliorer le climat des relations humaines (une panne imprévue est toujours source de tension) La mise en œuvre d'une politique de maintenance préventive implique le développement d'un service « méthodes de maintenance » efficace. En effet, on ne peut faire de préventif sans un service méthodes qui va alourdir à court terme les coûts directs de maintenance, mais qui va permettre :
 - La gestion de la documentation technique, des dossiers machines, des historiques.
 - Les analyses techniques du comportement du matériel.
 - La préparation des interventions préventives.
 - La concertation avec la production [13].

Les différents types de maintenance préventive :

a) Maintenance préventive systématique:

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 (EN 13306 : avril 2001). Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

b) Maintenance préventive conditionnelle:

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue (EN 13306 : avril 2001).

c) Maintenance préventive prévisionnelle :

C'est une maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée des paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et planifier les interventions quelques concepts fondamentaux liés à la maintenance.

Buts de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie des matériels;
- Diminuer la probabilité des défaillances en service;
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne;
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective;
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions;
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.;
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production;
- Diminuer le budget de maintenance;
- Supprimer les causes d'accidents graves.

III.1.5. MAINTENANCE CORRECTIVE:

Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement : ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, le remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement [13].

Les différents types de maintenance corrective :

A- Maintenance palliative :

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.

B- Maintenance curative:

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.

La maintenance corrective débouche sur 2 types d'interventions :

- 1. Le dépannage:** Remise en état de fonctionnement effectué « in situ », parfois sans interruption du fonctionnement de l'ensemble concerné. Le dépannage a un caractère

provisoire. Les dépannages caractérisent la maintenance palliative. Le palliatif est caractéristique du 2ème niveau de maintenance.

2. La réparation:

Faite « in situ » ou en atelier de maintenance, parfois après dépannage. Elle a un caractère définitif. La réparation caractérise la maintenance curative. Le curatif est caractéristique des 2ème et 3ème niveaux de maintenance [13].

III.1.6. Les indicateurs de performance de la maintenance :

Il est impossible d'améliorer un système sans en avoir décrit les caractéristiques: dans notre cas, c'est au travers d'indicateurs de performance qu'est analysée la maintenance. Un "indicateur" est une information choisie, associée à un phénomène et destinée à en observer périodiquement les évolutions au regard d'objectifs préalablement définis [BERR02].

Si le nombre d'indicateurs doit être limité, ils doivent néanmoins permettre d'évaluer l'impact de la maintenance sur le système. Pour cela, la norme française XP X 60-020.

[AFN95] présente des indicateurs de coût de maintenance, de disponibilité (et par extension de coût d'indisponibilité), de niveau de sécurité et de coût de la défaillance.

Ces indicateurs sont bien souvent ramenés à des ratios tels que le rapport des coûts de maintenance sur la valeur du bien à maintenir, ou encore le rapport entre les coûts et l'usage:

- coût par heure de production
- coût par km parcouru
- etc

Par conséquent, il apparaît que tous les indicateurs (à l'exception des indicateurs de niveau de sécurité) se regroupent autour de problèmes de rentabilité. Les facteurs de performance en maintenance sont représentatifs d'une part, de ce que coûte la maintenance et d'autre part, de la disponibilité associée, à savoir ce que rapporte le système.

En nous appuyant sur ces indicateurs, nous analyserons plus en détail les notions de coûts de maintenance [14].

III.2. Introduction :

Les processus étant relativement récents au sein de l'entreprise, il ne faudrait pas confondre "fonction", "processus" et "procédure". Cela nous oriente à passer par une cartographie des processus de l'entreprise qui nous permet d'énumérer les différents niveaux et catégories des processus. Cette énumération nous oriente vers les interactions des différents processus de l'entreprise, en particulier vers le processus maintenance [15].

III.2.1. Définition d'un processus:

On définit un processus comme la séquence d'exécution d'activités partiellement ordonnées qui transforment des éléments d'entrée en éléments de sortie par des moyens techniques et humains afin d'atteindre des objectifs dans le cadre de la stratégie [16].

III.2.2. Approche processus :

La norme ISO 9001 favorise beaucoup l'approche processus. Celle-ci pose le principe suivant : << Le client est au centre des préoccupations de l'entreprise >>.

Les fonctions étant définies, les différents métiers maîtrisés au sein de l'entreprise subsistent, mais par un cheminement de plus en plus difficile à identifier clairement.

Dans l'entreprise, une procédure est une manière définie et spécifique d'effectuer une activité ou un ensemble d'activités qui peuvent ou non constituer un processus.

L'approche processus désigne l'application d'un système de processus au sein d'un organisme, ainsi que l'identification, les interactions et le management de ces processus en vue d'obtenir le résultat souhaité.

L'approche processus consiste à :

Définir les processus des activités de l'organisme ;

Définir les interactions existantes entre les processus ;

Fixer les objectifs ;

Définir les points à surveiller et à mesurer ;

Analyser l'efficacité du processus et ses dysfonctionnements ;

Améliorer le fonctionnement du processus [15].

III.2.3. Differents niveaux et categories de processus :

L'approche processus s'applique à différents niveaux d'analyse. Il est important d'avoir un vocabulaire clair pour décrire les éléments à chaque niveau d'analyse.

On distingue quatre (04) niveaux d'analyse :

- a) **Macro-processus** : C'est le niveau d'analyse qu'on utilise pour décrire l'activité de production de l'entreprise. Beaucoup d'entreprises mono-activité ou mono-produit, n'ont qu'un seul macro-processus de réalisation. Pour d'autres, il existe également des macro-processus de pilotage et de support.
- b) **Processus élémentaires** : on peut les appeler processus tout court, mais cela aurait créé des confusions avec l'utilisation du mot processus en tant que concept.
- c) **Sous-processus** : ils décrivent le détail d'un processus élémentaire
- d) **Activités** : c'est le quatrième, et le dernier niveau, le plus petit et le plus simple.

On peut continuer de descendre de niveau. Certaines entreprises identifient un cinquième niveau, appelé opération ou tâche, mais quatre (04) niveaux suffisent généralement.

Le niveau 3 sous-processus peut ne pas exister pour certains processus élémentaires [15].

On peut même classifier les processus de l'entreprise par catégories et cela nous donne trois (03) catégories principales tel que :

❖ **Le processus de réalisation :**

A pour but de participer à la réalisation d'un produit ou d'un service pour un client.

Ils sont composé d'un enchaînement d'activités ou d'ensembles d'activités, alimentés par des entrées et consomment des ressources, qui créent des sorties en y apportant une valeur ajoutée.

❖ **Le processus support :**

A pour but de fournir les moyens nécessaires à tous les autres processus.

❖ Le processus de pilotage :

Pour toute entreprise ou organisme, les théories de management nous rappellent qu'il faut un pilote. Les processus de réalisation et de support doivent donc, pour bien fonctionner, être pilotés [15].

III.2.4. Processus maintenance :

Certain auteurs considèrent que la « fonction maintenance » doit céder la place au « processus maintenance ». Nous utiliserons aussi la même terminologie dans notre travail.

Pour manager le processus maintenance, il faut prendre en considération :

- La politique maintenance ;
- L'identification des moyens critiques ;
- La fourniture des moyens nécessaires :Moyens humains, Moyens matériels, y compris pièces de rechange (support direction de l'entreprise qui définit les moyens et les budgets + plan de maintenance + ordonnancement) ;
- La planification des opérations de maintenance (support : ordonnancement outil : gestion de maintenance assisté par ordinateur – GMAO -,etc.) ;
- La surveillance, mesure, analyse et améliorations (support : plan de maintenance + processus maintenance + méthodes) [15].

III.2.5. Objectifs du processus maintenance :

Le processus maintenance peut être défini également comme étant un ensemble de tout ce qui permet de maintenir un système ou une partie de système en état de bon fonctionnement.

Ces principaux objectifs sont représentés sur la figure suivante :

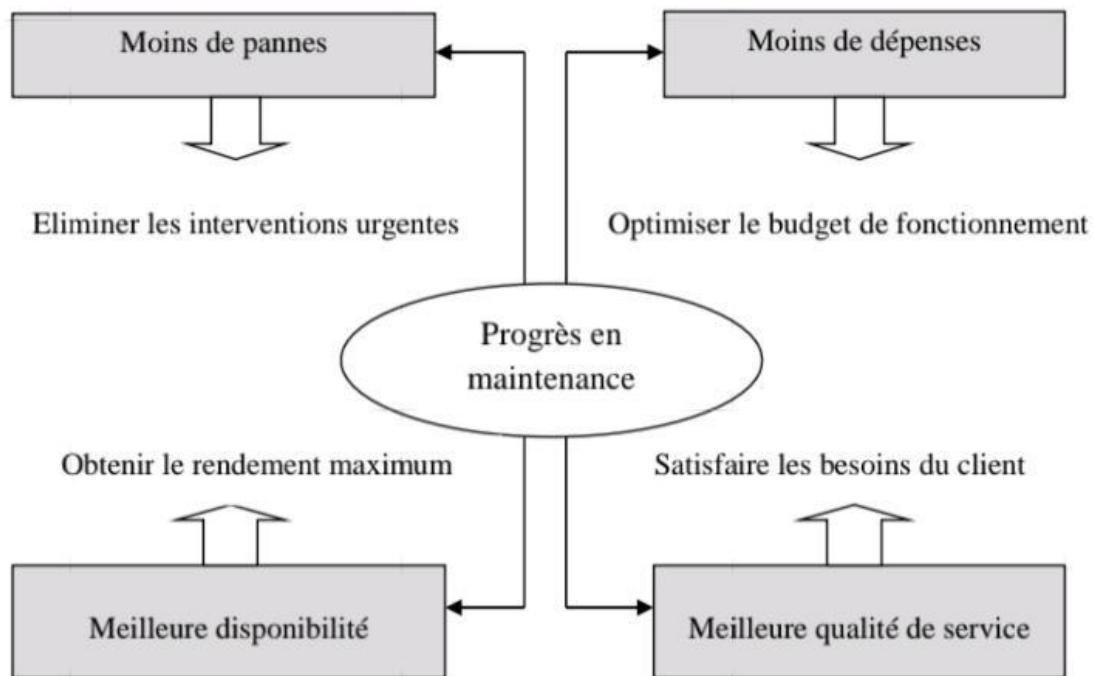


Figure III.2.1 : Objectifs du processus maintenance [15].

III.2.6. Indicateurs du processus :

Un indicateur est un événement, un fait observable, mesurable et déterminé par un calcul qui identifie de façon qualitative ou quantitative une amélioration ou une dégradation du comportement du procédé soumis à examen. À ce titre, l'indicateur qualité réside en une information choisie, associée à un phénomène, destinée à observer les évolutions au regard d'objectifs qualité. Il existe trois (03) niveaux d'indicateurs :

- Niveau 1 :

Indicateurs de performance, données d'entrée. Ils mesurent la conformité aux exigences par rapport aux données d'entrée du processus. Ils permettent de repérer au plutôt les sources de non-qualité ;

- Niveau 2 :

Indicateurs de résultats, données de sortie, ils mesurent la conformité aux exigences par rapport aux données de sortie du processus. Il s'agit d'un constat tardif ;

- Niveau 3 :

Indicateurs de processus, Ils renseignent sur le fonctionnement du processus et son activité aux différents stades et permettent de réagir rapidement aux dysfonctionnements constatés. Ils sont mis en place sur les points faibles en rapport avec l'obtention du résultat final. Un indicateur n'a de valeur que s'il est associé à d'autres indicateurs. C'est l'analyse de l'ensemble des indicateurs, regroupés dans un « tableau de bord », qui importe pour obtenir une bonne exhaustivité des points à améliorer [15].

III.3. Processus maintenance (LRB) :

Mission principale

Assurer la mise à disposition d'équipements de production fiables aux moments opportuns avec optimisation des coûts de maintenance.

Activités

- Planification et ordonnancement des travaux de maintenance en tenant compte de l'évolution des indicateurs de performance des équipements et du plan directeur de production.
- Préparation des travaux de maintenance en définissant les conditions optimales à leur exécution à savoir la définition des modes opératoires et des besoins en ressources avec éditions des documents opérationnels.
- Gestion de la pièce de rechange et des équipements en maintenant à un seuil acceptable leurs niveaux de stockage avec réduction des coûts.
- Exécution des travaux de maintenance selon planning en interne ou en sous-traitance avec optimisation d'utilisation des ressources disponibles selon des procédures préétablies, des directives données et des consignes de sécurités et d'environnement afin de maintenir ou rétablir les équipements dans leurs états spécifiés.
- Mesure, analyse et amélioration des indicateurs de performance de fonctionnement des équipement de production en définissant les techniques et les moyens de maintenance et en respectant le plan directeur de production.
- Élaboration et suivi du budget en vue de mettre à la disposition de la maintenance les ressources nécessaires lui permettant la réalisation du plan de maintenance.
- Assurer la disponibilité des compétences requises pour répondre aux exigences de la maintenance des équipements de production [1].

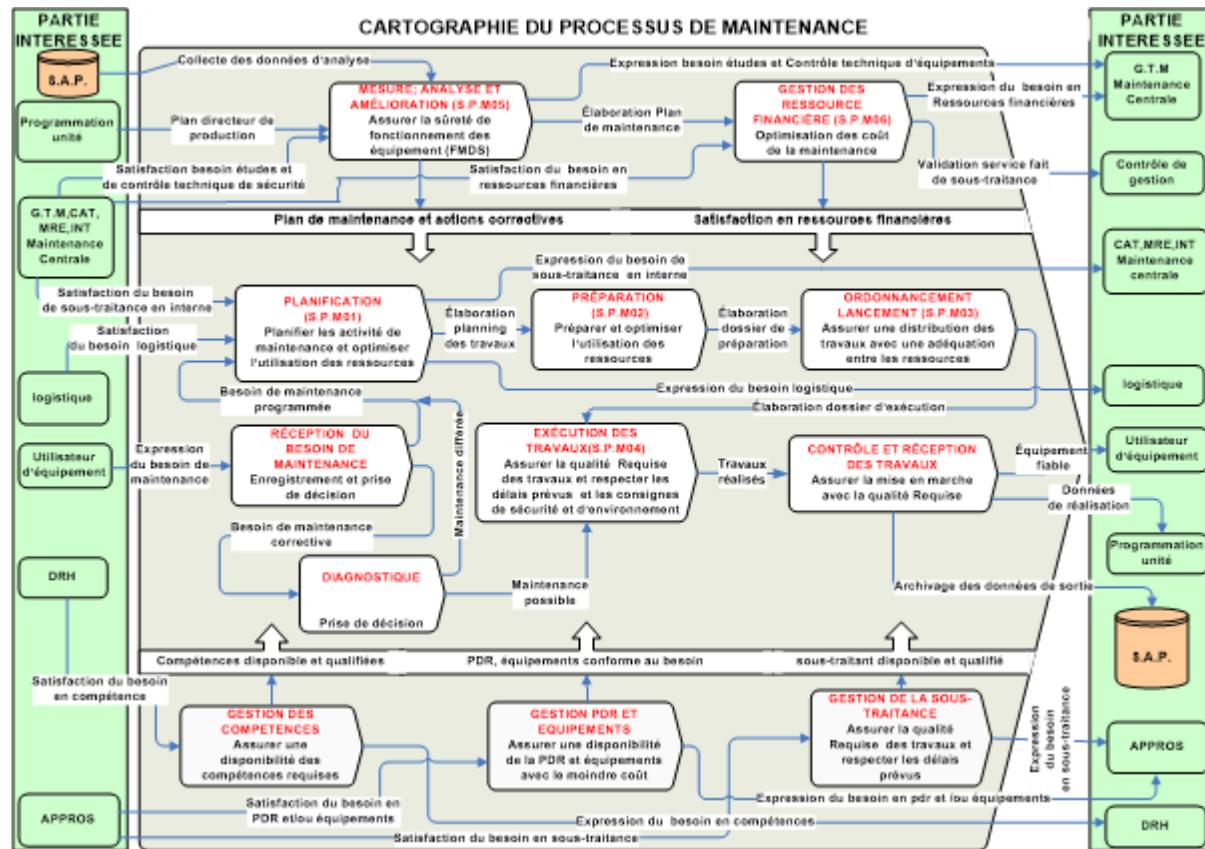
III.3.1. Indicateurs de performance (KPI):**Indicateurs techniques**

- Taux de panne (λ) et incidence par rapport au total des arrêts
- Taux des travaux préventif / travaux correctif (TP/TC)
- Disponibilité

Indicateurs économiques

- Coût de la PDR / Coût total de la maintenance
- Coût de la sous-traitance/Coût total de la maintenance
- Coût de la maintenance/Production (\$/T)
- (Valeur du Stock PDR année N) - (Valeur du Stock PDR année N-1) $\leq 10\%$ [1].

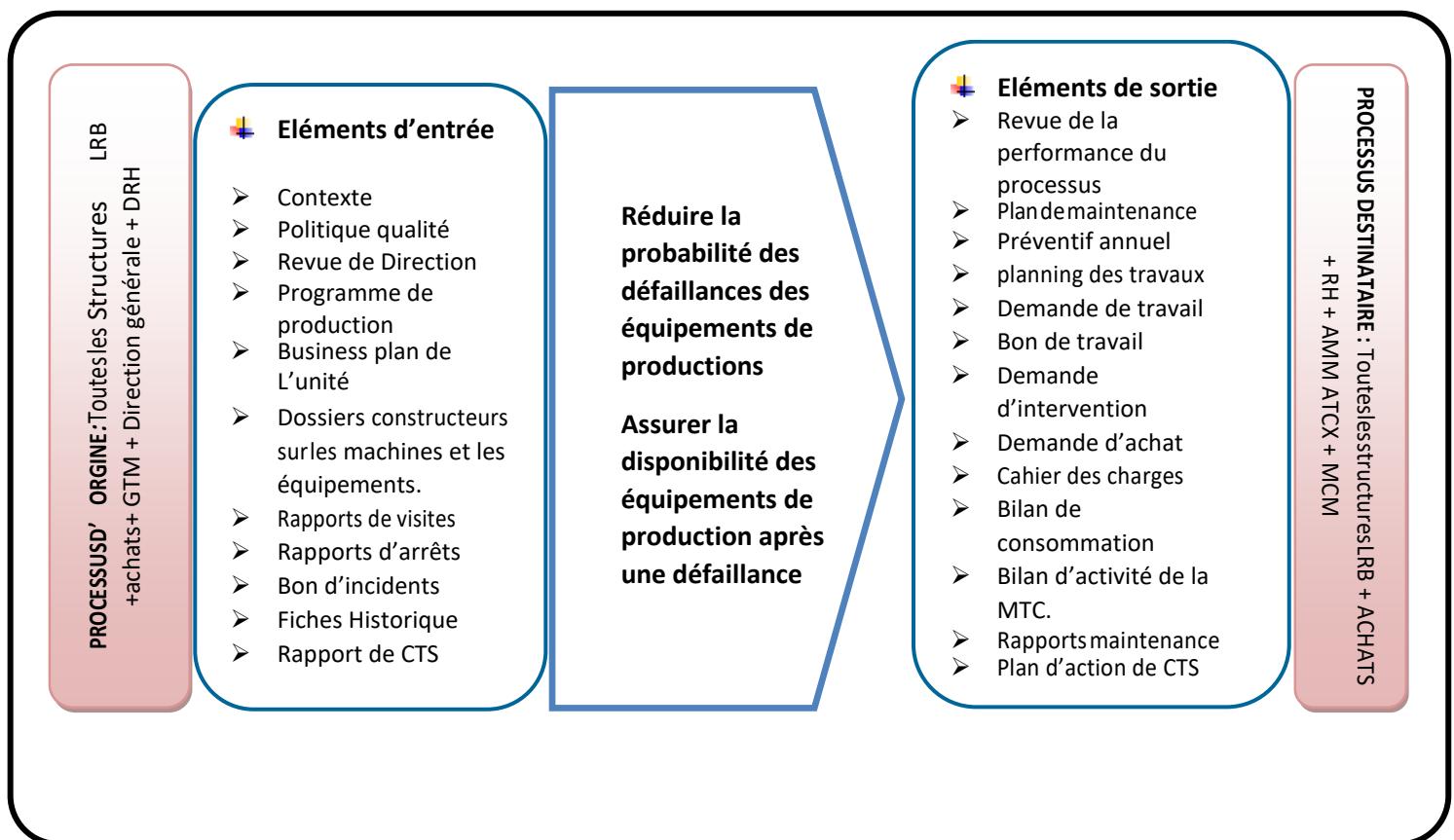
III.3.2. Cartographie des processus de l'entreprise :



III.3.3. Les Processus de maintenance :

Finalité du processus : Assurer l'entretien et la maintenance des équipements de production afin de garantir leur disponibilité et fiabilité pour réaliser des produits conformes aux exigences des clients [1].

INTERACTIONS AVEC LES AUTRES PROCESSUS :



MOYENS :

HUMAINS : Personnel de la maintenance :

Financiers : Budget annuel de maintenance.

Moyens techniques : Moyens logistiques de la production, machines, plans, gammes opératoires, SAP.

PROCÉDURES ET DOCUMENTS ASSOCIÉS :

1. Procédures de maintenance
 2. Procédures de sécurité
 3. Modes opératoires

✧ Indicateurs de performance :

Indicateur	Objectifs	Péodicité	Responsable
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ratio huiles + Ratio PDR ◆ Taux de pannes ◆ Taux de réalisation plan de maintenance 	≤ 0.71 L/T et ≤ 4 \$/T ≤ 16 % 100 %	Annuelle Mensuel	Pilote processus : Chef de service maintenance LRB

✧ Interaction avec les autres processus Clés MTC LRB:

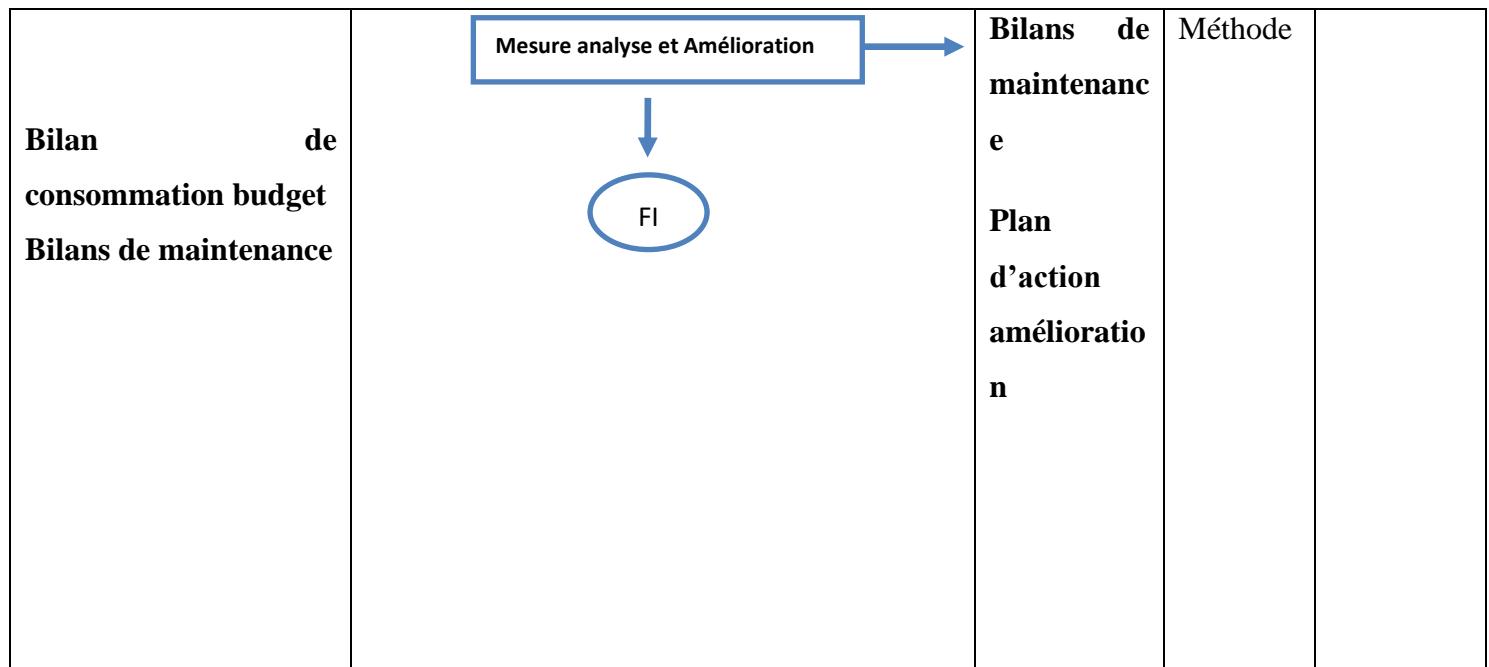
	Eléments d'entrées	Eléments de sorties
Maintenance LRB : PS4/MRB /7.1.3/01		
PM1 : Management	<ul style="list-style-type: none"> - Contexte - Politique qualité - Objectifs qualité - Revue de direction - DATA SMQ 	<ul style="list-style-type: none"> - Revue mensuelle de performance - Tableau de bord - Demande de modification
PM2 Amélioration	<ul style="list-style-type: none"> - Planning des audits - Avis d'audits - Résultats d'audits - Suivi des arrêts - Plans d'actions d'amélioration - Résultats de la surveillance et de la mesure, de l'analyse et de l'évaluation 	<ul style="list-style-type: none"> - Actions correctives - Evaluation des Plans d'actions face aux risques et opportunités - Evaluation des Plans d'actions pour l'atteinte des objectifs <p>Revue mensuelle de performance</p>
Marketing PR1/DCM/8.2/04		
Programmation centrale PR2/PRP/8.1/01		
Processus LAC PR3/PRP/8.5/01		
Processus LAF		

PR4/PRP/8.5/01		
Processus RPA		
PR5/PRP/8.5/01		
Processus LRB	- Demandes D'intervention (anomalies de l'outil de production)	- Fiabilité de l'outil de production
PR6/PRP/8.5/01		
RTC		-
PS5/RTC/8.2/01		
GRH PS6/7.2/01	- Gestion des ressources et mise à disposition des compétences - Plan et planning de formation - Attestations de formations	- Eléments de gestion du personnel (organisation, pointage, notes de mouvement...) - Demande de formation du personnel - Demande de recrutement - Fiches d'évaluations formation à froid
Achats PS7/8.4/01	- Traitement et satisfaction des demandes d'achats - Evaluations de la performance des prestataires externe	- Demande d'achats produits et service - fiches de non-conformité Achats
Maintenance LAC PS1/7.1.3/01		-
Maintenance LAF PS2/7.1.3/01		
Maintenance RPA PS3/7.1.3/01		

III.3.4. Déroulement des activités maintenance :

Elément entrée	Activité	Elément sortie	responsable	Moyen de maîtrise
BP (budget) Dossiers constructeurs machines et les équipements Demandes d'EXP Bons d'incidents Rapports de visites journaliers			BTE + secteur	Réunion matinale
Doc Technique Disponibilité moyens Procédures de sécurité		Budget de la maintenance Plan de maintenance Planning des travaux	BTE	Logiciel SAP
Planning des travaux		Dossier de préparation Cahiers des charges Demande d'achat	BTE	Liste DT fabricable et DA

Dossier préparé	<pre> graph TD A[Ordonnancement/lancement] --> B[Exécution] </pre>	Bons de travail Bon de consommations Demandes de travail et demande d'intervention	BTE	Logiciel SAP
BT Consignes de sécurité Procédures de maintenance	<pre> graph TD A[BT Consignes de sécurité Procédures de maintenance] --> B[Exécution] B --> C{Essai} C -- non --> B C -- oui --> D[Bilans d'activités] </pre>	BT soldés Document de consignation et de déconsignation	Secteur + CDC+ secteur	Bilan
Document de consignation et de déconsignation	<pre> graph TD A[Document de consignation et de déconsignation] --> B{Essai} B -- non --> A B -- oui --> C[Bilans d'activités] </pre>	PV d'essais PV de réception	BTE + secteur + CDC + MCM	Fiche de réception
PV d'essais BT soldés PV de réception Bons de consommation soldés	<pre> graph TD A[PV d'essais BT soldés PV de réception Bons de consommation soldés] --> B[Réception des travaux] B --> C[Bilans d'activités] </pre>	Bilan de consommation budget	BTE/secteur Méthode	fiche de réception installation bilan



Chapitre IV:
Données collectées au sein de la
structure de maintenance

Dans le cadre de ce travail, l'analyse repose sur des données réelles issues de la structure de maintenance étudiée. Ce chapitre a pour objectif de présenter les différentes informations collectées, nécessaires à l'évaluation des performances de maintenance.

Les données concernent principalement les interventions préventives et correctives, les durées d'arrêt, les coûts, la consommation des pièces de rechange, ainsi que d'autres indicateurs techniques liés à l'activité de maintenance. Elles serviront de base à l'analyse développée dans les chapitres suivants:

IV.1. Ages du personnel de maintenance :

Le tableau suivant présente la répartition du personnel de maintenance selon les tranches d'âge. Ces informations permettent d'avoir une idée sur l'expérience potentielle et la répartition générationnelle au sein de l'équipe technique [1].

Tableau IV.1. :Répartition du personnel de maintenance selon l'âge

SECTEUR	Agent	Ancien	Matricule
BTE	C BTE	40	12
BTE	TZ	55	26
BTE	SAP	56	25
BTE	RTZ	60	26
BTE	TZ	55	26
BTE	RTZ	53	27
BTE	MTD	57	27
BTE	TZ	35	8
BTE	TZ	30	5
BTE	TZ	33	6
BTE	RTZ	47	20
BTE	Flb	55	26

IV.2. Données sur les pannes et indicateurs associés :

Les données présentées dans ce tableau concernent les défaillances survenues au niveau des équipements de la structure de maintenance. Elles incluent le nombre total de pannes enregistrées, le temps moyen entre pannes (TBF), le temps d'arrêt total (TA), ainsi que le temps moyen de réparation (TTR) pour chaque équipement [1].

Tableau IV.2. : Données des pannes et indicateurs techniques des équipements

Machine	JANVIER	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
FOUR	6,44	6,44	17,5	17,2	29,47	0	16,71	61,59	7,45	9,55	1,69	8,7	10,19
C41	8,26	8,26	3,75	35,76	8,45	0	0,17	4,68	13,95	19,88	6,24	20,87	8,08
LG71 N°1/2	13,2	13,2	8,69	12,2	4,49	0	5,53	2,83	13,39	7,79	10,03	14,74	11,49
TC45	0,3	0,3	0,08	5,73	87,79	0	1,94	0,95	0	0	0	0	0,1
CS0	22,56	22,56	6,03	5,59	4,23	0	0,42	2,52	2,2	22,78	13,66	8,93	7,77
CAGE N°9	6,67	6,67	4,11	7,42	16,77	0	3,79	36,38	0	0	0	0	0
CAGE N°4	1,12	1,12	7,13	1,35	0	0	0,83	1,33	0	0,08	2,35	42,71	5,3
CM43	2,47	2,47	6,18	3,23	2,12	0	2,59	3	10,7	4,1	5,51	13,57	3,76
COMMUN	2,66	2,66	4,02	2,11	6,41	0	10,94	7,3	11,83	1,21	2,78	2,7	3,25
CAGE N°7	5,27	5,27	0,2	0,08	0	0	0	1,37	12,22	17,94	3,92	5,17	5,09
VR44	4,11	4,11	1,15	6,25	5,33	0	0,8	8,71	1,54	6,67	2,26	6,99	3,33
DEVIATEUR	3,94	3,94	3,1	5,69	1,43	0	2,19	5,58	1,41	3,66	4,81	9,82	2,1
FA12	0,66	0,66	1,4	4,68	1,8	0	2,47	4,93	3,65	0,87	2,24	12,44	1,87
CAGE N°6	7,63	7,63	8,74	0,32	0	0	5,52	7,87	0,23	0	0	0	5,45
TC46	1,31	1,31	2,43	1,32	0,25	0	1,12	5,18	9,66	6,41	0,93	0,86	2,04
FA11	0,08	0,08	1,77	9	1,54	0	0,85	5,07	4,3	3,85	2,26	2,16	0
TR41	0,44	0,44	2,58	4,62	1,39	0	0,89	6,22	2,05	6,04	3,93	1,32	1,38
CAGE N°16	3,43	3,43	2,4	0,23	0	0	12,21	2,8	1,82	1,11	1,23	0,79	0,29
BR52	5,9	5,9	6,89	0,18	0	0	0	2,41	1,95	0	1,7	1,92	5,12
FA15	2,36	2,36	1,51	4,56	0,53	0	1,63	2,09	4,05	1,71	1,36	3,3	0,78
CAGE N°8	3,42	3,42	1,24	10,82	0,08	0	0,33	1,35	2,74	0	0,68	1	0,17
FA14	0,12	0,12	1,22	0,8	0,56	0	0,57	3,79	0,55	0	2,54	9,32	2,02
CAGE N°1	0,48	0,48	6,83	2,07	0,17	0	0,33	2	0,43	0	0,25	0,33	6,33
VR43	0,5	0,5	3,8	0,08	1,65	0	0,2	0,77	4,37	2,91	1,55	2,16	1
CAGE N°2	0,83	0,83	11,17	0	3,46	0	0,5	0	1,63	0,83	0	0	0
FA10	0,58	0,58	0,13	0,34	1,18	0	1,17	1,52	2,59	4,35	1,24	2,66	2,35
CAGE N°11	0,42	0,42	0,18	11,03	0,47	0	0,52	0,75	2,8	0,67	0	0	1
CAGE N°14	4,58	4,58	0	0,33	3,98	0	2,25	3,39	0	1	0,33	0,23	1,51
VR47	0,35	0,35	1,19	0,75	0,18	0	0,07	3,71	1,55	0,39	0,37	2,4	5,8
FA13	0,61	0,61	0,97	0,75	0,42	0	0	2,99	0,62	0,78	1,05	2,87	4,38
CAGE N°12	0,63	0,63	2,53	0	1,16	0	0	0	0,17	4,25	3,17	3,34	0
Pts Rts	1,78	1,78	0,55	1,27	0,15	0	0	1,49	0,57	1	4	1,58	2,83
FF65	3,75	3,75	3,3	0	0,35	0	1,17	0,37	0	0,29	3,04	0	1,76
VR42	2,33	2,33	0,5	1,25	0,39	0	0	1	2,24	2,28	0,2	1,82	0,55
CAGE N°13	1,45	1,45	1,33	2,1	0,17	0	0,51	5,25	0,17	0	0	1,02	0
CAGE N°15	3,59	3,59	2,46	0,48	0	0	0,67	0,89	0	1,5	0	1,29	0
CAGE N°10	3,15	3,15	0	0,84	0,58	0	0	0,25	0	0,66	3,5	0	0,5
TC55	0,1	0,1	0,9	2,57	0	0	0	0	3,81	0	1,17	0	0
TR1	0,42	0,42	1,51	0,25	0	0	0	0	0,33	3,58	0,25	1,76	0,43
VR51	0	0,4	0,51	4	0	0	0	1,85	0,15	0	0,6	0	0,07
RM44	0,08	0,08	1,28	0	0,58	0	1,33	0,25	1,9	0,95	0	0,08	0,74
THERMEX	5,93	5,93	0,07	0	0,25	0	0	0	0,45	0	0	0,17	0
CAGE N°3	0	0,12	0,2	0,15	0	0	0	0	2	0	1,02	0	2,25
SF76	0,17	0,17	0,73	0,18	0	0	0	1,62	0	0,17	0	1,56	0,58
CAGE N°5	0	3,14	0	0	0	0	0	0,18	0	0	0	0,45	0,74
FM43	0	0	0	0	0	0	0	0	0,83	1,35	0	0	2,08
VR70	0,58	0,58	0,29	0,31	0	0	0	0,27	0,17	0,47	0,37	0,47	0,98
VRM51	0	0	0	0	0	0	0	0,59	0,17	2,41	0,08	0,21	0,08
COOLING BED	0	0	0,93	0,17	0	0,3	0	0	0,5	0	0,96	0,42	
C8	0	0,53	0,08	0	0	0	0	1,25	0,73	0	0,17	0	0,1
TC54	0	1,1	0,25	0	0	0	0	0,17	0	0	0,25	0	0,6
VR07	0,28	0,28	0,03	1,5	0	0	0	0,13	0	0,17	0	0,15	0
VRM50	0	0,53	0	0	0	0	0	0,17	0	0,38	0	0,5	0
VR72	0	0,17	0	0	0	0	0	0,22	0	0	0,25	0,12	0,33
VR50	0,68	0,68	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0,16	0	0
VR53	0	0,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
att/pc3 - LG71	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

IV.3. Données relatives à la consommation des pièces de rechange (PDR) :

Cette section présente les données collectées concernant la consommation et le coût des pièces de rechange utilisées dans la structure de maintenance. Ces informations permettent de suivre les dépenses liées aux interventions, d'identifier les pièces les plus coûteuses, et de mieux gérer le stock [1].

Tableau IV.3. : Consommation et coût des pièces de rechange

LES UNITES DE PRODUCTION		LRB	
Année 2024 consommation PDR		B prévu	B réaliser
Janvier		19 313 096,30	12 754 219,21
Février		19 313 096,30	10 475 390,26
Mars		19 313 096,30	9 703 411,08
Avril		19 313 096,30	7 541 939,28
Mai		19 313 096,30	2 093 044,87
Juin		19 313 096,30	4 082 282,56
Juillet		19 313 096,30	15 483 045,40
Août		19 313 096,30	6 892 075,02
Septembre		19 313 096,30	17 073 261,35
Octobre		19 313 096,30	8 917 535,63
Novembre		19 313 096,30	11 286 560,95
Décembre		19 313 096,30	20 585 428,45

IV.4. Données relatives au budget de maintenance :

Cette section présente l'évolution mensuelle de la consommation budgétaire au sein de la structure de maintenance. Elle permet de comparer les prévisions budgétaires aux dépenses réellement engagées, et d'identifier les écarts éventuels [1].

Tableau IV.4. : Budget de maintenance

LES UNTES DE PRODUCTION		LRB	
consommation BP 2024		B prévu	B réaliser
Janvier		20 412 269	14 115 131
Février		20 412 269	11 806 302
Mars		20 412 269	9 258 970
Avril		20 412 269	7 284 867
Mai		20 412 269	3 410 933
Juin		20 412 269	5 400 171

Juillet	20 412 269	16 800 933
Août	20 412 269	6 892 075
Septembre	20 412 269	21 211 375
Octobre	20 412 269	12 153 005
Novembre	20 412 269	12 214 785
Décembre	20 412 269	20 626 656

IV.5. Indicateurs techniques de la performance:

Afin d'évaluer l'efficacité et la fiabilité des équipements au sein de la structure de maintenance, il est essentiel de s'appuyer sur des indicateurs techniques de performance. Ces indicateurs permettent d'analyser le comportement des équipements en termes de disponibilité, de fréquence des pannes et de temps d'intervention. Le tableau suivant présente un aperçu de ces indicateurs pour la période étudiée[1].

Tableau IV.5 : Indicateurs techniques de la performance des équipements

Installation (Equipement)	Durée en (Heur)	TAUX DE PANNE	MTBF	MTTR	DISPONIBILITE
FOUR	227,49	9,41%	6,09	0,29	95,39%
LG71 N°1/2	155,34	6,43%	8,09	0,26	96,85%
C41	137,2	5,68%	17,13	0,49	97,22%
C50	126,8	5,25%	15,61	0,41	97,43%
CAGE N°16	116,71	4,83%	21,13	0,51	97,63%
TC45	97,9	4,05%	54,96	1,11	98,02%
CAGE N°4	88,6	3,67%	93,19	1,70	98,20%
CAGE N°9	81,31	3,36%	91,57	1,53	98,35%
FA15	80	3,31%	36,23	0,60	98,38%
CAGE N°14	76,93	3,18%	29,62	0,47	98,44%
CAGE N°13	75,11	3,11%	34,46	0,53	98,48%
CAGE N°7	74,74	3,09%	65,67	1,01	98,49%
CAGE N°15	71,23	2,95%	41,57	0,61	98,56%
CAGE N°8	61,01	2,52%	44,30	0,55	98,76%
CM43	60,59	2,51%	20,92	0,26	98,77%
CAGE N°2	55,46	2,29%	103,81	1,18	98,88%
VR44	49,8	2,06%	23,60	0,24	98,99%
CAGE N°12	49,68	2,06%	51,42	0,52	98,99%
CAGE N°11	49,67	2,06%	64,27	0,65	98,99%
DEVIATEUR	45,04	1,86%	29,10	0,27	99,09%
CAGE N°10	43,69	1,81%	67,93	0,61	99,11%
FA12	41,76	1,73%	53,77	0,46	99,15%
CAGE N°6	40,32	1,67%	116,53	0,96	99,18%
FA14	39,2	1,62%	73,06	0,59	99,21%
BR52	38,22	1,58%	41,15	0,32	99,23%
TR41	37,08	1,53%	52,66	0,40	99,25%
TC46	33,06	1,37%	39,53	0,27	99,33%
FA11	32,76	1,36%	67,15	0,45	99,34%
THERMEX	31,01	1,28%	81,73	0,52	99,37%
FF65	29	1,20%	45,00	0,27	99,41%
VR47	27,74	1,15%	35,82	0,20	99,44%
FA10	25,23	1,04%	72,20	0,37	99,49%
CAGE N°1	24,2	1,00%	204,60	1,01	99,51%
CAGE N°3	21,51	0,89%	213,61	0,94	99,56%
VR43	20,01	0,83%	102,39	0,42	99,59%
FA13	19,28	0,80%	102,40	0,40	99,61%
Pts Rlts	15,22	0,63%	245,97	0,76	99,69%
VR42	12,61	0,52%	96,51	0,25	99,74%
C8	11,48	0,47%	117,22	0,27	99,77%
RM44	10,8	0,45%	126,25	0,28	99,78%
TC55	10,32	0,43%	158,85	0,33	99,79%
VR51	9,59	0,40%	158,87	0,31	99,81%
CAGE N°5	9,27	0,38%	259,22	0,49	99,81%
TR1	8,93	0,37%	169,85	0,31	99,82%
VR70	6,01	0,25%	144,96	0,18	99,88%
COOLING BED	5,69	0,24%	189,57	0,22	99,88%
SF76	5,14	0,21%	352,10	0,37	99,90%
VRM51	4,8	0,20%	328,65	0,32	99,90%
FM43	4,26	0,18%	1232,57	1,07	99,91%
TC54	4,11	0,17%	273,91	0,23	99,92%
VR 07	3,99	0,17%	259,50	0,21	99,92%
VR72	3,2	0,13%	308,21	0,20	99,94%
WS75 (PESAGE)	2,19	0,09%	448,39	0,20	99,96%
VRM50	1,58	0,07%	704,71	0,23	99,97%
VR50	1,56	0,06%	548,11	0,17	99,97%
VR53	1,43	0,06%	411,09	0,12	99,97%

Chapitre V :

Analyse et interprétation

des données de maintenance

Ce chapitre est consacré à l'analyse approfondie des données collectées au sein de la structure de maintenance. L'objectif principal est de transformer les données brutes en informations exploitables, afin de mieux comprendre les performances de la maintenance, d'identifier les points faibles, et de dégager des pistes d'amélioration.

À travers des analyses quantitatives et qualitatives, les différents indicateurs tels que le taux de pannes, la consommation des pièces de rechange, les temps d'arrêt et de réparation, ainsi que les aspects budgétaires seront examinés. L'interprétation des résultats permettra de proposer ultérieurement des actions correctives ou préventives adaptées.

V .1. Analyse de la répartition d'âge du personnel de maintenance :

La répartition d'âge du personnel constitue un indicateur essentiel pour évaluer la maturité, l'expérience et la dynamique des ressources humaines au sein du service de maintenance. Elle permet d'anticiper les besoins en renouvellement de compétences et de mieux planifier la gestion des effectifs

- L'analyse a été effectuée sur un effectif de 12 agents, répartis en différentes tranches d'âge comme indiqué dans les données collectées :

On donne : $N=12$

L'étendue de la série :

On a : $E = X_{\max} - X_{\min}$; $X_{\max}= 60$; $X_{\min}=30$

Donc : $E= 60 -30 = 30$

Le nombre de classe :

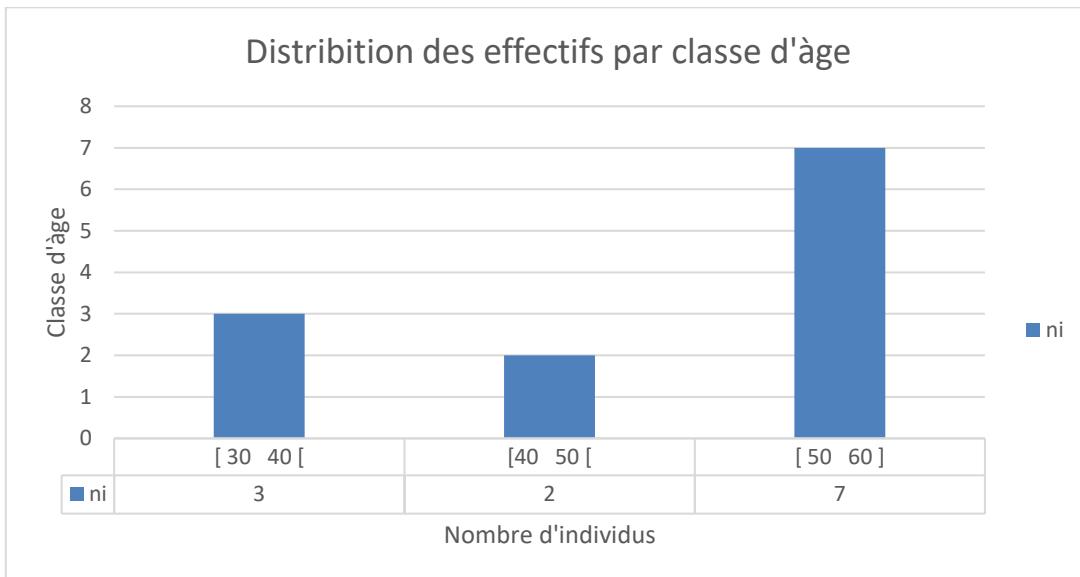
On a : $r = \sqrt{N} = \sqrt{12} = 3$

L'amplitude de classe :

On a : $e = \frac{E}{r} = \frac{30}{3} = 10$

Tableau V.1.1: Répartition des employés selon les tranches d'âge

Classe	Fréquence (ni)	(Classe moyenne) X_i
[30 – 40 [	3	35
[40 – 50 [	2	45
[50 – 60]	7	55

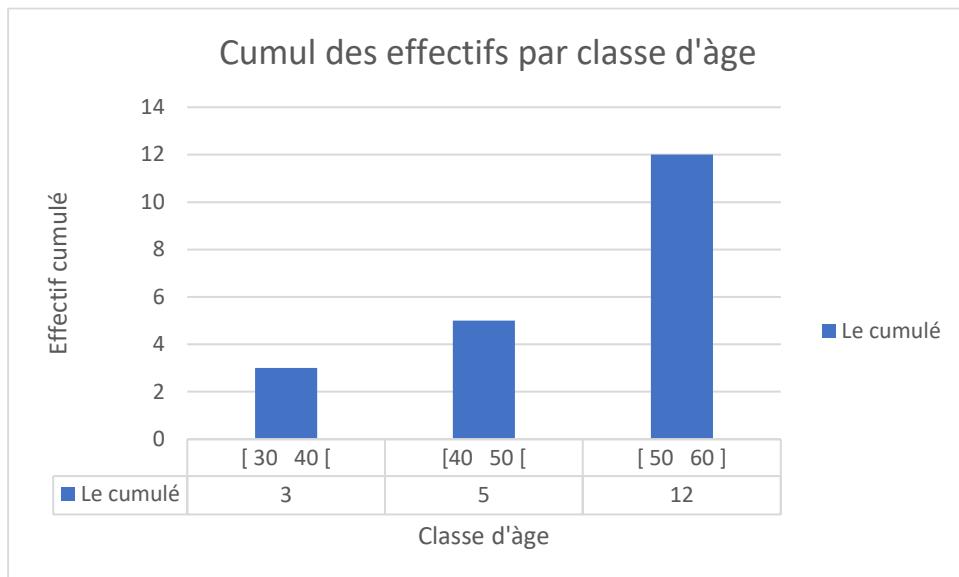
**Figure V.1.1:** Histogramme représentant la répartition des effectifs par classe d'âge

L'analyse de la répartition des effectifs selon les classes d'âge met en évidence une prédominance notable des agents appartenant à la tranche [50 – 60[, représentant la majorité du personnel. La classe [30 – 40[vient en deuxième position, ce qui témoigne de la présence d'un noyau de personnel relativement jeune. En revanche, la tranche [40 – 50[est faiblement représentée, ce qui pourrait traduire un déséquilibre générationnel au sein de la structure. Cette répartition suggère une nécessité d'anticiper le départ progressif des agents les plus âgés tout en capitalisant sur les plus jeunes, notamment à travers des plans de formation, de transmission des savoirs, et de gestion prévisionnelle des compétences.

Pour compléter cette analyse, un tableau cumulatif a été élaboré afin de mieux visualiser la concentration des effectifs par tranches d'âge et faciliter l'identification des classes les plus représentées :

Tableau V.1.2: Répartition cumulative de l'effectif par tranche d'âge

Classe	Fréquence (ni)	(Classe moyenne) X_i	Le cumulé
- [30 40 [	3	35	3
- [40 50 [	2	45	5
- [50 60]	7	55	12

**Figure V.1.2 :** Histogramme du cumul des effectifs par classe d'âge

Le graphique met en évidence une concentration progressive du personnel dans les tranches d'âge supérieures. La classe [50–60[regroupe à elle seule plus de la moitié de l'effectif total, ce qui peut refléter un vieillissement du personnel. Cette répartition pourrait avoir un impact futur sur la gestion des compétences et la planification des départs à la retraite.

Afin de mieux caractériser la distribution des âges du personnel, nous avons calculé les indicateurs statistiques suivants : la moyenne d'âge et l'écart-type :

- La moyenne : $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum n_i x_i$

$$\bar{X} = \frac{1}{12} \sum (3 * 35 + 2 * 45 + 7 * 55)$$

$$\bar{X} = 48,33 \text{ ans}$$

- L'écart type : $S^2 (X) = \frac{1}{N} \sum (nixi - \bar{X})^2$

$$S^2 (X) = \frac{1}{12} \sum (3 * 35 + 2 * 45 + 7 * 55 - 48,33)^2$$

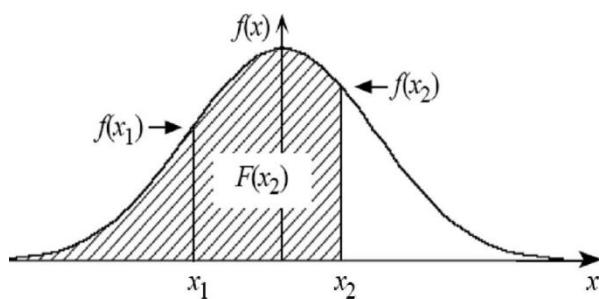
$$S^2 (X) = 72,54 \quad S(X) = \sqrt{72,54} = 8,51 \text{ ans}$$

Dans le cadre de l'analyse de la répartition des âges du personnel, il a été jugé pertinent d'envisager une approximation par une loi normale, afin de faciliter l'interprétation statistique des données :

La loi normale s'exprime par la fonction de densité suivante :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

- m = la moyenne
- σ = l'écart type
- x = variable aléatoire



La fonction de répartition :

$$F(x) = P(X \leq x)$$

Calcul de probabilité que l'âge soit égale à 55 ans :

$$U = \frac{X-m}{\sigma} = \frac{55-48,33}{8,51} = 0,78$$

Afin de déterminer la probabilité associée, nous faisons appel à la table de la loi normale centrée réduite pour la valeur :

D'après la table ; $F(0,78) = 0,7823$

$F(x \leq 55) = 78,23\%$

$F(x > 55) = 1 - F(x \leq 55) = 1 - 0,7823 = 0,2177$

$F(x > 55) = 21,77\%$

L'analyse des données d'âge du personnel a révélé que 21,77 % des agents sont âgés de plus de 55 ans. Ce constat met en évidence une proportion non négligeable de travailleurs approchant l'âge de la retraite, ce qui pourrait entraîner, à court ou moyen terme, une perte progressive des compétences et du savoir-faire au sein du service maintenance.

Dans cette optique, il devient essentiel de mettre en place une stratégie de gestion prévisionnelle des emplois et des compétences, incluant le recrutement progressif, la transmission des connaissances, ainsi que la capitalisation de l'expérience existante afin d'assurer la pérennité et l'efficacité des activités de maintenance.

V.2. Analyse des pannes et identification des équipements les plus défaillants :

L'étude du nombre de pannes par équipement permet de repérer les machines les plus problématiques et de cibler les interventions de maintenance de manière plus efficace. Pour cela, un classement a été effectué en fonction du volume de pannes enregistré sur la période analysée.

V.2.1. Analyse des résultats :

Les équipements ont été classés du plus au moins touché, selon le nombre total de pannes. Un histogramme a été établi pour illustrer les cinq équipements ayant enregistré le plus grand nombre d'arrêts. Ce graphique met en évidence que certaines machines concentrent une part importante des défaillances.

Un second histogramme a été réalisé afin de visualiser le nombre total de pannes sur l'ensemble des équipements. Ce graphique permet d'avoir une vue d'ensemble et de comparer rapidement la fréquence des pannes entre différentes machines.

Tableau V.2.1 : Durée totale d'arrêt des machines (en heure)

Machine	Total général durée d'arrêt	
FOUR	186,49	
C41	130,09	
LG71 N°1/2	104,38	
TC45	96,89	
C50	96,69	
CAGE N°9	75,14	
CAGE N°4	62,2	
CM43	57,23	
COMMUN	55,21	
CAGE N°7	51,26	
VR44	47,14	
DEVIATEUR	43,73	
FA12	37,01	
CAGE N°6	35,76	
TC46	31,51	
FA11	30,88	
TR41	30,86	
CAGE N°16	26,31	
BR52	26,07	
FA15	23,88	
CAGE N°8	21,83	
FA14	21,49	
CAGE N°1	19,22	
VR43	18,99	
CAGE N°2	18,42	
FA10	18,11	
CAGE N°11	17,84	
CAGE N°14	17,6	
VR47	16,76	
FA13	15,44	
CAGE N°12	15,25	
Pts Rlts	15,22	
FF65	14,03	
VR42	12,56	
CAGE N°13	12	
CAGE N°15	10,88	
CAGE N°10	9,48	
TC55	8,55	
TR1	8,53	
VR51	7,58	
RM44	7,19	
THERMEX	6,87	
CAGE N°3	5,74	
SF76	5,01	
CAGE N°5	4,51	
FM43	4,26	
VR70	3,91	
VRM51	3,54	
COOLING BE	3,28	
C8	2,86	
TC54	2,37	
VR 07	2,26	
VRM50	1,58	
VR72	1,09	
VR50	1,04	
VR53	0,77	
att/pc3 - LG7	0,08	

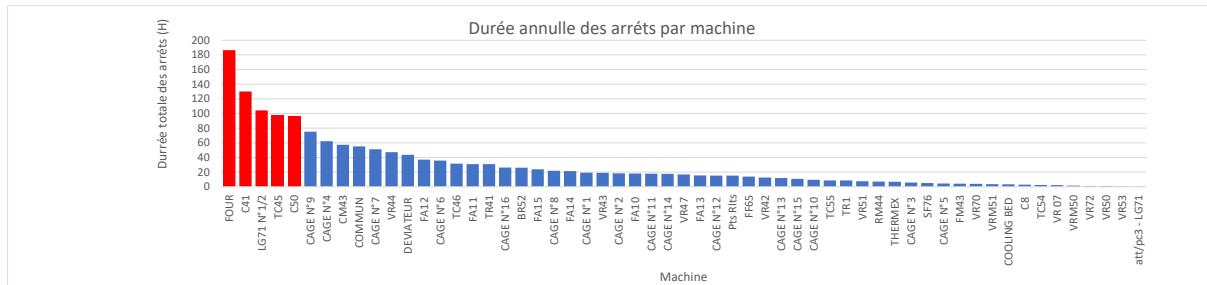


Figure V.2.1 : Répartition de la durée annuelle des arrêts par machine (en heures).

Ce graphique illustre la répartition des arrêts enregistrés au cours de l'année, en mettant en évidence les équipements ayant connu les durées d'indisponibilité les plus élevées. Les machines situées à gauche du graphique présentent les valeurs les plus significatives, indiquant des points critiques nécessitant une analyse approfondie et des actions correctives ciblées. Cette visualisation permet de prioriser les interventions et d'orienter les efforts d'amélioration continue au sein de la structure de maintenance.

Tableau V.2.2 : l'analyse cumulative des durées par machine

Machine	Total général durée d'arrêt (H)	le cumulé	le cumulé%
FOUR	186,49	186,49	11,6202558
C41	130,09	316,58	19,7262084
LG71 N°1/2	104,38	420,96	26,2301619
TC45	96,89	517,85	32,2674111
C50	96,69	614,54	38,2921981
CAGE N°9	75,14	689,68	42,9741973
CAGE N°4	62,2	751,88	46,8499006
CM43	57,23	809,11	50,4159215
COMMUN	55,21	864,32	53,8560756
CAGE N°7	51,26	915,58	57,0501037
VR44	47,14	962,72	59,9874133
DEVIATEUR	43,73	1006,45	62,7122446
FA12	37,01	1043,46	65,0183504
CAGE N°6	35,76	1079,22	67,2465683
TC46	31,51	1110,73	69,2099672
FA11	30,88	1141,61	71,1341106
TR41	30,86	1172,47	73,0570077
CAGE N°16	26,31	1198,78	74,6963929
BR52	26,07	1224,85	76,3208235
FA15	23,88	1248,73	77,8087945
CAGE N°8	21,83	1270,56	79,1690293
FA14	21,49	1292,05	80,5080785
CAGE N°1	19,22	1311,27	81,7056833
VR43	18,99	1330,26	82,8889567
CAGE N°2	18,42	1348,68	84,0367133
FA10	18,11	1366,79	85,1651536
CAGE N°11	17,84	1384,63	86,2767701
CAGE N°14	17,6	1402,23	87,3734321
VR47	16,76	1418,99	88,4177535
FA13	15,44	1434,43	89,3798252
CAGE N°12	15,25	1449,68	90,3300579
Pts Rlts	15,22	1464,9	91,2784213
FF65	14,03	1478,93	92,1526354
VR42	12,56	1491,49	92,9352533
CAGE N°13	12	1503,49	93,6829774
CAGE N°15	10,88	1514,37	94,360914
CAGE N°10	9,48	1523,85	94,951616
TC55	8,55	1532,4	95,4843695
TR1	8,53	1540,93	96,0158767
VR51	7,58	1548,51	96,4881891
RM44	7,19	1555,7	96,9362004
THERMEX	6,87	1562,57	97,3642725
CAGE N°3	5,74	1568,31	97,7219339
SF76	5,01	1573,32	98,0341087
CAGE N°5	4,51	1577,83	98,3151283
FM43	4,26	1582,09	98,5805704
VR70	3,91	1586	98,8242038
VRM51	3,54	1589,54	99,0447824
COOLING BED	3,28	1592,82	99,2491604
C8	2,86	1595,68	99,4273679
TC54	2,37	1598,05	99,5750435
VR 07	2,26	1600,31	99,7158648
VRM50	1,58	1601,89	99,8143152
VR72	1,09	1602,98	99,8822335
VR50	1,04	1604,02	99,9470362
VR53	0,77	1604,79	99,9950152
att/pc3 - LG71	0,08	1604,87	100e

Afin de compléter l'analyse présentée dans le tableau précédent, un histogramme a été élaboré afin de représenter graphiquement la répartition du nombre de pannes par équipement. Ce classement décroissant permet de mieux visualiser les machines les plus affectées et d'appuyer les conclusions tirées des données chiffrées.

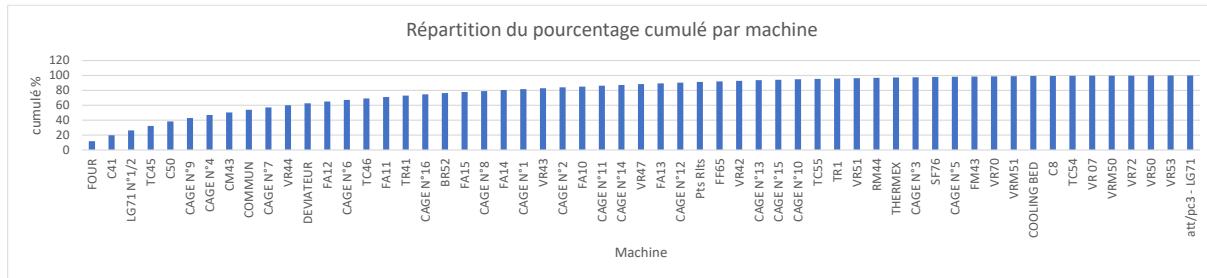


Figure V.2.2 : Répartition du pourcentage cumulé des arrêts par machine

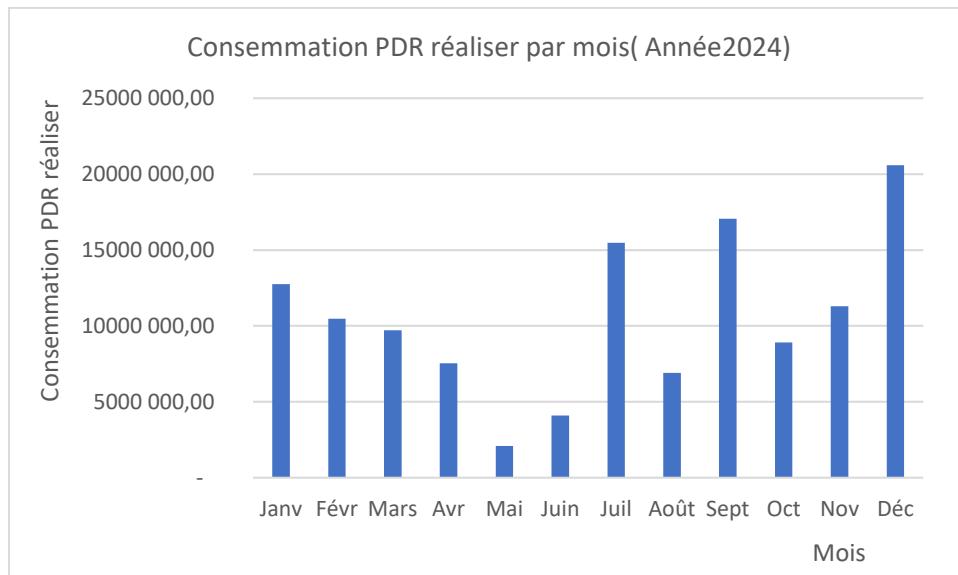
Ce graphique illustre la répartition cumulative des arrêts par machine. On constate que quelques équipements seulement représentent une part significative du pourcentage total, ce qui oriente les efforts de maintenance vers ces postes prioritaires.

V.3. Analyse de la consommation des pièces de rechange (PDR) :

Dans le cadre du suivi de la maintenance, la gestion des pièces de rechange constitue un indicateur essentiel pour le contrôle des coûts et l'optimisation des interventions. Afin d'évaluer la consommation réelle des PDR tout au long de l'année 2024, une représentation graphique mensuelle des valeurs réalisées a été élaborée.

Tableau V.3.1 : Données mensuelles de consommation des PDR en 2024

LES UNTES DE PRODUCTION		LRB	
Année 2024 consommation PDR	B prévu	B réaliser	Taux en %
Janv	19 313 096,30	12 754 219,21	66,04%
Févr	19 313 096,30	10 475 390,26	54,24%
Mars	19 313 096,30	9 703 411,08	50,24%
Avr	19 313 096,30	7 541 939,28	39,05%
Mai	19 313 096,30	2 093 044,87	10,84%
Juin	19 313 096,30	4 082 282,56	21,14%
Juil	19 313 096,30	15 483 045,40	80,17%
Août	19 313 096,30	6 892 075,02	35,69%
Sept	19 313 096,30	17 073 261,35	88,40%
Oct	19 313 096,30	8 917 535,63	46,17%
Nov	19 313 096,30	11 286 560,95	58,44%
Déc	19 313 096,30	20 585 428,45	106,59%
consommation PDR réaliser 2024 DZD		126 888 194,06	
consommation PDR 2024 DZD	231 757 155,56		54,75%

**Figure V.3.1 :** Consommation des pièces de rechange par mois en 2024

Le graphique ci-dessous présente l'évolution mensuelle de la consommation réalisée des pièces de rechange (PDR) au cours de l'année 2024. Il met en évidence les variations dans les volumes consommés selon les mois, ce qui permet d'observer la dynamique réelle de la gestion des pièces au sein de la structure de maintenance.

On constate que certains mois enregistrent une consommation plus élevée que d'autres, traduisant probablement des périodes d'intensification des activités de maintenance ou des besoins imprévus en réparations. À l'inverse, les mois à faible consommation peuvent

correspondre à des périodes de moindre activité ou à une meilleure performance des équipements.

Cette répartition mensuelle permet d'identifier les périodes critiques pour la gestion des stocks, d'anticiper les besoins futurs et de contribuer à une meilleure planification budgétaire.

V.4. Analyse du budget de maintenance :

La gestion du budget de maintenance constitue un indicateur clé pour mesurer l'efficacité des interventions et le respect des prévisions financières. L'analyse mensuelle du budget alloué à la maintenance préventive et corrective pour l'année 2024 permet d'évaluer l'écart entre les prévisions et les réalisations, et de détecter d'éventuels déséquilibres de gestion.

Tableau V.4.1: Suivi mensuel du budget de maintenance

LES UNTES DE PRODUCTION	LRB		
	B prévu	B réaliser	Taux en %
consommation BP 2024			
Janv	20 412 269	14 115 131	69%
Févr	20 412 269	11 806 302	58%
Mars	20 412 269	9 258 970	45%
Avr	20 412 269	7 284 867	36%
Mai	20 412 269	3 410 933	17%
Juin	20 412 269	5 400 171	26%
Juil	20 412 269	16 800 933	82%
Août	20 412 269	6 892 075	34%

Sept	20 412 269	21 211 375	104%
Oct	20 412 269	12 153 005	60%
Nov	20 412 269	12 214 785	60%
Déc	20 412 269	20 626 656	101%
consommation BP réaliser 2024 DZD		141 175 202,79	
consommation BP prévu 2024 DZD	244 947 225,56		
Taux de consommation 2024 %		58%	

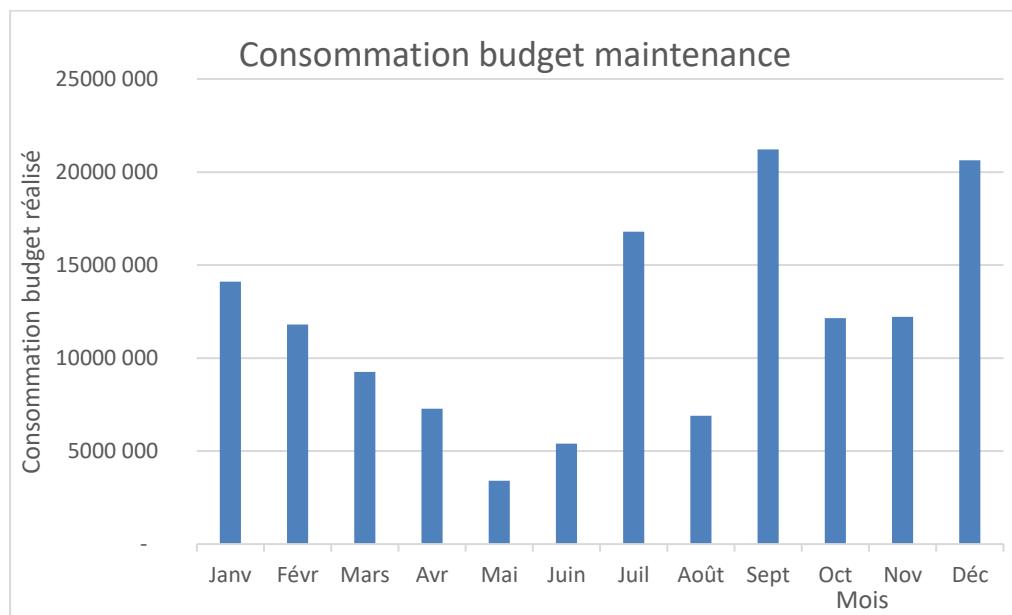


Figure V.4.1 :Répartition mensuelle du budget de maintenance réalisé 2024

Le graphique illustre la répartition mensuelle du budget de maintenance réalisé pour l'année 2024. On observe une variation significative d'un mois à l'autre, reflétant des pics de consommation en juillet, septembre et décembre, périodes correspondant probablement à des interventions majeures ou à des opérations de maintenance planifiées en fin de trimestre ou d'année.

À l'inverse, les mois de mai, juin et avril affichent une consommation relativement faible, ce qui pourrait indiquer une baisse d'activité, une meilleure fiabilité des équipements ou un report des interventions. Ces fluctuations témoignent de la nécessité d'une planification budgétaire plus équilibrée afin d'éviter les concentrations de dépenses sur certaines périodes.

Ce type d'analyse permet non seulement d'identifier les tendances de consommation, mais aussi d'optimiser la gestion des ressources financières allouées à la maintenance.

Tableau de bord des indicateurs de performance par équipement avec analyse comparative (Objectif vs Réel) :

TableauV.4.2 : Tableau de bord des indicateurs de performance en maintenance

	Indicateur	objectif	réel	l'écart	Commentaire
FOUR	Taux de panne	10%	9,41%	0,59%	Légère amélioration par rapport à l'objectif. Le taux de panne est maîtrisé.
	MTBF	130,00	6,09	-123,91	Résultat en dessous de l'objectif, indiquant une fréquence de pannes plus élevée que prévue. Une analyse des causes est recommandée.
	MTTR	0,40	0,29	11,00%	Temps de réparation supérieur à la cible, nécessitant une optimisation du processus de maintenance corrective.
	Disponibilité	90%	95,36%	5,36%	Résultat largement supérieur à l'objectif, reflétant une bonne gestion de la maintenance.
C41	Taux de panne	6,00%	5,68%	0,32%	Taux inférieur à l'objectif, indiquant une amélioration de la fiabilité de l'équipement.
	MTBF	90,00	17,13	-72,87	Résultat très inférieur à l'objectif, indiquant une fréquence élevée des pannes.
	MTTR	0,30	0,49	0,19	Temps de réparation supérieur à l'objectif, nécessitant une révision des pratiques d'intervention.
	Disponibilité	85%	97,22%	12,13%	Excellent niveau de disponibilité, témoignant de la performance globale de la maintenance.
LG71 N°1/2	Taux de panne	8%	6,43%	1,57%	Résultat inférieur à l'objectif, bon indicateur de stabilité de l'équipement.
	MTBF	74,00	8,09	-65,91	très faible, signalant des arrêts fréquents nécessitant une action corrective.
	MTTR	0,5	0,26	0,24	Résultat en amélioration, temps de réparation réduit
	Disponibilité	67%	96,85%	29,85%	Résultat nettement supérieur à l'objectif, indiquant un bon équilibre entre fréquence et durée des pannes.
TC45	Taux de panne	7,00%	4,05%	2,95%	Amélioration significative du taux de panne, indiquant une bonne maîtrise des arrêts.
	MTBF	180,00	54,96	-125,04	Résultat bien inférieur à l'objectif, nécessitant une évaluation de la fiabilité.
	MTTR	0,39	1,11	0,72	Délai de réparation plus long que prévu, nécessitant un diagnostic sur les interventions prolongées.
	Disponibilité	76%	98,02%	22,02%	Résultat très satisfaisant, reflétant une haute performance de disponibilité.
C50	Taux de panne	6,00%	5,25%	75,00%	Résultat conforme aux attentes, indiquant une bonne maîtrise des défaillances.
	MTBF	110,00	15,61	-94,39	Résultat très faible, indiquant une fréquence élevée des pannes.
	MTTR	0,25	0,41	0,16	Légèrement élevé, une optimisation du temps d'intervention est recommandée.
	Disponibilité	80%	97,43%	17,43%	Très bon niveau, assurant une disponibilité optimale de l'équipement.

En prenant en compte les critères durée d'arrêt suite aux pannes dans une année, on retient que les machines : **FOUR , C41,LG71 N1/2 ,TC45 ,C50** présentent 38% des heures d'arrêt sur 57 machines. Ici , nous proposons une méthode qui permet de choisir la technique de maintenance à adopter (maintenance corrective maintenance systématique maintenance et conditionnelle.

V.5. Condition de mise en œuvre :

Préalables:

- Avoir des moyens matériels et une organisation
- Avoir des spécialistes
- Intégrer la Maintenance Conditionnelle (MC) dans la politique générale de l'entreprise

ETAPES A SUIVRE :

- Recenser les installations et équipements et choisir parmi eux :
- D'une part, les machines les plus onéreuses en entretien
- D'autre part, celles à hauts risques

- choix des techniques d'investigation les mieux adaptées
- Parmi les machines retenues, considérer a priori les plus simples qui pourront être suivies le plus facilement
- Bien choisir et bien former le personnel.
- Choix des paramètres à Contrôler
- Choix des repères (éventuellement)
- Choix de la périodicité de la surveillance (éventuellement)
- Choix des instruments
- Pratique

V.5.1. Comment sélectionner les machines :

Tableau V.5.1 : Evaluation du niveau de risques de défaillance

Classe	Amplitude de classe	Risque	FOUR	C41	LG71 N 1/2	TC45	C50
A	De 0 à 15 pts	Faible					
B	De 16 à 40 pts	Modéré				35	30
C	De 41 à 65 pts	Elevé	65	50	50		
D	De 66 à 80 pts	Très fort					

Tableau V.5.2 : Evaluation de la conséquence de défaillance :

Machine	Gravité de production	Sécurité	Qualité	Coût	Moyenne
Four	4	0	3	3	2,5
C41	3	1	2	2,5	2,125
LG71 N°1/2	2	0	2	2	1,5
TC45	1,5	0	1,5	2	1,25
C50	1	0	0	0,5	0,375

Tableau V.5.3 :Evaluation de la conséquence de défaillance :

Conséquence de défaillance	classe	Amplitude des valeurs	Limite sup. de la classe	Four	C41	LG71 N 1/2	TC45	C50
Faible	A	De 0 à 0,5	0,5					0,375
Modéré	B	De 0,51 à 2	2			1,5	1,25	
Elevé	C	De 2,1 à 3,5	3,5	2,5	2,125			
Très fort	D	De 3,5 à 4	4					

➤ **Classe de risque : R**

- Classe A = 15/20 = 0,75
- Classe B = 40/20 = 2
- Classe C = 65/20 = 3,25
- Classe D = 80/20 = 4

➤ **Conséquences de défaillance :D**

- Classe A = 0,5
- Classe B = 2
- Classe C = 3,5
- Classe D = 4

➤ **Conséquences pondérées de défaillance : $\varepsilon = R \cdot D$**

Combinaison R*D	AA	BA	AB	CA	DA	AC	AD	BD	BC	BB	CC	CD	DC	DD
Valeur E	0,37	1	1,5	1,6	2	2,6	3	4	6,	7	8	8	11,	13
Rang	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
														16

Construction de la matrice :

Niveaux	D	C	B	A
D	1 16	3 13	6 8	10 3
C	2 14	4 11,37	7 7	11 2,65
B	5 8	8 6,5	9 4	14 1,5
A	12 2	13 1,62	15 1	16 0,37

Si l'on prend pour base $E = 1 = BA$

Et que l'on cherche les groupes à partir desquels il y a doublement de la valeur de frontière inférieure, on obtient 4 groupes :

Groupe I : $BA = 1$; $AB = 1,5$; $CA = 1,62$; $AA = 0,37$

Groupe II : $DA = 2$; $AC = 2,65$; $AD = 3$

Groupe III : $BB = 4$; $CB = 6,5$; $BC = 7$

Groupe IV : $BD = 8$; $DB = 8$; $CC = 11,37$; $CD = 13$; $DC = 14$; $DD = 16$

On peut convenir :

- que groupe I et II relèvent de la maintenance corrective
- que groupe III relèvent de la maintenance systématique ($E_{III} \geq 2E_{II \max}$)
- que groupe IV relèvent de la maintenance conditionnelle ($E_{IV} \geq 2E_{III \max}$)

V.5.4. AVANTAGES ET LIMITES :**Avantages**

- Augmentation de la longévité du matériel
- Matériel sous surveillance
- Peu d'intervention
- Elimination des défauts mineurs dès leur apparition
- Meilleure gestion des Contrôles
- Optimisation de la fréquence des visites
- Diminution des coûts de réparation
- Interventions programmées au lieu de réparations effectuées en urgence
- Amélioration de la productivité de l'Entreprise
- Diminution des temps d'arrêt de la production
- Diminution des stocks de production
- Diminution de la Consommation de POR
- Amélioration de la Sécurité

LIMITE :**✓ Techniques**

- L'efficacité d'une maintenance conditionnelle est subordonnée à l'efficacité et à la fiabilité des paramètres de mesure qui la caractérisent.
- La maintenance conditionnelle sera donc réservée aux matériels dont l'évolution d'éventuels défauts est facilement détectables et mesurable avec des Capteurs Fiables.

✓ Economiques :

La maintenance conditionnelle ne devra être appliquée que lorsque l'inéquation suivante sera respectée pour un même niveau de Sécurité :

Avantages de la maintenance Cond > coût de la maintenance Systématique ou Corrective

Chapitre VI :

Synthèse et recommandations

À la suite de l'analyse des différentes données de maintenance notamment les pannes, les coûts, la consommation des pièces de rechange, la gestion budgétaire ainsi que la structure des âges du personnel technique, il devient essentiel de proposer une synthèse des principaux constats dégagés ainsi que des recommandations concrètes permettant d'améliorer l'efficacité du système de maintenance.

Ce chapitre vise à dresser un bilan critique des résultats obtenus tout en identifiant les points de fragilité qui influencent négativement la performance globale. Sur cette base, des pistes d'amélioration réalistes et applicables seront proposées.

Les axes abordés dans ce chapitre sont :

- L'analyse de la pyramide des âges du personnel technique
- L'analyse des pannes et l'identification des équipements les plus critiques ;
- La consommation et le coût des pièces de rechange ;
- L'évaluation de la gestion budgétaire de la maintenance ;

VI.1. Gestion des âges et compétences du personnel :

L'analyse de la structure d'âge du personnel de maintenance a révélé une proportion significative d'agents âgés de plus de 55 ans, ce qui laisse entrevoir un risque potentiel de perte progressive de compétences dans les années à venir. Ce constat soulève des enjeux importants en matière de gestion des compétences, de transfert de savoir-faire, mais aussi de renouvellement des effectifs.

Il devient donc indispensable de mettre en place une stratégie de gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC) visant à anticiper les départs à la retraite, favoriser la transmission des connaissances entre générations, et planifier progressivement le recrutement de nouveaux techniciens. Une telle démarche contribuerait à préserver la continuité des savoirs, à garantir la qualité des interventions de maintenance, et à sécuriser la performance du service sur le long terme.

Améliorer les stratégies de fidélisation et de recrutement des employés

Pour attirer et fidéliser les travailleurs qualifiés, les entreprises de gestion des installations doivent améliorer leurs stratégies de recrutement. Parmi les principales approches, on peut citer :

Salaires et avantages sociaux compétitifs : proposer des rémunérations attractives aux professionnels qualifiés ;

Horaires flexibles : proposer des options de conciliation vie professionnelle-vie privée pour accroître la satisfaction au travail ;

Opportunités d'évolution professionnelle : encourager les employés à suivre des certifications et des formations pour progresser dans leur carrière ;

Amélioration de la culture d'entreprise : créer un environnement de travail positif, un leadership fort et une collaboration d'équipe optimale.

En faisant de la gestion des installations un choix de carrière attractif, les entreprises peuvent réduire le taux de rotation du personnel et constituer une main-d'œuvre durable pour l'avenir [17].

VI.2. Analyse des pannes et fiabilité des équipements :

L'analyse des pannes constitue une étape fondamentale dans l'amélioration des stratégies de maintenance au sein des organisations industrielles et de services. En identifiant précisément les équipements les plus exposés aux défaillances et aux arrêts fréquents, il devient possible d'orienter les efforts vers des actions préventives ciblées, contribuant ainsi à la réduction significative des temps d'arrêt non planifiés et à l'amélioration globale de la performance opérationnelle.

La fiabilité en maintenance correspond à la capacité d'un équipement ou d'un système à accomplir ses fonctions requises dans des conditions spécifiques, pendant une période donnée, sans survenue de panne. La garantie de cette fiabilité repose sur l'adoption de méthodologies rigoureuses permettant de comprendre et de prévenir les modes de défaillance.

Parmi ces méthodologies, l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) se distingue comme une démarche systématique visant à :

- Identifier les modes de défaillance potentiels d'un système ;
- Évaluer les conséquences de chaque défaillance en termes de sécurité, coûts et qualité ;
- Prioriser les actions correctives et préventives selon la criticité ;
- Améliorer la fiabilité et la sécurité des équipements tout en réduisant les coûts de maintenance.

Cette approche s'aligne sur les principes de l'analyse de risques techniques définis dans la norme internationale CEI 60812:2018, qui encadre l'utilisation de l'AMDEC dans les processus industriels.

Par ailleurs, les avancées technologiques dans le domaine de la maintenance ont favorisé l'intégration de capteurs intelligents permettant une surveillance en temps réel des équipements critiques. Des dispositifs tels que les capteurs de température et de vibration permettent de détecter préocemment les anomalies annonciatrices d'une panne imminente, ouvrant ainsi la voie à une maintenance prédictive proactive.

L'intégration combinée de ces approches traditionnelles et innovantes permet non seulement de prévenir les pannes, mais aussi d'optimiser les ressources, de renforcer la fiabilité et d'assurer la pérennité des opérations industrielles [18].

VI.3. Gestion et contrôle des pièces de rechange :

L'étude de la consommation mensuelle des pièces de rechange en 2024 au sein de la structure de maintenance met en évidence des fluctuations notables entre les différents mois. Ces variations peuvent être interprétées comme le reflet d'activités de maintenance plus soutenues à certaines périodes, ou comme le résultat d'interventions imprévues en réponse à des pannes soudaines. À l'inverse, les périodes de faible consommation pourraient signaler une stabilité relative du parc technique ou une meilleure planification des interventions.

Cette dynamique mensuelle constitue un indicateur précieux pour les responsables de maintenance, dans la mesure où elle permet d'ajuster les niveaux de stock, d'anticiper les besoins en approvisionnement et de mieux planifier les budgets alloués aux achats de rechanges. Afin de renforcer cette analyse, il est pertinent de s'appuyer sur des principes reconnus en matière de gestion du stock, comme ceux présentés ci-dessous :

➤ Gestion du stock de pièces de rechange

Comme on vient de le voir, un stock de rechanges bien calculé représente presque toujours un capital important, qu'il faut gérer en tenant compte, comme c'est souvent le cas, de deux contraintes parfaitement contradictoires :

d'une part, maintenir un niveau de stock le plus bas possible, (pour ne pas immobiliser inutilement des capitaux qui seraient tellement plus rentables ailleurs, dira le financier) ; d'autre part, assurer un taux satisfaisant de couverture des demandes de délivrance émanant du service maintenance (ou du service production pour les rechanges qu'il est appelé à consommer, ledit

service production insistant naturellement pour la garantie d'un fonctionnement sans incident de l'outil de production).

La gestion du stock comprendra donc deux tâches différentes : d'une part, avoir en permanence en stock les rechanges nécessaires pour satisfaire les demandes des services concernés (maintenance ou production) ; d'autre part, procéder régulièrement à des mises à jour de la composition de ce stock (liste des éléments concernés et définition des niveaux maximal et minimal).

La mise à jour de la composition du stock se basera naturellement sur le suivi des consommations réelles qui permet pour les rechanges à remplacement programmé d'affiner la marge de sécurité par rapport aux consommations théoriques, et pour les autres de vérifier la validité des hypothèses faites lors du calcul initial du stock.

Le maintien du niveau se basera sur les paramètres habituels d'une gestion de stock : consommation prévisible d'un bien donné, niveau de l'existant en stock et délai de réapprovisionnement. Ce dernier paramètre inclut les délais administratifs de commande, les délais de fabrication, les délais de recette et les délais de transport et de mise à disposition ; si les délais de fabrication dépendent du fournisseur, les autres dépendent soit du propriétaire du bien, soit de sa situation géographique et peuvent être très pénalisants [19].

VI.4. Optimisation du budget de maintenance :

- Apport de la norme ISO 55000 à l'optimisation de la gestion budgétaire de la maintenance :

Dans un environnement industriel en constante évolution, la gestion optimale des actifs constitue un facteur déterminant pour assurer la performance, la fiabilité et la durabilité des équipements. La budgétisation de la maintenance représente un levier stratégique majeur permettant de maîtriser les coûts tout en garantissant la disponibilité opérationnelle des infrastructures. Afin de renforcer cette gestion, l'implémentation d'un référentiel reconnu et structurant tel que la norme ISO 55000 offre un cadre méthodologique rigoureux, favorisant l'alignement des pratiques de maintenance avec les objectifs financiers et opérationnels de l'organisation.

La mise en œuvre d'une stratégie globale de maintenance des actifs utilisant la norme ISO 55000 permettra de tirer des bénéfices nettement plus importants grâce à l'amélioration des pratiques de maintenance. Parmi ces avantages, on peut citer :

- Amélioration substantielle de la fiabilité des actifs ;

- Réduction des coûts d'entretien des actifs ;
- Augmentation du temps de fonctionnement et de la disponibilité ;
- Réduction des temps d'arrêt et des pannes ;
- Rendement accru des actifs et du capital investi ;
- Formation plus efficace : des procédures et une documentation mieux définies facilitent la formation des employés et le transfert de connaissances.

L'organisation disposera d'informations financières fiables, basées sur des processus intégrés entre les fonctions de gestion des actifs et les fonctions financières. Par conséquent, cela permettra à l'organisation d'améliorer l'évaluation de sa situation financière et de ses besoins de financement liés aux actifs (ISO 55000, 2014) [20].

VI.5. Conclusion :

L'analyse croisée des données relatives à la structure d'âge du personnel, aux pannes, à la consommation des pièces de rechange et à la gestion budgétaire a permis de dégager plusieurs constats significatifs. Ces éléments révèlent les principaux leviers d'amélioration du système de maintenance, notamment en matière d'anticipation des départs en retraite, d'optimisation des interventions techniques, de gestion des stocks de PDR, et de maîtrise des coûts. Ces résultats constituent ainsi une base solide pour orienter les actions correctives futures et renforcer la performance globale de la fonction maintenance au sein de la structure.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

À l'ère de la transformation numérique et de l'exigence croissante en matière de performance industrielle, la maintenance ne peut plus être considérée comme une simple fonction de support. Elle devient un pilier stratégique au sein des organisations, capable de générer de la valeur ajoutée à travers une gestion rigoureuse des données et une exploitation intelligente de l'information technique disponible.

La prise de décision devra être fondée sur des faits comme stipule le 6eme principe du management de la qualité selon le référentiel ISO9001/2015. C'est ainsi que l'analyse des données a pris plein essor. Dans ce travail, nous avons développé une démarche d'analyse des données de maintenance au niveau de la structure maintenance du LRB. Certes, nous avons rencontré beaucoup de difficultés sur tout en ce qui concerne le manque d'informations. Les informations ne sont pas totalement documentées et sauvegardées pourtant ceci est une exigence de la norme ISO9001/2015. Malgré cela, nous avons tenté de collecter tout ce que nous avons pu avoir. L'étude s'est portée sur :

- I'analyse de l'âge du personnel maintenance ;
- I'analyse des pannes
- I'analyse des pièces de rechange
- I'analyse de budget de maintenance

Ce travail de recherche a permis de démontrer l'importance de l'analyse des données dans le pilotage efficace des activités de maintenance. À travers l'étude des indicateurs tels que les âges du personnel, les pannes, les coûts de maintenance, ou encore la consommation des pièces de rechange, il a été possible de mettre en évidence les faiblesses structurelles, d'évaluer les performances actuelles, et de proposer des axes d'amélioration ciblés.

L'approche adoptée repose sur une méthodologie structurée, combinant analyse descriptive, interprétation des résultats et formulation de recommandations. Cette démarche s'inscrit pleinement dans une logique d'amélioration continue et de professionnalisation de la fonction maintenance.

Cependant, malgré la richesse des données exploitées, certaines limites subsistent, notamment en lien avec la qualité ou l'exhaustivité des informations disponibles. Cela ouvre des perspectives intéressantes pour des travaux futurs, tels que l'intégration de la maintenance prédictive via l'intelligence artificielle, l'automatisation des analyses, ou encore le développement d'indicateurs de performance plus avancés.

Conclusion

En somme, cette étude confirme que la maîtrise et l'analyse des données représentent aujourd'hui un levier incontournable pour moderniser les pratiques de maintenance, garantir la disponibilité des équipements, et accompagner la compétitivité durable des organisations industrielles.

Références

Références

- [1] : Documents internes de l'unité LRB, Sider El Hadjar, 2025.
- [2] : Bertrand, P., & Pasquignon, D. (2017). Analyse des données. Université Paris-Dauphine, M1.
- [3] : Abdelkhalek, D. (2020). Analyse des données. Université Badji Mokhtar – Annaba.
- [4] : TAMITI, Kenza (2019-2020). *Cours d'Analyse des Données , Batna: Université de Batna 2, Faculté des Mathématiques et Informatique, Département de Mathématiques. Destiné aux étudiants de L2 SAD.
- [5] : Baesens, Bart. Analytics in a big data world: The essential guide to data science and its applications. John Wiley & Sons, 2014.
- [6] : Taherdoost H. Different Types of Data Analysis; Data Analysis Methods and Techniques in Research Projects. International Journal of Academic Research in Management (JARM). 2020;9(1):1–9. Helvetic Editions LTD, Switzerland. Available from: www.elvedit.com
- [7] : <https://www.investopedia.com/terms/d/data-analytics.asp> (dernier accés 09/08/2020)
- [8] : Jean-Marie Bouroche, Gilbert Saporta. L'analyse des données. Que sais-je? N°1854, Presses Universitaires de France (PUF), 1992.
- [9] : Zerouti, M. (2018). Statistique et analyse de données [Polycopie de cours]. École Nationale Supérieure de Management (ENSM), Koléa.
- [10] : SAYL, Zineb. (2019). Cours d'analyse des données. Niveau S6, Option Économie. Année universitaire 2019/2020. [PDF en ligne]. Disponible sur : <https://sayl-85.webself.net/file/si1454787/Cours%20Analyse%20Des%20Donn%C3%A9es--fi22300090.pdf>.
- [11] : Peersman, G. (2014). Overview: Data Collection and Analysis Methods in Impact Evaluation. Methodological Brief No. 10, UNICEF Office of Research – Innocenti.
- [12] : Bellinger, G., Castro, D., & Mills, A. (2004). Data, Information, Knowledge, and Wisdom. Retrieved from <http://outsights.com/systems/dikw/dikw.htm>.
- [13] : MAHFOUD Brahim, Analyse de la fonction maintenance à l'unité TSS-SIDER Annaba, Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar Annaba, 2016/2017.
- [14] : DAIF Salima, Analyse des coûts de maintenance et leur importance sur la stratégie de production d'une entreprise, Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar Annaba, 2019/2020.
- [15] : FERROUI Zakaria, Approche de développement du management de la qualité dans le processus maintenance, Mémoire de Master, Université Aboubekr Belkaïd Tlemcen, 2015-2016.
- [16] : F. Théroude, thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble "Formalisme et système pour la représentation et la mise en œuvre des processus de pilotage des relations entre donneurs d'ordre et fournisseurs", 2002.

Références

[17] : Xempla. "The Great Retirement and the Future of Facilities Management, Operations & Maintenance." Xempla"

<https://www.xempla.io/forever-forward/articles/the-great-retirement-and-the-future-of-facilities-management-operations-maintenance>.

[18] : International Electrotechnical Commission (IEC). IEC 60812:2018 – Failure Modes and Effects Analysis (FMEA and FMECA) – Application Guide. Geneva, Switzerland: IEC, 2018.

[19] : Arnoux, H. (2004, October 10). Gestion du stock de pièces de rechange: Pièces de rechange en maintenance [Management of spare parts inventory: Spare parts in maintenance]. Techniques de l'Ingénieur. Réf. MT9320 v1. <https://www.techniques-ingenieur.fr>.

[20] : Ibemeghulem, I., & Baglee, D. (2017). ISO55000 standard as a driver for effective maintenance budgeting. Proceedings of the 2nd International Conference on Maintenance Engineering (IncoME-II 2017), University of Manchester, UK. Paper No. ME2017_1108.