

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Seddik Ben Yahia - Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie



جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل
كلية العلوم والتكنولوجيا

Département D'Électrotechnique

Mémoire

présenté en vue de l'obtention du diplôme

Master en Electromécanique

Option : Electromécanique

Thème

**Etude et analyse des modes de défaillance d'un processus de
production du céramique**

par :

Mr / KEROUAZ Ahmed

et

Mr / BOUAZIZ Abdelkarim

Travail proposé et dirigé par :

Mr / METAHRI Dhiyaeddine

Promotion 2020

Université Mohamed Seddik Ben Yahia - Jijel
PB 98, Ouled Aissa. 18000. Algérie. Tél : +213 34 50 11 89
<http://www.univ-jijel.dz>

Table des matières

Remerciement.....	I
Dédicace	II
Dédicace	III
Liste d'abréviation	IV
Liste des figures.....	V
Liste des tableaux.....	VII
Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de l'entreprise de production de céramique sanitaire El-Milia et de ses activités.	3
I.1 Introduction	3
I.2 Présentation de la société	3
I.2.1 Répartition d'effectifs	4
I.3 Le site géographique.....	4
I.4 Historique de la société	5
I.5 Capacité et Missions	6
I.6 L'organigramme de la société céramique sanitaire EL-Milia	8
I.6.1 le département technique.....	10
I.7 Le processus de fabrication de céramique sanitaire.....	10
I.7.1 Matières premières de fabrication de la céramique	12
I.7.2 Description du processus de fabrication.....	13
I.8 Conclusion	17
Chapitre II : Généralités sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse.....	18
II.1 Introduction.....	18
II.2 Historique	18
II.3 Définition de la maintenance.....	19
II.4 Le rôle de la maintenance.....	19
II.5 Les objectifs de maintenance	20
II.5.1 Objectifs techniques (opérationnels)	20
II.5.2 Objectifs économiques	20
II.5.3 Objectifs humains et écologiques.....	21
II.6 Terminologies	21
II.6.1 Défaut.....	21
II.6.2 Défaillance	21
II.6.3 Panne.....	21
II.6.4 Taux de défaillance	22
II.7 Les politiques de la maintenance	22
II.7.1 La maintenance corrective	23
II.7.1.1 La maintenance curative	23

II.7.1.2 La maintenance palliative.....	23
II.7.2 La maintenance préventive	23
II.7.2.1 La maintenance systématique.....	23
II.7.2.2 La maintenance conditionnelle.....	24
II.7.2.3 La maintenance prévisionnell.....	24
II.7.3 La maintenance d'amélioration.....	25
II.8 Niveaux de maintenance	27
II.9 Les normes de maintenance	28
II.9.1 Objectifs.....	28
II.9.2 Organismes	28
II.9.3 Les normes utilisées	29
II.10 Sûreté de fonctionnement (SDF).....	30
II.10.1. Définition	30
II.10.2. Composant de SDF	30
II.11 les outils de maintenance	32
II.11.1 Arbre de défaillances «AdD»	32
II.11.2 Diagramme d'Ishikawa (Diagramme Cause-Effets).....	34
II.11.3 Méthode ABC (Diagramme Pareto).....	36
II.11.4 Méthode AMDEC	37
II.12 Conclusion	41
Chapitre 3 : Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise.....	42
III.1 Introduction	42
III.2 Rappel sur la problématique et l'objectif de l'étude	42
III.3 Analyse de l'entreprise.....	42
III.3.1 Analyse niveau 1 : Par Ishikawa	43
III.3.2 Analyse niveau 2 : par Pareto	44
III.4 Etude AMDEC.....	53
III.4.1 Atelier de la barbotine	53
III.4.2 Atelier de la cuisson.....	59
III.4.3 Atelier de coulage + séchoir intermittent	63
III.4.4 Atelier de choix et contrôle	68
III.5 La gamme de maintenance préventive (GMP)	69
III.6 proposition d'organigramme de département de maintenance	70
III.7 Conclusion.....	70
Conclusion Générale.....	71
Références Bibliographie.....	72

Remerciement

Au terme de ce travail, nous avons tenons à remercier tout d'abord le dieu qui a donné tant de volonté, de courage, de patience et de sacrifices durant notre carrière universitaire afin d'arriver à la réalisation de ce travail.

Ensuite nous avons exprimé nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à notre encadreur monsieur METAHRI Dhiyaeddine. Un exemple à savoir, pour son aide précieux ses conseils et suggestions, sa disponibilité et aussi d'avoir durant toute cette année prise de son précieux temps pour nous transmettre les fruits de son expérience, nous ne vous remercierons jamais assez.

Par ailleurs nous tenons à remercier les membres du jury qui ont fait l'honneur par leur présence et leurs disponibilités à examiner le projet réalisé. Nous souhaitons trouver un écho favorable de leurs parts à notre recherche.

Nous présentons tous nos remerciements à tous les personnels du département d'électrotechnique pour leurs conseils, leur disponibilité, ainsi que leur patience et leur encadrement.

On adresse nos sentiments de reconnaissance les plus profond et de respect à tout le personnel de l'entreprise de production de céramique El-Milia qui nous ont accueillis, aidés et soutenus tout au long de notre période de stage.

Nous tient aussi à remercier tous ceux qui contribué de près ou de loin à l'accomplissent de ce travail.

Ahmed, Karim

Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide de Dieu tout-puissant tout
d'abord à :

Celle qui m'éduquait dans ces bras, et m'arroser par ses rivières de tendresse, à ma très amoureuse
mère WARDA

À ce qui me plantait les graines de volontés, et les plantes de l'espoir dans mon cœur, la
lumière de ma vie, mon très cher père FARID

Je souhaite que Dieu vous protège.

À mon cher frère Amine, et mes chères sœurs SARA, LEYLA, AMANI et son mari
ABDELMADJID en témoignage de la fraternité, avec mes souhaits de bonheur de santé et de
succès.

À tous les membres des familles KEROUAZ et BOULTIF

À mes chères mais : NACER, AYOUB, AHMED, KHALED, AYMEN et mon binôme
KARIM et à tous les amis et les proches

À toute la promotion d'électromécanique 2020

Et à mon ami en notre promo d'électromécanique SOUFIAN MEZZICHE qui le défunt ces
derniers mois, j'espère que Dieu vous pardonnera et vous amènera dans son paradis.

À tout qu'ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Ahmed

Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide de Dieu tout-puissant tout d'abord à :

Celle qui m'éduquait dans ces bras, et m'arroser par ses rivières de tendresse, à ma très amoureuse mère WANASA

À ce qui me plantait les graines de volontés, et les plantes de l'espoir dans mon cœur, la lumière de ma vie, mon très cher père MOHAMED TAHER

Je souhaite que Dieu vous protège

À mes chers frères ESSA, YAHYA ZAKARIA, AYMEN, SAIF EDDINE, et mes chères sœurs MERIEM, FATIMA, ZAHRA, ZAYNAB et KULTHUM, avec mes souhaits de bonheur

De santé et de succès.

À tous les membres des familles BOUAZIZ et TIGHA

À mes chères mais : MOHAMED, KHALED et mon binôme AHMED et à tous les amis et les proches

À toute la promotion d'électromécanique 2020

Et à mon ami en notre promo d'électromécanique SOUFIAN MEZZICHE qui le défunt ces derniers mois, j'espère que Dieu vous pardonnera et vous amènera dans son paradis.

À tout qu'ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Karim

Liste d'abréviation

SNMC : la Société Nationale des Matériaux de Construction.

ECO : Entreprise de Céramique Ouest à Tlemcen.

ECE : Entreprise de Céramique Est à Constantine.

SCSEM: Société Céramique Sanitaire d'El Milia.

DAF: direction d'administration et finance.

DEX: direction d'exécution.

DRH: département des ressources humains.

DFC: département des finances et comptabilité.

DAC: département des achats et commerce.

AdD : arbre de défaillance.

AFNOR : association française de normalisation

EFNMS: Fédération européenne des sociétés nationales de maintenance

SDF: Sûreté de fonctionnement

CEI : Commission Electrotechnique Internationale.

ISO: Organisation Internationale de normalisation.

CEN : facilitateur européen.

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

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1: Siège de la société de céramique sanitaire el-melia.....	4
Figure I.2: Le site géographique de la société.....	5
Figure I.3: La gamme des produits de la société céramique sanitaire EL-Milia.....	6 7 8
Figure I.4: Organigramme de la société de céramique sanitaire.....	9
Figure I.5 : Organigramme de département de maintenance de la société de céramique sanitaire.....	10
Figure I.6: Le processus de fabrication de céramique sanitaire.....	11
Figure I.7: Les types de matières premières.....	13
Figure I.8: Les réservoirs mélangeurs.....	14
Figure I.9: Le mélange de barbotine.....	14
Figure I.10: Atomisation de la barbotine.....	14
Figure I.11: Les moules.....	15
Figure I.12: Opération d'émaillage.....	15
Figure I.13: Le four de cuisson de céramique.....	16
Figure I.14: Le produit final après l'emballage.....	16

CHAPITRE II

Figure II.1: L'allure de taux de défaillance.....	22
Figure II.2: Organigramme de la politique de maintenance.....	26
Figure II.3: Les Composants de la SDF.....	32
Figure II.4: Construction de l'arbre de défaillance.....	34
Figure II. 5: La représentation de diagramme d'Ishikawa.....	35
Figure II. 6: Diagramme de Pareto ou courbe ABC.....	36
Figure II. 7: Démarche d'AMDEC.....	39

CHAPITRE III

Figure III. 1: Les étapes d'analyse des problèmes de l'entreprise.....	43
Figure III.2: Analyse du problème de diminution de rendement.....	43
Figure III. 3: Les étapes d'analyse en utilisant Pareto.....	44
Figure III. 4: Classification des ateliers critiques	47
Figure III. 5: Classification des équipements critiques de l'atelier barbotine.....	48
Figure III. 6: Classification des équipements critiques de l'atelier coulage +séchoir intermittent.....	49

Figure III .7: Classification des équipements critiques de l'atelier de cuisson.....	.50
Figure III .8: Classification des équipements critiques de l'atelier de choix et contrôle.	51
Figure III .9: Les étapes d'application de la méthode AMDEC sur chaque atelier.....	52
Figure III.10 : Classification des éléments critiques de l'atelier de barbotine.....	56
Figure III.11 : Classification des éléments critiques de l'atelier de cuisson.....	60
Figure III.12 : Classification des éléments critiques de l'atelier coulage + séchoir intermittent.....	67
Figure III.6 : Proposition d'organigramme de département de maintenance	70

Liste des tableaux

CHAPITRE I

Tableau I. 1: L’effectif de l’entreprise.....	4
Tableau I. 2: Résumé des différentes phases l'extension du projet.....	5

CHAPITRE II

Tableau II.1: Les 5 niveaux de maintenance.....	27
Tableau II.2: Les symboles de l’Add.....	33
Tableau II.3: Les symboles logiques.....	33
Tableau II.4: Les valeurs de fréquence.....	40
Tableau II.5: Les valeurs de la détection.....	40
Tableau II.6: Les valeurs de la gravité.....	40
Tableau II.7: Les valeurs de criticité.....	40
Tableau II.8: Représentation de la forme de grille d'AMDEC.....	41

CHAPITRE III

Tableau III.1: Historique des pannes de la société de céramique sanitaire el-melia	45
Tableau III.2: Les pourcentages cumulés des durées de panne des 9 ateliers.....	46
Tableau III.3: pourcentages cumulés des durées de panne de l'atelier barbotine	48
Tableau III.4: Les pourcentages cumulées des durées de panne de l'atelier coulage +séchoir intermittent.....	49
Tableau III.5: Les pourcentages cumulés des durées de panne de l'atelier de cuisson.....	50
Tableau III.6: Les pourcentages cumulés des durées de panne de l'atelier de choix et contrôle.....	51
Tableau III.7: Résumé de l’analyse des ateliers et leurs équipements critiques.....	52
Tableau III.8: Grille AMDEC de l'atelier de barbotine.....	53
Tableau III.9: Les pourcentages cumulés de la criticité des éléments de l'atelier de barbotine.	55
Tableau III.10 : La suggestion d'actions de maintenance de l'atelier de barbotine.....	56
Tableau III.11 : Grille AMDEC de l'atelier cuisson.....	58
Tableau III.12 : Les pourcentages cumulés de la criticité des éléments de l'atelier de cuisson.....	60
Tableau III.13 : La suggestion d'actions de maintenance de l'atelier de cuisson.....	61
Tableau III.14 : Grille AMDEC de l'atelier de coulage+ séchoir intermittent.....	63

Tableau III.15 : Les pourcentages cumulés de la criticité des éléments de l'atelier de coulage +séchoir intermittent.....	66
Tableau III.16 : La suggestion d'actions de maintenance de l'atelier de coulage	67
Tableau III.17 : Grille AMDEC de l'atelier de choix et contrôle.....	68
Tableau III.18 : La suggestion d'actions de maintenance de l'atelier de choix et contrôle.....	68
Tableau III.19 : Forme de la GMP.....	69

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les entreprises se singularisent au niveau de leur performance industrielle par la disponibilité, la productivité et la flexibilité de leurs ressources ainsi que par l'obtention de faibles coûts de revient.

Ainsi lorsqu'une entreprise envisage de travailler en juste à temps et à zéro stock elle ne doit pas oublier qu'elle pourra respecter les délais qu'elle a annoncés à ses clients, si elle est certaine de la disponibilité des machines durant tout le temps prévu, et que les quantités de produits lancés seront obtenues en qualité dans les temps prévus. La réalisation de ces objectifs passe nécessairement par la mise en place d'activités de maintenance visant à éliminer tous les arrêts de productions dus à des pannes.

C'est en se joignant à cette vision que la société de céramique sanitaire el-melia a décidée d'une amélioration de sa politique de maintenance préventive. Et c'est dans le cadre de ses travaux qu'il nous a été soumis pour projet d'étude de fin de cycle le thème suivant:

«Étude et analyse des modes de défaillance d'un processus de production du céramique »

Il s'agit, à travers ce projet d'étudier toutes causes liées aux pannes sur la ligne et ensuite de faire ressortir un plan d'action en vue d'atteindre « le zéro panne ».

Ce travail s'articulera autour de trois chapitres :

- Présentation de l'entreprise de production de céramique sanitaire El-Milia et de ses activités.
- Généralités sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse.
- Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise.

Le premier chapitre sera consacré pour une description générale de l'entreprise d'accueil «l'entreprise de production de céramique sanitaire El-Milia » par son historique, leur capacité et missions, et son processus de production adoptés et le contexte d'étude dont on s'est intéressé pour but d'application de la méthode AMDEC.

Le deuxième chapitre se compose de deux grandes parties. Nous réservons la première partie à la présentation générale de la maintenance, son historique, ces objectifs, ces politiques et ces normes. La deuxième partie est consacrée à la présentation des outils de gestion et d'analyse de la maintenance, notamment : diagramme d'Ishikawa, Pareto, et AMDEC.

Le troisième chapitre, constitue la contribution majeure de ce PFE, il est réservé à l'application de la méthode AMDEC au sien de l'entreprise de production de céramique sanitaire El-Milia. Nous commencerons par la détermination des ateliers critiques et leurs équipements critiques toute en basant sur l'analyse Pareto. Ensuite, nous allons localiser les

éléments critiques qui posent plus de panne en appliquant la méthode AMDEC. Finalement, Nous proposons des actions de maintenance afin de minimiser les temps d'arrêts. Enfin nous présentons une conclusion générale où nous résumons les résultats obtenus et les perspectives possibles.

Chapitre I :
***Présentation de l'entreprise de production de
céramique sanitaire El-Milia et de ses activités.***

Chapitre I : Présentation de l'entreprise de production de céramique sanitaire El-Milia et de ses activités.

I.1 Introduction

Ce premier chapitre a pour objectif de donner une vue générale du cadre de déroulement de ce projet de fin d'études, il sera divisé en deux sections, la première section sera consacrée à la présentation globale de la société de céramique sanitaire el-milia, son historique, ses missions et ses différents produits, tandis que la deuxième section portera sur les différentes phases du processus de fabrication de céramique.

I.2 Présentation de la société

La société céramique sanitaire el-milia est la première au niveau national. Créée en 1975, de forme juridique : EPE / Spa et est considéré parmi les sociétés nationales qu'elle a réussi à conserver sa place économique, elle considéré aussi parmi les premières sociétés de la fabrication de ce produit, sa capacité de production est mène vers 460000 pièces/ans, et devrait augmenter jusqu'à 1 million 200 mille pièces dans les années prochaines, au capital de 208,000,000,00 DA et un budget plus de 50 milliards centimes, actuellement filiale du groupe GIL (groupe des industries local) «DIVINDUS».

Son siège comme représenter dans la figure I.1 est établi à El-Milia Wilaya de Jijel dans la zone d'activité route de Constantine, nord d'El-Milia, il est spécialité confondus, elle est implantée sur une superficie totale de 96870 m² reparti comme suit:

- Superficie couverte: 29 666 m² .
- Superficie bâtiment production: 25 920 m².

La fabrication de céramique dans cette société passe par plusieurs ateliers encadrés par 420 ouvriers, elle a 2 processus de fabrications ou de productions:

- Un processus manuel depuis 1975.
- Un autre automatique depuis 2012 qu'il sera modernisé petit à petit.

Tous les produits de cette société sont vendus au niveau local, mais après l'installation d'un four moderne la société exporte ces produits vers la Tunisie et la Russie. [1]



Figure I.1: Siège de la société de céramique sanitaire el-melia.

I.2.1 Répartition d'effectifs

L'effectif moyen de l'entreprise au 31 décembre 2015 est de : quatre cent trente et un (431) employés répartis par catégories socioprofessionnelles comme suit dans le tableau I.1 :

Tableau I.1: L'effectif de l'entreprise.

	Cadres	Maitrise	Exécution	Total
Nombre	32	90	308	431
Taux	7,5%	21%	71,5%	100%

I.3 Le site géographique

Le site géographique de la société (voir figure I.2) a donné des atouts majeurs et des avantages commerciaux très intéressants dont:

- La position en bordure des routes nationales N°43 et N° 27.
- loin de La zone industrielle régionale de Bellara à 02 km.
- Loin d'Aéroport de Jijel à 45 km.
- Loin d'Aéroport de Constantine à 80 km.
- Loin de Port de Djendjen-Jijel à 40 k.
- Loin de Port de Skikda à 95 km.
- Loin de Port de Bejaia à 150 km.
- Loin de Port d'Annaba 230 km.
- Loin de Port d'Alger à 390km.

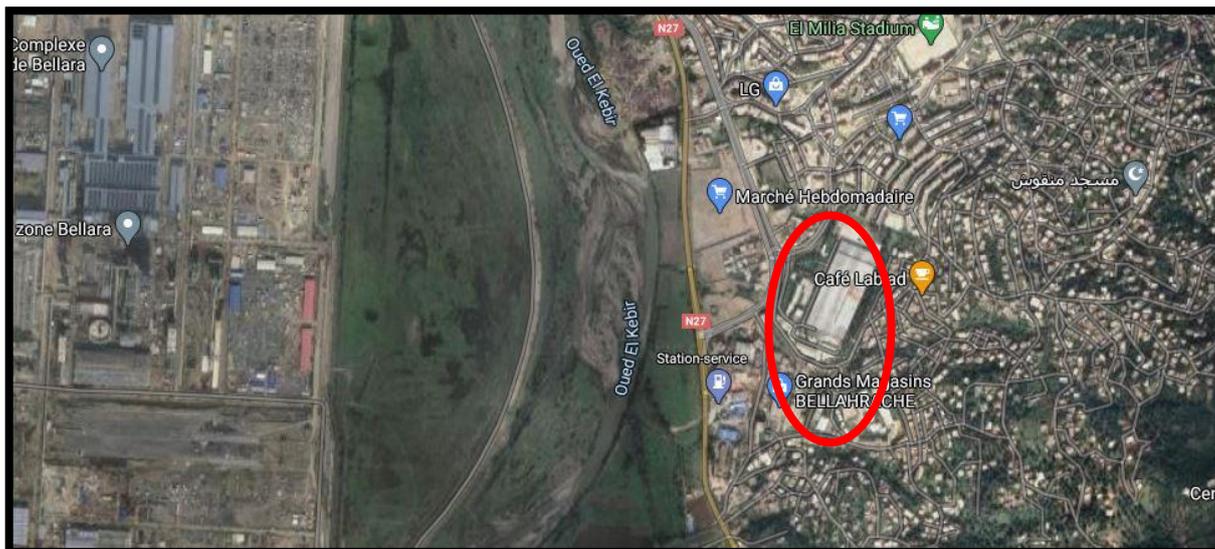


Figure I.2 : Le site géographique de la société.

I.4 Historique de la société

Depuis sa fondation, la société de céramique sanitaire el-Milia est passée par plusieurs étapes qui sont les suivantes :

- ✓ De 1969 à 1974 : au début la société de céramique était un sujet d'études d'une unité de production appartenant de la société nationale des matériaux de construction SNMC, les travaux de construction sont faites par des sociétés algérienne, français et allemand, la réalisation du projet de cette unité est passée par différentes phases, une réalisation initiale puis une extension du projet, le tableau I.2 ci-dessous résume ses différentes phases :

Tableau I.2 : Résumé des différentes phases l'extension du projet.

Phases	Initiale	Extension
Lancement des appels d'offres	1968	Juin 1972
Signature des contrats	Octobre 1969	Janvier 1973
Ouverture des chantiers	Février 1971	Juin 1972
Réception des équipements	Février 1973	Mars 1973
Essais technique	Octobre 1974	
Mise en production	01 juillet 1975	
Réception provisoire	18 Aout 1976	

- ✓ 1982 : La SNMC est restructurée en plusieurs entreprises indépendantes. Deux groupes industriels régionaux de céramique sont créés :
 - ECO** – Entreprise de Céramique Ouest à Tlemcen.
 - ECE** – Entreprise de Céramique Est à Constantine.L'unité d'El Milia est rattachée à l'ECE.
- ✓ 1998 : L'unité d'El Milia devient une filiale (autonome) et prend pour nom : « Société Céramique sanitaire d'El Milia» (SCSEM par abréviation).
- ✓ 2014 : la société céramique sanitaire El-Milia est devenue Filiale du groupe GIL (groupe des industries local) «DIVINDUS», et reste à cet état jusque maintenant. [1]

I.5 Capacité et Missions

La mission de la société céramique sanitaire EL-Milia est la fabrication, avec les caractéristiques techniques requises, et la commercialisation, des articles en céramique sanitaire (VITREOUS CHINA) destinés pour l'équipement des salles de bains et des cuisines, avec une capacité de production $\approx 460\ 000$ pièces/an.

La gamme des produits de la société céramique sanitaire EL-Milia sont présentés dans la figure I.3.



1. Ensemble de salle de bain de luxe.



2. Receveur



3. Evier de cuisine avec ou sans trop plein



4. Siège anglais à sortie verticale



5. Lavabo et colonne différentes dimensions.



6. Siège anglais à sortie horizontale.



7. Siège à la turque.



8. Siège anglais pour bébé.



9. Lave mains coquillage.



10. Lave mains 20x24 cm.

Figure I.3 : La gamme des produits de la société céramique sanitaire EL-Milia.

I.6 L'organigramme de la société céramique sanitaire EL-Milia

Chaque société a un organigramme différent à l'autre, il représente un outil de communication destiné à faciliter la compréhension des rapports et liens existant au sein de la société.

L'organigramme de notre société d'étude est divisé à 3 départements et chaque département composé de plusieurs services, comme c'est indiqué dans la figure I.4.

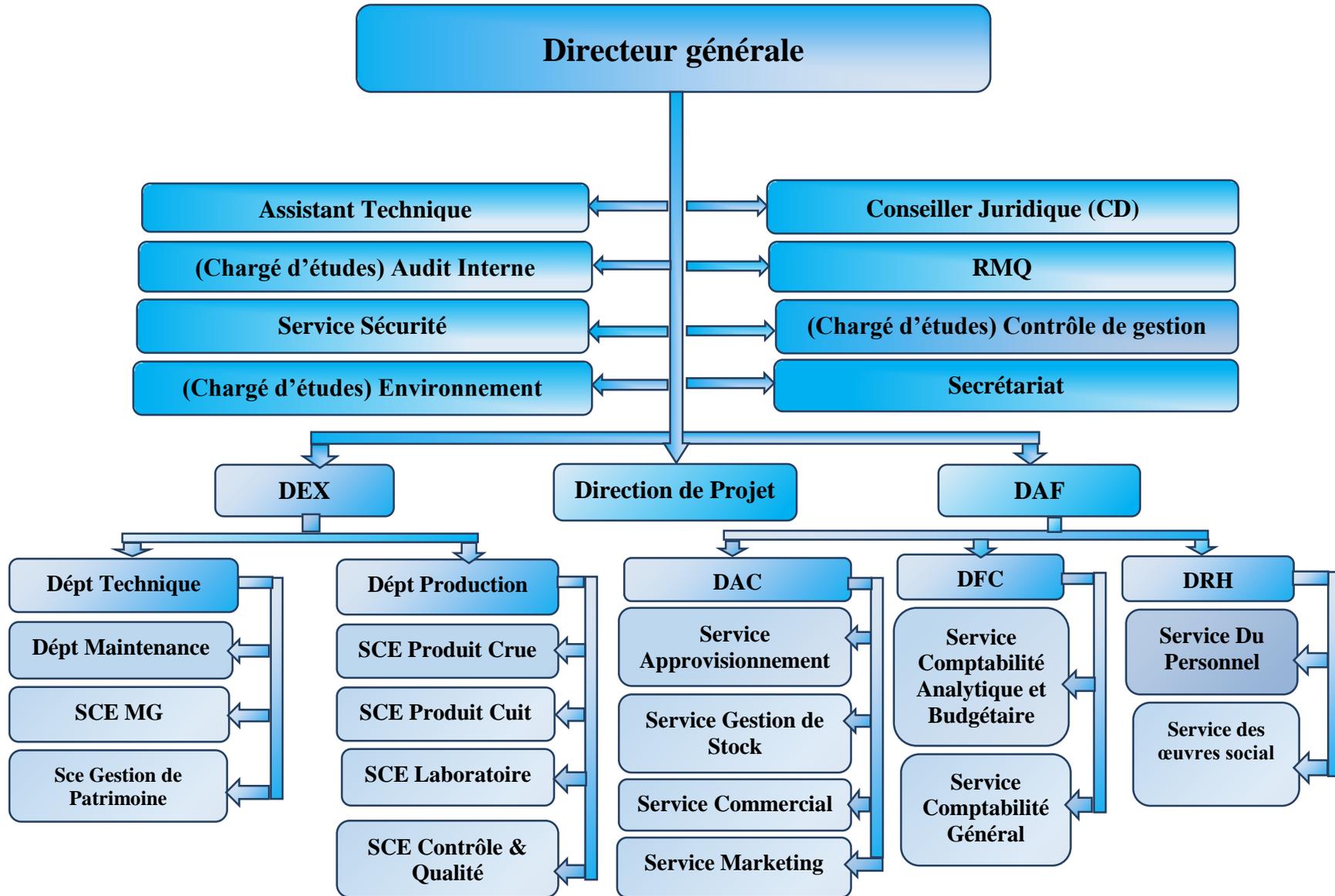


Figure I.4 : Organigramme de la société de céramique sanitaire.

I.6.1 le département technique

Notre stage a été déroulé dans le département technique qu'il s'occupe de la gestion et de la maintenance de la production en adaptant la stratégie industrielle aux divers sites de production. Il doit veiller au déroulement de la fabrication. Il intervient sur les méthodes, sur la qualité, la sécurité et l'environnement est veille au respect des normes et du cadre législatif.

L'organigramme qui représente le département de maintenance de cette société est indiqué dans la figure I.5.

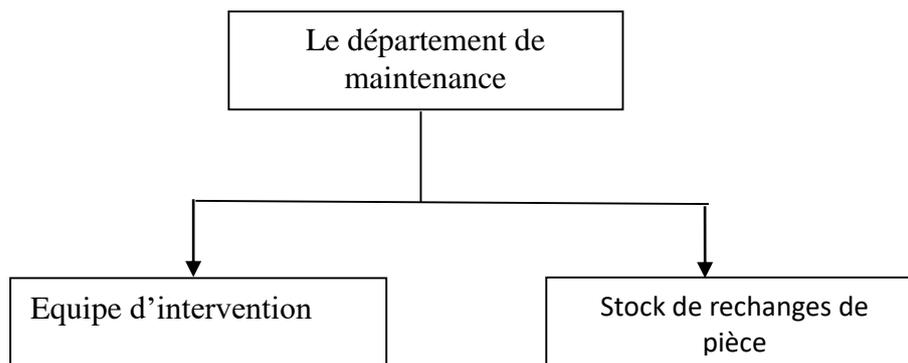


Figure I.5 : Organigramme de département de maintenance de la société de céramique sanitaire.

I.7 Le processus de fabrication de céramique sanitaire

Le domaine d'activité de l'entreprise appartient au secteur industriel, spécialement à la branche de production de matériaux de construction (une gamme de produits pour la céramique sanitaire).

La méthode adoptée par l'entreprise dans son domaine de production dépend d'une utilisation intensive de la main-d'œuvre et ne nécessite pas une technique très avancée, car elle est encore largement utilisée sous sa forme ancienne. Tandis que dans la forme moderne, elle l'a modifiée de différentes manières et a introduit une technique très avancée dans la plupart des ateliers, où ont été remplacées progressivement les opérations manuelles par des processus de production automatisés.

Le processus de fabrication est décomposé en 06 ateliers, qui sont présentés dans la figure I.6 :

- Atelier de préparation de la matière première et la barbotine.
- Atelier de modelage pour la préparation et fabrication des moules.
- Atelier coulage qui coule les pièces en utilisant les moules et la barbotine.
- Atelier d'émaillage pour la préparation des émaux et émailler les pièces.
- Atelier de cuisson pour la cuise des pièces avec un four réfractaire et intermittent.
- Atelier de choix et de contrôle pour le tirage des pièces selon le modèle, le couleur et le choix

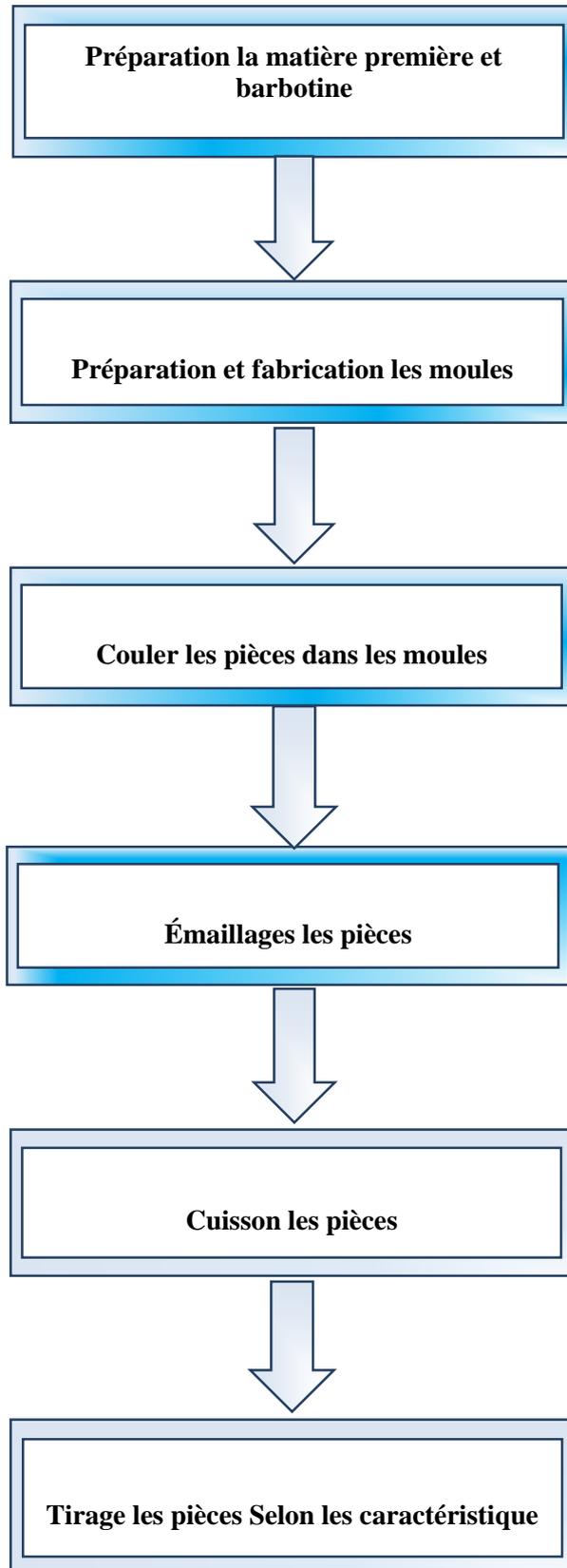


Figure I.6 : Le processus de fabrication de céramique sanitaire.

I.7.1 Matières premières de fabrication de la céramique

L'entreprise utilise plusieurs types de matières premières (voir la figure I.7) pour produire deux grands groupes de produits de céramiques sanitaires et sont comme suit :

- Le groupe classique blanc.
- Le groupe classique en couleur.

La céramique sanitaire est fabriquée à partir des matières premières que l'on trouve facilement dans la nature qui constituent de :



1. kaolan type 2.



2. Gypse.



3. Quartz.



4. Carbonate de sodium et de calcium.



5. Le bois.



6. Béton résistant.

Et d'autres constituants tels que : gaz, eau, pièces détachées et électricité. Quant aux matériaux importés, ils sont :



8. Les kolans sont du type ramlan.



7. Dure de type hexcast.



9. Feldspath.



10. Talc.

Figure I.7 : Les types de matières premières.

I.7.2 Description du processus de fabrication

La fabrication de céramique sanitaire passe par plusieurs étapes qui sont les suivantes :

a. Production de la barbotine

Les matières premières présenter dans la figure I.7 sont mélangés en proportion bien précise au point, le mélange prévu est obtenu en variant la vitesse des convoyeurs qui alimente le convoyeur principal, après avoir été déversé dans un réservoir de stockage, le mélange de matières premières était transféré dans dévers réservoir mélangeur (voir figure I.8) avec l'eau et des billes de céramique afin de former une matière liquide qui s'appelle la barbotine comme c'est présenter dans la figure I.9.



Figure I.8 : Les réservoirs mélangeurs

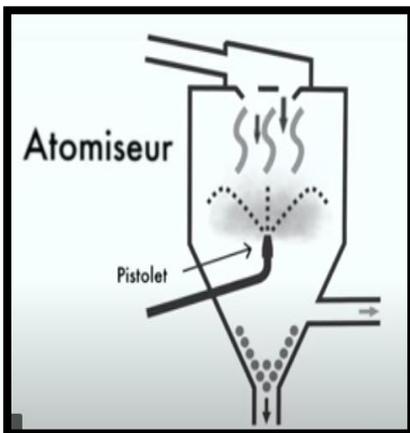


Figure I.9: Le mélange de barbotine.

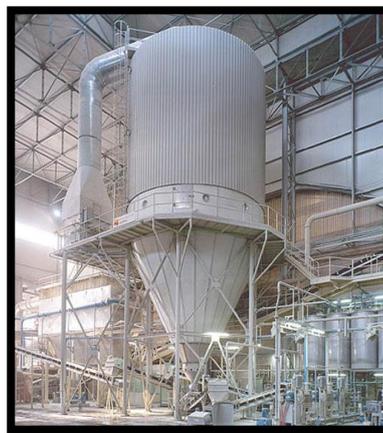
b. Atomisation

La barbotine est stockée dans des grands réservoirs de stockage souterrain, elle est ensuite transférée vers l'atomiseur.

L'atomiseur est muni de pistolets qui vaporise la barbotine au milieu du grand réservoir que traverse le courant d'air chaud, la barbotine se décompose alors à particule en suspension qui séchant rapidement pour former une poudre atomisée, cette opération d'atomisation est schématisée dans la figure I.10.



1. Principe d'atomisation.



2. Atomiseur.



3. Poudre atomisée.

Figure I.10 : Atomisation de la barbotine.

c. Le pressage

La poudre atomisée est ensuite versée dans une cuve d'attente qui se trouve d'arrière la presse, cette cuve laisse échapper des quantités bien précises de poudres sur un plateau, celui-ci distribue la poudre de manière égale dans les moules (voir figure I.11), après en applique une force qui permet la transformation de la poudre en une base solide.



Figure I.11 : Les moules.

d. Le séchage

Une fois le corps formé, il est chauffé pour retirer le maximum d'humidité, cette étape est importante pour assurer la stabilité du produit pendant sa cuisson au four.

e. Emaillage

Les pièces passent ensuite directement à la ligne d'émaillage où sont appliqués les différentes couches Saint-Gobain et d'émail comme c'est indiqué dans la figure I.12, l'application de ces couches permet de donner aux pièces des propriétés esthétiques, imperméabilité à l'eau, durabilité et hygiène.



Figure I.12: Opération d'émaillage.

f. La cuisson

La cuisson de céramique sanitaire s'effectue dans des fourreaux monocouches à rouleaux avec deux cycles très rapides de l'ordre 45 à 60 minutes, leur fonctionnement est très simple le four (figure I.13) à une chambre relativement basse mais très large. Le four fonctionne au gaz et atteint des températures maximales, il est facile dans ce type de four de produire une grande quantité des pièces dans des temps très courts.



Figure I.13: Le four de cuisson de céramique.

g. Choix et contrôle

Une fois les pièces sont cuites ils sont soumis à la classification et contrôle de qualité afin de détecter toutes les défauts et ça se fait par des moyens mécaniques et humains, après ça ils sont passés à l'emballage, ensuite ils sont placés sur des palettes appropriées, une fois les palettes empilées ils sont prêts à l'expédition. (Voir Figure I.14).



Figure I.14 : Le produit final après l'emballage.

I.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la société de production de céramique sanitaire et ses activités, puis dans la deuxième partie nous avons présenté le processus de fabrication de céramique sanitaire.

Dans le chapitre suivant nous allons définir la maintenance avec ces types et leurs méthodes d'analyse quantitatives et qualitatives.

Chapitre II :
Généralités sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse.

Chapitre II : Généralités sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse.

II.1 Introduction

La maintenance est devenue indispensable pour le bon fonctionnement et la compétitivité d'une entreprise. Tous les secteurs d'activité sont concernés par la fiabilité et l'état de leurs outils de production.

Surveiller les installations pour prévenir les pannes, optimiser les opérations et planifier la maintenance est indispensable pour la pérennité économique des entreprises. Une entreprise doit produire toujours mieux (qualité) et au coût le plus bas. Pour minimiser ce coût, on fabrique plus vite et sans interruption des produits sans défaut afin d'atteindre la production maximale par unité de temps. Cet objectif est l'un des buts de la fonction maintenance d'une entreprise. Il s'agit de maintenir un bien dans un état lui permettant de répondre de façon optimale à sa fonction.

Durant ce chapitre nous allons présenter les types de maintenance ainsi que leurs objectifs, et par la suite nous définirons les outils de maintenance tel que : le diagramme de Pareto;

Arbre de défaillance (AdD), la méthode d'Ishikawa et la méthode AMDEC.

II.2 Historique

Beaucoup de choses se sont passées dans le secteur manufacturier depuis la révolution industrielle, mais les changements les plus spectaculaires se sont produits au cours des cinquante dernières années. Ces changements ont affecté la manière dont les installations industrielles ont été maintenues. Voici un aperçu sur l'évolution de la maintenance :

Avant 1950 : On parle juste de la réparation.

En 1954 : le concept de maintenance d'un équipement est apparu pour la première fois dans l'armée américaine.

En 1980 : on a commencé à s'y intéresser vraiment de la maintenance. La pétrochimie, le nucléaire, les transports ont été des éléments initiateurs de la maintenance d'aujourd'hui. Les risques encourus étant tellement élevés dans ces domaines, il valait mieux les prévenir plutôt que de les subir, tout en évitant des coûts ou surcoûts des tropes élèves.

Depuis 1980: Le développement de la gestion de la production et des outils modernes aboutit à la mise en œuvre de la maintenance.

✚ Développement des ateliers flexibles.

CHAPITRE II: Généralité sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse

- ✚ Recherche des cinq zéros de la qualité totale (zéro défaut, zéro panne, zéro délai, zéro stock, zéro papier).
- ✚ Production à flux tendu, visant à réduire le plus possible le stock de matières premières et de composants, et donc les coûts de financement qui en résultent, ...etc.

II.3 Définition de la maintenance

La maintenance regroupe ainsi les actions de dépannage et de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification des équipements matériels (machines, véhicules, objets manufacturés, etc.) ou même immatériels (logiciels).

Un service de maintenance peut également être amené à participer à des études d'amélioration du processus industriel, et doit, comme d'autres services de l'entreprise, prendre en considération de nombreuses contraintes comme la qualité, la sécurité, l'environnement, le coût ... etc.

Selon AFNOR: en 1994 la maintenance est définie par AFNOR comme un ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.[2]

En 2001 la définition de la maintenance selon AFNOR a été remplacé par une nouvelle définition désormais européenne: la maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.[3]

Selon la fédération européenne des sociétés nationales de maintenance (EFNMS):

La maintenance est toutes les actions qui ont pour objectif de garder ou de remettre une chose en état de remplir la fonction qu'on exige d'elle. Ces actions regroupent toutes les actions techniques et toutes les actions d'administration, de direction et de supervision correspondantes.
[4]

II.4 Le rôle de la maintenance

C'est la maîtrise de la disponibilité opérationnelle des équipements afin qu'ils soient unis à la disposition de la production par ses 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.

CHAPITRE II: Généralité sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse

- ❖ Réduction des accidents et des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement. [5]

II.5 Les objectifs de maintenance

C'est la nature de l'entreprise qui dicte les objectifs du service de maintenance, qui sont clairement définis par une politique bien déterminée à partir de la prise en compte de trois facteurs essentiels : [6]

- ✓ Facteur technique,
- ✓ Facteur économique,
- ✓ Facteur humain et écologique.

II.5.1 Objectifs techniques (opérationnels)

- ❖ Assurer la disponibilité maximale des installations et de l'équipement à un prix rationnel.
- ❖ Fournir un service qui élimine les pannes à tout moment et à tout prix.
- ❖ Pousser à la dernière limite la durée de vie de l'installation (notion de durabilité).
- ❖ Assurer une performance de haute qualité.
- ❖ Maintenir une installation d'une propreté absolue à tout moment.
- ❖ Maintenir le bien durable :
 - Dans un état acceptable
 - Dans des meilleures conditions
- ❖ Maximiser la durée de vie de bien.
- ❖ Remplacer le bien à des périodes prédéterminées.
- ❖ Assurer au bien un fonctionnement sûr et efficace.
- ❖ Obtenir de l'investissement un rendement maximum.
- ❖ Garder au bien une présentation suffisamment satisfaisante.

II.5.2 Objectifs économiques

- ❖ Réduire au minimum les dépenses de maintenance et maximiser les profits.
- ❖ Assurer le service de maintenance dans les limites d'un budget.
- ❖ Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par les installations et l'appareillage en fonction de son âge et de son taux d'utilisation.
- ❖ Tolérer à la discrétion du responsable de la maintenance une certaine quantité de dépense imprévue.

II.5.3 Objectifs humains et écologiques

- ❖ Réduire les accidents de fonctionnement (notion de sécurité) et améliorer les conditions de travail.
- ❖ Étudier toute modification, protection à effectuer sur les matériels pour diminuer les risques d'accident.
- ❖ Lutter contre la nuisance et préserver l'environnement (échappement de gaz, bruits inhérents, fuites d'huile, ...etc.).

II.6 Terminologies

Le vocabulaire employé pour qualifier les interventions varie d'une entreprise à l'autre, et au sein des grandes entreprises, il diffère même d'un site à l'autre. De plus, chaque professionnel de maintenance possède sa propre opinion au sujet d'un terme ou d'une définition.

II.6.1 Défaut

C'est un manque ou une insuffisance de tous ce qui est nécessaire pour une machine qui peut-être servir de se tromper autrement dit un défaut est un mal fonctionnement. [7]

Un défaut dans le système n'affecte pas en général l'aptitude du système à accomplir une fonction requise. Par conséquent, on peut constater que le défaut ne conduit pas toujours à une défaillance. De ce fait, le défaut est vu comme une opinion sur le bon fonctionnement. Par contre une défaillance conduit systématiquement à un défaut. [8]

II.6.2 Défaillance

Altération ou cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise. Après défaillance d'une entité, celle-ci est en état de panne. La défaillance est un passage d'une entité d'un état de fonctionnement normal à un état de fonctionnement anormal ou de panne. [8]

II.6.3 Panne

Inaptitude d'une entité à accomplir une fonction requise ou à assurer le service approprié à la suite d'une défaillance.

Une panne est généralement la conséquence d'une défaillance ; néanmoins, elle peut exister sans défaillance préalable. C'est l'ensemble des défaillances des composants. La cause supposée d'une panne est un défaut physique ou une erreur humaine. [8]

II.6.4 Taux de défaillance

C'est la proportion d'éléments qui en vécu un temps (t) et qui ne sont plus en vie à l'instant (t+dt). Il représente la vitesse de variation de fiabilité R(t) au cours du temps.

Ou bien il est exprimé par la probabilité qu'il apparaisse une défaillance ente l'instant (t) et à l'instant (t+dt) rapportée à la pulsation des survivants à l'instant (t), comme est donné par l'équation (Eq II.1).

$$\lambda(t) = -\frac{1}{R} \frac{dR}{dt} = -\frac{d(\ln R)}{dt} \quad (\text{Eq II.1})$$

- Le taux de défaillance peut évoluer dans le temps (plus il augmente, plus la fiabilité de produit est diminuée), comme c'est indiquer dans la figure II.1.
- Un produit classique a toujours une zone où le taux de défaillance est constant.

Nous travaillerons toujours dans cette zone. [9]

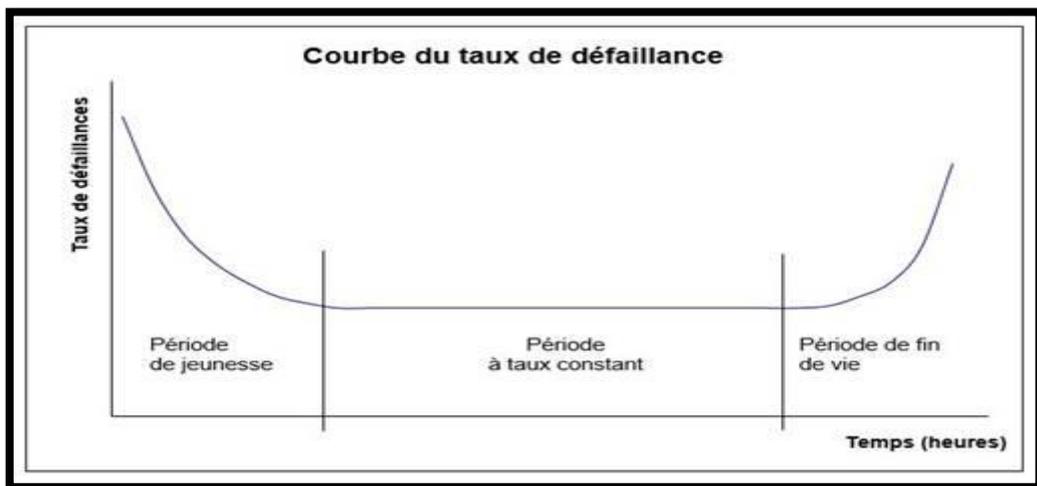


Figure II.1 : L'allure de taux de défaillance.

II.7 Les politiques de la maintenance

Le choix entre les méthodes de maintenance (voir figure II.2) s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Pour choisir, il faut donc être informé par les objectifs de la direction, des directions politiques de maintenance, mais il faut connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode, les coûts de maintenance et les coûts de perte de production.

II.7.1 La maintenance corrective

La maintenance corrective regroupe l'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 formes sont :

II.7.1.1 La maintenance curative

La maintenance corrective curative regroupe les activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Ces activités du type réparation, modification ou amélioration doivent présenter un caractère permanent.

•Avantages :

- Exploite les composants sur toute leur durée de vie,
- Économique si faibles coûts indirects.

•Inconvénients :

- Disponibilité des rechanges (stocks ou délais réduits),
- Inadaptée si problème de sécurité.

II.7.1.2 La maintenance palliative

La maintenance corrective palliative regroupe les activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Ces activités du type dépannage qui présentent un caractère provisoire devront être suivies d'activités curatives.

•Avantages :

- Rapide,
- Peu chère.

•Inconvénients :

- Chute de performance.

II.7.2 La maintenance préventive

La maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Elle doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation. Ces formes sont :

II.7.2.1 La maintenance systématique

La maintenance préventive systématique s'effectue suivant un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage du bien. L'unité d'usage caractérise l'exploitation du bien.

•Avantages :

- Gestion aisée de ressources humaines et matérielles,
- Prévision facile du budget,
- Facilite la gestion des rechanges.

•Inconvénients :

- Consommation de rechange peut être accentuée,
- Chère si coûts directs et indirects importants,
- les pannes ne sont pas totalement évitées.

II.7.2.2 La maintenance conditionnelle

La maintenance préventive conditionnelle est subordonnée au franchissement d'un seuil prédéterminé significatif de l'état de dégradation du bien.

Le franchissement du seuil peut être mis en évidence par l'information donnée par un capteur ou par tout autre moyen.

•Avantages :

- Élimination ou réduction importante du risque de défaillance donc pas de dégâts collatéraux, durabilité plus grande et bon fonctionnement,
- Réduction des temps d'arrêt donc coût d'indisponibilité limité.

•Inconvénients :

- Chère (moyens de surveillance, capteurs...etc.).
- Nécessite de former les opérateurs de maintenance.

II.7.2.3 La maintenance prévisionnelle

La maintenance préventive prévisionnelle est subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions. Encore appelé maintenance prédictive, mais ce terme n'est pas normalisé.

•Avantages :

- Exploite les composants sur leur durée de vie optimale,
- Evite les surcharges de travail.

•Inconvénients :

- Chère (moyens de surveillance et analyses),
- Fait souvent appel à des compétences spécifiques.

II.7.3 La maintenance d'amélioration

La maintenance améliorative pour objectif de réduire toutes les interventions de maintenance et de tendre vers zéro panne. Ainsi on est conduit à réaliser :

- La rénovation des installations et des équipements existants,
- Des modifications concernant la matérielle existante suite plusieurs défaillances de même nature, après réflexion et étude, afin d'éliminer le problème. Ce type de maintenance implique une concertation entre les services (production, bureau d'études, maintenance,...etc).

•Avantages :

- Diminution de temps d'arrêt de production,
- Augmentation de taux de production.

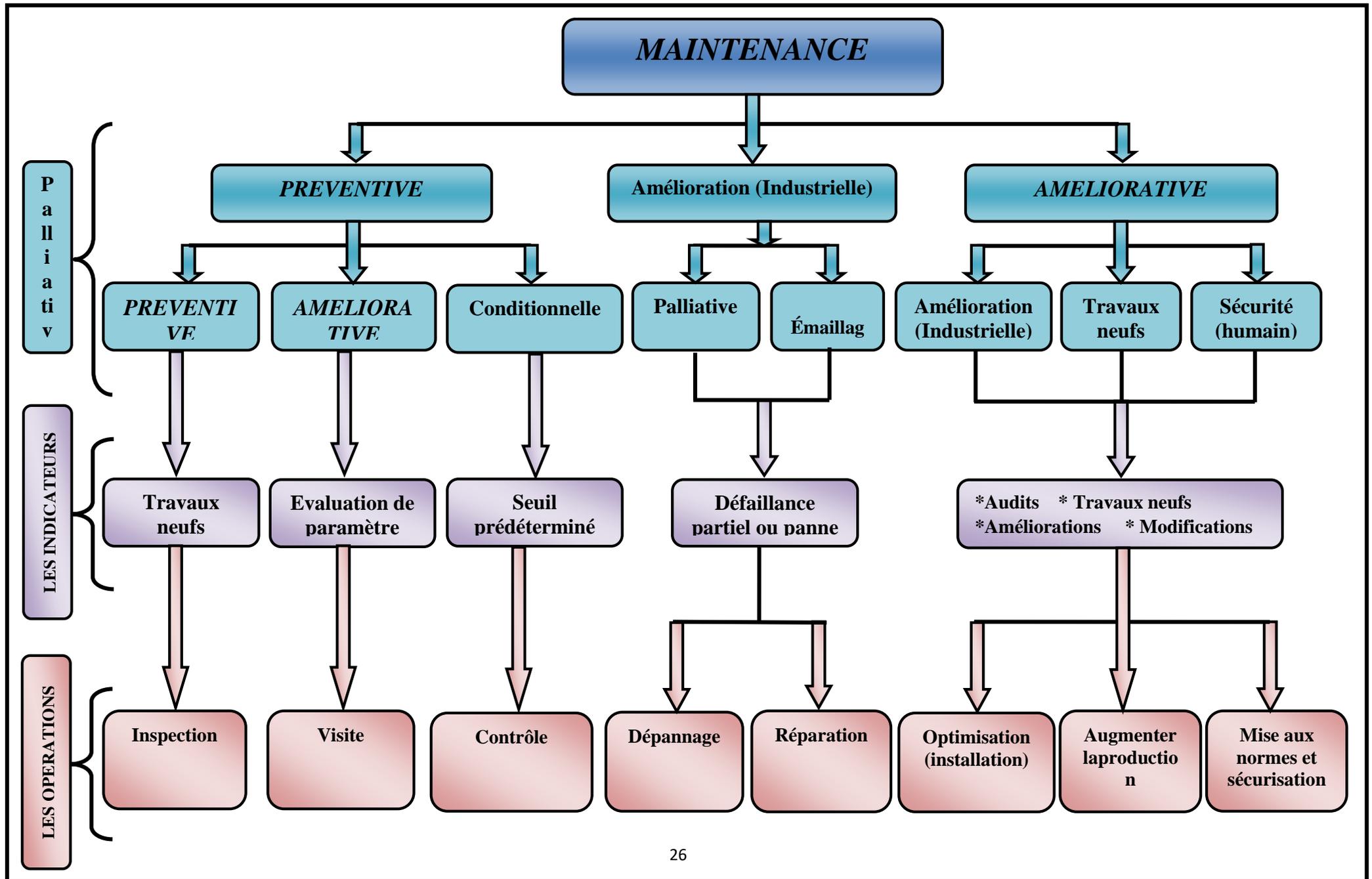


Figure II.2 : Organigramme de la politique de maintenance.

II.8 Niveaux de maintenance

Un niveau de maintenance se définit par rapport :

- À la nature de l'intervention.
- À la qualification de l'intervenant.
- Aux différents moyens mis en œuvre.

La norme (NF X60-011) propose, à titre indicatif, les 5 niveaux suivants, qui sont résumés dans le tableau II.1.

Tableau II.1 : les 5 niveaux de maintenance.

Moyens	Personale de l'intervention	Type des travaux	Niveau
1^{er} Niveau	Réglages simples au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement (dégagement d'un produit coincé, voyants, fusible).	opérateur	Outillage définie dans la notice d'utilisation.
2^{eme} Niveau	Dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive (graissages).	Technicien habilité	Outillage de base et pièces de rechange sur place.
3^{eme} Niveau	Identification et diagnostic de panes, réparations par échange de composants (remplacement d'une clavette).	Technicien spécialisé	Outillage prévu et appareils de mesure.
4^{eme} Niveau	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive sauf rénovation et reconstruction (remplacement d'un coffret électrique).	Equipe disposant d'un encadrement technique spécialisé.	Outillage spécifique.
5^{eme} Niveau	Rénovation, reconstruction ou réparations importantes (mise en conformité).	Atelier central de maintenance, Sous-traitance, constructeur	Moyens proches de ceux de la fabrication.

II.9 Les normes de maintenance

Les normes de maintenances sont des règles autrement dit des lois qui fixent les conditions de la réalisation d'une opération, de l'exécution d'un objet ou de l'élaboration d'un produit.

Les normes de maintenances sont produites par des comités techniques différents d'organismes et de normalisation qu'il est utile de connaître pour pouvoir suivre leurs travaux et leurs publications. Ils constituent en effet une importante source des méthodes et techniques utilisées, qui facilitent les échanges entre les professionnelles du domaine et les parties prenantes concernées.

II.9.1 Objectifs

- ✓ Les normes permettent de valoriser les produits par le respect de caractéristiques en adéquation avec le marché et en répondant aux attentes des consommateurs.
- ✓ Elle peut favoriser l'application de la réglementation lorsqu'elle fournit les moyens techniques permettant de satisfaire aux exigences de sécurité réglementaires.
- ✓ Elle facilite une certaine rationalisation de la production, car les entreprises peuvent mettre à profit les résultats normatifs pour obtenir des produits conformes, compatibles et interchangeables.
- ✓ Les normes fournissent un cadre pour favoriser des économies, de l'efficacité et une interopérabilité.
- ✓ Des performances opérationnelles améliorées qui réduisent les erreurs et augmentent les profits.
- ✓ Améliorer la performance et la productivité.
- ✓ Ils sont facilités le commerce par l'amélioration de la protection et la confiance des consommateurs.

II.9.2 Organismes

La maintenance est un large domaine qui développe et applique des connaissances et des compétences diverses. C'est ce qui explique en partie que des normes de maintenance soient publiées dans plusieurs comités techniques (TC) de différentes organisations.

On trouve ainsi :

CHAPITRE II: Généralité sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse

- **Au niveau international :**

CEI : (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique.

À cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'organisation internationale de normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations. [10]

ISO : est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (1979), est le premier producteur de normes internationales d'application volontaire dans le monde. Ces normes établissent des spécifications de pointe applicables aux produits, aux services et aux bonnes pratiques, pour accroître l'efficacité de tous les secteurs de l'économie. Élaborées dans le cadre d'un consensus mondial, elles aident à supprimer les obstacles au commerce international. [11]

Au niveau européen :

CEN : a été créé en 1975 et est une association à but non lucratif. Le CEN est un facilitateur européen dont l'objectif est de supprimer les barrières à l'échange pour les industries et consommateurs européens. Le CEN propose une plate-forme de développement de standards européens et autres spécifications techniques. [12]

AFNOR : L'Association Française de Normalisation (AFNOR) a été fondée en 1926 est reconnue d'utilité publique. Elle a pour objectif de promouvoir et développer la normalisation en tant qu'outil du développement économique, social. Elle vise donc à améliorer la qualité et l'innovation dans le respect des objectifs de développement durable (issu de ces statuts). Le groupe AFNOR contribue depuis plus de 80 ans aux processus de régulation volontaire. par une recherche permanente de prise en compte des intérêts de tous les acteurs socio-économiques soucieux d'agir en conformité avec les règles. [13]

II.9.3 Les normes utilisées : [14]

Il y a plusieurs normes de maintenances dans le domaine industriel, nous avons cité parmi eux les plus utilisées industriellement dans les dernières années, qui sont comme suit :

CHAPITRE II: Généralité sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse

La norme de maintenance industrielle X 60-010 (1994)

Mise en place par l'AFNOR, la norme X 60-010 (1994) a pour mission de préserver autant que possible votre parc de machines, aussi bien en termes de valeur des équipements, de performance que de sécurité.

La norme de maintenance industrielle NF EN 13306 (janvier 2018)

Cette norme s'attache quant à elle à décrire de façon détaillée les différents types de maintenance à mettre en œuvre. Reprenant les grands principes des versions précédemment publiées, elle distingue notamment 3 grandes catégories d'opérations. La maintenance préventive, facilement intégrable dans un logiciel GMAO professionnel, correspond ainsi à des opérations programmées selon des critères décrits par le constructeur, l'historique de la machine et le retour des techniciens. Son objectif est bien entendu à réduire les probabilités de panne ou de défaillance de l'équipement en question.

La norme de maintenance industrielle NF EN 15341

Cette norme européenne présente quant à elle un système de gestion des indicateurs de performance clés. Elle est avant tout pensée pour vous aider à mesurer la performance de votre stratégie de maintenance en tenant compte d'un certain nombre de critères économiques, techniques et organisationnels. Son objectif est limpide : vous permettre de bien évaluer et d'améliorer le rendement de votre parc de machines.

II.10 Sûreté de fonctionnement (SDF)

II.10.1. Définition

La sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à assumer une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données. [15]

II.10.2. Composant de SDF

La sûreté de fonctionnement (SDF) regroupe les activités d'évaluation de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS) d'une organisation, d'un système, d'un produit ou d'un moyen. Ces propriétés sont différentes mais complémentaires, comme le montre la figure II.3.

II.10.2.1 La fiabilité (Reliability)

La fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir les fonctions requises dans des conditions données pendant une durée donnée. Elle est caractérisée par la probabilité $R(t)$ que l'entité (E) accomplisse ces fonctions, dans les conditions données pendant l'intervalle de temps $[0, t]$, sachant que l'entité n'est pas en panne à l'instant $(t=0)$. [16]

$$R(t) = P [E \text{ non défaillante sur } [0, t]] \quad (\text{Eq II.2})$$

II.10.2.2 La disponibilité (Availability)

La disponibilité est l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir les fonctions requises dans les conditions données et à un instant donné. Il caractérisait donc l'aptitude du système à fonctionner quand a besoin de lui. Elle est caractérisée par la probabilité $A(t)$ que l'entité (E) soit en état, à l'instant (t), d'accomplir les fonctions requises dans des conditions données. [16]

$$A(t) = P [E \text{ non défaillante à l'instant } t] \quad (\text{Eq II.3})$$

II.10.2.3 La Maintenabilité (Maintainability)

La maintenabilité est l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est réalisée dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits. Elle est caractérisée par la probabilité $M(t)$ que l'entité E soit en état, à l'instant (t), d'accomplir ses fonctions, sachant que l'entité était en panne à l'instant $(t=0)$. [16]

$$M(t) = P [E \text{ est réparée sur } [0, t]] \quad (\text{Eq II.4})$$

II.10.2.4 La sécurité (Safety)

La sécurité est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques. Elle est caractérisée par la probabilité $S(t)$ que l'entité ne laisse pas apparaître dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques. [16]

$$S(t) = P [E \text{ évite des événements critiques ou catastrophiques sur } [0, t]] \quad (\text{Eq II.5})$$

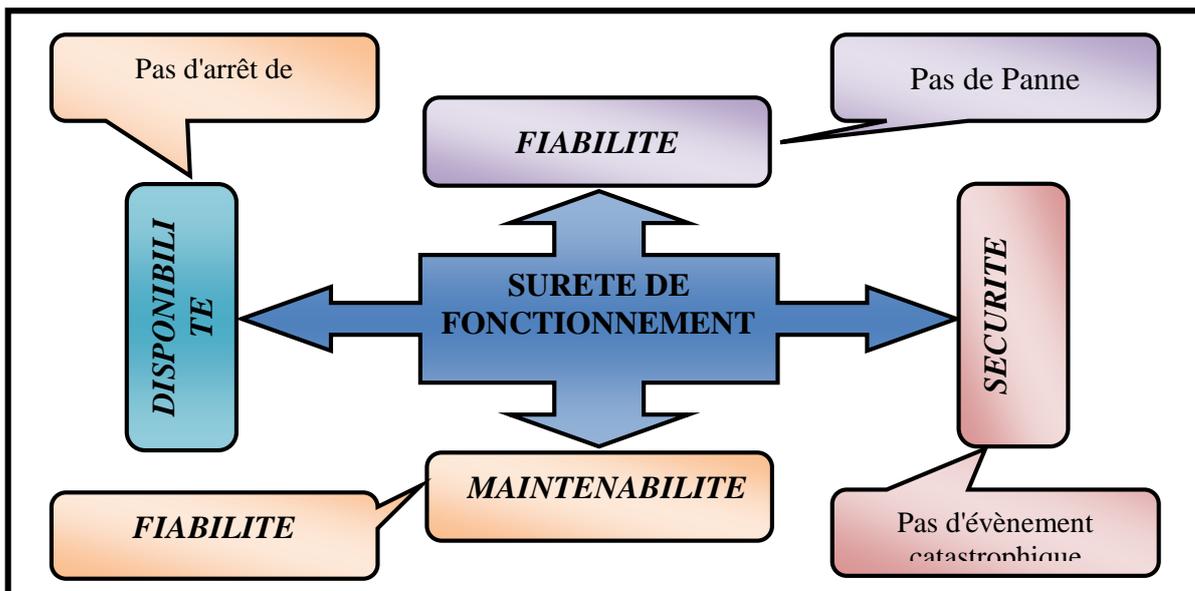


Figure II.3 : Les Composants de la SDF

II.11 les outils de maintenance

Cette partie va être concernée aux principaux outils indispensables à la réussite de l'analyse et l'application de la maintenance, et ceux, de décrire les plus communément utilisés et qui nous seront probablement utiles dans le chapitre 3 (la mise en place de la méthode AMDEC).

II.11.1 Arbre de défaillances «Add»

Un arbre de défaillance (aussi appelé arbre de pannes ou arbre de fautes) est une technique d'ingénierie très utilisée dans les études de sécurité et de fiabilité des systèmes statiques.

II.11.1.1 Formalisme

Cette méthode consiste à représenter graphiquement les combinaisons possibles d'évènements qui permettent la réalisation d'un évènement indésirable prédéfini (appelé communément évènement redouté « ER »). La représentation graphique met donc en évidence les relations causes à effet.

II.11.1.2 Symbolisme

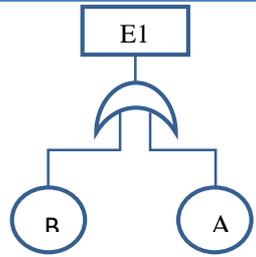
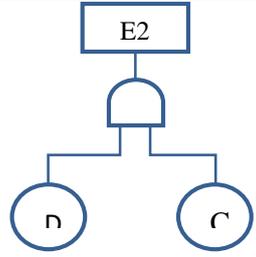
Cet outil utilise un symbolisme qu'on utilise également sur les circuits logiques. On parle aussi de logigramme de dépannage. Ces symboles représentés sur les tableaux suivants (tableau II.2 et tableau II.3) :

CHAPITRE II: Généralité sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse

Tableau II.2 : les symboles de l'AdD.

Symbole	Signification
	ER ou EI
	EE (Limite de l'étude)
	E. Non étudier
	Le 1 ^{er} symbole renvoie à la suite du 2 nd symbole

Tableau II.3 : les symboles logiques.

Symbole	Signification	Exemple
	OU	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> E1 a lieu, Si A ou B existe </div> </div>
	ET	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> E2 a lieu, Si C ou D existe simultanément </div> </div>

II.11.1.3 Construction de l'arbre de défaillances

Pour construire un arbre de défaillance, on peut utiliser cet organigramme, qui décrit dans la figure II.4:

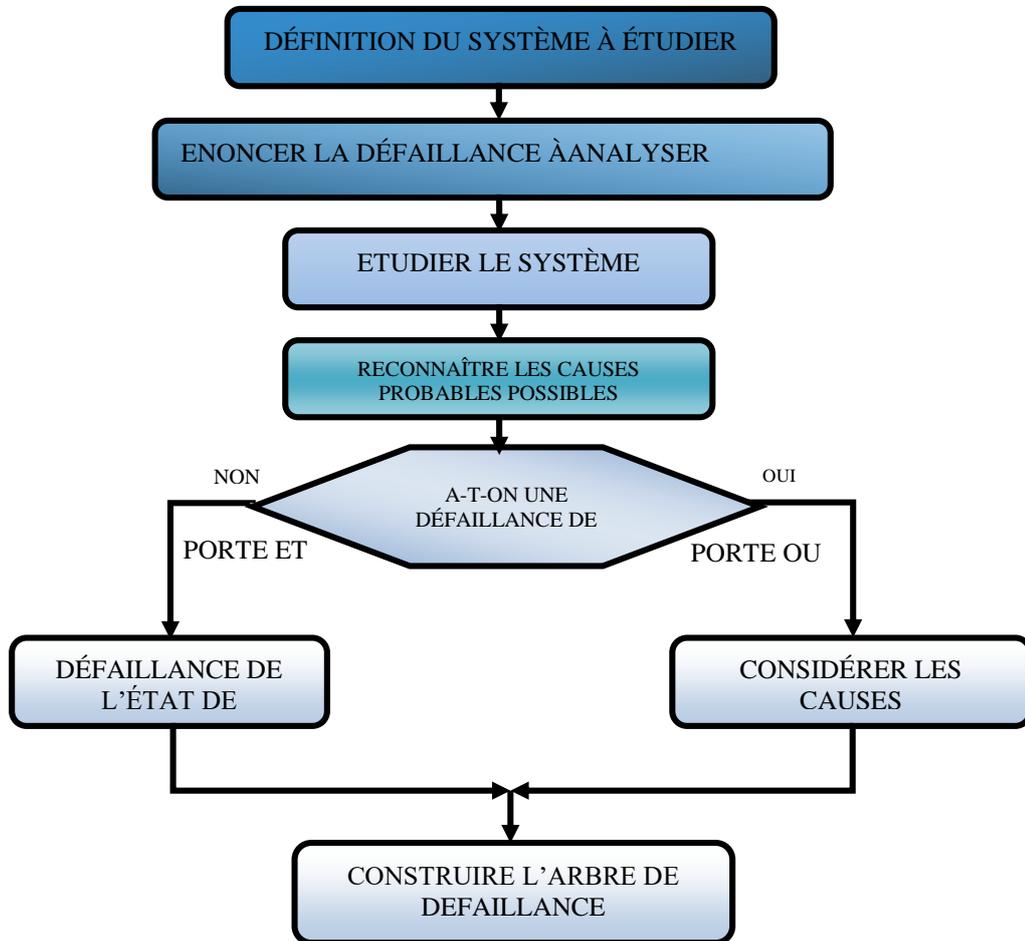


Figure II.4 : Construction de l'arbre de défaillance

II.11.2 Diagramme d'Ishikawa (Diagramme Cause-Effets)

Cet outil a été créé par Ishikawa, professeur à l'Université de la TOKYO dans les années 60.

Le diagramme d'Ishikawa ou diagramme de causes-effets (aussi appelé diagramme « arrête de poisson » en rapport avec sa représentation graphique) est un outil qualité utilisé pour identifier les causes d'un problème et pour visualiser, de façon simple, l'ensemble des causes potentielles concernant le constat d'un effet quel qu'il soit. Les causes potentielles d'un problème quel qu'il soit sont regroupées par familles autour des « 5M » (Main-d'œuvre, Matériel, Matière, Méthode et Milieu), qui est schématisé sur la figure II.5.

CHAPITRE II: Généralité sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse

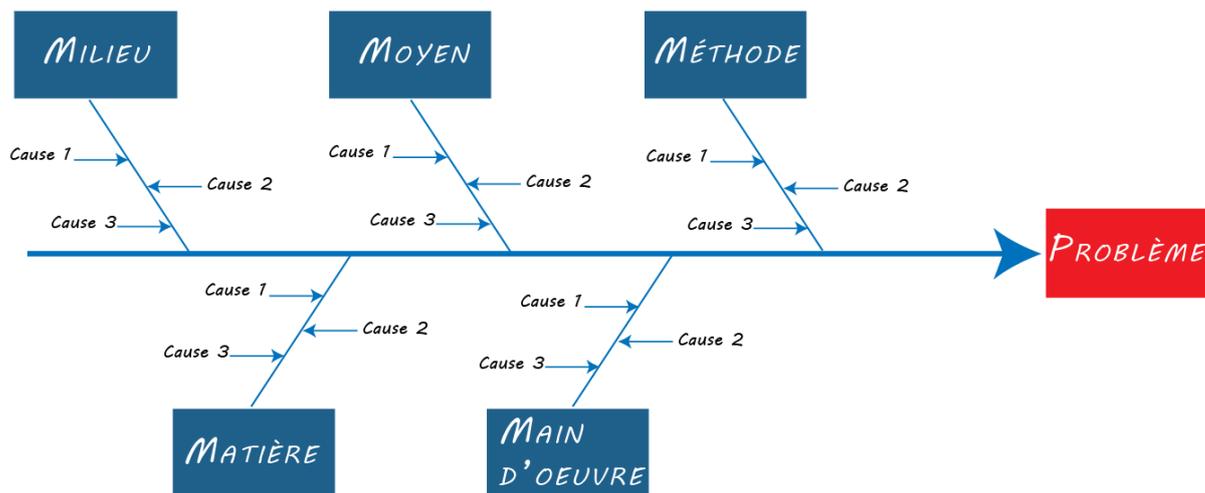


Figure II.5 : La représentation de diagramme d'Ishikawa.

II.11.2.1 But

Le diagramme Causes-effet est donc l'image des causes identifiées d'un dysfonctionnement potentiel pouvant survenir sur un système. Il se veut le plus exhaustif possible en représentant toutes les causes qui peuvent avoir une influence sur la sûreté de fonctionnement, sont renseignés par des facteurs secondaires et parfois tertiaires, les différents facteurs doivent être hiérarchisés.

II.11.2.2 Les 5 familles (5M)

- Main-d'œuvre: personnel de l'organisation, compétences, motivation, effectif.
- Matériel: l'équipement, les machines, le petit matériel.
- Matière: les consommables, éléments transformés dans le processus (de production,...).
- Méthode: correspondant à la façon de faire, orale ou écrite (procédures, instructions.).
- Milieu: environnement, condition de travail, aspect relationnel.

II.11.2.3 Démarche de diagramme d'Ishikawa

- ✓ Définition le problème en regroupant le maximum de données.
- ✓ Recensement de toutes les causes possibles ; le brainstorming est un outil efficace pour cette phase de recherche.
- ✓ Classement typologique des causes.
- ✓ Hiérarchisation des causes dans chaque famille par ordre d'importance.
- ✓ Schématiser le diagramme d'Ishikawa.

II.11.3 Méthode ABC (Diagramme Pareto)

Le diagramme de Pareto (principe ou loi 80-20) est un graphique représentant l'importance de différentes causes sur un phénomène. Ce diagramme permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effet et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation.

II.11.3.1 Principe

La méthode ABC apporte une réponse. Elle permet l'investigation qui met en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin de faciliter les choix et les priorités. On classe les événements (pannes par exemple) par ordre décroissant de coûts (temps d'arrêts, coût financier, nombre, etc.), chaque événement se rapportant à une entité. On établit ensuite un graphique faisant correspondre les pourcentages de coûts cumulés aux pourcentages de types de pannes ou de défaillances cumulés.

Ce diagramme est construit en plusieurs étapes :

- Etablir la liste des données.
- Quantifier chacune de ces données.
- Effectuer la somme des valeurs obtenues.
- Calculer les pourcentages par valeurs décroissantes.
- Représenter graphiquement ces pourcentages par un histogramme.
- Représenter l'historgramme des valeurs cumulées.

On observe trois zones (voir Figure II.6):

1. Zone A : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts,
2. Zone B : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires,
3. Zone C : les 50% de pannes restante ne concernent que 5% du coût global.

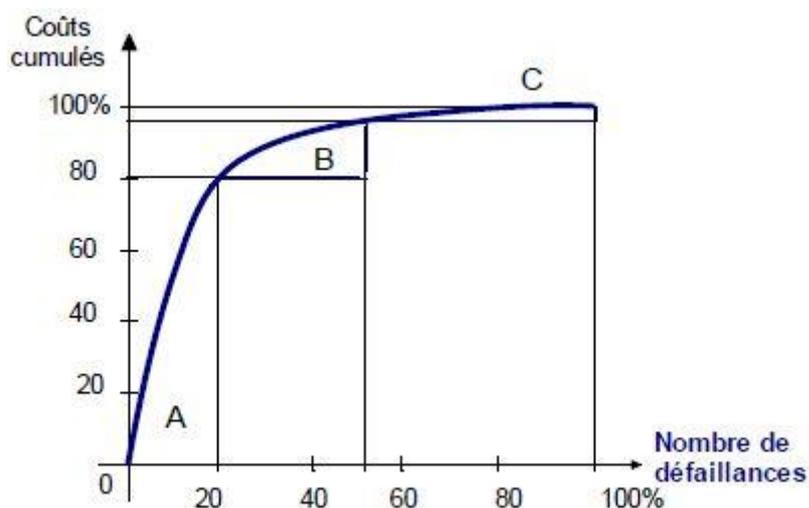


Figure II.6 : Diagramme de Pareto ou courbe ABC.

II.11.4 Méthode AMDEC

L'AMDEC (Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité) est une méthode d'analyse préventive de la sûreté de fonctionnement des produits et des équipements. Ce principe de la prévention repose sur le recensement systématique et l'évaluation des risques potentiels d'erreurs susceptibles de se produire à toutes les phases de réalisation d'un produit.

II.11.4.1 Historique

La méthode AMDEC a été développée aux États-Unis et utilisée depuis les années quarante en spatial et en aéronautique. Depuis sa première mise en œuvre, désadaptations ont été apportées et concernent les AMDEC : produit, procédé, machines, moyens de production et organisationnelles. De très nombreuses normes internationales, nationales et sectorielles ont vu le jour depuis plusieurs décennies. [17]

L'AMDEC a été utilisée aux États-Unis par la société Mc Donnell Douglas depuis les années soixante. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et accumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le secteur de l'armement sous le nom de FMEA pour évaluer l'efficacité d'un système. [18]

À la fin des années soixante-dix, la méthode fait largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs d'automobiles. La méthode a fait ces preuves dans les industries suivantes : spatiales, armement, mécanique, électronique, électrotechnique, automobile, nucléaire, aéronautique, chimie, informatique plus récemment, on commence à s'y intéresser dans les services, actuellement elle est adoptée:

- Parmi les méthodes d'analyse de la fiabilité.
- Certaines procédures définies dans le cadre d'une démarche qualité (application des Normes ISO 9000, par exemple) incluent l'utilisation de l'AMDEC à différents stades du développement des produits ou des procédés.
- Dans ses principes, L'AMDEC est une méthode stabilisée depuis de nombreuses années : la norme NF X 60-510 «techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes - Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)» a été publiée en décembre 1986. [19]

II.11.4.2 Le but

- Améliorer la maintenance corrective et préventive,
- Réduire le nombre des défaillances,
- Prise en compte de la maintenabilité dès la conception,
- Réduire les temps d'indisponibilité après défaillance,

CHAPITRE II: Généralité sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse

- Améliorer la sécurité,
- Prévention des pannes,
- Améliorer la qualité de produit.

II.11.4.3 Différents types d'AMDEC

a) AMDEC produit

Analyse de la conception d'un produit pour améliorer la qualité et la fiabilité prévisionnelle. Les solutions technologiques doivent correspondre au cahier des charges.

b) AMDEC processus

Analyse des opérations de production pour améliorer la qualité de production, par voie de conséquence la qualité du produit ou du service rendu.

c) AMDEC moyen de production

Analyse de fonctionnement du moyen pour améliorer la disponibilité (fiabilité et maintenabilité) et la sécurité. À ce stade est pris en compte la fiabilité opérationnelle (issue des historiques).

II.11.4.4 Démarche de la méthode AMDEC

L'application de la méthode d'analyse AMDEC correspond à la démarche suivante :
Premièrement, il faut identifier le niveau de l'étude dans l'entreprise, ensuite faire une analyse des pannes pour définir leurs causes, modes, effets des défaillances, après calculer le nombre de criticité de chaque élément, finalement il faut proposer des actions préventives pour minimiser les temps d'arrêt et la réévaluation de la criticité.

La figure II.7 ci-dessous résume les étapes de la démarche AMDEC.

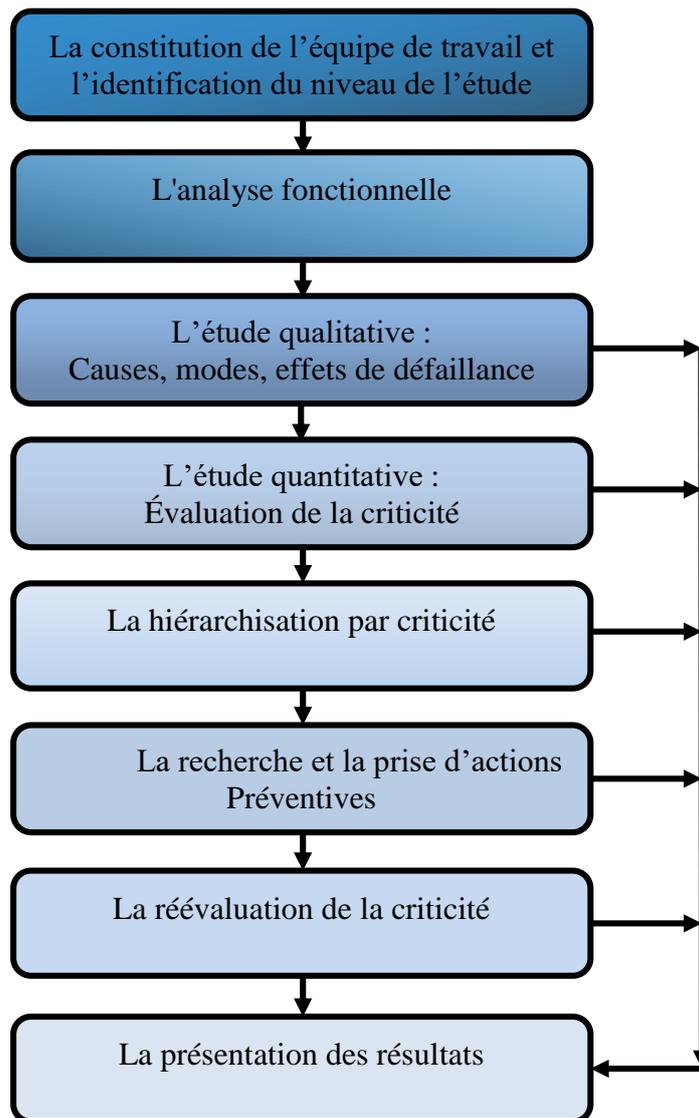


Figure II.7 : Démarche d'AMDEC.

II.11.4.5 L'évaluation de la criticité

L'évaluation de la criticité de chaque combinaison cause, mode, effet se fait par des critères de cotation suivante :

- La fréquence d'apparition de la défaillance : **F**
- La gravité de la défaillance : **G**
- La probabilité de non-détection de la défaillance : **N**

La valeur de la criticité (**C**) est calculée par le produit des niveaux atteint par les critères de cotation (voir Eq II.2).

$$\mathbf{C = F \times D \times G} \quad (\text{Eq II.6})$$

CHAPITRE II: Généralité sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse

Les tableaux II.4, II.5 et II.6 correspondent aux valeurs de fréquence, détection et gravité, qui permettent de calculer la criticité. Le tableau II.7 correspond à la valeur de criticité qui permette de savoir les actions correctives à engager.

Tableau II.4 : Les valeurs de fréquence.

Fréquence: F	
1	1 défaillance maxi par année
2	1 défaillance maxi par trimestre
3	1 défaillance maxi par mois
4	1 défaillance maxi par semaine

Tableau II.5 : Les valeurs de la détection.

No détection : N	
1	Visite par opérateur
2	Détection aisée par un agent de maintenance
3	Détection délicate
4	Indécelable

Tableau II.6 : Les valeurs de la gravité.

Gravité : G	
1	Pas d'arrêt de la production
2	Arrêt ≤ 1 heure
3	1 heure < arrêt ≤ 1 jour
4	arrêt > 1 jour

Tableau II.7 : Les valeurs de criticité.

Niveau de criticité	Actions correctives à engager
$1 \leq C < 10$ Criticité négligeable	Aucune modification de conception Maintenance corrective
$10 \leq C < 20$ Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique

CHAPITRE II: Généralité sur la maintenance et les outils de sa gestion et analyse

20 ≤ C < 40 Criticité élevée	Révision de la conception de sous-ensemble et du choix des éléments Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle/prévisionnelle
40 ≤ C < 64 Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception

II.11.4.6 Forme de tableau AMDEC

Le tableau d'AMDEC regroupe 7 colonnes typiques et en représenter sur le tableau II.8 suivent :

Tableau II.8 : Représentation de la forme de grille d'AMDEC.

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité			
					G	F	N	C
Racleurs	Transport et gratter la matière	Déformation	Contact avec la matière effort mal	Diminution de début coincement	4	3	2	24

II.12 Conclusion

La maintenance est très importante, car elle est appliquée dans les entreprises afin de réduire les temps d'arrêt des machines et d'améliorer la qualité et le rendement de la production.

Dans ce chapitre, nous avons parlé de la maintenance et de ces différents types, rôles, objectifs, niveaux et ces normes et de ses outils comme : (AMDEC, Ishikawa, AdD, Pareto).

Dans le chapitre suivant, nous allons appliquer les outils de maintenance sur l'entreprise de production de céramique qui est à l'étude, pour améliorer la disponibilité des équipements afin d'améliorer le rendement de production.

Chapitre III :
Mise en place de la méthode AMDEC dans
l'entreprise.

Chapitre 3 : Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons appliquer des méthodes de maintenance sur la société de céramique sanitaire el-Melia pour améliorer le rendement de production, premièrement nous allons appliquer le diagramme d'Ishikawa qui représente de façon graphique les causes aboutissant à notre problème, après on va sélectionner la cause la plus importante. Par la suite nous allons appliquer le diagramme de Pareto pour extraire les machines les plus critiques. Ainsi nous allons mettre en place la méthode AMDEC sur ces machines pour définir les éléments plus critiques. Finalement nous allons suggérer quelques solutions sur ces éléments afin de réduire la diminution de rendement de production.

III.2 Rappel sur la problématique et l'objectif de l'étude

L'entreprise de production de céramique sanitaire El-Milia comme tout début d'entreprise, exprime des points de défaillance au niveaux de ses unités de production (gestion, organisation, défaut...etc.) qui nécessite d'être réduits ou éliminés afin de passer à un niveau supérieur de performance et prospérer. À notre passage au sein des ateliers de production, nous avons constaté que la planification de la maintenance n'est pas atteinte à un niveau satisfaisant, ce qui mène à une baisse de productivité et rendement et augmentent les délais. Ceci nous a poussé à mener une démarche d'amélioration continue basé sur la méthode AMDEC et les outils d'analyse comme Ishikawa et Pareto, afin d'essayer de planifier la maintenance en basant sur les équipements critiques qui causent plus de pannes.

III.3 Analyse de l'entreprise

La résolution de ce problème de diminution de rendement nécessite une enquête en profondeur (Voir figure III.1) afin d'analyser la chaîne de valeur de l'entreprise afin de remonter aux causes principales de défauts et défaillances.

Pour ce faire, nous allons effectuer deux niveaux d'analyse : le premier par Ishikawa afin de savoir les causes racines affectant la production, ensuite un deuxième niveau d'analyse par Pareto, pour but de connaître les équipements qui présentent plus de pannes. Finalement, chaque équipement critique sera analysé par la méthode AMDEC afin de proposer des solutions correctives.

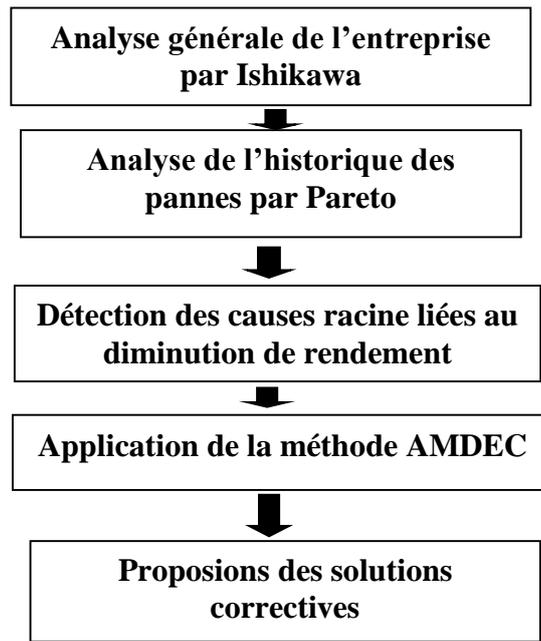


Figure III.1 : Les étapes d'analyse des problèmes de l'entreprise.

III.3.1 Analyse niveau 1 : Par Ishikawa

La maintenance représente un enjeu primordial pour le bon fonctionnement de la chaîne de production. Dans le but d'identifier les problèmes principaux qui mènent aux diminutions de rendement et d'analyser ses causes, Le diagramme d'Ishikawa suivant a été établi (Voir figure III.2), dans cinq volets dites 5M : Méthodes, Matière, Machine, Main d'œuvre, Milieu.

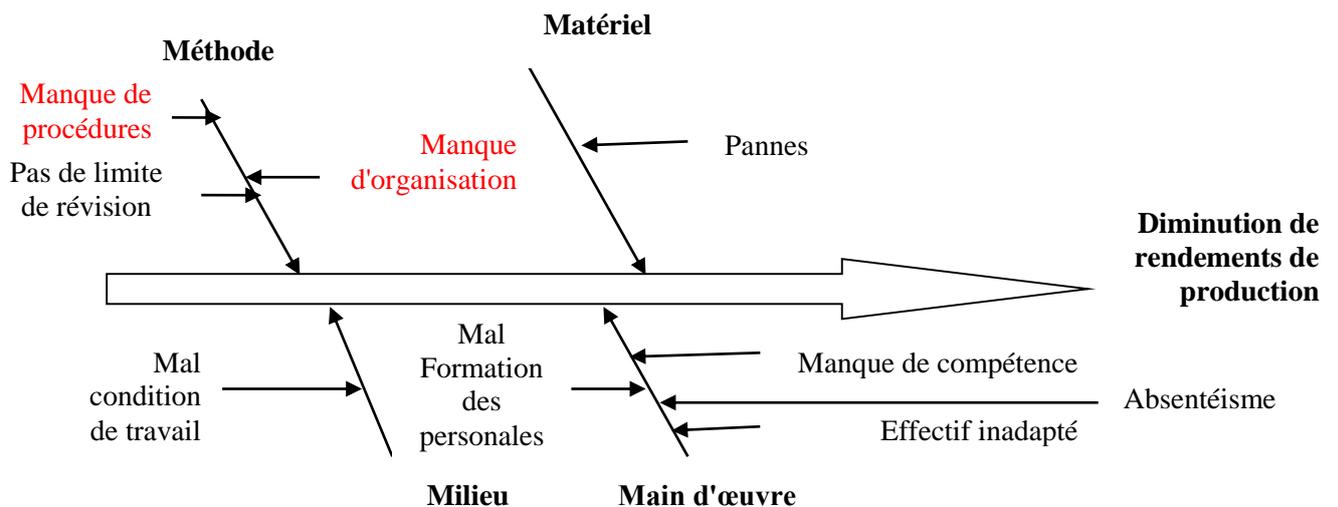


Figure III.2 : Analyse du problème de diminution de rendement.

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

D'après les suppositions qu'on s'est mis avant de creuser un peu plus et avoir les bonnes raisons, deux suppositions ont été confirmées une fois qu'on a centré nos observations sur tous les ateliers.

- Ces 2 suppositions sont : - Manque de procédures.
- Manque d'organisation.

Vu que notre intérêt se dirige vers la maintenance et spécialement la partie méthode et planification, nous avons traité les problèmes de manque de procédure et d'organisation qui sont liés uniquement à la maintenance. De ce fait, nous proposons un 2^{ème} niveau analyse par Pareto afin de donner des suggestions pour remédiation des problèmes d'organisation de la maintenance.

III.3.2 Analyse niveau 2 : par Pareto

Il sera utile d'utiliser le diagramme Pareto pour déterminer sur quels leviers nous devons agir en priorité pour améliorer d'une façon significative la situation. Le diagramme de Pareto est un outil simple, permis d'exposer de façon factuelle les équipements sur lesquelles il faut agir pour résoudre le problème.

Pour contribuer à l'amélioration de l'organisation de la maintenance à l'entreprise de production de céramique sanitaire, il faut d'abord établir l'historique de panne de chaque équipement, cela permis d'utiliser la durée de panne comme un indicateur pour déterminer les ateliers critiques et ensuite ces équipements critiques. Cette démarche est schématisée dans la figure III.3.

RQ :

- Atelier/Équipement critique : c'est l'atelier ou l'équipement qui présente plus de pannes.
- Pour le reste de cette étude, est durée panne sont classées par ordres décroissants, et nous avons calculé également le pourcentage et le cumul des pourcentages des pannes.

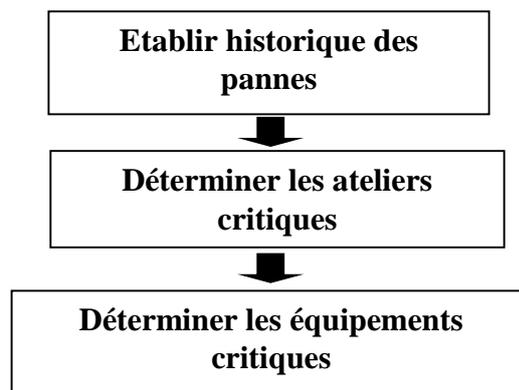


Figure III.3 : Les étapes d'analyse en utilisant Pareto.

III.3.2.1 Détermination des ateliers critiques

D'après les informations données par le département technique de la société, un historique des pannes de neuf ateliers de production d'une période de six mois a été établi. Les pannes avec leurs causes d'arrêts sont résumées dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Historique des pannes (période 6 mois) de la société de céramique sanitaire el-melia .

Atelier	Causes d'arrêt	Temps d'arrêt (min)	Temps d'arrêt global (min)
La Barbotine	Changement joints spi pour éliminer le fuit d'huile	30	1485
	Changement des courroies	15	
	Mal fonctionnement des pompes	300	
	Mal fonction moteur de tamis vibreur	240	
	Echec d'éclairage	90	
	Intervention sur l'alimentation principale de tableau de commende	180	
	Changement des fusibles	150	
	dysfonctionnement des moteurs électriques	180	
Coulage + Séchoir intermittent	une panne à contacteur	300	1420
	Dysfonctionnement à des aérothermes	300	
	Montage de l'extracteur	180	
	Révision moteur électrique	60	
	Changement des brasseurs d'air	150	
	Changement des fusibles	45	
Laboratoire	Changement des vannes	685	75
	Branchement d'un agitateur	60	
Emaux/ Emaillage	Changement des fusibles	15	590
	Changement des goujons	195	
	Changement d'un contacteur	30	
	Changement des courroies	75	
	Changement les fusibles	30	
	révision des moteurs électriques	90	
	Changement les vannes	50	
	Intervention sur ma commende de la cabine	30	
	Changement des roues	40	
	Changement des supports fixes et mobiles	20	
Choix et contrôle	Intervention sur le compteur du moulin	30	1350
	Echec d'éclairage	150	
	Démontage de la chaîne du moteur électrique pour réparation du pignon du tapis transporteur	1200	

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

Modelage	Changement d'un thermostat	30	30
Transformateurs, chaufferie et détente du gaz	Changement d'un relais d'allumage	30	210
	Dysfonctionnement de la turbine	60	
	Changement d'un démarreur groupe électrogène	60	
	Changement d'un fusible à cartouche	60	
Cuisson	Changement des fins cœurs	195	1330
	Changement des fusibles	255	
	Echec d'éclairage	135	
	Réparation de l'enregistreur 6 voies	120	
	Intervention sur le brûleur supérieur	15	
	La mise en marche à vide du four intermittent	60	
	Changement d'un manomètre	40	
	réparation de vérin hydraulique	120	
	Changement de 03 câbles d'alimentation	270	
	Changement d'un thermo couple régulateur	30	
	Changement d'un transfo d'allumage	30	
	Changement transformateur pour éclairage	60	
	Chaîne Flowlink	Cisaillement des barrettes	
Changement des barrettes déformées		370	
Cisaillement des oreilles		270	
Changement d'une courroie neuve		15	
Changement de la chaîne triplex		40	
Echec d'éclairage		30	
Remise des fourches du flasque		140	

Pour extraire les ateliers critiques, il faut en premier lieu faire un classement des pannes de chaque atelier par ordre décroissant des durées des pannes et de calculer les cumuler de ces pannes et leurs pourcentages (Voir tableau III.2), puis procéder à l'établissement du graphe de Pareto comme c'est présenter dans la figure III.4.

Tableau III.2 : Les pourcentages cumulés des durées de panne des 9 ateliers.

Atelier	Temps de pannes (min)	Cumule des temps de pannes (min)	Cumule des temps de pannes (%)
La barbotine	1485	1485	%19.89
Coulage + Séchoir intermittent	1420	2905	%38.91
Choix et contrôle	1350	4255	%56.99
Cuisson	1330	5585	%74.81
Chaîne Flowlink	975	6560	%87.87

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

Emaux/ Emaillage	590	7150	%95.78
Transformateurs, chaufferie et détente du gaz	210	7360	%98.59
Laboratoire	75	7435	%99.6
Modelage	30	7465	%100

A partir des résultats mentionnés dans le tableau au-dessus on dessine le diagramme suivant:

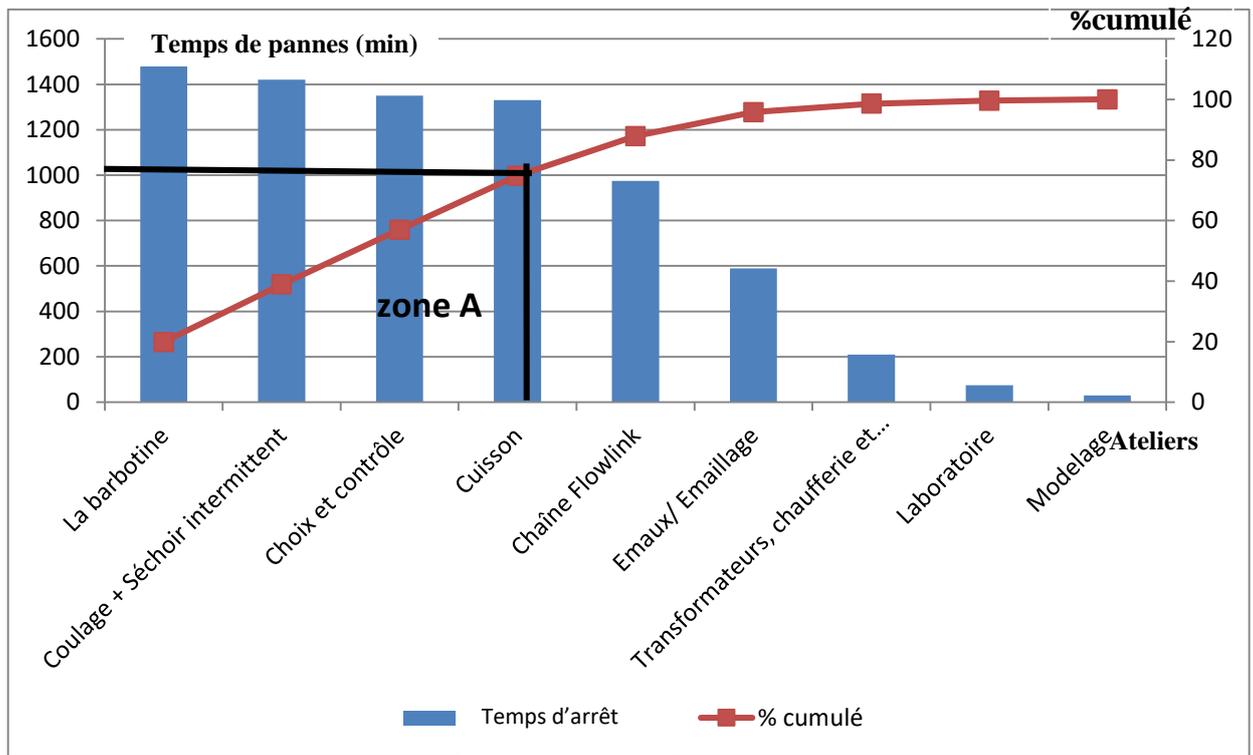


Figure III.4 : Classification des ateliers critiques.

À partir du diagramme de la figure III.4, on constate qu'il y a 4 ateliers dans la zone (A) qui représente 80% de la durée des pannes, donc on les appelle les ateliers critiques qui sont les suivantes : **(L'atelier de barbotine, coulage, cuisson et l'atelier de choix et contrôle).**

Par la suite, ces 4 ateliers critiques seront analysés pour définir les équipements critiques pour chacun de ces ateliers.

III.3.2.2 Détermination des équipements critiques de chaque atelier

Pour déterminer les équipements critiques de chaque atelier, il faut en premier lieu faire un classement des pannes de chaque équipement par ordre décroissant des durées des pannes et de calculer les cumuler de ces pannes et leurs pourcentages (Voir les tableaux III.3, III.4, III.5, III.6), puis procéder à l'établissement du graphe de Pareto comme c'est présenté dans les figures III.5, III.6, III.7, III.8).

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

A. Atelier barbotine

Tableau.III.3 : Les pourcentages cumulés des durées de panne de l'atelier barbotine.

	Equipement	Cumule des temps de pannes (%)	Cumule des temps de pannes (min)	Temps de pannes (min)
Barbotine	Agitateur homogénéisation	300	300	20.2%
	Agitateur labro50	210	510	34.34%
	Pompe c 2000L	180	690	46.46%
	tableau B2	180	870	58.58%
	Pompe c 9000L	120	990	66.66%
	Tamis vibreur 7	120	1110	74.74%
	Tamis vibreur 4	120	1230	82.82%
	Eclairage	90	1320	88.88%
	Turbo	90	1410	94.95%
	Agitateur de dépôt B04 04	30	1440	96.96%
	Moulin 10000L	30	1470	98.99%
	Agitateur de dépôt 7	15	1485	100%

A partir des résultats mentionnés dans le tableau au-dessus on dessine le diagramme suivant:

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

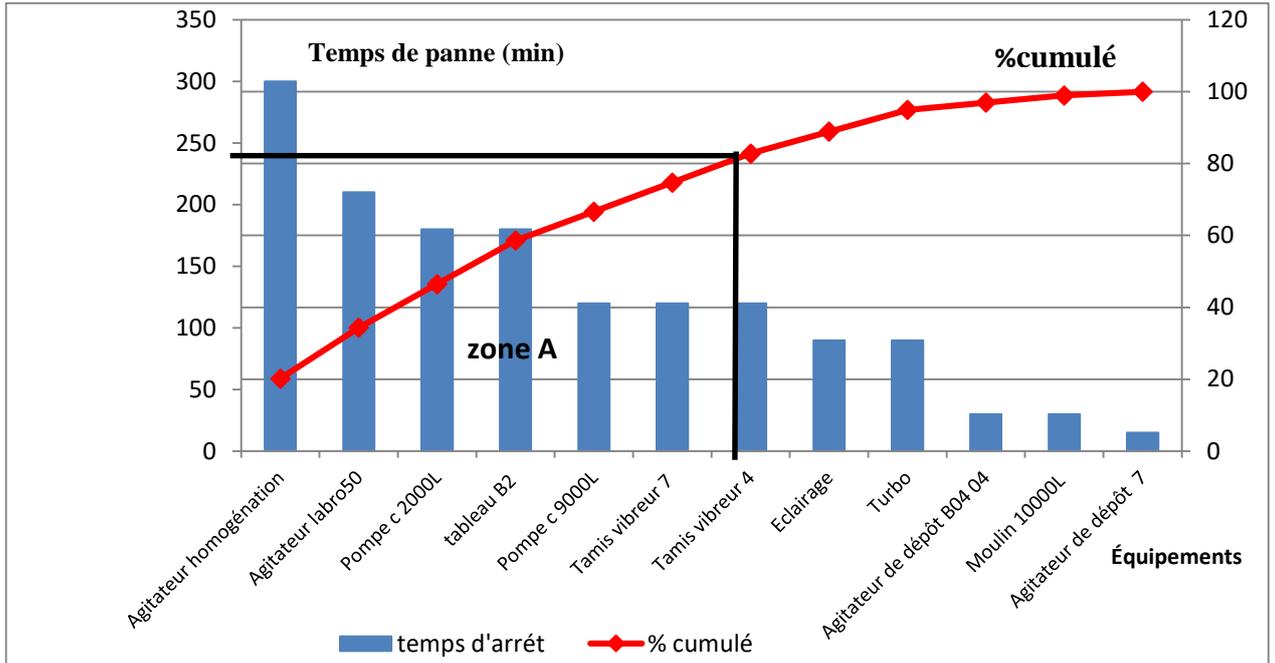


Figure III.5 : Classification des équipements critiques de l'atelier barbotine.

À partir de la figure III.5, nous avons trouvé qu'il y a 7 équipements dans la zone (A) qui représente 80% de la durée totale des pannes de l'atelier barbotine, donc on les appelle les équipements critiques qui sont les suivantes : (**Agitateur d'homogénéisation, agitateur labro50, pompe c2000L, tableau B2, pompe c9000L, tamis vibreur 7 et tamis vibreur 4**).

B. Atelier Coulage + Séchoir intermittent

Tableau III.4 : Les pourcentages cumulés des durées de panne de l'atelier coulage +séchoir intermittent.

	Équipement	Temps de pannes (min)	Cumule des temps de pannes (min)	Cumule des temps de pannes (%)
Coulage	vannière	685	685	%48.24
	Aérotherme	300	985	%69.36
	Extracteurs	180	1165	82.04%
	Brasseur d'aire	150	1315	92.6%
	Récupérateur d'aire chaude	60	1375	96.83%
	Eclairage	45	1420	100%

A partir des résultats mentionnés dans le tableau au-dessus on dessine le diagramme suivant :

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

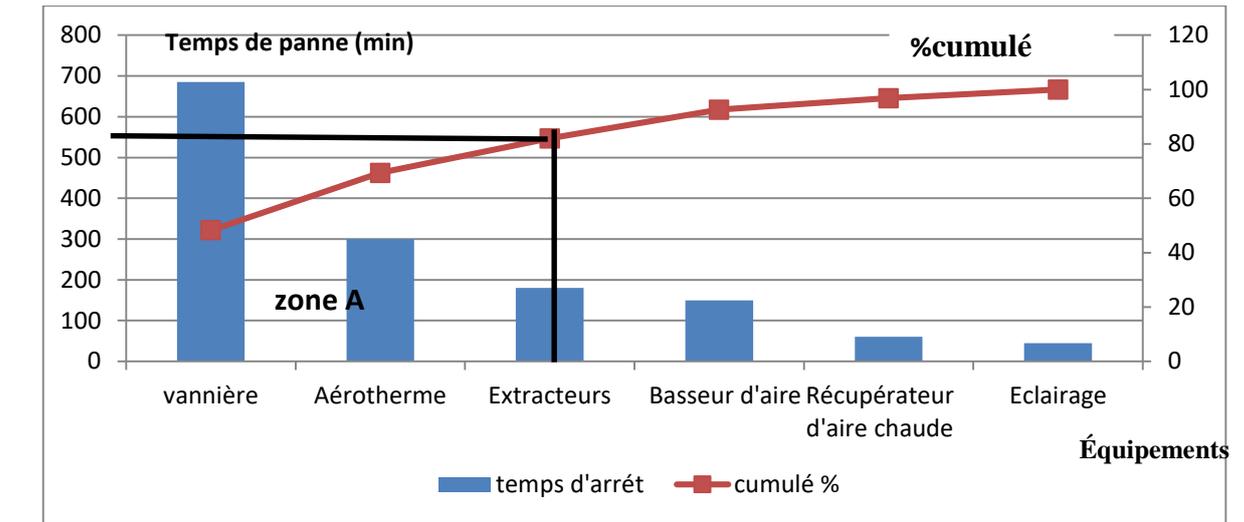


Figure III.6 : Classification des équipements critiques de l'atelier coulage +séchoir intermittent.

À partir de la figure III.6, nous avons trouvé qu'il y a 3 équipements dans la zone (A) qui représente 80% de la durée totale des pannes de l'atelier coulage +séchoir intermittent, donc on les appelle les équipements critiques qui sont les suivantes : (**Vannière, aérotherme et extracteur**).

C. Atelier de cuisson

Tableau III.5 : Les pourcentages cumulés des durées de panne de l'atelier de cuisson.

	Équipement	Temps de pannes (min)	Cumule des temps de pannes (min)	Cumule des temps de pannes (%)
Cuisson	Four 2	750	750	56.39%
	Four 1	390	1140	85.71%
	Four intermittent	175	1315	98.87%
	Eclairage	15	1330	100%

A partir des résultats mentionnés dans le tableau au-dessus on dessine le diagramme suivant :

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

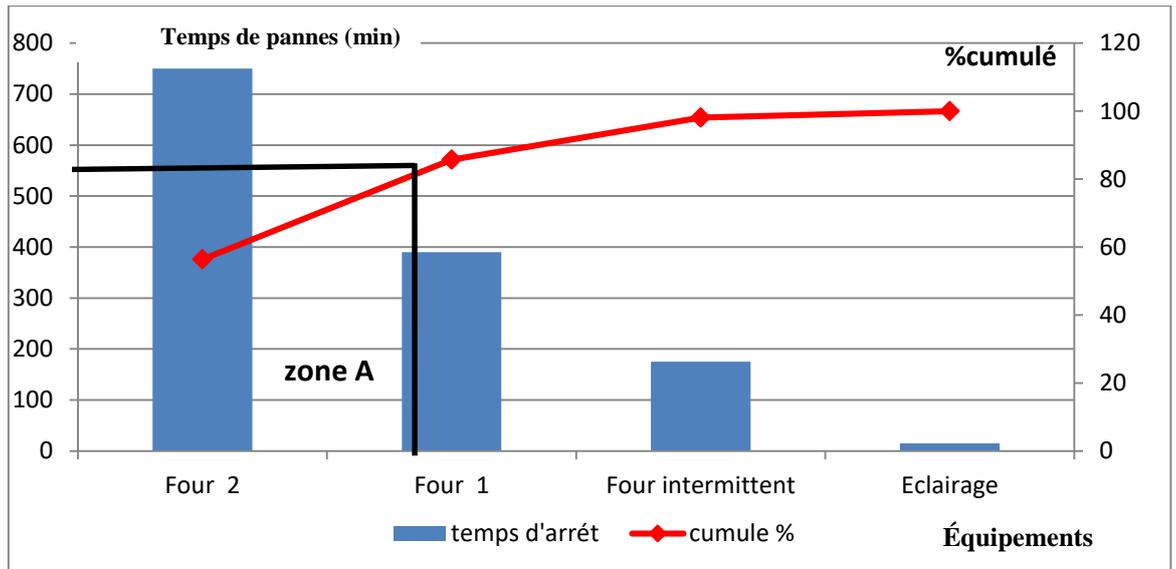


Figure III.7 : Classification des équipements critiques de l'atelier de cuisson.

À partir de la figure III.7, nous avons trouvé qu'il y a 2 équipements dans la zone (A) qui représente 80% de la durée totale des pannes de l'atelier de cuisson, donc on les appelle les équipements critiques qui sont les suivantes : (**Four 2 et Four 1**).

D. Atelier choix et contrôle

Tableau III.6 : Les pourcentages cumulés des durées de panne de l'atelier de choix et contrôle.

	Équipement	Cumule des temps de pannes (%)	Cumule des temps de pannes (min)	Temps de pannes (min)
<i>Choix et contrôle</i>	Four thermo	1200	1200	88.88%
	Eclairage	150	1350	100%

A partir des résultats mentionnés dans le tableau au-dessus on dessine le diagramme suivant :

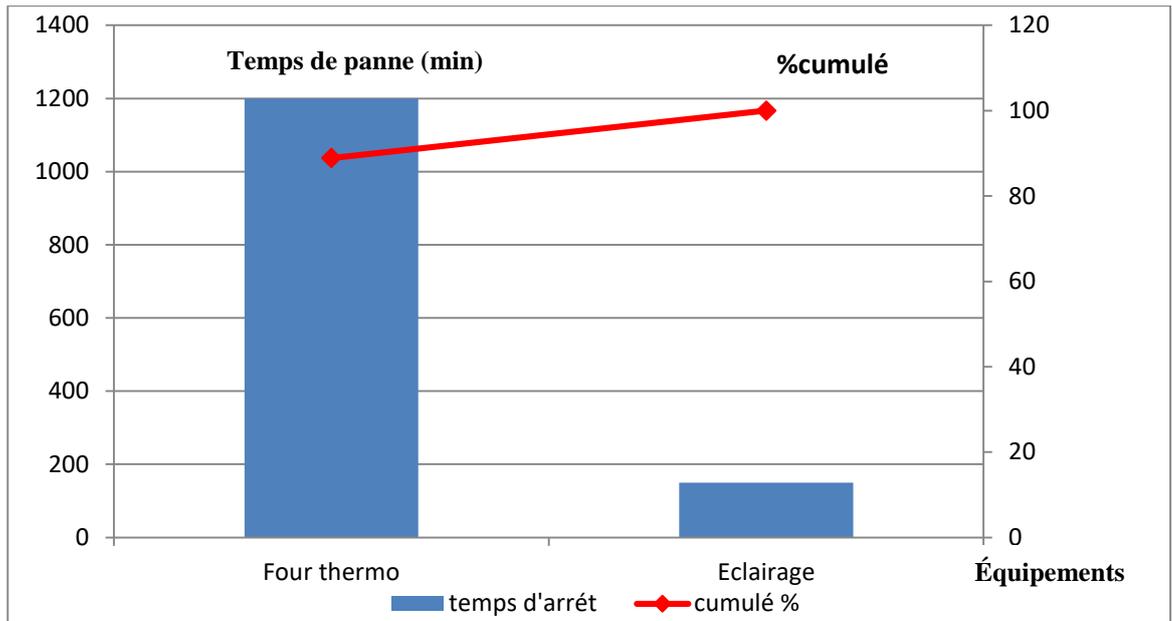


Figure III.8 : Classification des équipements critiques de l'atelier de choix et contrôle.

À partir de la figure III.7, nous avons trouvé qu'il y a un équipement (**Four thermo**) dans la zone (A) qui représente 80% de la durée totale des pannes de e l'atelier de choix et contrôle, donc c'est l'équipement ce cette atelier.

III.3.2.3 Synthèse

À travers les analyses faites sur chaque atelier en utilisant le diagramme de Pareto, voici les équipements critiques associés à leurs ateliers, qui sont résumés dans le tableau III.7.

Tableau III.7 : Résumé de l'analyse des ateliers et leurs équipements critiques.

Atelier critique	Equipement(s) critique(s)
barbotine	Agitateur d'homogénéisation, agitateur labro50, pompe c2000L, tableau B2, pompe c9000L, tamis vibreur 7 et tamis vibreur 4.
Coulage + Séchoir intermittent	Vannière, aérotherme et extracteur
Cuisson	Four 2 et Four 1
Choix et contrôle	Four thermo

III.4 Etude AMDEC

L'application de la démarche AMDEC représente l'étape primordiale pour cette étude. Pour ce faire, nous allons décomposer chaque équipement à des éléments selon leur fonction, puis nous calculons la criticité de chaque élément à l'aide de l'historique des pannes. Ensuite, Nous utilisons l'analyse Pareto pour déterminer les éléments critiques de chaque atelier. Finalement, nous nous sommes basées sur les dossiers historiques et le dossier constructeur, afin de proposer des actions de maintenance pour chaque élément. Les étapes d'application d'AMDEC sont schématisées dans la figure III.9.

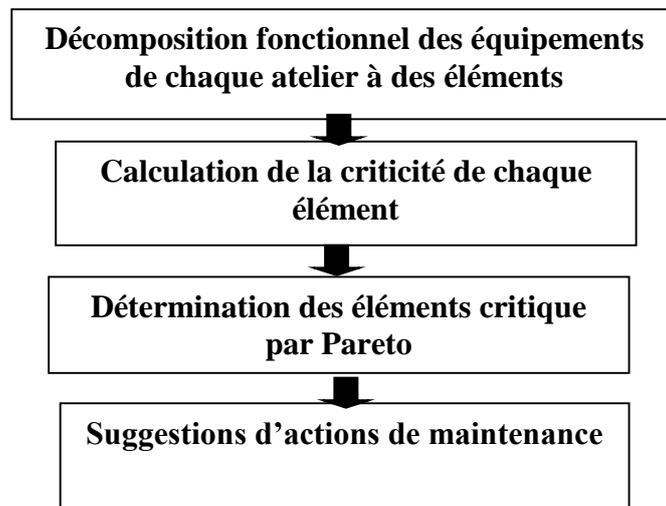


Figure III.9 : Les étapes d'application de la méthode AMDEC sur chaque atelier.

III.4.1 Atelier de la barbotine

III.4.1.1 Grille AMDEC de l'atelier de barbotine

La grille suivante (Tableau III.8) présente les modes de défaillance des éléments de l'atelier de barbotine, leurs effets, et leur criticité.

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

Tableau III.8 : Grille AMDEC de l'atelier de barbotine.

Equipements	Elément	fonction d'élément	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	criticité			
						F	G	D	C
Agitateur Homogénéisation	contacteur	un appareil électrotechnique Etablir/interrompt le passage de commande électrique aux moteurs à partir de la commande	vibrations	connexions défectueuses	l'actionneur fonctionne de manière intermittente	2	3	2	12
			Défaillance de bobine	-Courant insuffisant -surintensité	-arrêt de machine	1	2	2	4
Agitateur labro50	moteur électrique	convertir d'énergie électrique en énergie mécanique pour démarrer l'agitateur labro50	Vibration -échauffement	Vieillessement- -Usure ou cassure des roulements	-Le moteur ne fonctionne pas	2	3	3	18
	fusible	Séparer ou connecte un circuit électrique	Brûlé	Court-circuit- surintensité-	-arrêt de machine	2	2	2	8
Pompe c 2000L	la membrane	la membrane empêche la contamination du fluide et assure une étanchéité optimale pour le transfert du fluide	-Usure trous	- déchirure de l'ancienne membrane	-Fuites -Mauvaise compression	2	3	3	18
tableau B2		il commande l'ensemble de son alimentation électrique et de ses circuits. Concrètement.	Défaut sur l'alimentation principale	Court-circuit- Surintensité-	-Arrêt la production	1	3	2	6

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

Pompe c 9000L	la membrane	la membrane empêche la contamination du fluide et assure une étanchéité optimale pour le transfert du fluide	-Usure trous	- déchirure de l'ancienne membrane	-Fuites -Mauvaise compression	1	3	3	9
Tamis vibreur 7	moteur électrique	convertir d'énergie électrique en énergie mécanique pour démarrer Tamis vibreur 7	Vibration- -échauffement	Vieillessement- -Usure ou cassure des roulements	-Le moteur ne fonctionne pas	1	3	3	9
Tamis vibreur 4	moteur électrique	convertir d'énergie électrique en énergie mécanique pour démarrer Tamis vibreur 4	Vibration- -échauffement	Vieillessement- -Usure ou cassure des roulements	-Le moteur ne fonctionne pas	1	3	3	9
	fusible	Séparer ou connecte un circuit électrique	Brûlé	Court-circuit- surintensité-	-Arrêt de machine	2	2	2	8

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

III.4.1.2 Analyse Pareto de la criticité des éléments de l'atelier barbotine

Après on a accumulé les résultats obtenus de la criticité dans le tableau III.9.

Tableau III.9 : Les pourcentages cumulés de la criticité des éléments de l'atelier de barbotine.

Élément	Criticité	Criticité cumulé	Criticité cumulé (%)
la membrane de pompe c2000 L	18	18	%17.82
moteur électrique d'Agitateur labro50	18	36	%35.64
Contacteur réparé	12	48	%47.52
la membrane de pompe c9000 L	9	57	%56.44
moteur électrique de Tamis vibreur 7	9	66	65.35%
moteur électrique de Tamis vibreur 4	9	75	74.26%
Fusible d'Agitateur labro50	8	83	%82.18
Fusible de Tamis vibreur 4	8	91	90.1%
tableau B2	6	97	96.04%
Contacteur changé	4	101	100%

Les résultats mentionnés dans le tableau au-dessus sont schématisés dans la figure III.10

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

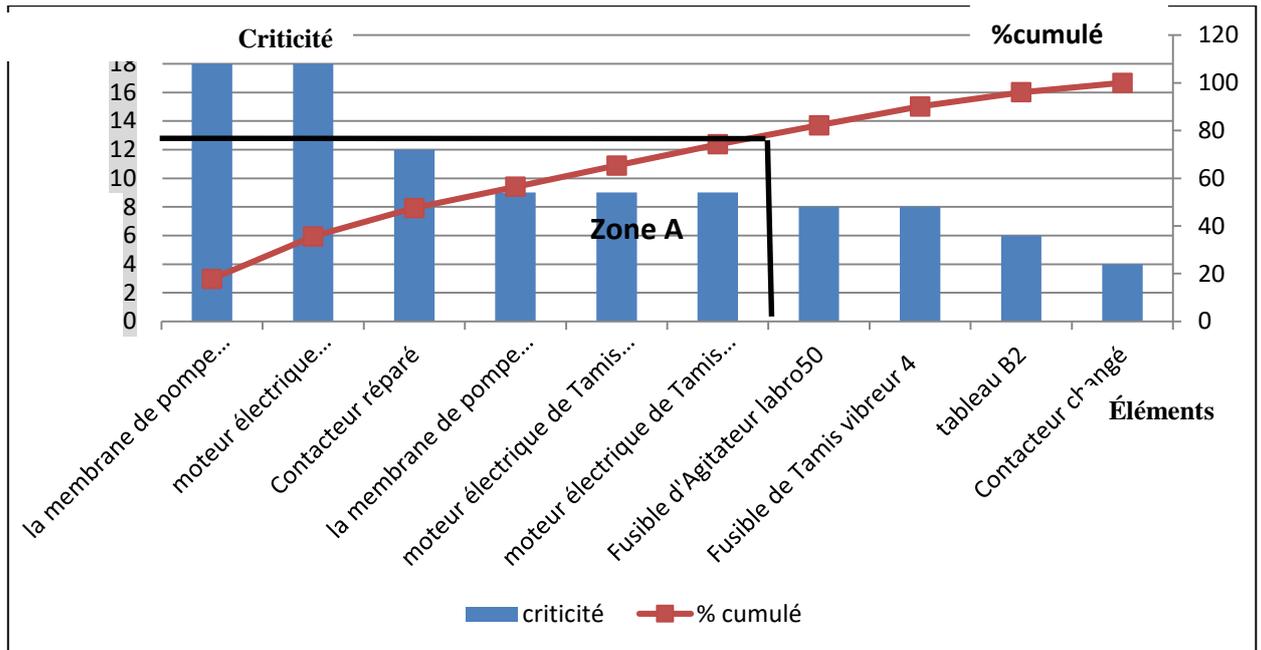


Figure III.10 : Classification des éléments critiques de l'atelier de barbotine.

À partir des résultats de ce diagramme on peut conclure que les 6 éléments suivant : (La membrane de pompe c2000L, moteur électrique d'agitateur Labro 50, contacteur réparé, la membrane de la pompe c9000L, moteur électrique de tamis vibreur 7 et moteur électrique de tamis vibreur 4) représentent 80% des arrêts de l'atelier barbotine.

III.4.1.3 Suggestions d'actions de maintenance à mettre en place

Une fois les éléments critiques ont été localisés, cette partie sera dédiée à des propositions de solutions de maintenance (voir tableau III.10).

Tableau III.10 : La suggestion d'actions de maintenance de l'atelier de barbotine.

Element	Maintenance preventive	Maintenance corrective
-la membrane de pompe c2000 L -la membrane de pompe c9000 L	-Contrôle de la membrane chaque 15 jour de travail. -Contrôler l'usure de la membrane et nettoyage (enlever les restes qui restent collés). -Vidange d'huile.	

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

<p>-moteur électrique d'Agitateur labro50</p> <p>-moteur électrique de Tamis vibreur 4</p> <p>-moteur électrique de Tamis vibreur 7</p>	<p>-Contrôle et vérification de l'état de moteur chaque 10 jour de travail.</p> <p>-Veiller à ne pas oublier le nettoyage pour éviter les bouchages à cause de la poussière.</p> <p>-Contrôler l'isolation du bobinage, pour vérifier que ce dernier est bien protégé.</p> <p>-S'assurer de la bonne ventilation du moteur, notamment que le ventilateur fonctionne correctement (qu'il ne soit pas encrassé) et que rien ne l'obstrue.</p> <p>-Graisser les roulements si cela est nécessaire.</p>	<p>- Contrôler et changer les pièces endommagées.</p>
<p>Contacteur réparé</p>	<p>-Contrôle et vérification de la connexion électrique de contacteur chaque 1 mois.</p> <p>-Nous testerons la continuité de la bobine de contacteur (la continuité savoir la bobine n'a pas été d'effectué).</p>	

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

III.4.2 Atelier de la cuisson

III.4.2.1 Grille AMDEC de l'atelier de cuisson

La grille suivante (Tableau III.11) présente les modes de défaillance des éléments de l'atelier de cuisson, leurs effets, et leur criticité.

Tableau III.11 : Grille AMDEC de l'atelier cuisson.

Equipements	Elément	fonction d'élément	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	criticité			
						F	G	D	C
Four N° 1	Fins coures	Permet de positionner la table radiale	Mauvais desserrage / serrage de la table	Mauvais desserrage / serrage de la table	Mal positionnement de la table radiale	2	2	3	12
	L'enregistreur	Enregistrement de température	Mal enregistrement	-Court-circuit	-Arrêt de machine	1	3	2	6
	Câble	Assurer l'alimentation Électrique des équipements	Brûlé	-Court-circuit Surcharge -	-Arrêt de machine	1	3	2	6
	Fusible	Séparer ou connecte un circuit électrique	Brûlé	Court-circuit- surintensité-	-Arrêt de machine	2	2	2	8
	Lampes et néons	Permettre de surveiller la cuisson le produit	Brûlé	-Vieillessement Court-circuit-	Aucun éclairage dans le four	2	2	1	4

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

Four N°2	Fusible	Séparer ou connecte un circuit électrique	Brûlé	Court-circuit-surintensité-	-Arrêt de machine	3	2	2	12
	Fins coures	Permet de positionner la table radiale	Mauvais desserrage /serrage de la table	Mauvais desserrage /serrage de la table	Mal positionnement de la table radiale	2	2	2	12
	Câble	Assurer l'alimentation Electrique des équipements	Brûlé	-Court-circuit Surcharge -	- Arrêt de machine	2	3	2	12
	Joints du vérin	Séparateur (empêche l'huile de couler) Entre deux organes mobiles	Déformation	Usure	Pert d'huile	1	3	3	9
	Lampes	Permettre de surveiller la cuisson le produit	Brûlé	-Vieillessement Court-circuit-	Aucun éclairage dans le four	2	2	1	4
	Transformateur	Abaisser la tension	-Court circuit -bobine défectueuse	-Surintensité Choc-	-Arrêt de machine	1	3	2	6
	Thermo couple régulateur	Un capteur servant à mesurer la température	Brûlé	-Court-circuit Surcharge-		1	2	2	4

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

III.4.2.2 Analyse Pareto de la criticité des éléments de l'atelier de cuisson

Après on a accumulé les résultats obtenus de la criticité dans le tableau III.12.

Tableau III.12 : Les pourcentages cumulés de la criticité des éléments de l'atelier de cuisson.

Eliment	Criticité	Criticité cumulé	Criticité cumulé (%)
fins coures de Four N° 1	12	12	%12.63
Fusible de Four N°2	12	24	%25.26
fins coures de Four N° 2	12	36	%37.89
Câble de Four N°2	12	48	%50.52
joint du vérin	9	57	%60
Fusible de Four N°1	8	65	68.42%
Transformateur	6	71	%74.74
l'enregistreur	6	77	81.05%
Câble de Four N°1	6	83	%87.37
lampes et néons de Four N° 1	4	87	%91.58
Lampes de Four N°2	4	91	%95.79
thermo couple régulateur	4	95	%100

Les résultats mentionnés dans le tableau au-dessus sont schématisés dans la figure III.11.

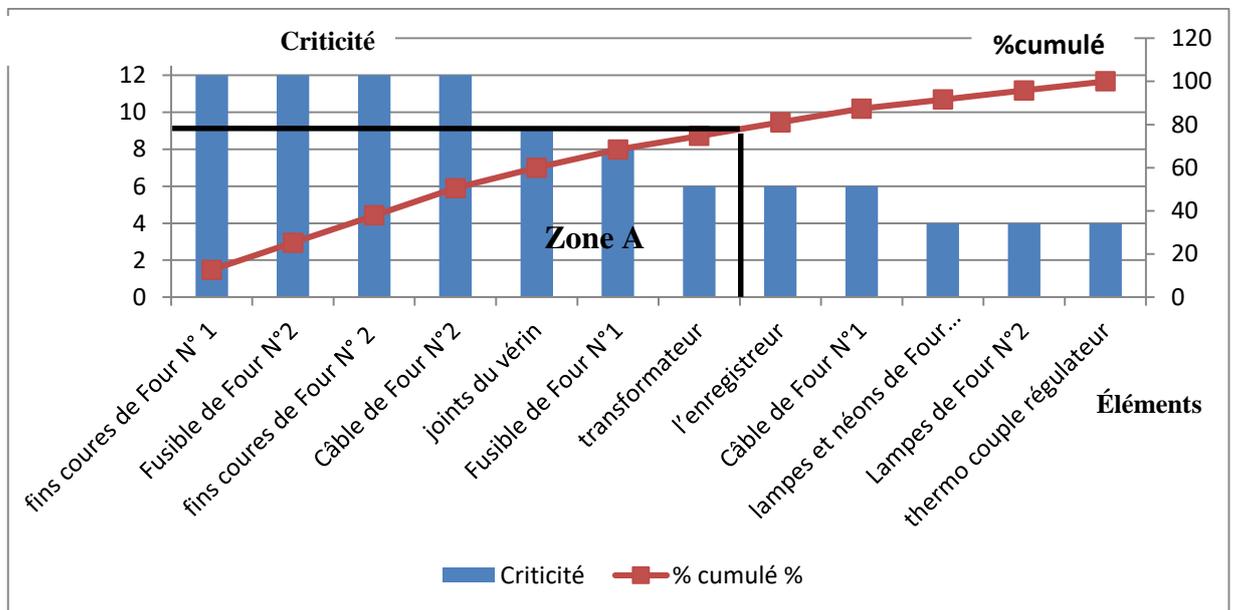


Figure III.11 : Classification des éléments critiques de l'atelier de cuisson.

À partir des résultats de ce diagramme on peut conclure que les 7 éléments suivants : **(Le fins coures de Four N°1, fusible de Four N°2, fins coures de Four N°2, câble de Four N°2, joint de vérin, fusible de Four N°1)** représente 80% des arrêts de l'atelier cuisson.

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

III.4.2.2 Suggestions d'actions de maintenance à mettre en place

Une fois les éléments critiques ont été localisés, cette partie sera dédiée à des propositions de solutions de maintenance (voir tableau III.13).

Tableau III.13 : La suggestion d'actions de maintenance de l'atelier de cuisson.

Element	Maintenance preventive	Maintenance corrective
Fins coures de Four N° 1 Fins coures de Four N° 2	-Régler la position de fin de course. - Changé les fins de course chaque 6 mois. -Serrage les fins de course chaque période. -Contrôler les fins de course chaque 20 jour De travail.	
Fusible de Four N°2 Fusible de Four N°1	-Contrôle les fusibles chaque 10 jour de travail. - Vérifié et contrôlé la valeur de l'intensité électrique dans le circuit d'alimentation chaque période. -Mettre des fusibles qui support une valeur d'intensité plus grande a les fusibles utilisés.	
Câble de Four N°2	- Vérifié et contrôlé la valeur de l'intensité électrique dans le circuit d'alimentation chaque période. - Contrôlé les câbles d'alimentation chaque 15 jour.	-Changer les câbles qui ont quelques défauts qui peuvent se former un court-circuit.

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

jointes du vérin	<ul style="list-style-type: none">-Veiller à changer le joint de vérin à Temps.-Contrôlé le joints de vérin chaque 15 jour.- vérifie la présence des fuites d'huile chaque 15 jour.-vérifie l'état d'huile chaque 15 jour.	-Remplacer les joints de vérin en cas d'usure.
Transformateur	<ul style="list-style-type: none">-Contrôle et vérification de transformateur chaque 20 jour.-Nettoyage les pièces de transformateur chaque période.-Serrage le transformateur.-Changé la bobine de transformateur chaque 6 mois.	- Contrôlé et changer les pièces endommagées.

III.4.3 Atelier de coulage + séchoir intermittent

III.4.3.1 Grille AMDEC de l'atelier coulage + séchoir intermittent

La grille suivante (Tableau III.14) présente les modes de défaillance des éléments de l'atelier de coulage + séchoir intermittent, leurs effets, et leur criticité.

Tableau III.14 : Grille AMDEC de l'atelier de coulage+ séchoir intermittent.

Equipements	Elément	fonction d'élément	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	criticité			
						F	G	D	C
Vannerie	Vanne à bille 3/4 travée A	Un petit dispositif mobile permettant de laisser passer la mélange de barbotine ou non	Coincement	Augmentation de pression	Grippement de vanne	3	2	2	12
	Vanne à bille 3/4 travée B	Un petit dispositif mobile permettant de laisser passer la mélange de barbotine ou non	Coincement	Augmentation de pression	Grippement de vanne	3	2	2	12
	Vanne à bille 3/4 travée C	Un petit dispositif mobile permettant de laisser passer la mélange de barbotine ou non	Coincement	Augmentation de pression	Grippement de vanne	3	2	2	12
	Vanne à bille 3/4 travée D	Un petit dispositif mobile permettant de laisser passer la mélange de barbotine ou non	Coincement	Augmentation de pression	Grippement de vanne	4	2	2	16
	Tuyau travée D	Transporté le mélange de barbotine a les vanne	Bouchage	La vitesse de débit augmenté	La barbotine ne transporte pas	1	2	2	4

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

	Tuyau travée C	Transporté le mélange de barbotine vers les vannes	-La vitesse de débit diminué a niveaux minimale	Vieillessement-	Mal transportation de barbotine	1	2	2	4
	Tuyau travée A	Transporté le mélange de barbotine vers les vannes	-La vitesse de débit diminué a niveaux minimale	Vieillessement-	Mal transportation de barbotine	1	2	2	4
	Tuyau travée B	Transporté le mélange de barbotine vers les vannes	-La vitesse de débit diminué a niveaux minimale	Vieillessement-	Mal transportation de barbotine	1	2	2	4
Aérotherme	Aérotherme 21	Un appareil autonome servant à chauffer un espace spécifique	Ventilateur bloqué	La présence de rouille et l'accumulation de poussière autour de l'axe de rotation	L'absence de la chaleur de l'espace	1	2	3	6
	Aérotherme 7	Un appareil autonome servant à chauffer un espace spécifique	Ventilateur bloqué	La présence de rouille et l'accumulation de poussière autour de l'axe de rotation	L'absence de la chaleur de l'espace	1	2	3	6
	Aérotherme 8	Un appareil autonome servant à chauffer un espace spécifique	Ventilateur bloqué	La présence de rouille et l'accumulation de poussière autour de l'axe de rotation	L'absence de la chaleur de l'espace	1	2	3	6
	Aérotherme 20	Un appareil autonome servant à chauffer un espace spécifique	Ventilateur bloqué	La présence de rouille et l'accumulation de poussière autour de l'axe de rotation	L'absence de la chaleur de l'espace	1	2	3	6

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

	Aérotherme 13	Un appareil autonome servant à chauffer un espace spécifique	Ventilateur bloqué	La présence de rouille et l'accumulation de poussière autour de l'axe de rotation	L'absence de la chaleur de l'espace	1	2	3	6
	Aérotherme 5	Un appareil autonome servant à chauffer un espace spécifique	Ventilateur bloqué	La présence de rouille et l'accumulation de poussière autour de l'axe de rotation	L'absence de la chaleur de l'espace	1	2	3	6
	Aérotherme 15	Un appareil autonome servant à chauffer un espace spécifique	Ventilateur bloqué	La présence de rouille et l'accumulation de poussière autour de l'axe de rotation	L'absence de la chaleur de l'espace	1	2	3	6
	Moteur d'Aérotherme 7	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique pour démarrer l'Aérotherme 7	Vibration de rotor	Manque de graisse dans les roulements	Arrêt d'aérotherme 7	1	3	3	9
Extracteur	Moteur D'Extracteur	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique pour démarrer l'Extracteur	Vibration	Usure des roulements	Arrêt de machine	2	3	3	18

II.4.3.2 Analyse Pareto de la criticité des éléments de l'atelier de coulage

Après on a accumulé les résultats obtenus de la criticité dans le tableau III.15.

Tableau III.15 : Les pourcentages cumulés de la criticité des éléments de l'atelier de coulage +séchoir intermittent.

Eliment	Criticité	Criticité cumulé	Criticité cumulé (%)
Moteur d'extracteur	18	18	%13.14
vanne à bille 3/4 travée D	16	34	%24.82
vanne à bille 3/4 travée C	12	46	%33.57
vanne à bille 3/4 travée B	12	58	%42.33
vanne à bille 3/4 travée A	12	70	%51.09
Moteur d'Aérotherme 7	9	79	%57.66
Aérotherme 21	6	85	%62.04
Aérotherme 7	6	91	%66.42
Aérotherme 8	6	97	%70.8
Aérotherme 20	6	103	%75.18
Aérotherme 13	6	109	%79.56
Aérotherme 5	6	115	%83.94
Aérotherme 15	6	121	%88.32
tuyau travée D	4	125	%91.24
tuyau travée A	4	129	%94.16
tuyau travée B	4	133	%97.09
tuyau travée C	4	137	%100

Les résultats mentionnés dans le tableau au-dessus sont schématisés dans la figure III.12.

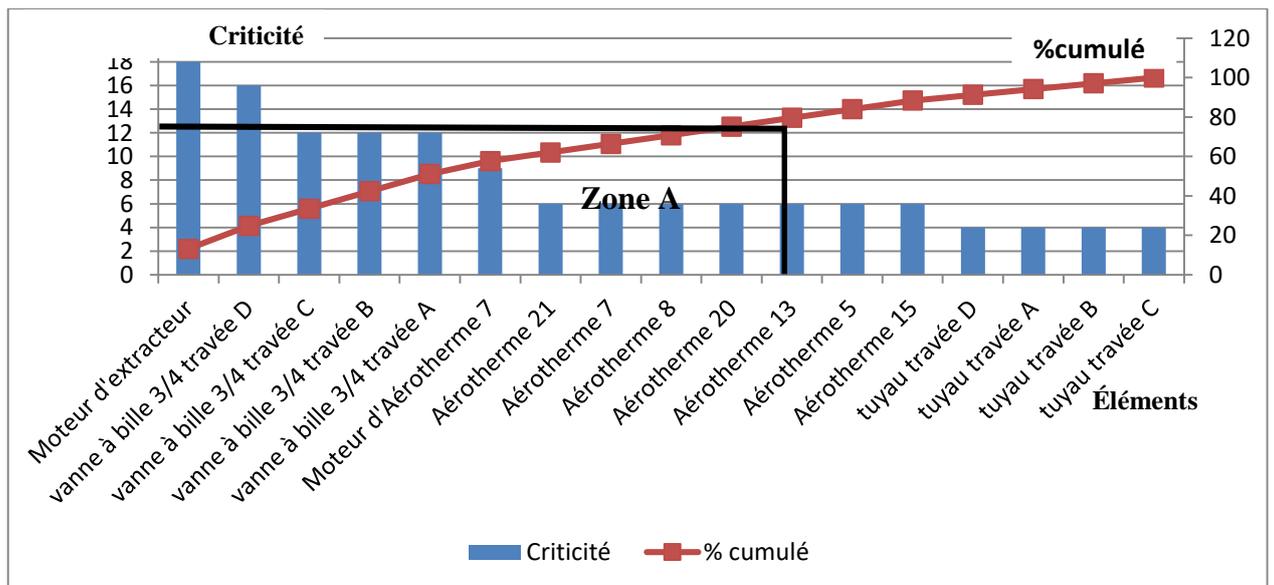


Figure III.12 : Classification des éléments critiques de l'atelier coulage + séchoir intermittent.

CHAPITRE III: Mise en place de la méthode AMDEC dans l'entreprise

À partir des résultats de ce diagramme on peut conclure que les 11 éléments suivant : (**Les 4 vannes A, B, C, D ; les aérothermes 7, 21,8, 20,13 ; le moteur d'extracteur et le moteur d'Aérotherme 7**) représentent 80% des arrêts de l'atelier de coulage.

III.4.3.3 Suggestions d'actions de maintenance à mettre en place

Une fois les éléments critiques ont été localisés, cette partie sera dédiée à des propositions de solutions de maintenance (voir tableau III.16).

Tableau III.16 : La suggestion d'actions de maintenance de l'atelier de coulage.

Element	Maintenance preventive	Maintenance corrective
-Moteur d'extracteur -Moteur d'Aérotherme 7	-Contrôle et vérification de l'état de moteur chaque 10 jour de travail. -Veiller à ne pas oublier le nettoyage pour éviter les bouchages à cause de la poussière. -Contrôler l'isolation du bobinage, pour vérifier que ce dernier est bien protégé. -S'assurer de la bonne ventilation du moteur, notamment que le ventilateur fonctionne correctement (qu'il ne soit pas encrassé) et que rien ne l'obstrue. -Graisser les roulements si cela est nécessaire.	- Contrôler et changer les pièces endommagées.
-Vanne à bille 3/4 travée D -Vanne à bille 3/4 travée C -Vanne à bille 3/4 travée B -Vanne à bille 3/4 travée A	-Contrôler les vannes chaque 4 jour de travail. -Nettoyer les vannes chaque 4 jour. -Changé les vannes chaque 1 mois.	- Contrôler et changer les pièces endommagées de vanne. -Après le contrôle on régler ou changer les vannes endommagées.
-Aérotherme 21 -Aérotherme 7 -Aérotherme 8 -Aérotherme 20 -Aérotherme 13	-Contrôler l'aérotherme chaque 1 mois de travail. - Nettoyer le ventilateur et l'axe de rotation de l'aérotherme chaque 1 mois.	- Contrôler et changer le ventilateur.

III.4.4 Atelier de choix et contrôle

III.4.4.1 Grille AMDEC de l'atelier de choix et contrôle

La grille suivante (Tableau III.17) présente les modes de défaillance des éléments de l'atelier de choix et contrôle, leurs effets, et leur criticité.

Tableau III.17 : Grille AMDEC de l'atelier de choix et contrôle.

Equipements	Elément	Fonction d'élément	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Criticité			
						F	G	D	C
Four thermo	pignon	Le pignon en tournant, entraîne la chaîne qui entraîne le plateau	Des trous plus ou moins profonds qui affectent toutes les dents	Suppression locales.	Arrêt de machine	1	3	3	9

III.4.4.2 Suggestions d'actions de maintenance à mettre en place

Une fois l'élément critique a été localisé, cette partie sera dédiée à des propositions de solutions de maintenance (voir tableau III.18).

Tableau III.18 : La suggestion d'actions de maintenance de l'atelier de choix et contrôle.

Element	Maintenance préventive	Maintenance corrective
pignon	-Contrôler les pignons chaque 1 mois de travail. -La lubrification des pignons et de chaîne chaque 1 semaine.	-Contrôle et correction de denture des pignons défectueux.

III.5 La gamme de maintenance préventive (GMP)

Pour répondre au problème du manque de procédure qui a été évoqué dans la partie III.3.1. Nous avons proposé aux personnels de maintenance de l'entreprise d'utiliser une gamme de maintenance préventive (GMP), pour répondre au manque d'expérience pour les techniciens et les opérateurs débutants et non bien formés durant leurs expériences. La forme de la GMP est indiquée dans le tableau III.19.

Tableau II.19 : Forme de la GMP.

		Gamme de maintenance préventive					2020
		Équipement					
Code	Type maintenance préventive	Niveau	Fréquence	Moyens humain	Etat d'équipement	Temps alloué total (min)	
Opération		Flash visuel	Matériel & outillage	pdr	Moyens de sécurité	Temps alloué	
Description							
Moyen de sécurité							
		Noms	Date	Visa :			
Etabli par							
Vérifier par ingénieur maintenance							
Validé par responsable maintenance							

Le remplissage de la GMP se fait comme suit :

- L'équipement : Machine à intervenir.
- Le code : Abréviations de gamme propre à la machine à intervenir.
- Le type : 5'S, Lubrification & Graissage, ELEC-MÉC-HYDR-PNM.
- Le niveau : 1, 2 et 3.
- Les Moyens humains : OP, TS, Ingénieur Main.
- L'état d'équipement : Arrêt, Marche.
- Les opérations : N°, Description.

- Les flashes visuels (Photos descriptifs),
- Les matériels et outillages,
- Pièce de rechange et consommables.
- Les moyens de sécurité.
- Temps alloué total.
- Temps alloué spécifique.

III.6 Proposition d'organigramme de département de maintenance

Pour répondre au manque d'organisation qui a été évoqué dans la partie III.3.1, nous avons proposé un autre organisme de département de maintenance comme indiqué sur la figure III.13.

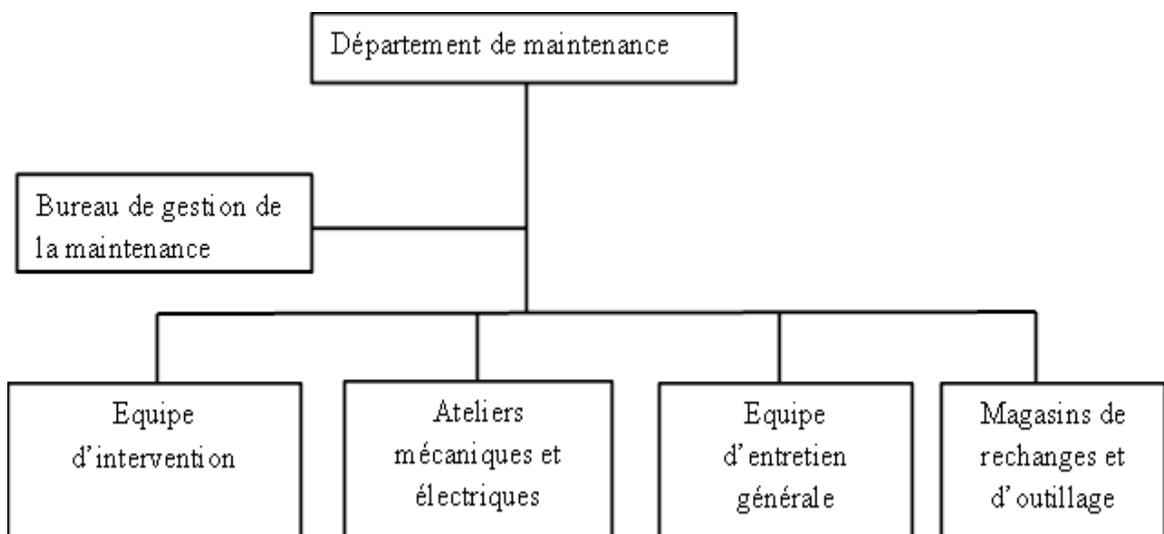


Figure III.13 : Nouvel organigramme de département de maintenance.

III.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de détailler notre application de la démarche AMDEC au sein de l'entreprise de production de céramique sanitaire El-Milia. En fait, à l'essor de cette approche évolutive, nous avons pu réaliser une analyse des pannes et de la criticité de chaque équipement, ce qui nous a permis de localiser les éléments critiques qui causent plus de pannes. Finalement pour minimiser les temps d'arrêt, nous avons suggéré des actions de maintenance et en matière d'organisation nous avons proposé une gamme de maintenance préventive, ce qui constitue l'objet principal de notre humble travail.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

L'objectif de notre étude était de répondre à la problématique soulevée par le service maintenance de l'entreprise de production de céramique sanitaire El Milia, concernant la minimisation du temps d'arrêt des équipements de production.

Pour ce faire, nous avons, en premier lieu, effectué un diagnostic de l'entreprise en analysant les différentes opérations effectuées dans ce dernier. Nous avons commencé par l'analyse des problèmes qui causent des diminutions de rendement de production, en réalisant un diagnostic à l'aide du diagramme Ishikawa. Ensuite, nous avons, consultés l'historique des pannes de la société de céramique. L'analyse Pareto de ce dernier, nous a permis de déterminer les équipements ayant plus de pannes qui représentent 80% de la totalité des temps d'arrêts. Les équipements critiques sont les suivants : (**Agitateur d'homogénéisation, agitateur labro50, pompe c2000L, tableau B2, pompe c9000L, tamis vibreur 7 et tamis vibreur 4, Vannière, aérotherme et extracteur, Four 2 et Four 1, Four thermo**). Puis, nous avons étudié les causes de défaillances des équipements par la méthode AMDEC. Cette méthode nous a permis de faire ressortir les éléments critiques des équipements ainsi que l'évènement redouté associé.

Enfin, une fois les éléments critiques ont été localisé il sera facile aux personnels de maintenances de mettre en place un plan de maintenance préventive (en basant sur les actions de correctives suggérées) pour améliorer la disponibilité des équipements. De plus ces résultats, permis au personnel du moyen généreux de parvenir l'état de stock en matière des pièces de rechange.

Au terme de notre étude, cette expérience nous a été trop bénéfique et nous avons la conviction d'avoir appris énormément dans la mesure où nous avons amélioré nos connaissances en maintenance, nos connaissances de l'entreprise, et nous espérons pouvoir approfondir encore nos connaissances et rester en contact permanent avec l'évolution mondiale, que connaît l'univers industriel trop influent.

Néanmoins, des perspectives restent à explorer et nous recommandons donc d'améliorer continuellement les méthodes que nous avons proposées en intégrant de nouvelles variables et contraintes pertinentes afin d'avoir des résultats plus adaptatifs aux spécifications de l'entreprise, et nous recommandons ainsi l'instauration d'un tableau de bord informatisé pour le département maintenance pour avoir une meilleure gestion.

Références Bibliographiques

- [1]: le DRH, Rapport de Présentation de la société. 2008, direction de ressources humaines.
- [2] : Norme NF X 60-0101.
- [3] : AFNOR: NF EN 13306 X 60-319
- [4] : EFNMS : Fédération européenne des sociétés nationales de maintenance ; 2001.
- [5] : Alain, Boulenger. Aide mémoire maintenance conditionnelle. France: Dunod, le15/10/2008.
- [6] : DAFDAF Abd Elhak et FAID Omar. Optimisation de la fiabilité d'un système électromécanique. Mémoire de master 2.. Msila: université Mohamed Boudiaf, 2018.
- [7] Dictionnaire de français Larousse.
- [8] : Fatima Ly, Zineb Simeu-Abazi, Jean-Baptiste Leger. «Terminologie Maintenance : bilan». [En ligne], disponible sur le web < <http://www.jk.imag.fr/membres/Olivier.Gaudoin/FIMA/TerminologieMaintenance.pdf>>.
- [9] : <https://slideplayer.fr/slide/9059881/> (consulté le 28/04/2020).
- [10] : Norme internationale CEI 60834-1.
- [11] : <http://www.definition-qualite.com/iso--organisation-internationale-de-normalisation-htm>. (Consulté le 05/05/2020).
- [12] : <http://www.definition-qualite.com/comite-europeen-de-normalisation--cen-htm>. (Consulté le 10/05/2020).
- [13]: <http://www.definition-qualite.com/afnor.htm>. (Consulté le 10/05/2020).
- [14]: <https://blog.aqmanager.com/normes-maintenance-industrielle>.(Consulté le 14/05/2020).
- [15] : la norme CEI 50 (191).
- [16]: Alin Gabriel Mihalache. Modélisation et évaluation de la fiabilité des systèmes mécatroniques : application sur système embarqué. Thèse de doctorat. Sciences de l'ingénieur. Angers: école doctorale d'Angers université d'Angers, 2007.
- [17] : ZWINGELSTEIN. G, se 4005 Évaluation de la criticité des équipements (Méthodes analytiques), base documentaire : méthodes d'analyse des risques, date de publication : 10/07/2014.
- [18] : KELADA. J, 1994, l'AMDEC, École des Études Commerciales : Centre d'étude en qualité totale.
- [19] : FAUCHER. J, Pratique de l'AMDEC (Assurez la qualité et la sûreté de fonctionnement de vos produits, équipements et procédés).france:dunod.juin 2009.

" دراسة و تحليل أنماط الأعطال لعملية إنتاج السيراميك "

الملخص

أصبحت الصيانة ضرورية لسير عمل الشركة بشكل صحيح ، لأن جميع شركات الإنتاج معنية بنجاعة وحالة آلات الإنتاج الخاصة بهم. تعد مراقبة المنشآت لتوقع الأعطال وتحسين العمليات وخطة الصيانة أمراً ضرورياً للاستدامة الاقتصادية للشركات. تهدف هذه الدراسة إلى تحسين جاهزية معدات شركة إنتاج السيراميك الصحي. للقيام بذلك ، تم استخدام مخططات إيشيكافا وباريتو لتحليل أعطال المعدات والعثور على الآلات الأكثر تعرضاً للأعطال ، ثم طبقنا طريقة AMDEC على هذه المعدات الحيوية ، لاقتراح حلول وقائية والتدابير التصحيحية لتحسين كفاءة الإنتاج وجودته وتقليل وقت تعطل الماكينات. الكلمات المفتاحية: النجاعة،AMDEC ،الصيانة ،باريتو،تحسين ، السيراميك الصحي.

« Etude et analyse des modes de défaillance d'un processus de production du céramique »

Résumé

La maintenance est devenue nécessaire pour le bon fonctionnement de l'entreprise, car toutes les sociétés de production sont soucieuses de la fiabilité et de l'état de leurs outils de production.

La surveillance des installations pour prévenir les pannes, optimiser les opérations et planifier la maintenance sont indispensables pour la durabilité économique des entreprises.

L'objectif de cette étude est d'améliorer la disponibilité des équipements de l'entreprise de production de céramique sanitaire El-millia. Pour ce faire, nous utilisons les diagrammes d'Ishikawa et Pareto afin d'analyser les pannes des équipements et trouver ceux qui ont les plus critique, et par la suite nous avons appliqué la démarche AMDEC sur ces équipements critiques, pour suggérer des solutions préventives et correctives afin d'améliorer le rendement et la qualité de la production et de réduire les temps d'arrêt des machines.

Mots clés: Fiabilité, AMDEC, Maintenance, Pareto, Amélioration, Céramique sanitaire.

« Study and analysis of failure modes of a ceramic production process »

Abstract

Maintenance has become necessary for the proper functioning of the company, as all production companies are concerned about the reliability and state of their production tools.

Installations monitoring to prevent breakdowns, optimize operations and plan maintenance are essential for the economic sustainability of companies.

The aim of this study is to improve the availability of the equipment of the sanitary ceramics production company El-Millia. For this, we used the Ishikawa and Pareto diagrams to analyze equipment failures and find the most critical ones, and then we applied the AMDEC approach to these critical equipment, to suggest preventive and corrective solutions to improve production performance and quality and reduce machine downtime.

Keywords: Reliability, AMDEC, Maintenance, Pareto, Improvement, Sanitary ceramics.