الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

---

جامعة وهران 2 محمد بن أ حمد

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي

Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel
Spécialité : Génie Industriel

Thème

Etude comparative des outils du lean manufacturing et les méthodes traditionnelles de planification des systèmes de production

Présenté et soutenu publiquement par :

Ahmed Mohamed RAJEL **&** **Boutouizgha El khansa**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr.MEKKI Ibrahim Khalil	MCA	Univ. Oran-2, IMSI	**Président**
Mr. BENFEKIR Abderrahim	MCB	Univ. Oran-2, IMSI	**Encadreur**
Mr. BENARBIA Taha	MCB	Univ. Oran-2, IMSI	**Examinateur**

Juin 2024

Résumé

Ce projet compare les outils du Lean Manufacturing aux méthodes traditionnelles de planification de la production, à travers des cas pratiques. En mettant en œuvre des techniques lean chez GISB pour augmenter la productivité, l'étude évalue les forces et les limites de chaque approche. Les résultats montrent que le Lean Manufacturing, avec ses principes d'élimination des gaspillages, d'amélioration continue et d'optimisation des processus, peut surpasser les méthodes conventionnelles en termes d'efficacité opérationnelle, de flexibilité et de qualité des produits finis.

Mots clé : Lean Manufacturing, MRP, ERP, VSM, 5S, TPM, Câblerie GISB.

Abstract

This project compares Lean Manufacturing tools to traditional production planning methods through case studies. By applying lean techniques at GISB, the study evaluates the strengths and weaknesses of each approach. The analysis shows that Lean Manufacturing, with its principles of waste elimination, continuous improvement, and process optimization, can surpass traditional methods in operational efficiency, flexibility, and product quality. Results from GISB demonstrate the significant benefits of Lean in improving production planning and overall performance.

Keywords : Lean Manufacturing, MRP, ERP, VSM, 5S, TPM, GISB cables.

ملخص

يقارن هذا المشروع بين أدوات التصنيع الخالي من الهدر والأساليب التقليدية لتخطيط الإنتاج من خلال أمثلة عملية. تم تطبيق أساليب التصنيع الخالي من الهدر في شركة GISB لتحسين الإنتاجية، حيث تهدف المقارنة إلى تحديد نقاط القوة والضعف لكل نهج. تبيّن النتائج أن مبادئ التصنيع الخالي من الهدر، مثل التخلص من الهدر والتحسين المستمر وتحسين العمليات، يمكن أن تتفوق على الأساليب التقليدية في الكفاءة والمرونة وجودة المنتج.

كلمات مفتاحية التصنيع الخالي من الهدر; تخطيط متطلبات المواد; تخطيط موارد المشاريع ; رسم الخرائط تيار القيمة مجموع الصيانة الإنتاجية GISB ; 5S.

Dédicaces

Je dédié ce travail

A ma chère mère

A mon cher père

Qui m'ont poussé et motivé dans mes études. Sans eux, je n'aurais certainement pas fait d'études longues. Ce projet fin d'étude représente donc l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité. Qu'ils en soient remerciés par cette trop modeste dédicace.

C'est un moment de plaisir de dédier cet œuvre ;

A ma chère tante

Qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles.

À mes sœurs et frères

Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A ma chère binôme, Boutouizgha El Khansa

Pour la façon dont elle me traite et pour sa générosité.

A tout ma famille

Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements.

A tous mes amis

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Merci !

Ahmed Med RAJEL

Dédicaces

Du profond de mon cœur, je dédié ce travail a tous ceux qui me sont chers,

A ma chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point de te remercier comme il se doit.

Ton affectation me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon cher père

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

A

Mes sœurs Douaa et Roa et mes frères Med Alaa, Sohieb et Nb, puisse dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

Mes grands-parents maternels et ma grande mère paternel, tonton Omar, mes Tentes Fatiha, **M**eriem, Malika, Souad, Bouchra et tous les membres de ma famille. Que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A mon cher binôme, Ahmed Med RAJEL

je le remercie pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout long de ce projet.

A

Mon encadreur, Dr. **BENFEKIR Abderrahim.**

Mes meilleurs ami(e) Amani, Razika, Amina, Mariem, Haroun et Djelloul qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès. Puisse Dieu conserve notre amitié.

Tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant.

Merci pour leur aides et supports dans toute ma vie.

Boutouizgha El Khansa

REMERCIEMENTS

Avant tout on remercie **Dieu** le tout puissant de nous avoir aidés à mener ce travail à son terme.

Il nous est impossible d'entamer ce mémoire de fin d'études sans exprimer notre sincère gratitude envers certaines personnes qui, sans elles, ce travail n'aurait pu se dérouler dans des conditions aussi opportunes.

Nous adressons aussi nos plus sincères gratitudes et remerciements à notre encadrant pédagogique **Dr. BENFEKIR Abderrahim** pour les efforts considérables, le temps qu'il nous a consacré et l'orientation durant toute la période du ce mémoire.

Nous exprimons nos plus sincères gratitudes et remerciements à **Ing. BENATTIA Mohamed,** le responsable de production chez **GISB**, qui, malgré les occupations et les responsabilités qu'il assure, a toujours eu le temps pour l'écoute et les conseilles et de fournir la documentation nécessaire.

Nous tenons aussi à remercier les membres de jury qui nous ont fait honneur d'examiner ce travail.

Sans oublier de remercier tous les membres du service production et maintenance du **GISB**.

Nos remerciements sont destinés également à tous le personnel de l'**IMSI** (direction, corps enseignant, instructeurs, personnel d'appui) pour la formation et les efforts considérables qu'ils nous ont fourni pour être dans les meilleures conditions d'enseignement.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce présent travail.

Table des matières

Liste des figures ..... **I**
Liste des tableaux ..... **II**
Liste des abréviations ..... **III**
Introduction génerale **1**
Chapitre I : Lean Manufacturing et les méthodes traditionnelles de productions **3**
I.1. Introduction 3
I.2. Concept de base de la production industrielle 3
I.3. Les méthodes traditionnelles de la planification de production 5
I.3.1. MRP (Material Requirement Plannig) 5
a. Description du MRP **5**
b. Principe du MRP **6**
c. Domaines d'applications du MRP **6**
I.3.2. MRP II (Manufacturing Resource Planning) 7
a. Description du MRP II **7**
b. Principe du MRP II **8**
c. Domaines d'application du MRP II **9**
I.3.3. ERP (Entreprise Resource planning) 9
a. Description du ERP **9**
b. Principe du ERP **10**
c. Dommaine d'application du ERP **10**
I.4. Lean Manufacturing 11
I.4.1. Les outils du lean manufacturing 13
I.4.1.1. Le SMED (Single Minute Exchange Die) **13**
a. Description du SMED 13
b. Principe du SMED 14
c. Domaine d'application du SMED 15
I.4.1.2. TPM (Totale Productive Maintenance) **16**
a. Description du TPM 16
b. Principe du TPM 16
c. Domaine d'application du TPM 19
I.4.1.3 .Méthode 5S **19**
a. Description du 5S 19
b. Principe du 5S 20
c. Domaine d'application du 5S 21
I.4.1.4. VSM (Value Stream Mapping) **21**

a. Description du VSM 21
b. Principe du VSM 22
c. Domaine d'application du VSM 26
I.5. Conclusion 26
Chapitre II : Outils de comparaisons 27
II.1. Introduction 27
II.2. Exemples d'applications 27
II.2.1. Etude et implémentation d'une production LEAN Manufacturing dans l'entreprise P-E-T 27
II.2.2. Implantation du Lean Manufacturing au sein de la zone de conditionnement de couscous (unité ARZAK) 29
II.2.3. La méthode MRP pour l'Amélioration du Processus approvisionnement en Matière Première 30
II.3. Application des méthodes au sien des entreprises 30
II.3.1. L'entreprise P-E-T 30
II.3.1.1. la mise en œuvre de l'outil VSM (Value Stream Mapping) 31
II.3.1.2. Amélioration du VSM 33
II.3.1.3. Résultat d'amélioration du VSM 34
II.3.2. La zone de conditionnement de couscous (unité ARZAK) 34
II.3.2.1. Mise en œuvre du SMED sur le changement de bobine de polypropylène 34
II.3.2.2 Résultat déploiement du SMED sur le changement de bobine de polypropylène dans l'unité ARZAK 37
II.3.3. L'entreprise de plasturgie 38
II.3.3.1. Application du MRP dans l'entreprise de plasturgie 38
II.3.3.2. Résultat d'application du MRP dans l'entreprise de plasturgie 39
II.4. Comparaison des méthodes traditionnelle et les outils Lean Manufacturing 40
II.5. Conclusion 41
Chapitre III : Optimisation de production chez GISB: Evaluation du MRP et amélioration LEAN 42
III.1. Introduction 42
III.2. Présentation de l'entreprise 42
III.2.1. Historique 42
III.2.2. Situation géographique de l'entreprise 43
III.2.3. Description de la structure sociale 43
III.2.4.Les activités de l'entreprise 43
III.3. les différents services de l'entreprise 44
III.3.1. La direction 44
III.3.2. Le responsable HSE (hygiène-sécurité-environnement) 44
III.3.3. Service personnel 44

III.3.4. Assurance et management qualité 45
III.3.4.1 Control qualité 45
III.3.4.2. Bureau d'étude 45
III.3.4.3. Laboratoire contrôle qualité 45
III.3.5. Service de planification 47
III.3.6. Service de production 47
III.3.7. Service maintenance 48
III.3.8. Service commercial 48
III.3.9. Service gestion des stocks 49
III.4. Notion sur la gamme des différents types matières première utilisées 49
III.4.1. Cuivre 49
III.4.2. Aluminium 50
III.4.3. Almélec 50
III.5. Les processus de fabrication des câbles électriques 50
III.5.1. présentation du processus 50
III.6. Description de la production au niveau du site deux 02 52
III.6.1. La production du fil machine en cuivre 52
III.6.2 Tréfilage (Cuivre, aluminium et almélec) 52
III.6.3. Câblage (Cuivre, aluminium et almélec) 53
III.7. Description de la production au niveau du site un 01 53
III.7.1 Isolation (Cuivre, aluminium et almélec) 53
III.7.2. Assemblage (Cuivre, aluminium et almélec) 54
III.7.3. Bourrage et Gainage (Cuivre, aluminium et almélec) 54
III.7.4. Marquage 55
III.8. Analyse des processus existants 56
III.8.1. Planification du GISB/CSB 56
III.8.2. Organigramme de coordination entre le service planification et les différents structures. 57
III.8.3. Evaluation de la méthode MRP 58
III.9. Opportunité d'amélioration avec LEAN MANUFACTURING 59
III.9.1. Application des TPM et 5S a l'aide de ProjectLibre 60
III.9.2. Application du VSM a l'aide de ProjectLibre 62
III.10. Conclusion 65
Conclusion génerale et Perspectives 66
Bibliographie 68
Annexes 70

Liste des figures

Figure 1: Méthode MRP 5
Figure 2: Méthode MRP II 7
Figure 3: Méthode ERP 9
Figure 4: Maison TPS 12
Figure 5: Étapes conceptuelles du SMED et techniques pratiques 15
Figure 6: Les 8 piliers de la TPM 17
Figure 7: La méthode 5S 21
Figure 8: Les niveaux d'amélioration du VSM 22
Figure 9: La gamme de production. 30
Figure 10: Diagramme de Pareto. 33
Figure 11: Opération de changement de bobine. 35
Figure 12: Emplacement de l'arbre préparé. 37
Figure 13: Localisation géographique. 43
Figure 14: Matière première en cuivre 8 mm 49
Figure 15: Matière première en aluminium 9 mm 50
Figure16 : Structure production site 2. 51
Figure 17: Structure production site 1. 51
Figure 18: Tréfilage de cuivre. 52
Figure 19: Processus de câblage. 53
Figure 20: Isolation des câbles électriques. 53
Figure 21: Assemblage des câbles. 54
Figure 22: Bourrage et gainage. 54
Figure 23: Marquage. 55
Figure 24 : Organigramme de coordination 57
Figure 25: Logiciel Projectlibre 59
Figure 26: Liste des taches TPM, 5S 60
Figure 27: Liste des resources TPM,5S 61
Figure 28: Gantt TPM, 5S 61
Figure 29: Liste des taches VSM 63
Figure 30: Liste des ressources VSM 63
Figure 31: Gantt VSM 64

Liste des tableaux

Tableau 1: Les symboles du shéma VSM 23
Tableau 2: Familles des produits 28
Tableau 3:Analyse de déroulement 32
Tableau 4: Opération de changement de bobine. 35
Tableau 5: Les aspects de comparaison entre les méthodes traditionnelles et LM. 40
Tableau 6: Exigences relatives aux essais électriques pour les conducteurs et les câbles 46
Tableau 7: Les machines utilisée dans site 1 et 2 55

Liste des abréviations

MRP : Material Requirements Planning

ERP : Enterprise Resource Planning

MRP II : Manufacturing Resource Planning

LM ; Lean Manufacturing

JIT : Just In Time

IBM : International Business Machines Corporation

MPS : Master Production Schedule

BOM : Bill of Materials

APICS : American Production and Inventory Control Society

PDP : Plan directeur de production

SAP : Systems, Applications and Products

TPS : Toyota Production System

SMED : Single Minute Exchange of Die

TPM : Total Productive Maintenance

JIPM : Japan Institute of Plant Maintenance

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance

OEE : Overall Equipment Efficiency

3M : Machine/Man/Material

5S : Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke

TWI : Training Within Industry

VSM : Value Stream Mapping

MIFA : Material and Information Flow Mapping

OEE : Overall Equipment Efficiency

PET : Production Electrotechnique Tunisie

CSB : Câblerie Sidi Bendehiba

TOM : Taille d'Ondes Mineures

BT : Basse Tension

MT : Moyenne Tension

HT : Haute Tension

HSE : Hygiène-Sécurité-Environnement

PVC : Polychlorure de Vinyle

PRS : Polyéthylène Réticulé

IoT : Internet des objets

IA : Intelligence Artificielle

Introduction générale

Dans le contexte actuel de mondialisation et de compétitivité accrue, les entreprises cherchent constamment à améliorer leurs processus de production afin de réduire les coûts, augmenter l'efficacité et améliorer la qualité des produits. Deux approches dominantes se distinguent dans la planification et la gestion de la production : le lean manufacturing et les méthodes traditionnelles de planification de production. Ce mémoire se propose d'effectuer une étude comparative entre ces deux méthodes, en explorant leurs principes, outils et applications pratiques.

Le lean manufacturing, développé par Toyota, se concentre sur l'élimination des gaspillages, l'amélioration continue et l'optimisation des processus de production. Il utilise plusieurs outils comme le Total Productive Maintenance (TPM), les 5S, le Smed et le Value Stream Mapping (VSM) pour identifier et éliminer les inefficacités. En revanche, les méthodes traditionnelles de planification de production, comme le Material Requirements Planning (MRP), (MRPII) et l'Entreprise Ressources Planning (ERP) se basent sur la planification rigoureuse et la gestion des stocks pour garantir que les matériaux nécessaires à la production sont disponibles au bon moment.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres principaux pour offrir une analyse exhaustive et comparative. Le premier chapitre présente une vue d'ensemble des méthodes traditionnelles de planification de production et des principes fondamentaux du lean manufacturing. Il examine également les principaux outils associés à chaque approche, offrant ainsi une base théorique solide pour la comparaison.

Le deuxième chapitre se concentre sur les outils de comparaison entre les méthodes traditionnelles et le lean manufacturing. Des exemples concrets et des études de cas illustrent comment ces méthodes sont appliquées dans des contextes réels. Ce chapitre analyse les aspects de comparaison tels que la flexibilité, les coûts, l'efficacité et la qualité des produits, en mettant en lumière les aspects de chaque approche.

Le troisième chapitre est dédié à la représentation de l'entreprise GISB, une câblerie, et à l'évaluation de son processus de production actuel basé sur la méthode MRP. Cette section explore en détail les pratiques de planification de GISB, identifie les inefficacités et propose des améliorations basées sur les principes du lean manufacturing. L'utilisation de logiciels spécialisés permet de formuler des propositions d'amélioration concrètes, mettant l'accent sur le TPM, les 5S et le VSM.

Problématique

La problématique centrale de ce mémoire repose sur la question suivante : comment les entreprises manufacturières peuvent-elles optimiser leurs processus de production en choisissant entre les méthodes traditionnelles de planification de production et le lean manufacturing, ou en intégrant les deux approches, afin de répondre aux exigences de flexibilité, d'efficacité et de qualité dans un environnement de plus en plus compétitif ?

Les méthodes traditionnelles offrent une planification rigoureuse et une gestion systématique des stocks, mais peuvent manquer de flexibilité face aux fluctuations du marché et aux perturbations imprévues. En revanche, le lean manufacturing propose une approche dynamique axée sur l'amélioration continue et l'élimination des gaspillages, mais peut nécessiter des changements culturels et organisationnels significatifs pour être pleinement efficace.

- Pour répondre à cette problématique, ce mémoire se propose d'examiner les points suivants Quelles sont les principales différences et similitudes entre les méthodes traditionnelles de planification de production et le lean manufacturing ?
- Quels sont les avantages et les inconvénients de chaque approche en termes de flexibilité, de coûts, d'efficacité et de qualité des produits ?
- Comment une entreprise spécifique, telle que la câblerie GISB, peut-elle évaluer et améliorer ses processus de production en intégrant les principes du lean manufacturing ?
- Quelles recommandations pratiques peuvent être formulées pour aider les entreprises à choisir ou à combiner ces méthodes pour optimiser leur production ?

L'analyse de ces questions permettra de fournir une vue d'ensemble des meilleures pratiques de planification de production et de proposer des solutions adaptées aux besoins spécifiques des entreprises manufacturières. Ce mémoire vise à contribuer de manière significative à la littérature sur la gestion de la production, en offrant des insights précieux et des recommandations concrètes pour l'amélioration des processus de production dans un contexte industriel réel.

Chapitre I : Lean Manufacturing et les méthodes traditionnelles de productions

I.1. Introduction

Dans le monde dynamique de la fabrication, l'efficacité opérationnelle est essentielle pour rester compétitif. Le lean manufacturing s'est imposé comme une philosophie incontournable, axée sur l'élimination des gaspillages et l'optimisation des processus. En parallèle, les méthodes traditionnelles de planification de la production ont longtemps été utilisées pour organiser les opérations quotidiennes avec précision.

Ce chapitre explore les fondements du lean manufacturing, une approche éprouvée pour optimiser les processus de production. En parallèle, il examinera les méthodes traditionnelles de planification de la production, offrant ainsi un aperçu complet des outils et techniques disponibles pour améliorer l'efficacité opérationnelle dans le domaine de la fabrication.

I.2. Concept de base de la production industrielle

La production englobe toutes les activités nécessaires à la création d'un bien ou d'un service en utilisant divers facteurs tels que la main-d'œuvre, les machines, les matières premières et les capitaux. Cela s'applique aussi bien à l'industrie qu'aux services. Elle consiste à transformer les ressources disponibles pour générer des biens et des services, comprenant des équipements, des travailleurs, des matières premières et des données techniques. L'objectif principal de la production est de combiner ces éléments pour satisfaire les besoins des clients en leur offrant des produits et des services adaptés.

- **Production en flux poussés**

La production en flux poussés consiste à fabriquer des produits en se basant sur les prévisions de vente ou les commandes confirmées des clients. Les instructions de fabrication sont transmises progressivement pour répondre aux besoins anticipés. Ce mode de production peut entraîner des interruptions de flux, intentionnelles ou accidentelles, pouvant affecter les délais de livraison. En général, il prévoit une marge de manœuvre pour gérer les défauts tout au long de la chaîne de production.

- **Production en flux tirés**

La production en flux tirés implique de fabriquer des produits en fonction de la demande réelle, remplaçant ainsi ceux qui ont été vendus. Les instructions de fabrication sont données en fonction des besoins actuels, et non des prévisions de vente. Dans le domaine de la construction, cela signifie que dès qu'une tâche est terminée ou sur le point de l'être, les entreprises suivantes sont informées pour prendre la suite, assurant ainsi une réponse précise aux attentes du client dans les délais impartis. [1]

- **Evolution de la planification de la production**

Historiquement, La planification de la production remonte à plusieurs siècles, mais elle a connu des développements significatifs au cours des deux derniers siècles avec l'avènement de l'industrialisation et l'évolution des méthodes de gestion. Voici un bref aperçu de son évolution

Avant l'ère industrielle, la production était souvent artisanale et basée sur la demande locale. Les artisans produisaient des biens à petite échelle, en fonction des commandes des clients et ressources disponibles localement.

Avec la révolution industrielle du 18e et 19e siècle, la production est passée à grande échelle dans les usines, avec l'introduction de machines et de méthodes de production standardisées. La planification était souvent rudimentaire et basée sur des prévisions de la demande à court terme.

Au début du 20e siècle, des méthodes rudimentaires de planification de la production ont été développées, notamment des techniques de gestion des stocks pour minimiser les pénuries et les excédents de matériaux.

Dans les années 1970, la méthode MRP (Material Requirements Planning) a été développée pour aider les entreprises à planifier leurs besoins en matières premières, en composants et en produits finis en fonction de la demande prévue. Cela a marqué le début de l'informatisation de la planification de la production.

À la fin du 20e siècle, les systèmes ERP (Enterprise Resource Planning) sont devenus populaires, intégrant la planification de la production avec d'autres processus commerciaux tels que la gestion des stocks, la finance et les ressources humaines.

Le concept de Lean Manufacturing, inspiré du JIT, est devenu populaire dans les années 2000. Il met l'accent sur l'optimisation des processus en éliminant les gaspillages de ressources et en

maximisant la valeur pour le client. Au fil du temps, la planification de production est devenue de plus en plus sophistiquée, intégrant des technologies avancées telles que l'informatique en nuage, l'analyse des données et l'intelligence artificielle pour améliorer l'efficacité opérationnelle et la réactivité aux changements du marché. [1]

I.3. Les méthodes traditionnelles de la planification de production

I.3.1. MRP (Material Requirement Plannig)

a. Description du MRP

Le système MRP a été initié dans les années 1970 et a été dirigé par une équipe d'innovateurs d'IBM composée de Joe Orlicky, George PlossI et Ollie Wright, qui cherchaient à créer une méthodologie structurée pour la planification et l'ordonnancement des matériaux pour des produits manufacturés complexes. Au cours des 30 dernières années, le MRP a engendré toute une industrie dans les secteurs de la fabrication et des services professionnels.

La planification des besoins en matériaux est un processus essentiel dans la gestion efficace de la chaîne d'approvisionnement d'une entreprise. Elle consiste à déterminer quels matériaux sont nécessaires, en quelle quantité et à quel moment, afin de répondre aux besoins de production de manière optimale. Cette planification permet d'éviter les ruptures de stock, de minimiser les coûts d'inventaire et d'optimiser la production en fonction des ressources disponibles. En bref, la planification des besoins en matériaux vise à garantir que les bons matériaux sont disponibles au bon moment, au bon endroit et en quantité suffisante pour soutenir les opérations de l'entreprise. [2]

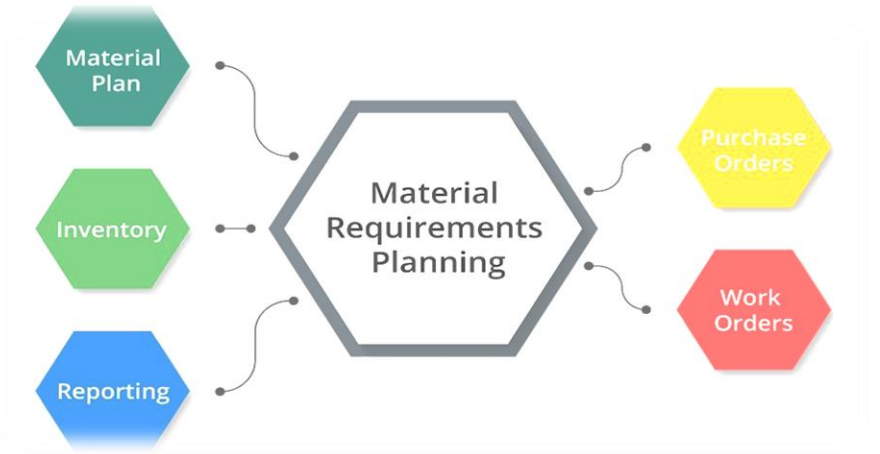


Figure 1: Méthode MRP [2]

b. Principe du MRP

Le MRP est basé sur un plan de production de produits finis, qui est converti en une liste d'exigences pour les sous-ensembles, les composants et les matières premiers nécessaires pour fabriquer le produit final dans les délais établis. En d'autres termes, c'est essentiellement un système pour déterminer les matériaux et les éléments nécessaires à la fabrication d'un produit spécifique. Les fabricants peuvent comprendre les besoins en stocks grâce au MRP tout en équilibrant l'offre et la demande. Cette technologie fournit aux gestionnaires des informations importantes sur les besoins en main-d'œuvre et en fournitures en analysant les données brutes, Ce qui peut aider les entreprises à produire plus efficacement.

Les systèmes de planification des besoins en matériaux incluent généralement ces fonctionnalités de base :

- Le calendrier directeur de production (MPS) établit une corrélation entre la demande et la capacité de fabrication. Il détermine ce qui doit être produit, quand et en quelle quantité.
- Les étapes et les éléments nécessaires à la création d'un produit sont répertoriés dans la nomenclature (BOM). Il permet de mesurer les besoins et de planifier la production.
- La gestion des stocks surveille et maintient les stocks nécessaires des composants requis et surveille les achats. L'estimation du délai de livraison calcule le délai de production et d'expédition des produits finis ainsi que le délai de réception des matières premières (délai de livraison des matériaux).

c. Domaines d’applications du MRP

Le MRP, ou Planification des Besoins en Matériaux, est largement utilisé dans divers secteurs de l'industrie manufacturière pour planifier et gérer efficacement les besoins en matériaux et en composants. Voici quelques-uns des domaines d'application clés du MRP :

- ✓ Fabrication discrète;
- ✓ Gestion des stocks;
- ✓ Planification de la production;
- ✓ Gestion des fournisseurs;
- ✓ Coordination des opérations.

le MRP est un outil essentiel pour les entreprises cherchant à optimiser leur chaîne d'approvisionnement, à réduire les coûts et à améliorer leur efficacité opérationnelle dans un large éventail d'industries.

I.3.2. MRP II (Manufacturing Resource Planning)

a. Description du MRP II

Initialement, les systèmes MRP étaient exécutés sur de grands ordinateurs centraux coûtant des milliers de dollars et nécessitaient de grands effectifs techniques pour les soutenir. Cependant, dans les années 1980, ils ont subi des raffinements qui ont vu l'inclusion de modules disparates et l'ajout de préoccupations commerciales critiques telles que la comptabilité des coûts et la Planification des Besoins en Capacité. Cela a donné naissance à une nouvelle génération de système appelée MRP II.

La Planification des Ressources de Fabrication (MRP II) est définie par l'American Production and Inventory Control Society (APICS) comme une méthode pour planifier efficacement toutes les ressources d'une entreprise de fabrication. Elle découle directement du système de Planification des Besoins en Matériaux (MRP), qui utilise des techniques reposant sur des nomenclatures, des données d'inventaire et un calendrier de production principal pour déterminer les besoins en matériaux des entreprises de fabrication. [2]



Figure 2: Méthode MRP II [2]

b. Principe du MRP II

Le MRP II (Manufacturing Resource Planning) intègre non seulement la planification des besoins en matériaux, mais également la planification des ressources humaines, des équipements et des capacités de production pour répondre de manière plus globale aux exigences de production.

Cette méthode fonctionne comme suit :

- ✓ **Collecte des données** : Le processus débute par la collecte des données pertinentes, telles que les prévisions de ventes, les commandes clients, les niveaux de stock actuels, les capacités de production, les délais de livraison des fournisseurs, et les temps de traitement des commandes.
- ✓ **Planification des ventes et des opérations (S&OP)** : Le MRP II intègre souvent une étape de planification des ventes et des opérations (S&OP) où les prévisions de ventes sont comparées aux capacités de production disponibles pour identifier les écarts et élaborer un plan de production global.
- ✓ **Plan directeur de production (PDP)** : Sur la base des résultats de la planification S&OP, un plan directeur de production est établi pour déterminer les quantités de produits à produire sur une période donnée, généralement sur une période de six à douze mois.
- ✓ **Planification des ressources** : Le MRP II prend ensuite en compte les capacités de production disponibles, y compris la main-d'œuvre, les équipements, et les matériaux, pour planifier les ressources nécessaires à la production de manière à répondre au plan directeur de production.
- ✓ **Calcul des besoins en matériaux** : Une fois que les ressources de production sont planifiées, le MRP II calcule les besoins en matériaux en fonction des demandes de produits finis, des quantités à produire, des niveaux de stock actuels et des délais de livraison des fournisseurs.
- ✓ **Ordonnancement de la production** : Enfin, le MRP II génère des ordres de fabrication et des ordres d'achat pour déclencher la production et l'approvisionnement des matériaux nécessaires afin de respecter le plan de production établi. [2]

c. Domaines d'application du MRP II

Le MRP II, ou Manufacturing Resource Planning (Planification des ressources de fabrication), élargit les capacités du MRP en intégrant des fonctions telles que la planification de la production, la gestion des capacités, la gestion des stocks, la gestion des achats et la gestion financière. Ses domaines d'application comprennent la synchronisation des opérations de production, l'optimisation des ressources humaines, la gestion des achats et l'amélioration de la planification stratégique de l'entreprise.

I.3.3. ERP (Entreprise Resource planning)

a. Description du ERP

En 1990, Les premiers systèmes ERP sont apparus, intégrant divers processus commerciaux en un seul système informatique. Des entreprises comme SAP et Oracle ont commencé à développer des solutions ERP.

L'ERP est celle d'une évolution constante pour répondre aux besoins changeants des entreprises en matière de gestion intégrée des ressources. [3]

L'ERP dans la planification de production est des solutions informatiques intégrées conçues pour aider les entreprises à planifier, organiser et exécuter leurs activités de fabrication de manière efficace. Cette méthode intègre les processus de planification de la production avec d'autres fonctions commerciales telles que les ventes, les achats, la gestion des stocks et la logistique, offrant une vue d'ensemble complète de l'ensemble du processus de production dans le cadre du MRP.



Figure 3: Méthode ERP [3]

b. Principe du ERP

Le principe des systèmes ERP dans la planification de production repose sur une série de fonctionnalités clés, notamment :

- La gestion des ordres de production : Les systèmes ERP permettent de créer, de gérer et de suivre les ordres de production, en déterminant les ressources nécessaires, les délais de production et les priorités.

- La planification des capacités : Les systèmes ERP fournissent des outils pour évaluer et planifier les capacités de production, en tenant compte des ressources disponibles, des contraintes de capacité et des fluctuations de la demande.

- La gestion des stocks et des approvisionnements : Les systèmes ERP assurent une gestion efficace des stocks en synchronisant les niveaux de stock avec les besoins de production, en générant automatiquement des commandes d'approvisionnement et en optimisant les niveaux de stock pour minimiser les coûts.

- L'ordonnancement des opérations : Les systèmes ERP permettent de planifier et d'ordonnancer les opérations de production de manière optimale, en tenant compte des contraintes de temps, des délais de livraison et des priorités de production. [3]

c. Dommaine d’application du ERP

La méthode ERP, ou Enterprise Resource Planning est conçu pour gérer les processus commerciaux de l'ensemble de l'entreprise. Leur domaine d'application englobe tous les secteurs d'une entreprise, y compris la gestion des opérations, des finances, des ressources humaines, de la chaîne d'approvisionnement et de la relation client. En bref, ERP est utilisé dans pratiquement tous les aspects de l'entreprise pour optimiser les processus, améliorer la collaboration entre les départements et fournir une visibilité globale des activités de planification ou gestion des taches.

I.4. Lean Manufacturing

a. Description du LM

Le Lean Manufacturing est une démarche basée sur deux piliers principaux : les activités créatrices de valeur et l‟élimination des gaspillages. Il distingue donc les activités à valeur ajoutée des activités sans valeur ajoutée et exploite des outils pour réaliser son objectif d'élimination des gaspillages. Il trouve son origine dans les pratiques d'Henry Ford de 1913, qui établissaient une organisation hautement productive basée sur le concept « Flux ». Ford a introduit des concepts clés, tels que la standardisation des produits, des pièces et des tâches de production, la réduction des pertes et l'adoption du concept de juste-à-temps. En 1950, l'entrepreneur japonais Eiji Toyoda a découvert des opportunités d'amélioration des systèmes de production, ce qui a conduit au système de production Toyota (TPS). TPS s'est concentré sur la production la plus juste, en tenant compte des besoins des clients, des lignes flexibles et de l'implication des fournisseurs. Le TPS a été reconnu lors de la crise pétrolière de 1973 et est devenu largement utilisé dans tous les secteurs industriels.

b. Principe du LM

Lean Manufacturing largement répandue dans des divers secteurs industriels à l'échelle mondiale, ayant ses origines dans le système de production mis au point par Toyota. Le Lean est défini comme une approche systématique qui vise à identifier et éliminer tous les gaspillages (activités à non-valeur ajoutée) au travers d'une amélioration continue en vue d'atteindre l'excellence industrielle. [4] La principale priorité du Lean Manufacturing est d’éliminer gaspillage grâce à l’amélioration continue. Identification des processus qui conduisent au gaspillage sont la clé de la mise en œuvre de Lean manufacturing. [5]

Il est possible de formuler la différenciation du lean des autres systèmes de production en se basant sur quatre caractéristiques distinctives théoriques [6]:

- Les ressources sont plus générales, moins spécifiques à un produit
- Les stocks tampons et les lots sont de taille réduite,
- L’autorité est décentralisée
- Il y a un haut degré d’imbrication de l’activité de conception et des tâches d’exécution de production.

Le Système de Production Toyota (TPS) est une approche de gestion de la production développée par Toyota, axée sur l'élimination du gaspillage, l'amélioration continue et la qualité. Il vise à optimiser les processus de fabrication pour répondre efficacement à la demande des clients tout en minimisant les coûts et les ressources utilisées. ses racines dans les années 1950 au Japon, où Toyota a dû faire face à des ressources limitées et des défis de compétitivité. En réponse, Toyota a développé progressivement des techniques telles que le juste-à-temps (JIT), le Jidoka (autocontrôle), et le Kaizen (amélioration continue).Au fil des décennies, le TPS a continué à évoluer pour intégrer de nouvelles technologies, concepts et meilleures pratiques de l'industrie, tout en maintenant ses principes fondamentaux.

Les piliers du TPS sont les principes fondamentaux qui guident sa mise en œuvre et son fonctionnement efficace. Ces piliers comprennent généralement :

- ✓ **Juste-à-temps(JIT) :** Produire ce dont le client a besoin, au moment où il en a besoin, en quantité nécessaire.
- ✓ **Jidoka :** La capacité à arrêter la production en cas de problème de qualité, associée à l'autonomation, où les machines ont la capacité de détecter les anomalies et de s'arrêter automatiquement.
- ✓ **Kaizen :** L'amélioration continue des processus et des opérations à tous les niveaux de l'organisation, encouragée et réalisée par tous les employés.
- ✓ **Respect des employés :** Reconnaître la valeur des employés en tant que ressources précieuses, les impliquer activement dans les processus d'amélioration et leur offrir un environnement de travail sûr et stimulant.

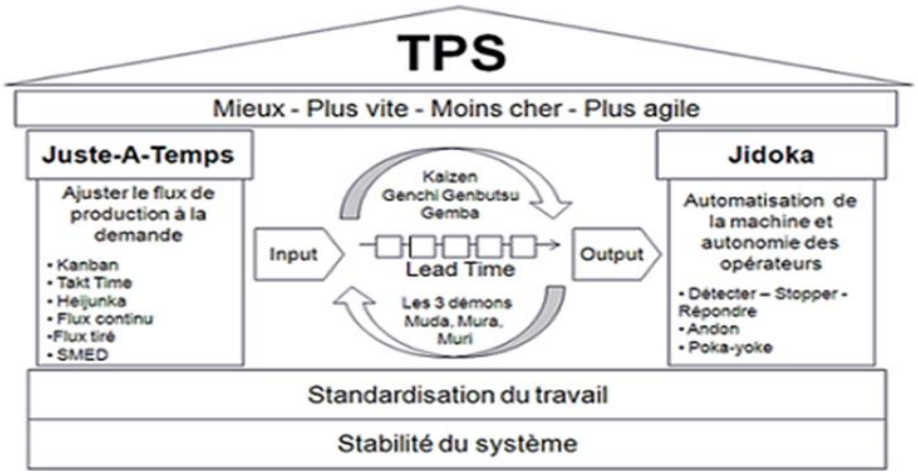


Figure 4: Maison TPS [4]

Les fondations du TPS qui représentent les valeurs, la vision et la culture d'entreprise sur lesquelles repose l'ensemble du système. Cela comprend l'engagement envers la qualité, l'innovation, le respect des personnes et la satisfaction du client. Des fondations solides sont essentielles pour soutenir et maintenir avec succès le TPS dans une organisation.

Les gaspillages se présentent sous trois formes) [4]:

- Muri : situations qui conduisent à l'excès, au déraisonnable (par ex. matériel ou matière achetée en excès);
- Mura : désigne l'irrégularité du système de fabrication (variation autour du fonctionnement nominal);
- Muda : désigne toutes les activités qui viennent s'ajouter au processus sans contribuer à créer de la valeur ajoutée. Muda signifie gâchis en japonais et peut se décliner selon sept types :
  - ✓ Gaspillages venant de la surproduction,
  - ✓ Gaspillages venant de temps d'attente,
  - ✓ Gaspillages occasionnés par les transports,
  - ✓ Gaspillages dus aux stocks inutiles (matière première, produits finis),
  - ✓ Gaspillages dans les processus de fabrication (surqualité…),
  - ✓ Gaspillages dus à des mouvements et déplacements inutiles,
  - ✓ Gaspillages dus à des pièces défectueuses (erreurs, défauts ou oublis).

I.4.1. Les outils du lean manufacturing

I.4.1.1. Le SMED (Single Minute Exchange Die)

a. Description du SMED

La méthode SMED est l'abréviation de l'anglais Single Minute Exchange of Die, littéralement « changement d'outil de presse en un nombre de minutes à un seul chiffre », ou moins littéralement « changement rapide d'outil » a pour objectif de réduire le temps d'un changement de série, et permettre ainsi de réduire la taille de lot minimale.

Elle a été développée par Shigeo Shingo au Japon entre 1950 et 1969. En 1950, lors de son analyse d'une presse pour Toyo Kogyo, il identifie les opérations internes et externes lors d'un changement d'outillage. Il travaillant aux chantiers navals Mitsubishi, il met en place le principe de transformation des opérations internes et externes en construisant une table pour les réglages. En 1969, chez Toyota, il réussit à réduire le délai de montage d'une presse à trois minutes, ce qui conduit à la conceptualisation de la méthode SMED pour un changement rapide d'outillage.

b. Principe du SMED

Le SMED (Single Minute Exchange Die) utilisé pour réduire les temps de changement d'outillage, peut être employé pour flexibiliser tout processus productif ou administratif [7]. Il assure un changement rapide et efficace du produit actuellement en production vers le suivant. Le temps de changement, c'est le laps de temps entre la dernière bonne pièce d'un produit et la première bonne pièce du produit suivant. Ce temps est consacré au nettoyage et au changement des pièces de la machine ainsi qu'à la configuration pour le produit suivant. Une mise en œuvre appropriée du système d'amélioration SMED peut représenter le facteur clé dans un objectif de réduction de la taille des lots, ce qui garantirait une plus grande flexibilité et un meilleur flux de produits dans la zone de fabrication [8].

Durant les différentes étapes du changement, on peut identifier deux catégories d'opérations : **Opérations internes** : celles-ci englobent les tâches effectuées lorsque la machine est à l'arrêt, donc en dehors du processus de production.

Opérations externes : ces opérations sont réalisées lorsque la machine est en fonctionnement, donc pendant la production.

La méthodologie SMED vise à réduire drastiquement les temps de changement de série en production. Elle se décompose en 4 étapes clés : [9]

- ✓ Etape 0 : Les opérations internes et externes ne sont pas distinguées : permet une vision globale du processus avant de procéder à une analyse plus spécifique dans les étapes suivantes.
- ✓ Étape 1 : Séparer la configuration interne et externe : les activités internes ne peuvent être effectuées que lorsque la machine est arrêtée, et les activités externes peuvent être réalisées pendant que la machine est en fonctionnement. L'objectif est de transférer autant de tâches

que possible de la catégorie interne à la catégorie externe afin de minimiser le temps d'arrêt de la production.

- ✓ Étape 2 : Conversion de la configuration interne en configuration externe : le déplacement des activités qui étaient traditionnellement réalisées lorsque la machine était arrêté vers des activités pouvant être effectuées pendant le fonctionnement de la machine. Cela permet de réduire le temps d'arrêt global en optimisant les opérations et en permettant à certaines tâches d'être exécutées en parallèle avec la production normale.
- ✓ Étape 3 : Rationaliser tous les aspects de l'opération de configuration : une analyse minutieuse de chaque étape du processus, l'élimination des gaspillages de temps et de ressources, l'amélioration des outils et équipements, la standardisation des procédures et la formation du personnel. L'objectif est d'optimiser l'efficacité du processus de changement pour réduire le temps nécessaire à la transition entre les différentes séries de production.

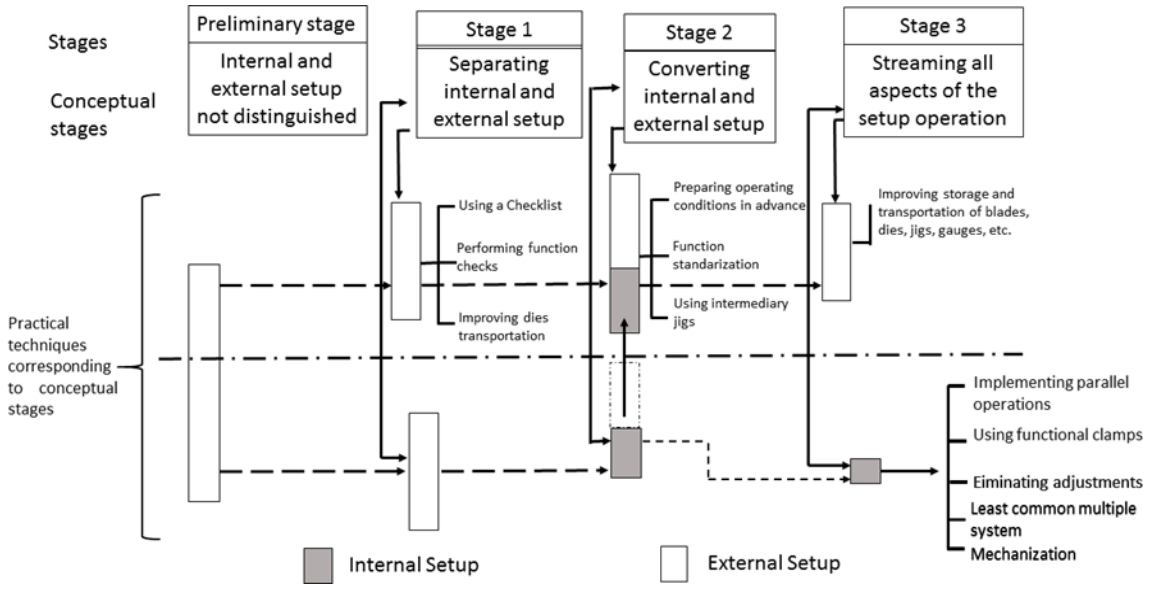


Figure 5: Étapes conceptuelles du SMED et techniques pratiques [10]

c. Domaine d'application du SMED

Le principal domaine d'application de la méthode SMED est l'optimisation des processus de production en réduisant au maximum les temps de changement de série dans un atelier. Elle

s'applique particulièrement bien dans les industries où les changements de séries sont fréquents comme l'automobile, l'agroalimentaire, la plasturgie, la métallurgie, etc. Elle permet de gagner en flexibilité en facilitant les changements rapides de production d'un produit à un autre.

I.4.1.2. TPM (Totale Productive Maintenance)

a. Description du TPM

La Maintenance Productive Totale (TPM) est une approche de maintenance développée par Seiichi Nakajima au Japon dans les années 1970. Nakajima a reconnu que pour un fonctionnement efficace, il était essentiel d'impliquer les équipes de première ligne dans des activités d'amélioration en petits groupes. En 1971, cette philosophie a été concrétisée par l'application du processus TPM. L'une des premières entreprises à adopter cette approche a été Nippondenso, qui produisait des pièces pour Toyota. [11] Ils sont devenus le premier lauréat du prix PM. Un benchmark TPM internationalement accepté développé par le JIPM Seiichi Nakajima est donc considéré comme le père de la TPM [12]**.**

b. Principe du TPM

Maintenance productive totale (TPM) permet de maîtriser efficacement le rendement des outils de production et leur fiabilité [13]**.** Elle décrit une relation synergique parmi toutes les fonctions organisationnelles, mais notamment entre la production et maintenance, pour une amélioration continument de la qualité des produits, opérationnel l'efficacité, l'assurance des capacités et sécurité. L'essence du TPM est que les opérateurs d'équipements de production partagent les efforts de maintenance préventive, aider les mécaniciens à effectuer des réparations lorsque l'équipement est en panne et, ensemble, ils travail sur les équipements et les procédés [14].

Les systèmes de fabrication modernes, la maintenance joue un rôle crucial en tant qu'activité rentable pour les entreprises. Le Total Productive Maintenance (TPM) repose sur huit piliers, selon Sangameshwran et Jagannathan (2002), et est promu par l'Institut japonais de maintenance des usines (JIPM). Le TPM comprend les huit piliers suivants :

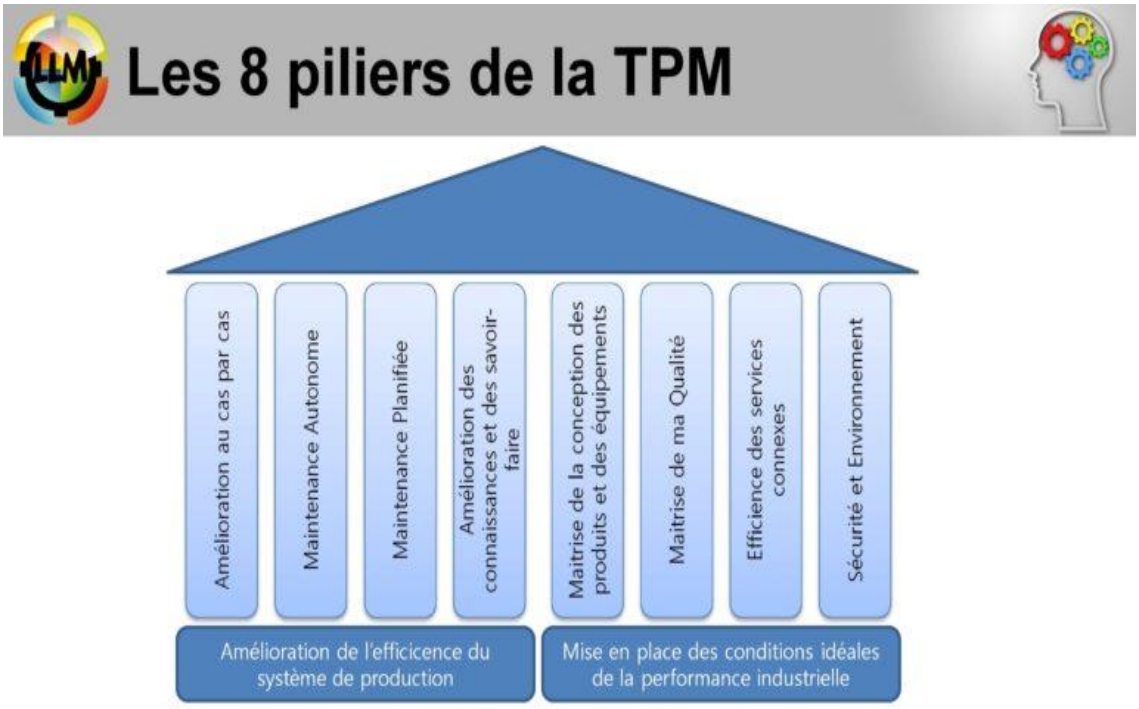


Figure 6:Les 8 piliers de la TPM [14]

1. Améliorations au cas par cas Kobetsu Kaizen
   - ✓ Identification et élimination systématique de 16 pertes
   - ✓ Élaborer la structure des pertes et les atténuer grâce à pourquoi-pourquoi structuré, analyse AMDEC.
   - ✓ Améliorer l'efficacité du système OEE amélioré sur les systèmes de production.
2. Maintenance autonome Jishu-Hozen
   - ✓ Favoriser la propriété de l'opérateur
   - ✓ Effectuer le nettoyage, la lubrification, le serrage, le réglage, inspection, réajustement sur les équipements de production
3. Maintenance planifiée
   - ✓ Planification de systèmes Maintenance Préventive, Maintenance Conditionnelle et Maintenance Basée sur la Fiabilité efficaces et efficients sur le cycle de vie de l'équipement.

- ✓ Etablir des fiches de contrôle de la maintenance préventive.

4. Amélioration des connaissances et des savoir-faire

- ✓ Transmettre des compétences technologiques, de contrôle qualité et relationnelles polyvalence des salariés.
- ✓ Aligner les employés sur les objectifs de l'organisation.
- ✓ Évaluation et mise à jour périodiques des compétences.

5. Gestion de développement

- ✓ Problèmes minimes et fonctionnement à temps sur un nouvel équipement
- ✓ Utiliser l'apprentissage des systèmes existants vers les nouveaux systèmes
- ✓ Initiatives d'amélioration de la maintenance

6. Maintenance de la Qualité

- ✓ Atteindre le zéro défaut
- ✓ Suivre et résoudre les problèmes d'équipement et leurs causes profondes
- ✓ Définition des conditions 3M (Machine/Man/Material)

7. TPM dans les bureaux

- ✓ Améliorer la synergie entre les différentes fonctions de l'entreprise
- ✓ Supprimer les tracas du processus
- ✓ Se concentrer sur la résolution des problèmes liés aux coûts
- ✓ Appliquer les 5S au bureau et dans les zones de travail

8. Sécurité, santé et environnement

- ✓ Assurer un environnement de travail sûr
- ✓ Offrir un environnement de travail approprié
- ✓ Éliminer les incidents de blessures et d'accidents
- ✓ Fournir des procédures opérationnelles standard

c. Domaine d’application du TPM

La méthode TPM (Total Productive Maintenance ou Maintenance Productive Totale) est une approche globale d'optimisation des équipements de production qui trouve son large domaine d'application dans les industries manufacturières et d'assemblage.Dans les industries de fabrication et de production tel que :

- ✓ Usines d'assemblage (automobile, électronique, etc.)
- ✓ Ateliers de production (agroalimentaire, chimie, métallurgie, etc.)
- ✓ Lignes de production automatisées

Dans le Secteur de la maintenance industrielle pour :

- ✓ Maintenance préventive et prédictive des équipements
- ✓ Optimisation des plans de maintenance
- ✓ Formation du personnel de maintenance

Pour l’amélioration de la productivité :

- ✓ Réduction des temps d'arrêt non planifiés
- ✓ Maximisation de l'efficacité des équipements
- ✓ Amélioration continue des processus de production

Pour le contrôle de la qualité :

- ✓ Réduction des défauts et des rebuts
- ✓ Stabilisation des processus
- ✓ Garantie de la qualité des produits

I.4.1.3 .Méthode 5S

a. Description du 5S

Les 5S, une méthodologie de gestion de l'environnement de travail visant à améliorer l'efficacité et la productivité, ont une origine complexe qui remonte à plusieurs influences. Initialement popularisés au Japon dans les années 70 et 80, les 5S ont été formalisés sur la base du

programme américain TWI (Training Within Industry), qui était en place pendant la Seconde Guerre mondiale et repris par le Japon lors de sa reconstruction.

Il est intéressant de noter que les principes sous-jacents aux 5S, tels que l'ordre et la propreté, étaient déjà présents en Occident avant leur formalisation au Japon. En effet, l'importance de maintenir un environnement de travail organisé et propre a été reconnue bien avant l'émergence des 5S.

L'outil 5S commence par l'aménagement de l'espace physique mais qui doit aboutir rapidement à la mise en place du management dit de proximité consiste en cinq étapes pour éliminer les distractions dans l'espace de travail. Son but est d'établir une discipline pour maintenir un environnement de travail bien rangé, ce qui favorise la qualité et la production juste à temps. [15]

b. Principe du 5S

L'outil 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu et Shitsuke) permet d'éliminer ce qui est inutile, définir une place pour chaque chose, nettoyer, définir les gammes et procédures nécessaires enfin auditer et mesurer l'amélioration. Il permet un meilleur contrôle de l'environnement sur le terrain. [16] :

- ✓ **Seiri :** (Supprimer) éliminer tout ce qui est inutile ou superflu dans l'environnement de travail pour améliorer l'efficacité et la productivité.
- ✓ **Seiton :** (Situer) consiste à organiser de manière méthodique les éléments restants en leur attribuant des emplacements précis pour faciliter leur utilisation. Ce principe est résumé par la phrase : "Une place pour chaque chose et chaque chose à sa place."
- ✓ **Seiso :** (scintiller) garder un espace de travail propre, implique de nettoyer et d'inspecter régulièrement l'espace de travail, y compris tous les équipements de production tels que les outils, les matières premières, les produits et les machines.
- ✓ **Seiketsu :** (Standardiser) rendre la règle accessible et facilement compréhensible pour tout individu externe au groupe.
- ✓ **Shitsuke :** (Suivi) Impliquer un individu ne se limite pas à lui assigner une tâche, mais à lui faire prendre conscience des améliorations potentielles et à maintenir la stabilité de l'environnement de travail.



Figure 7: La méthode 5S [16]

c. Domaine d'application du 5S

La méthode des 5S s'applique à tous les environnements de travail manuels ou bureaux et services (Espaces de bureaux, centres d'appels, …) , aussi les usines tel que les ateliers de production , usines d'assemblage aux entrepôts en passant par les ateliers de maintenance et de réparation (Garages automobiles, Ateliers de mécanique …), ainsi dans hôpitaux et les établissements de soins de santé utilisent les 5S pour maintenir des environnements propres et sûrs, réduire les risques d'infections nosocomiales, et améliorer l'efficacité des opérations cliniques et administratives.

I.4.1.4. VSM (Value Stream Mapping)

a. Description du VSM

Le Value Stream Mapping (VSM) aussi appelée Material and Information Flow Mapping ou Material and Information Flow Analysis (MIFA), ou analyse de la chaîne de la valeur a émergé du Toyota Production System (TPS) dans les années 1950 et 1960, visant à optimiser les processus de fabrication en éliminant les gaspillages et en maximisant la valeur pour le client. Le concept de cartographie des flux de valeur a été développé pour mieux comprendre les flux de travail et identifier les opportunités d'amélioration. En 1999, Mike Rother et John Shook ont

formellement introduit le VSM dans leur livre "Learning to See : Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda", popularisant son utilisation comme outil d'analyse et d'amélioration des processus Lean. Depuis lors, le VSM s'est étendu à d'autres industries en raison de sa simplicité et de son efficacité dans l'identification des opportunités d'amélioration.

b. Principe du VSM

VSM est un outil lean d'analyse de toutes les étapes de réalisation d'un produit ou service jusqu'à sa disponibilité pour le client final. Le résultat est une représentation visuelle simple et claire destinée à identifier les améliorations possibles de l'ensemble de la chaîne de valeur et non une étape en particulier [17].

Le value Stream mapping décrit toutes les étapes à valeur ajoutée et sans valeur ajoutée qui amènent un produit d'un état initial à un état final. Cet outil amène à travailler sur un ensemble et non une partie : sur une ligne de production, le VSM ne s'attache pas à une machine de la ligne en particulier mais à l'ensemble de celles-ci. La plupart du temps, le VSM se limite à l'entreprise même, mais il peut être utile d'incorporer l'approvisionnement en amont et la livraison aux clients en aval.

La méthode VSM nécessite un travail d'équipe et encourage les participants à l'activité à suggérer des améliorations et de contribuer à la mise en œuvre d'un plan d'action. Comme avec n'importe quel ensemble d'outils de Lean management, le but principal du VSM est d'améliorer les processus.

Le VSM a également l'avantage de catégoriser l'activité des processus en trois domaines principaux: valeur ajoutée, non-valeur (mais nécessaire), et les déchets.

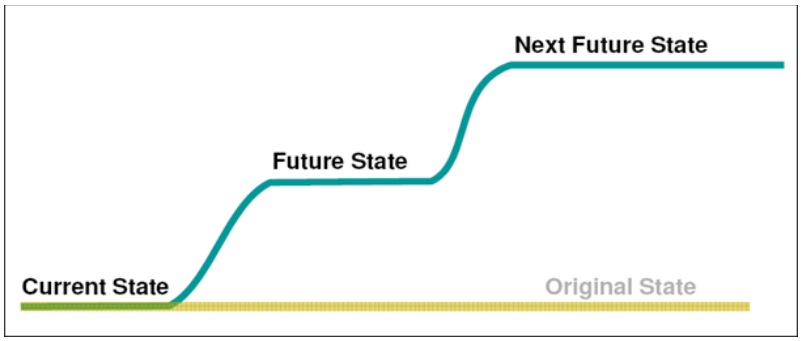
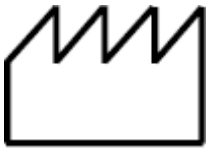
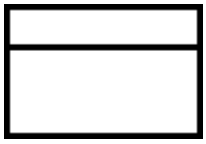
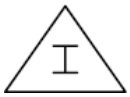
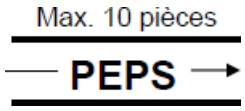
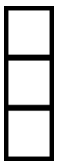


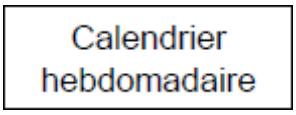
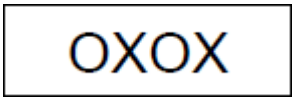
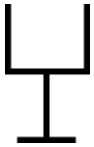
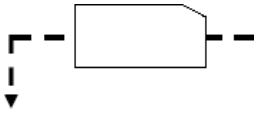
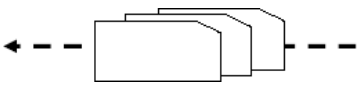
Figure 8:Les niveaux d'amélioration du VSM [17]

Le schéma VSM se fait en utilisant des symboles spécifiques appelés pictogrammes. Les pictogrammes les plus usuels sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 1: Les symboles du shéma VSM [17]

Pictogramme	**Description**
	Clients et fournisseurs : représente le fournisseur quand il figure dans le coin supérieur gauche, le client quand est en haut à droite, le point final habituel pour le matériel
	Processus ou activités : un processus, une activité, la machine ou le département à travers lequel transitent les flux de matières. Il représente un département avec un débit interne fixe et continu.
	Expédition par camion : envois du fournisseur vers le client utilisant les transports externes.
	Point d'inventaire (Stock) : montrer les stocks entre deux processus.
	Dépôt de stockage : un inventaire "supermarché" (Kanban Stockpoint).
	Flèche de flux poussé : Représente la «poussée» de matériaux d'un processus à l'étape suivante.
	Produits acheminés vers le client : représente le mouvement des matières premières depuis les fournisseurs vers le quai de réception de l'usine. Ou, le mouvement des produits finis à la sortie de l'usine vers les clients

	Cellule de travail : indique que de multiples processus sont intégrés dans une cellule de travail.
	Ecoulement : premier entré, premier sortie (FIFO),
	Flux tiré : supermarchés se connectent à des procédés en aval. Le symbole "Pull" qui indique l'élimination physique.
	Stock de sécurité : représente un inventaire de couverture (ou stock de sécurité) contre des problèmes tels que les temps d'arrêt, pour protéger le système contre les fluctuations brusques des commandes des clients ou des défaillances du système.
	Opérateur : représente un opérateur. Il indique le nombre d'opérateurs nécessaires pour traiter la tâche à un poste de travail particulier
	Amélioration Kaizen : utilisé pour mettre en évidence les besoins d'amélioration à des processus spécifiques qui sont essentielles pour atteindre l'état futur du VSM.
	Information transmise électroniquement : Cette flèche de manœuvre représente flux électronique comme l'échange de données informatisées (EDI), l'Internet, les intranets, les réseaux locaux, et les réseaux étendus. Vous pouvez indiquer la fréquence de l'échange d'informations ou de données, le type de support utilisé, exp. fax, téléphone, etc., et le type de données échangées.

	Information transmise manuellement : une flèche droite montre le flux d'information générale, de rapports ou de conversation. La fréquence et autres notes peuvent être pertinents.
	Calendrier de travail
	Case de lissage de la charge : un outil de Kanbans de lots afin de niveler le volume de production et mélanger pendant une période de temps.
	Kanban de signalisation : utilisés chaque fois que les niveaux de stocks dans le supermarché entre deux processus chutent à un niveau minimum. Il est également indiqué comme Kanban "one-per-batch".
	Poste Kanban : un endroit où les signaux (cartes) kanban se rassemblent pour le ramassage.
	Go See : collecte d'informations par des moyens visuels.
	Carte Kanban de prélèvement
	Carte Kanban de production
	Carte Kanban par lots

c. Domaine d’application du VSM

La cartographie des chaînes de valeur, ou Value Stream Mapping (VSM), est un outil Lean largement utilisé dans divers domaines et secteurs d'activité. Il trouve des applications significatives dans l'industrie manufacturière, les services, les projets de développement de produits, le secteur public et même dans le domaine de la vente au détail.

Dans l'industrie manufacturière, le VSM est utilisé pour cartographier et analyser les processus de production dans des contextes tels que les usines d'assemblage (automobile, aéronautique, électronique). Aussi les ateliers de production dans des secteurs comme l'agroalimentaire, la chimie et la métallurgie. Il aide à visualiser et à comprendre les flux de travail dans les lignes de production, permettant ainsi d'identifier les sources de gaspillage et d'optimiser les processus.

Dans le domaine des services, le VSM est appliqué aux processus administratifs (comme les ressources humaines et la finance), aux chaînes logistiques et à la gestion de la supply chain, ainsi qu'aux flux de travail dans le secteur hospitalier, notamment pour optimiser les flux de patients et les processus cliniques. [18]

I.5. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a exploré deux approches distinctes mais complémentaires de la gestion de la production. Le lean manufacturing offre des méthodes agiles et axées sur l'efficacité pour éliminer les gaspillages et optimiser les processus, tandis que les méthodes traditionnelles de planification de la production fournissent des outils éprouvés pour une gestion rigoureuse des ressources et des calendriers. En intégrant judicieusement ces deux approches, les entreprises peuvent atteindre un équilibre optimal entre la flexibilité et la précision, améliorant ainsi leur compétitivité sur le marché mondial en constante évolution.

Chapitre II : Outils de comparaisons

II.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous explorerons diverses méthodes de planification de la production en mettant l'accent sur les approches traditionnelles telles que les systèmes MRP (Gestion des Besoins en Composants) et MRP2 (Planification des Ressources de Production), ainsi que sur les outils du Lean Manufacturing, notamment le SMED (Changement Rapide de Série), la VSM (Cartographie de la Chaîne de Valeur), Nous avons étudié des exemples concrets d'application de ces méthodes et leurs résultats.

Pour le premier exemple, nous avons mentionné un projet de fin d'études (PFE) intitulé "Etude et implémentation d'une production 'LEAN Manufacturing' dans l'entreprise P-E-T, Production Electrotechnique Tunisie". Ce projet portait sur la mise en œuvre de la Value Stream Mapping (VSM) et de la méthode 5S.

Deuxièmement, nous avons évoqué un autre projet "Implantation du Lean Manufacturing au sein de la zone de conditionnement de couscous", qui traitait de l'application de la méthode SMED (Single Minute Exchange of Die).

Troisièmement, nous avons illustré l'application de la méthode MRP (Material Requirements Planning) pour optimiser le processus d'approvisionnement en matières premières dans une société de plasturgie.

A la fin nous allons faire la comparaison entre les aspects du lean manufacturing et les méthodes traditionnelles de planification des systèmes de productions.

II.2. Exemples d’applications

II.2.1. Etude et implémentation d’une production LEAN Manufacturing dans l’entreprise P-E-T

P-E-T (Production Electrotechnique Tunisie) est une entreprise tunisienne, fondée en 1977 à la région de Sousse est une filiale du groupe allemand E-T-A leader, entièrement tournée vers l'exportation, opérant dans le secteur de l'électricité-électronique depuis plus de 36 ans. Elle se spécialise dans la fabrication de disjoncteurs thermiques destinés à des usages non domestiques, également connus sous le nom de "protection supplémentaire pour équipement". [19]

La production chez P-E-T se concentre sur les disjoncteurs thermiques, des dispositifs conçus pour protéger contre les surcharges en courant et les courts-circuits divers équipements tels que les moteurs électriques, les transformateurs, les vannes magnétiques, les réseaux électriques de bord et les câbles d'alimentation en basse tension. Ces disjoncteurs sont configurés pour déclencher en fonction du courant de surcharge détecté. Lorsque le courant dépasse un seuil prédéfini, un bilame à l'intérieur du disjoncteur se chauffe, déclenchant ainsi l'isolation électrique de l'équipement connecté pour protéger contre les dommages potentiels.

Ces produits sont classés par familles et sous-familles pour lesquelles la conception a des éléments communs, tels que les pièces utilisées ou les modules thermiques qui forment le noyau de l'appareil. Les principales familles de produits sont classées dans le tableau suivant :

Tableau 2: Familles des produits [19]

Famille de produit	Photo	Production annuelle
104/105/106		600.000
1140		150.000
1410		300.000
1110		80.000

3130		200.000
3131		10.000
3120/3140		780.000
2-6400		30.000

II.2.2. Implantation du Lean Manufacturing au sein de la zone de conditionnement de couscous (unité ARZAK)

Le groupe alimentaire Tria Marocain, créé en 1974, est reconnu pour son innovation technologique et la qualité de ses produits meuniers certifiés ISO 9001. Avec 10% de ses ventes à l'export (Europe, Amérique du Nord, Afrique), Tria vise une croissance soutenue. Dans cette optique, le groupe s'est récemment diversifié avec une gamme de conserves, légumineuses, riz et thé sous sa marque.

Pour accroître ses capacités face à la demande, Tria a mis sur pied ARZAK, une nouvelle entreprise spécialisée dans la production de différentes variétés de couscous (fin, moyen, diététique, à l'orge) ainsi que de pâtes alimentaires. [20]



Figure 9: La gamme de production. [20]

II.2.3. La méthode MRP pour l'Amélioration du Processus approvisionnement en Matière Première

L'entreprise de plasturgie se concentre sur la production de produits en polystyrène expansé (PSE). Afin d'optimiser la planification des besoins en matière première PSE et des ressources de production associées, elle met à jour son système d'approvisionnement en utilisant la méthode MRP (Material Requirements Planning). Le MRP est un outil d'aide à la décision qui repose sur les prévisions de ventes, les nomenclatures de produits, les gammes opératoires et les niveaux de stocks. Il calcule, pour chaque période et chaque produit, les besoins en composants en cascade par niveau de nomenclature. Les besoins en PSE, matière plastique utilisée par l'entreprise, seront ainsi calculés grâce au MRP. [21]

II.3. Application des méthodes au sien des entreprises

II.3.1. L'entreprise P-E-T

L'entreprise P-E-T utilisait plusieurs mises en œuvre des outils Lean Manufacturing tels que VSM, 5S et autres… On a choisi VSM, car nous avons déjà parlé de VSM en premier chapitre. Nous allons comparer les indicateurs et le VSM avant et après l'application des améliorations. Suite à des nouvelles priorités dans l'entreprise P-E-T et à l'application de la méthode 5S, ce fait dans le 3ème chapitre. [19]

II.3.1.1. la mise en œuvre de l'outil VSM (Value Stream Mapping)

La cartographie du flux de valeur (VSM) : Une chaîne de valeur représente le cheminement d'un produit à travers ses principaux processus, depuis la matière première jusqu'à sa livraison au client final. Dans ce cas, le flux de développement de produits ne sera pas traité étant donné que cette étape est réalisée par le client. Le VSM est mis en place de la manière suivante :

1. Identification des ilots de production : Dans le cas de cette entreprise, étant donné que les lots de production ont déjà été traités dans le passé et que la production est segmentée par familles de produits partageant les mêmes processus et postes de charge, l'identification d'îlots de production dédiés, qui consisterait à regrouper les opérations similaires, n'est pas nécessaire.
2. Représentation du VSM initial : (**annexe A**)

Pour analyser le déroulement et représenter la cartographie du flux de valeur VSM « *Value Stream Mapping* » nous avons procédé comme suit :

- Commencer par le processus de cartographie en partant de la dernière étape dans la chaîne de production, c'est-à-dire là où le produit fini est obtenu;
- Retracé à l'envers tous les trajets que le produit doit emprunter durant son processus de production;
- Prendre note des données nécessaires tel que : les distances parcourus, les stocks et leurs poids, les durées d'opérations de création de valeur et les temps de réglage de machine.

Pour tracer visuellement la cartographie du flux de valeur (VSM) à l'aide du logiciel Microsoft Visio, ils ont utilisé les pictogrammes appropriés décrits précédemment au chapitre 1. Les étapes suivantes ont été réalisées :

- Recueilli les données sur les quantités typiquement commandées par les clients et calculé le takt- time;
- Représenter les processus de création de valeur dans leur chronologie existante;
- Représenter les triangles des stocks en cours;
- Représenter les flux d'informations et le système de gestion de production centrale;
- Représenter le client et l'acheminement des produits finis (expédition);
- Calculer le délai de production et le temps de traitement (valeur ajoutée)

Tableau 3:Analyse de déroulement [19]

					Distance	Temps	Quantité	Poids	Déroulement
							15000	750kg	Sortie de stock : matière première
						1.6s			Préparation matière première / OF
					92m		2600	130kg	Aller vers le poste de montage
						76.14s			Montage
					30m		3500	175kg	Aller vers le poste de marquage Laser
						4.44s			Marquage Laser
					206m		8000	400kg	Aller vers la salle de réglage (CEL)
						70.14			Réglage du temps de déclenchement
					226m		300	15kg	Aller vers salle de contrôle qualité
						1.8s			Contrôle de qualité externe (électrique)
					108m		300	15kg	Aller vers poste de montage vis
						9.36s			Montage vis
					20m		600	30kg	Aller vers salle d'emballage
						8.76s			Emballage
					25m		50	2,5kg	Aller vers contrôle définitif
						1.2s			Contrôle définitif
					24m		650	32,5kg	Aller vers poste export / livraison

Legende :

Stockage avec opération d'entrée/sortie	Transport ou manutention	Opération de transformation qui apporte de la valeur ajoutée	Stock tampon	Contrôles

II.3.1.2. Amélioration du VSM

Pour l'amélioration du VSM (Value Stream Mapping), on a utilisé le diagramme d'Ishikawa et le diagramme de Pareto :

Le diagramme Ishikawa, appelé aussi diagramme causes-effets, nous avons rassemblé des personnes de divers services pour un brainstorming avec lequel nous avons réfléchi à toutes les causes de gaspillage, selon les 5 dimensions classiques : main d'œuvre, machines, matières, méthodes et milieu de travail. Cet outil a contribué à approfondir l'analyse des causes majeures identifiées. (**Annexe B**).

Le diagramme de Pareto : Le diagramme de Pareto vous permet de prioriser les causes les plus importantes parmi une gamme d'influences, vous guidant vers des actions ciblées pour améliorer la situation. Grâce à la méthode de vote, l'ordre d'importance des causes de gaspillage est déterminé après avoir attribué une pondération de 1 à 10 à chaque cause par les responsables, et ainsi la cause qui génère la plus grande quantité de déchets reçoit la pondération la plus élevée.

Une fois que les causes de gaspillage ont été identifiées et classées dans leur catégorie respective, il est nécessaire de les classer par ordre décroissant en fonction de leur poids. Ensuite, il est nécessaire de calculer le pourcentage de chaque catégorie par rapport au total, ainsi que le pourcentage cumulé en additionnant les pourcentages des différentes catégories dans l'ordre décroissant. Le diagramme de Perato peut être représenté sur Microsoft L'Excel comme suit :

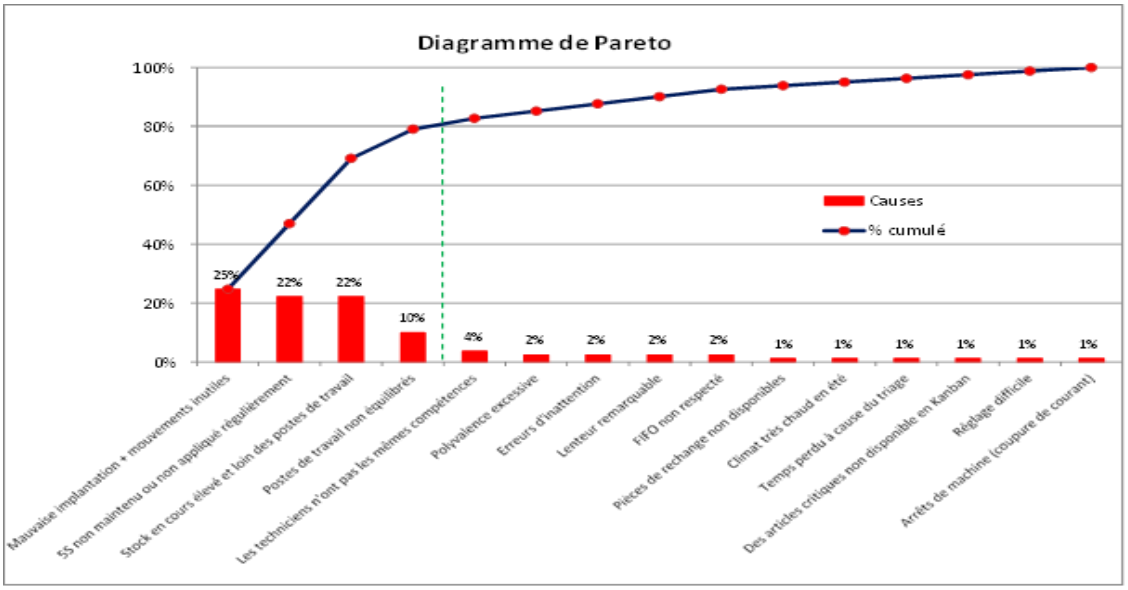


Figure 10:Diagramme de Pareto. [19]

Selon le principe de Pareto, 20 % des causes sont responsables de 80 % du gaspillage. Pour garantir une amélioration rapide et significative, nous devons d'abord nous concentrer sur les causes majeures. Nous avons décidé de mener un projet de première main pour éliminer les trois principales causes : une mauvaise installation, des mouvements inutiles, le non-entretien des 5S et un stock élevé sur le lieu de travail.

II.3.1.3. Résultat d'amélioration du VSM

Cette amélioration a entraîné des bénéfices tangibles qui peuvent être évalués quantitativement, mais il est également important de noter d'autres avantages non quantifiés, tels que :

- Une fluidité accrue du flux de matières et des commandes dans le processus de production.
- Une quasi-élimination des problèmes de mélange de produits lors de leur acheminement en production.
- Une meilleure visibilité permettant une planification plus efficace du lancement des ordres de fabrication.
- Un niveau de stress réduit pour le personnel, désormais moins impacté par les retards, avec un gain d'environ 2 jours sur les délais. [19]
- Une diminution des stocks en attente devant la salle de contrôle électrique, grâce à une meilleure maîtrise des flux (visible sur le VSM actuel) (**Annexe C**).

II.3.2. La zone de conditionnement de couscous (unité ARZAK)

Au niveau de la zone de conditionnement de couscous ils vont décrire la mise œuvre du chantier SMED afin de standardiser la tache de changement de format de couscous (moyen et fin) et de réduire le temps qui lui est consacrée.

II.3.2.1. Mise en œuvre du SMED sur le changement de bobine de polypropylène

L'objectif du chantier SMED est d'établir un mode opératoire standardisé pour le changement de bobine. Cela permettra de réduire les variabilités opérationnelles observées et de minimiser le temps d'arrêt des machines ensacheuses. [20]

La méthode SMED (Single Minute Exchange of Die) se déroule en quatre étapes :

a. Etape 1 : Préparation du chantier

Obtenir l'engagement et l'implication du personnel concerné par le changement est primordial pour la réussite de la démarche. Il est donc essentiel de sensibiliser les opérateurs travaillant sur la machine quant à l'importance cruciale du chantier et des résultats attendus.



Figure 11: opération de changement de bobine [20]

b. Etape 2 : Observations et mesures

Cette étape implique une présence sur le terrain afin d'observer dans les conditions réelles le déroulement de l'opération de changement de bobine. Un enregistrement vidéo est réalisé, puis analysé en présence des opérateurs concernés. Cela permet de relever avec précision la durée de chaque tâche élémentaire, l'outillage utilisé et les éventuels aléas rencontrés. Le tableau suivant présente de manière détaillée les résultats issus de cette observation approfondie :

Tableau 4:Opération de changement de bobine. [20]

N opération	Description	Durée (s)	Externe/Interne	Aléas
1	Se déplacer vers l'emplacement de la Bobine	6	Interne	
2	Détacher le reste du film puis retirer la bobine	14	Interne	

3	Démonter l’ancienne bobine de L’arbre	12	Interne	
4	Monter la nouvelle bobine dans l’arbre	39	Interne	
5	Mettre la bobine a sa place dans la machine	5	Interne	
6	Attacher le film de la nouvelle bobine avec le reste de la précédente	96	Interne	Recherche de Scotch
7	Se déplacer vers la console de réglage de la machine	7	Interne	
8	Tirer le film jusqu’à stabilisation du passage.	43	Interne	
Total		222		

L'analyse établit que le standard de référence pour l'opération de changement de bobine de polypropylène dure 3 minutes et 46 secondes. Cette procédure standardisée, composée d'une succession détaillée de tâches réalisées dans le même ordre, est appliquée de manière identique sur les deux machines ensacheuses Guill1 et Guill2, assurant ainsi une standardisation de l'opération.

c. Etape 3 : Convertir les opérations internes en opérations externes

L'objectif était de convertir un maximum d'opérations internes, nécessitant l'arrêt de la machine, en opérations externes pouvant être réalisées pendant la production. Dans ce cas, un arbre de remplacement disponible a été ajusté pour s'adapter à l'emplacement de la bobine, en réglant la position des mandrins. Désormais, l'opérateur prépare l'arbre avec la nouvelle bobine montée pendant que la machine tourne encore.Lors du changement, il installe simplement cet ensemble pré-équipé à son emplacement. Cette conversion des opérations de montage/démontage de la bobine, auparavant à l'arrêt, a permis un gain de 51 secondes.



Figure 12: Emplacement de l'arbre préparé. [20]

d. Etape 4 : Réduire les opérations internes

Dans cette étape sert a chercher des solutions pour rationaliser et optimiser le temps de changement de bobine, en visant des gains à la fois sur les opérations internes (réalisées machine arrêtée) et externes (pouvant être faites machine en marche).

Parmi les améliorations proposées, c'est de prévoir un emplacement dédié pour ranger le rouleau de scotch, afin d'éviter les pertes de temps liées à sa recherche lors du collage du nouveau film. Egalement aussi suggérer de préparer à l'avance un morceau de scotch sur la machine pour raccourcir cette tâche.

Standardiser l'opération de tirage du film en définissant précisément la longueur à dérouler, au lieu de la faire au jugé. Ceci permet de réduire le gaspillage de polypropylène. [20]

II.3.2.2 Résultat déploiement du SMED sur le changement de bobine de polypropylène dans l'unité ARZAK

L'application efficace de la méthode SMED (Single-Minute Exchange of Die) chez l'unité ARZAK a donné les résultats suivants :

- La standardisation des opérations et la conversion des opérations internes en opérations externes ont permis de réduire considérablement le temps de changement de lame, de 3 minutes et 46 secondes à un temps réduit, réduisant ainsi le temps d'arrêt des ensacheuses.
- La conversion des opérations internes en opérations externes et la réduction des opérations nécessitant l'arrêt de la machine ont permis d'améliorer l'efficacité opérationnelle. Dès lors, les opérateurs ont la possibilité de réaliser certaines tâches

pendant la production en cours, ce qui diminue les interruptions et accroît la productivité globale de la ligne de production.

- La mise en œuvre d'une procédure standardisée pour le changement de bobine assure une exécution cohérente et efficace de cette tâche essentielle. Désormais, les opérateurs respectent une série d'actions précise, ce qui diminue les erreurs et les fluctuations dans le processus.
- L'optimisation des opérations et la standardisation des procédures contribuent également à diminuer les pertes de temps, de matériaux et de ressources sur le chantier SMED. À titre d'exemple, la diminution du gaspillage de polypropylène lors de la production du film favorise une utilisation plus efficiente des ressources. [20]

II.3.3. L'entreprise de plasturgie

II.3.3.1. Application du MRP dans l'entreprise de plasturgie

L'entreprise étudiée fabrique divers produits en polystyrène expansé (PSE). Après analyse de la situqtion initiale des dysfonctionnements sont identifiés:

- Ruptures de stock fréquentes (25 % en moyenne) entraînant arrêts de production;
- Impacts sur l'ordonnancement avec des changements de réglages coûteux;
- Surstocks importants par rapport aux besoins, engendrant des coûts de stockage élevés.

Pour y remédier, la méthode MRP est implémentée pour calculer les besoins exacts en PSE, déterminer les quantités et les dates idéales pour les commandes. L'objectif, c'est l'acheminement de la matière première de la source jusqu'au lieu de consommation, tout en synchronisant les flux informationnels et de matière afin de satisfaire le client. [21]

D'après le tableau (**Annexe D**) et les informations fournies, voici les étapes de l'application de la méthode MRP (Material Requirements Planning) dans cette entreprise de plasturgie :

Étape 1 : L'évaluation des informations d'entrée

- Les estimations des ventes (demande brute) pour les 5 catégories de produits pour l'année 2013-2014.
- Le premier niveau de stock de produits finis (4500 kg)
- La matière première initiale (polystyrène - 12000 kg)

- La désignation des produits (quantité de matériaux requis par produit)
- La quantité de produit produite (5000 kg)
- La capacité de production mensuelle est de 75 000 kg par mois.

Étape 2 : L'évaluation des exigences globales

Pour tous les moments et produits :

Demande totale = Demande brute - Stock prévu de produits finis

Étape 3 : la planification des lancements de production

Lancement planifié = Demande nette

Le lancement suggéré consiste à augmenter la taille du lot à un multiple de la taille programmée (5000 kg).

Étape 4 : La préparer des démarrages de la production

D'après la méthode "TOM" (Taille d'Ondes Mineures) indiqué :

Blocs de 5L Blocs de 8L Blocs de 22L Blocs de 40L

Étape 5 : Le calcul des besoins en matières premières

À partir des lancements de production proposés et de la nomenclature, calculer les besoins en polystyrène pour chaque période.

Étape 6 : L'organisation des achats de matières premières

En considérant les quantités prévues et les délais de livraison, il est nécessaire de définir les quantités et les dates de commande de polystyrène. [21]

II.3.3.2. Résultat d'application du MRP dans l'entreprise de plasturgie

La mise en œuvre de la méthode MRP dans l'entreprise de plasturgie a conduit à des résultats significatifs, qui comprennent :

- L'optimisation du flux logistique pour mieux répondre aux exigences des clients, en éliminant les gaspillages identifiés auparavant;

- Les dysfonctionnements identifiés ont été corrigés grâce à une révision du processus de gestion de la demande, ainsi qu'à une réduction des délais d'approvisionnement considérablement raccourcis;
- Les solutions MRP mises en œuvre ont permis à l'entreprise de plasturgie d'améliorer sa performance commerciale et économique, passant d'un niveau de performance initial modeste à un niveau plus élevé;
- Réduction des délais de livraison aux clients grâce à la meilleure gestion des flux;
- Les gains de compétitivité issus des améliorations réalisées offrent à l'entreprise de plasturgie la possibilité d'attirer de nouveaux projets et clients; [21]

II.4. Comparaison des méthodes traditionnelle et les outils Lean Manufacturing

La comparaison entre les méthodes traditionnelles et les outils du Lean Manufacturing met en lumière des différences cruciales dans la gestion et l'optimisation des processus. Traditionnellement, les méthodes sont souvent caractérisées par des processus rigides et non standardisés, entraînant des temps de changement et d'arrêt prolongés. En revanche, le Lean Manufacturing se concentre sur l'élimination des gaspillages et l'optimisation continue des processus. Pour cela nous avons examiné les principaux aspects dans ce tableau :

Tableau 5:Les aspects de comparaison entre les méthodes traditionnelles et LM.

Aspects	Lean Manufacturing	Méthodes traditionnelles
Objectif	Élimination des gaspillages.	Planification des ressources, optimisation des stocks et suivi des opérations.
Flexibilité	Élevée, Adaptation rapide aux changements.	Limité, rigidité des plans
Flux de production	Flux de production juste-à-temps avec une réduction des stocks. (Flux tiré)	Flux de production basés sur les prévisions avec des niveaux de stocks plus élevés. (Flux poussé)

Délai d'implémentation	Nécessite un temps initial pour développer une culture et mettre en place les outils Lean.	Plus rapide à mettre en œuvre en raison de solutions logicielles préétablies.
Domaine d'efficacité	Dans les entreprises qui cherchant à optimiser la qualité, la réactivité et la compétitivité.	Convient aux entreprises avec des opérations stables et prévisibles, mais peut manquer de réactivité face aux changements.
Traçabilité	Traçabilité et visibilité accrues des processus	Bonne traçabilité des produits
Cout	Moins couteuse	Plus élevés en raison des investissements dans les logiciels et de la formation du personnel.
Culture organisationnelle	Encourage une culture d'amélioration continue et de responsabilité partagée à tous les niveaux de l'organisation.	Maintenir une culture hiérarchique avec des décisions prises en fonction de structures préétablies.

II.5. Conclusion

Après avoir étudié deux outils du Lean Manufacturing (VSM et SMED) ainsi que la méthode traditionnelle de planification des systèmes de production (MRP), nous remarquons que chaque approche offre ses propres bénéfices et difficultés.

Dans le 3ème chapitre, nous explorerons comment une entreprise utilisant des méthodes traditionnelles de planification des systèmes de production pourrait bénéficier de l'intégration des principes du Lean Manufacturing. En combinant le meilleur des deux approches, cette entreprise pourrait améliorer son efficacité opérationnelle, réduire les coûts et mieux répondre aux demandes changeantes du marché, renforçant ainsi sa compétitivité globale.

Chapitre III : Optimisation de la production chez GISB : Evaluation de MRP et amélioration Lean.

III.1. Introduction

Dans un environnement économique marqué par une compétition accrue et des exigences croissantes en termes de qualité et d'efficacité, les entreprises doivent continuellement chercher à optimiser leurs processus de production et à améliorer leurs performances globales. Ce chapitre explore ces enjeux en se concentrant sur l'étude de l'entreprise GISB, en mettant en lumière son processus de production actuel, et en évaluant l'efficacité de la méthode MRP (Material Requirements Planning) qu'elle utilise. En identifiant les forces et les faiblesses de cette méthode, nous proposons ensuite des améliorations basées sur les principes du lean manufacturing, notamment la maintenance productive totale (TPM), la méthode des 5S et le Value Stream Mapping (VSM).

L'objectif de ce chapitre est double : d'une part, fournir une évaluation critique et détaillée de l'état actuel de la production et de la gestion des ressources dans l'entreprise ; d'autre part, proposer des solutions concrètes et éprouvées pour accroître l'efficacité opérationnelle. Pour illustrer et planifier ces améliorations, nous utiliserons ProjectLibre, un logiciel de gestion de projet open-source qui permet de visualiser, simuler et gérer les initiatives d'amélioration. Ensuite, nous présenterons les techniques de lean manufacturing adaptées à l'entreprise, en détaillant leur mise en œuvre et les bénéfices attendus. Enfin, nous démontrerons comment ProjectLibre peut être utilisé pour planifier et suivre ces initiatives, assurant ainsi une gestion efficace des projets d'amélioration.

III.2. Présentation de l'entreprise

III.2.1. Historique

CSB, abréviation de Câblerie Sidi Bendehiba, opère en tant que filiale au sein du Groupe Industriel Sidi Bendehiba (GISB), qui a été établi en 2009. Son domaine d'expertise réside dans la fabrication et la distribution de câbles électriques de haute qualité, couvrant une gamme variée allant de la basse à la haute tension, pour répondre aux besoins tant nationaux qu'internationaux. Son expansion en fait aujourd'hui l'un des principaux acteurs de l'industrie mondiale de la production de câbles

III.2.2. Situation géographique de l’entreprise

Le groupe est situé à l'ouest Algérien, la région de Mostaganem, la zone d’activité de Mesra.



Figure 13: Localisation géographique.

III.2.3. Description de la structure sociale

GISB, bénéficiant d'un capital social solide atteignant 102.400.000 DA, est un employeur majeur avec plus de 1000 travailleurs. Grâce à ses installations de pointe, le groupe affiche une capacité de production impressionnante, produisant annuellement 90 000 tonnes d'alliage de cuivre, 40 000 tonnes d'alliage d'aluminium, et 5 000 tonnes de PVC et de granulés. Ses prévisions de production atteignent jusqu'à 18 000 tonnes par an, consolidant ainsi sa position en tant que leader dans le secteur de la fabrication de câbles.

III.2.4.Les activités de l’entreprise

La production et fabrication du fils machine en cuivre et aluminium et almélec (alliages de Silicium, Magnésium et Aluminium).

Production fils et câbles électriques : La câblerie algérienne a une vaste gamme de câbles certifiés et homologués qui s’adapte aux besoins de tous ses clients quelles que soient leurs spécificités.

- File à souder ($1.38mm^2$)
- Câble BT domestique
- Câble BT Industriel
- Câble BT Aérien

- Câble Sans Halogène
- Conducteur Nu
- Câble MT & HT Isolée
- Câble pour application ferroviaire [22]

III.3. Les différents services de l'entreprise

III.3.1. La direction

La direction générale élabore la stratégie globale de l'entreprise et assure sa mise en œuvre. Elle englobe tous les postes de direction clés de l'entreprise ou de ses différentes divisions, avec une responsabilité à la fois stratégique et opérationnelle.

III.3.2. Le responsable HSE (hygiène-sécurité-environnement)

L'une des principales missions de l'Hygiène, Santé et Environnement (HSE) est d'assurer la prévention des risques professionnels. Cela implique la sécurisation des personnes en analysant les conditions de travail et en veillant à leur sécurité. Le travail de l'HSE consiste également à promouvoir la santé des employés en évaluant leur environnement quotidien, en vérifiant le bon fonctionnement des systèmes d'alarme et des mesures de sécurité, tout en cherchant à améliorer les conditions de travail.

III.3.3. Service personnel

Ce service relie tous les services de la société puisqu'il s'occupe des besoins (du personnel, la direction, les ouvriers, les stagiaires…), ainsi que d'autres responsabilités, notons les principales taches du service :

- Recrutement et embauche des travailleurs ;
- Orientation du personnel ;
- Encadrement dans les fonctions ;
- Évaluation du rendement des personnels.

III.3.4. Assurance et management qualité

III.3.4.1 Control qualité

La câblerie Sidi Bendehiba, certifié **ISO 9001 /Version 2008**, travaille suivant les normes internationales de gestion et suivant des procédures précises et élaborées afin de satisfaire les exigences de ses clients.

L'amélioration continue de la qualité de ses produits dans le domaine de la production du fil machine, câbles et produits qui en sont dérivés et associés est un des principaux piliers de la stratégie de GISB.

III.3.4.2. Bureau d'étude

Un bureau d'études peut être une entité indépendante, un département intégré à une administration ou à une entreprise. C'est un lieu où sont menées des analyses scientifiques et/ou techniques, souvent supervisées par un ingénieur. Ces analyses peuvent concerner divers domaines tels que l'évaluation de situations existantes (état des lieux) ou la conception de produits et l'organisation de services, entre autres. [22]

III.3.4.3. Laboratoire contrôle qualité

Avant leur mise sur le marché, tous les produits fabriqués sont soumis à des tests normalisés dans le laboratoire interne. Cette procédure garantit la qualité des produits et rassure les consommateurs quant à leur conformité. Cette système de Management de la Qualité, conforme à la norme ISO 9001 version 2008, est un pilier essentiel de cette approche stratégique.

- **Les instruments de laboratoire (site 1 et 2) :**
  - Machine de traction 100KN.
  - Milliohm-mètre de mesure la résistance électrique.
  - Balance électrique pour mesurer le poids.
  - Spectromètre pour analyser les composants du métal.
  - Viscosimètre pour tester la viscosité de lubrifiant.
  - Analyseur d'oxygène pour analyser la quantité d'oxygène dans le conducteur.
  - Pénétromètre est un instrument de mesure utilisé pour établir la résistance de pointe.
  - Testeur point de goutte de graisse.
  - Densimètre appareil de mesure de densité.
  - Etuve électrique de 300°C pour l'essai de vieillissement.
  - Machine de traction 10 kN.

- Etuve électrique de 250°c pour d'allongement à chaud.
- Bain marie électrique Tmax=80°c.
- Balance /densimètre M_{max}=360g et M_{min}=0,02
- Viscosimètre.
- Testeur point de goutte de la graisse.
- Pénétromètre pour la graisse.

Au niveau du laboratoire, un test électrique qui est effectué après la production, ce test pour assurer la conformité de l'isolation des câbles électriques, le tableau suivant montre les déférents tests de chaque câble.

Tableau 6: Exigences relatives aux essais électriques pour les conducteurs et les câbles [22]

	Tension nominal des câbles (v)	Tension à appliquer (v)	Durée d'essai (min)
Conducteurs et câbles isolés en PVC	300/300	2000	5
- CU/PVC/PVC	300/500	2000	5
	450/750	2500	5
Conducteurs et câbles isolés en PVC - CU/PVC/PVC - AL/ PVC /PVC	600/1000	3500	5

Conducteurs et câbles isolés en XLPE - CU/XLPE/PVC - AL/XLPE/PVC	600/1000	3500	5
Câbles isolés en XLPE - AL/XLPE	600/1000	4000	15

III.3.5. Service de planification

La planification est un processus crucial dans lequel une entreprise détermine comment utiliser au mieux ses ressources pour atteindre ses objectifs fixés. Elle implique de choisir la meilleure option parmi plusieurs alternatives afin d'atteindre efficacement ces objectifs. La planification joue un rôle essentiel dans la production en établissant un lien entre la commande du client et le service de production.

Ce processus de planification comprend plusieurs étapes clés :

- L'identification des points forts et des faiblesses de l'entreprise ;
- La définition des objectifs à court et moyen termes ;
- L'évaluation de l'écart entre la situation actuelle et les objectifs fixés ;
- L'identification des activités nécessaires pour atteindre ces objectifs.

Dans le contexte de la production, la planification s'articule notamment autour du **plan directeur de production**, qui détermine la manière dont les ressources seront allouées pour répondre à la demande des clients tout en optimisant les processus de production et en minimisant les coûts. [22]

III.3.6. Service de production

Le cœur battant de toute usine ou entreprise industrielle réside dans son département de production, où tous les services sont directement liés à la fabrication. L'objectif principal de cette opération est de produire des biens conformes en quantité suffisante pour répondre aux commandes des clients, en se basant sur les fiches de construction de chaque produit.

La production est étroitement liée à la planification et au contrôle qualité en laboratoire. En effet, la planification donne l'impulsion pour lancer la production en déterminant les ordres de fabrication, tandis que le contrôle qualité en laboratoire garantit que les produits fabriqués répondent aux normes de qualité requises avant d'être considérés comme des produits finis. Ainsi, ces deux éléments jouent un rôle crucial dans le processus de fabrication, assurant la satisfaction des clients et la qualité des produits.

III.3.7. Service maintenance

La maintenance englobe toutes les techniques d'entretien et de vérification mises en place pour garantir une utilisation optimale des machines dans un environnement industriel. Son objectif principal est d'assurer la disponibilité et le bon fonctionnement des équipements. Deux approches principales sont utilisées :

- La maintenance préventive : elle implique des interventions planifiées sur les équipements avant qu'ils ne deviennent défaillants, dans le but de prévenir les pannes. Cette maintenance peut être de deux types : systématique, basée sur un calendrier fixe, ou conditionnelle, déclenchée par des indicateurs spécifiques.
- La maintenance corrective : elle intervient après qu'un équipement ait connu une défaillance, visant à le remettre en état de fonctionner conformément à ses spécifications initiales. Son rôle est de restaurer l'équipement à un état où il peut accomplir efficacement sa fonction requise.

Ces deux types de maintenance jouent un rôle crucial dans la gestion des équipements industriels, permettant de minimiser les temps d'arrêt, d'optimiser les performances et de prolonger la durée de vie des machines.

III.3.8. Service commercial

Le service commercial représente un processus stratégique visant à élaborer des plans tactiques qui fournissent à la direction les outils nécessaires pour diriger efficacement l'activité de l'entreprise, afin d'obtenir un avantage concurrentiel durable. Cette démarche intègre les plans commerciaux des produits existants ainsi que ceux à venir dans la chaîne logistique de l'entreprise. Elle englobe tous les aspects de l'entreprise, notamment les ventes, le marketing, le développement, la production, l'approvisionnement et le financement, dans un ensemble cohérent. Ce processus est réalisé de manière régulière, généralement mensuellement, et est validé par la direction au niveau des différentes familles de produits.

III.3.9. Service gestion des stocks

La gestion des stocks implique la surveillance et le suivi des niveaux de marchandises dans un entrepôt ou un magasin.

La gestion des mouvements d'entrée et de sortie des marchandises, la gestion des réapprovisionnements, ainsi que la tenue à jour des fiches articles.

Selon la structure organisationnelle de l'entreprise, ces responsabilités peuvent être attribuées à une seule personne ou à deux profils distincts :

- ✓ Le magasinier est chargé d'effectuer les opérations physiques liées aux mouvements de marchandises entrantes et sortantes.
- ✓ Le gestionnaire des stocks est responsable du suivi des niveaux de stocks et de la gestion des réapprovisionnements.

Le terme "magasin" englobe tout lieu où les stocks peuvent être entreposés et gérés, qu'il s'agisse d'un espace clos, d'une salle fermée ou d'une aire de stockage en extérieur.

Les inventaires consistent à compter périodiquement les quantités de marchandises en stock, que ce soit pour les produits finis ou les matières premières. Ils garantissent l'exactitude des données sur les stocks. Contrairement à un inventaire annuel, l'inventaire peut être permanent ou tournant, ce qui permet de maintenir une mise à jour régulière des niveaux de stocks.

III.4. Notion sur la gamme des différents types matières première utilisées

III.4.1. Cuivre

Le cuivre est largement préféré dans la fabrication de fils et de câbles électriques en raison de sa conductivité électrique exceptionnelle. Il est disponible sous forme de fils de section cylindrique, soit mono-brin (rigide), soit multi-brins (souple). Pour accroître sa souplesse, il est souvent allié à d'autres métaux.



Figure 14:Matière première en cuivre 8 mm

III.4.2. Aluminium

Les conducteurs en aluminium sont désormais privilégiés pour les lignes aériennes en raison de leur poids réduit, ce qui compense largement la diminution de conductivité par rapport au cuivre. Ces conducteurs sont produits en extrudant une billette d'aluminium chauffée à travers une filière à presse.

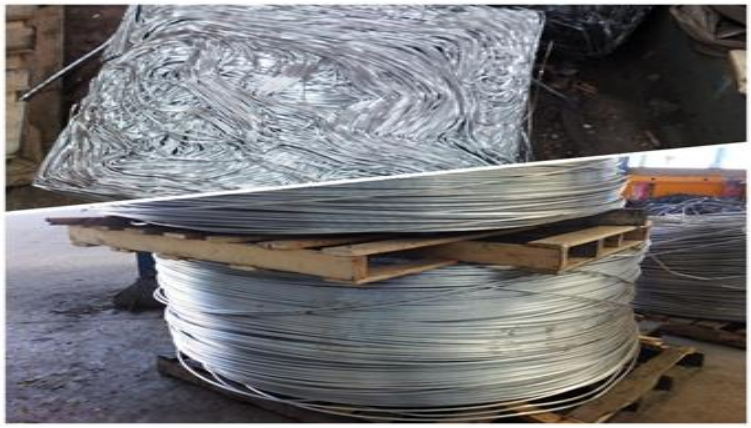


Figure 15: Matière première en aluminium 9 mm [22]

III.4.3. Almélec

Cet alliage, composé d'aluminium, de magnésium et de silicium, est principalement employé dans la construction de lignes aériennes. Bien que sa résistivité soit environ le double de celle du cuivre (32,5.10-9Ω.m), ses propriétés mécaniques lui confèrent une résistance aux contraintes environnementales telles que le vent, le gel, la neige et les variations de température.

III.5. Les processus de fabrication des câbles électriques

III.5.1. présentation du processus

La production dans la câblerie est effectuée en deux site de production chaqu'un a des étapes de fabrication spécifiées, la production dans cette entreprise est globale et totale de la matière première jusqu'à le câble ou le fil électrique fini. Le site de production 02 est pour la production des câbles semi-finis par transformation des matières premières en des fils machines par la fusion en trois fours, et par le tréfilage et le câblage ils produisent les câbles semi-finis.
Dans le site de production 01 il existe trois opérations essentielles : isolation – assemblage – gainage sans/avec bourrage.

Chaque étape réalisée est exécutée sous la supervision du laboratoire de contrôle de la qualité.

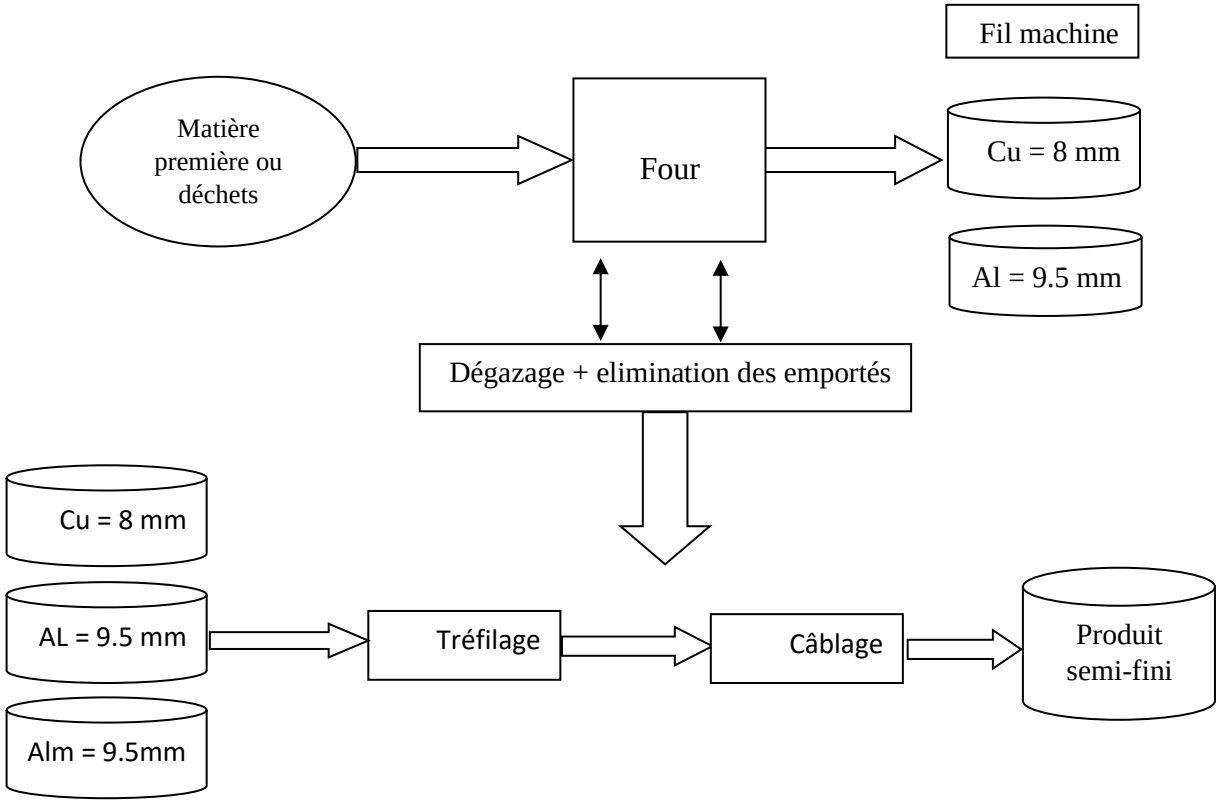


Figure16 : Structure production site 2. [22]

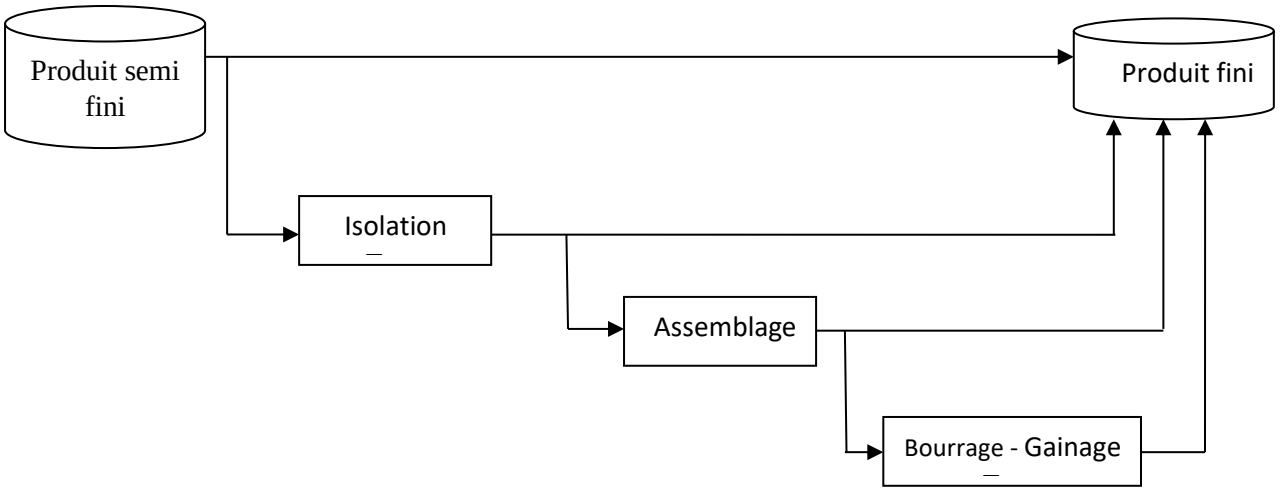


Figure 17: Structure production site 1. [22]

III.6. Description de la production au niveau du site deux 02

La production dans ce site est appuyée sur trois métaux : le cuivre, l'aluminium et l'alliage d'aluminium. Ces trois conducteurs sans les utilisés dans le monde grâce à le coût et la conductivité.

III.6.1. La production du fil machine en cuivre

Actuellement il existe de deux fours pour la fabrication du fil machine en cuivre, le premier pour les déchets et le deuxième pour le cuivre en état brute (pure), ce dernier donne le fil machine directement, pour le four du déchet, ils fusionnent le cuivre dans une température de 1200 c°. Ensuite, grâce à un système de refroidissement ils diminuent la température du conducteur à 800c°.

Finalement le fil machine est modélisé par des pignons pour obtenir un diamètre de 8 millimètre en utilisant des lubrifiants pour éviter le frottement et l'alcool pour le nettoyage et la brillance du câble (fil machine).

III.6.2 Tréfilage (Cuivre, aluminium et almélec)

C'est le premier processus de fabrication d'un conducteur, il consiste à réduire le diamètre du fil de maniéré progressive jusqu'au diamètre final à l'aide de lubrifiant et série de filières de diférents diamètre, à la fin de tréfilage ils mesurent le poids, le diamètre, la résistance, l'allongement et la traction.

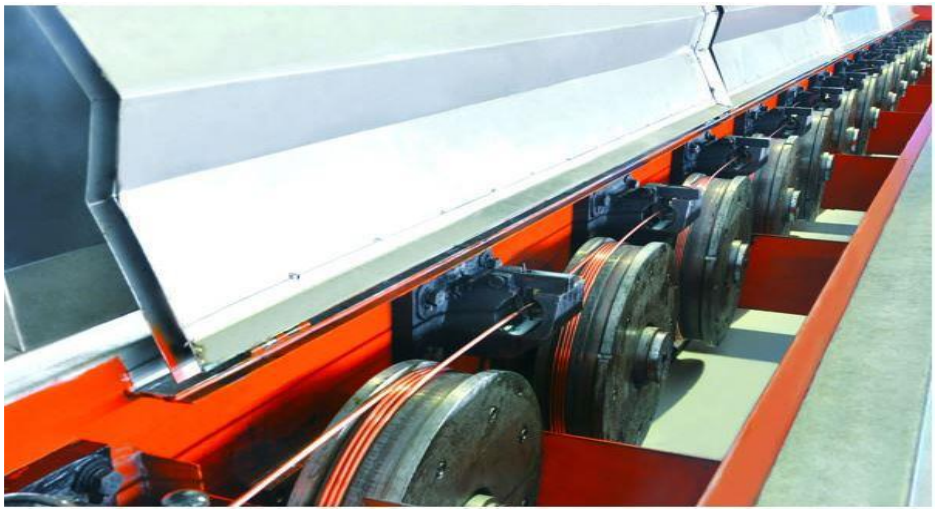


Figure 18: Tréfilage de cuivre. [22]

III.6.3. Câblage (Cuivre, aluminium et almélec)

C’est le second processus qui vient Après le tréfilage, les fils obtenus sont regroupés afin de former les conducteurs à l’aide des filières spécifique et une boite de commande pour définir le pas et le sens de câblage (droite pour l’aluminium et gauche pour le cuivre et l’almélec), à la fin de cette opération ils vont vérifier le diamètre de câblage, le diamètre du conducteur, le sens de câblage, la résistance, le poids, le pas et la composition. [23]



Figure 19: Processus de câblage. [22]

III.7. Description de la production au niveau du site un 01

III.7.1 Isolation (Cuivre, aluminium et almélec)

C’est un recouvrement isolant qui se mettre sur le conducteur afin d’éviter les fuites de courant, les matériaux d’isolation peuvent être en PVC (polychlorure devinyl) pour une température de 70°C ou en PRS (polyéthélaine rétaculer) pour une température de 90°C, à la fin de cette opération ils vont vérifier le diamètre, l’épaisseur et le poids. [23]

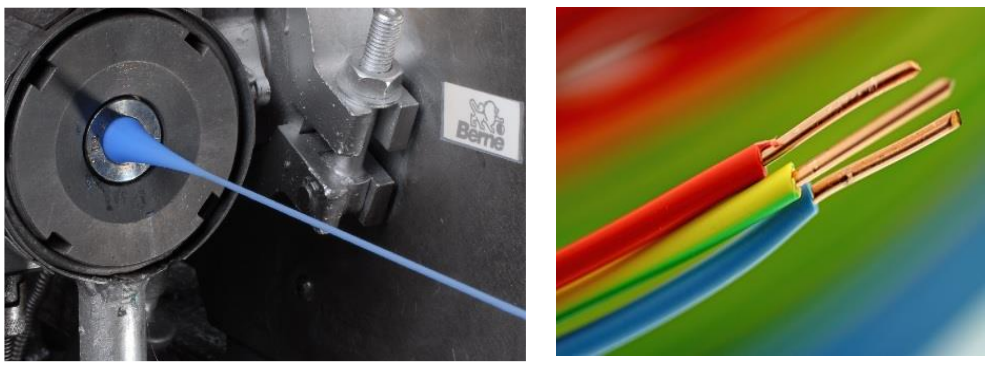


Figure 20: Isolation des câbles électriques. [23]

III.7.2. Assemblage (Cuivre, aluminium et almélec)

C'est l'assemblage des plusieurs câbles électrique isolés pour former un seul câble en multiconducteur, dans cette étape et par contre le câblage précédent ils peuvent assembler des câbles électriques n'ont pas des mêmes sections ou diamètres. Durant l'assemblage il faut vérifier le sens et le pas d'assemblage, et le diamètre du câble entier. [22]

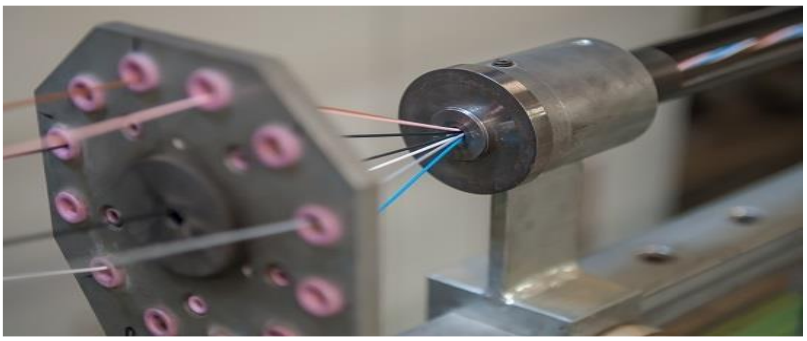


Figure 21: Assemblage des câbles. [23]

III.7.3. Bourrage et Gainage (Cuivre, aluminium et almélec)

Le bourrage a pour but de donner une forme ronde du câble. La gaine extérieur est un recouvrement polymérique il isole l'intérieur du câble d'éléments externes qui pourraient altérer ses propriétés électriques comme l'humidité et le protège des chocs qu'il peut recevoir durant son installation et utilisation. Après le gainage le câble sera marqué avec une gravure mécanique ou une impression sur la gaine par les informations les plus importantes (fabricant, dénomination commerciale et celle du câble, nombre de conducteurs, section).

Dans ce processus, Toute la longueur du câble est soumise à un contrôle de voltage afin de garantir que la couche d'isolation et gainage ne présente aucun défaut.

A la fin de cette opération ils mesurent le diamètre l'épaisseur et le poids du bourrage, le diamètre l'épaisseur et le poids après gainage et la tension de spark test.

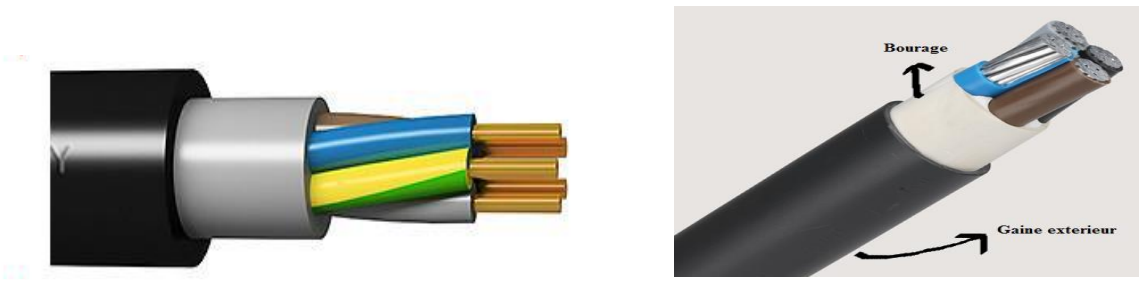


Figure 22: Bourrage et gainage. [23]

III.7.4. Marquage

Pour que les clients du Câblerie Sidi Bendehiba identifient correctement le câble, celui-ci est marqué avec les informations les plus importantes : fabricant, dénomination du câble, nombre de conducteurs, section, … Et autres informations intéressantes et le marquage mètre par mètre qui facilite le contrôle du stock.



Figure 23: Marquage. [23]

Tableau 7: Les machines utilisée dans site 1 et 2 [22]

Site2 : produit semi fini		Site2 : produit semi fini		
Machine de tréfilage	Machine de câblage	Machine isolation	M d'assemblage	M gainage
D13 Cu D9 Cu Z17 (1, 2, 3,4) XT24 (1-5) D13 AL D13 ALM XT24	GT630 R GT630 S Tubulaire 1 et 2 JLK 19, 37,61 GT500, DTSL 1250 DTSL 630	GT70+35(1-4) GT90+45 GT120+45	CGB 1600 CPD 2600	GT80+90 GT150+150 GT120+100

III.8. Analyse des processus existants

La planification industrielle chez GISB est une application concrète de la méthode **MRP** et un processus qui consiste à élaborer et réviser un ensemble de plans interdépendants (plan industriel et commercial).

C'est l'activité qui consiste à déterminer et à ordonnancer les tâches du projet, à estimer leurs charges et à déterminer les profils nécessaires à leur réalisation.

Les objectifs du planning sont les suivants :

- Déterminer si les objectifs sont réalisés ou dépassés.
- Suivre et communiquer l'avancement du projet.
- Affecter les ressources aux tâches.

III.8.1. Planification du GISB/CSB

Le service planification dans la CSB à pour objectif de réaliser les commandes des câbles électriques qui sont demandé par le service commercial.

Les différentes tâches du service planification

- Exploiter la capacité des équipements de production
- Etablir le programme de production
- Définir les besoins de matières premières pour le programme de production
- Lancement /Ordonnancement
- Etablir les ordres de lancement
- Suivre l'avancement du programme
- Coordonner l'activité avec le service production pour l'ordre et la priorité des produits à fabriquer, y compris le traitement des produits défectueux
- Etablir les bilans périodiques d'activité et analyse des écarts d'objectif (dérangements du processus de production)

- Exploiter l'inventaire établi par le service de production à chaque fin d'exercice

(Mois, année).

- Planification Programmé

La planification programmée consiste à faire un programme de production durant une période précise

- Suivi de planification

Le suivi de la planification est nécessaire pour assurer une bonne démarche de la production, et que la quantité planifiée ne dépasse pas la capacité des machines ou des opérateurs.

Aussi le but du suivi est de vérifié si ce planning est meilleur ou il faut faire des modifications dans les prochaines planifications.

III.8.2. Organigramme de coordination entre le service planification et les différents structures

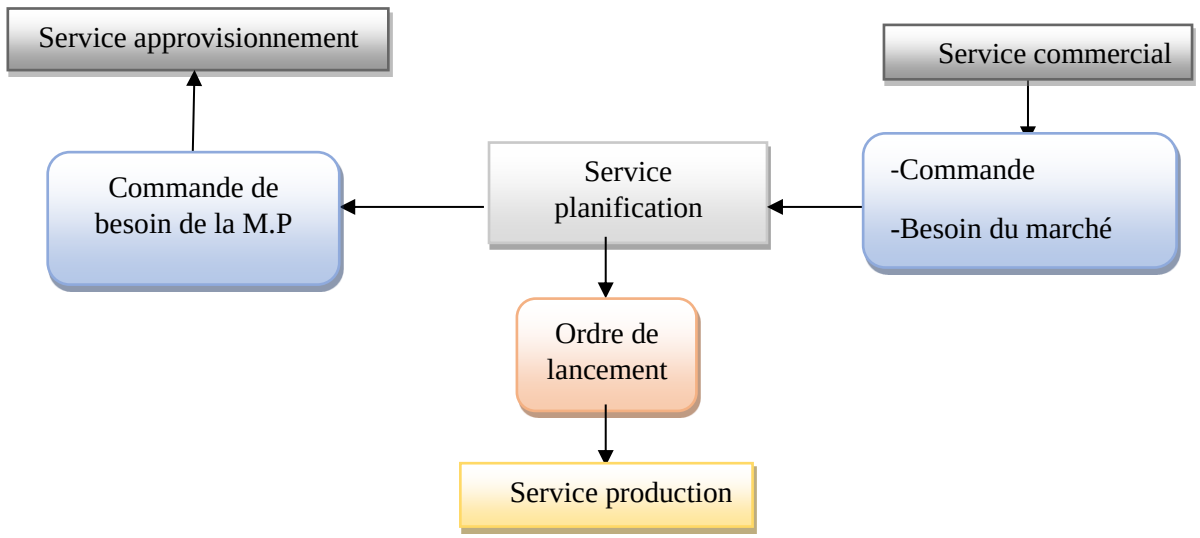


Figure 24 : Organigramme de coordination

- ✓ **Coordination avec le service production**

Le service « planification » est responsable du calcul et rédaction des ordres de lancements et les plans de production, enfin coordonné avec le service « production » pour la réalisation de ces plans.

Le retard dans l'exécution des ordres de lancement pour différentes raisons (les pannes, manque de cuivre) cause une instabilité dans les plans de production.

- ✓ **Coordination avec le service commercial**

Service de planification reçoit les commandes du service commercial. Par conséquences, le service commercial fournit une liste contenant les besoins mensuels des produits fréquents.

- ✓ **Coordination avec le service approvisionnement**

Le service planification a comme tâche de calculer et définir les besoins et transférer des commandes de besoin au service « approvisionnement ».

III.8.3. Evaluation de la méthode MRP

La méthode MRP, ou Material Requirements Planning, est un système de planification des besoins en matériaux utilisé dans la gestion de la production.

Avantages:

1. Gestion efficace des stocks : Le MRP permet de contrôler les niveaux de stock en fonction des besoins de production, réduisant ainsi les excédents et les pénuries ;
2. Planification précise : Il permet de planifier les besoins en matériaux de manière précise, en prenant en compte les délais de livraison et les temps de fabrication ;
3. Optimisation de la production : En planifiant les besoins en matériaux de manière efficace, le MRP contribue à une utilisation optimale des ressources de production ;
4. Réduction des coûts : En évitant les excédents de stock et les ruptures de stock, le MRP aide à réduire les coûts liés à la gestion des stocks.

Inconvénients:

1. Dépendance aux prévisions : Le MRP repose sur des prévisions de demande précises, ce qui peut être difficile à réaliser dans un environnement de marché volatile ;
2. Complexité : La mise en place et la maintenance d'un système MRP peuvent être complexes et nécessitent souvent des logiciels spécialisés ;
3. Coûts initiaux élevés : Les coûts initiaux liés à l'installation d'un système MRP, y compris l'achat de logiciels et la formation du personnel, peuvent être élevés ;

4. Rigidité : Le MRP peut être rigide et ne pas prendre en compte les changements de dernière minute ou les imprévus dans la production. En résumé, le MRP offre une gestion efficace des stocks et une planification précise, mais il peut être coûteux et complexe à mettre en œuvre. Il est important de peser les avantages et les inconvénients avant de décider d'adopter cette méthode.

III.9. Opportunité d'amélioration avec LEAN MANUFACTURING

À l'aide du logiciel **ProjectLibre**, nous avons élaboré deux plans détaillés pour l'application des outils du lean manufacturing. Ce logiciel de gestion de projets open source nous a permis de structurer efficacement nos initiatives, en planifiant et en coordonnant chaque étape du processus. Grâce à ses fonctionnalités de gestion des tâches, de diagrammes de Gantt et de suivi des ressources, nous avons pu identifier les goulots d'étranglement, optimiser les flux de travail et éliminer les gaspillages. ProjectLibre nous a ainsi aidés à mettre en œuvre des stratégies lean telles que le **TPM**, le **5S** et le **VSM**, contribuant à améliorer la productivité et la qualité de notre production tout en réduisant les coûts.



Figure 25 : Logiciel Projectlibre

Ce logiciel aide à planifier et suivre les initiatives Lean en :

- Planification des projets : utilisation de diagrammes de Gantt pour visualiser les étapes de mise en œuvre des techniques lean.
- Gestion des ressources : attribution des ressources humaines et matérielles aux différentes tâches.
- Suivi des tâches et des délais : surveillance de l'avancement des projets et ajustement des plans si nécessaire.

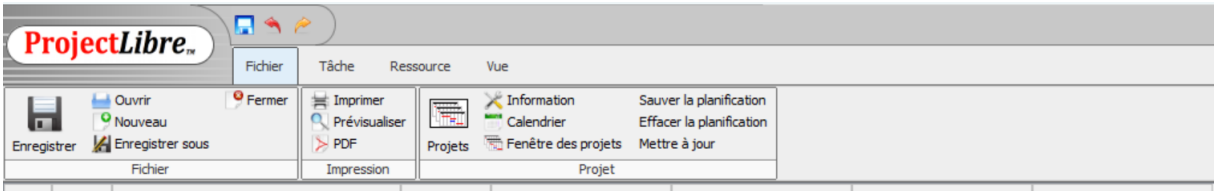
III.9.1. Application des TPM et 5S a l'aide de ProjectLibre

En utilsant logiciel **ProjectLibre**, nous avons pu realisé un projet qui vise à améliorer l'efficacité et la productivité de l'atelier de production en mettant en œuvre la TPM. La TPM intègre des pratiques de maintenance préventive et de gestion des ressources pour maximiser la disponibilité et la performance des équipements.Ce projet a pour objectif de :

- Réduction des pannes et des temps d'arrêt
- Diminuer les interruptions de production.
- Formation et engagement du personnel
- Former le personnel aux principes de la TPM.
- Mettre en œuvre les 5S pour un environnement de travail organisé.
- Standardisation et amélioration continue ;

Ce projet de mise en œuvre de la maintenance productive totale (TPM) est structuré en plusieurs phases distinctes, chacune comportant des tâches spécifiques à accomplir. L'objectif principal est d'améliorer l'efficacité et la productivité de notre environnement de production en réduisant les pannes et en optimisant l'utilisation des équipements.

Le tableau ci-dessous présente les différentes phases, les tâches associées, leur durée, les dates de début et de fin, ainsi que les ressources impliquées.

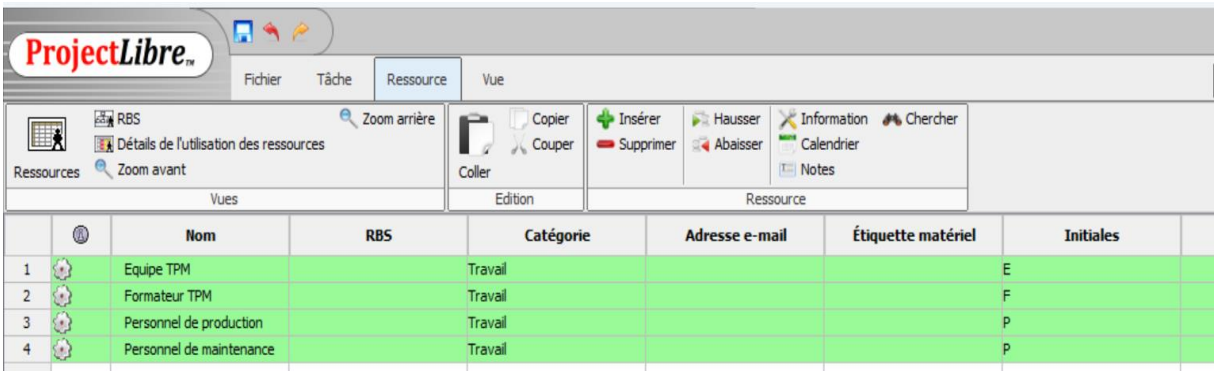


		Nom	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms des ressources
1		Analyse de l'etat actuel des équipements	5 jours	03/06/24 08:00	07/06/24 17:00		Equipe TPM
2		Identification des équipements critiques	3 jours	10/06/24 08:00	12/06/24 17:00	1	Equipe TPM
3		Formation du personnel du TPM	2 jours	13/06/24 08:00	14/06/24 17:00	2	Formateur TPM;Personnel d...
4		Mise en oeuvre du 5S (Trier)	2 jours	17/06/24 08:00	18/06/24 17:00	3	Personnel de production
5		Mise en oeuvre du 5S (Ranger)	2 jours	19/06/24 08:00	20/06/24 17:00	4	Personnel de production
6		Mise en oeuvre du 5S (Nettoyer)	2 jours	21/06/24 08:00	24/06/24 17:00	5	Personnel de production
7		Mise en oeuvre du 5S (Standariser)	2 jours	25/06/24 08:00	26/06/24 17:00	6	Personnel de production
8		Mise en oeuvre du 5S (Maintenir)	130 jours	27/06/24 08:00	25/12/24 17:00	7	Personnel de production
9		Planification de la maintenance preventive	5 jours	27/06/24 08:00	03/07/24 17:00	7	Equipe TPM
10		Execution de la maintenance preventive	20 jours	04/07/24 08:00	31/07/24 17:00	9	Personnel de maintenance
11		Suivi des indicateurs de performance	130 jours	01/08/24 08:00	29/01/25 17:00	10	Equipe TPM
12		Réunions d'amelioration continue - Aout	0,5 jours	01/08/24 08:00	01/08/24 13:00		Equipe TPM;Personnel de pr...
13		Réunions d'amelioration continue - Sept	0,5 jours	02/09/24 08:00	02/09/24 13:00	12	Equipe TPM;Personnel de pr...
14		Réunions d'amelioration continue - Oct	0,5 jours	01/10/24 08:00	01/10/24 13:00	13	Personnel de production ;Eq...
15		Réunions d'amelioration continue - Nov	0,5 jours	01/11/24 08:00	01/11/24 13:00	14	Personnel de production ;Eq...
16		Réunions d'amelioration continue - Dec	0,5 jours	02/12/24 08:00	02/12/24 13:00	15	Equipe TPM;Personnel de pr...
17		Réunions d'amelioration continue - Jan	0,5 jours	01/01/25 08:00	01/01/25 13:00	16	Equipe TPM;Personnel de pr...

Figure 26 : liste des taches TPM, 5S

Ce tableau structuré aide à suivre les différentes étapes du projet TPM, assurant une mise en œuvre efficace et coordonnée de toutes les activités planifiées.

Il est essentiel d'identifier et d'affecter les ressources humaines appropriées à chaque phase et chaque tâche. Les ressources clés impliquées dans ce projet comprennent le Responsable TPM, les Ingénieurs, le Formateur TPM, le Personnel de production et l'Équipe TPM. Chaque ressource joue un rôle crucial dans la réalisation des objectifs du projet et dans la garantie d'une exécution efficace des activités planifiées.



	Nom	RBS	Catégorie	Adresse e-mail	Étiquette matériel	Initiales
1	Equipe TPM		Travail			E
2	Formateur TPM		Travail			F
3	Personnel de production		Travail			P
4	Personnel de maintenance		Travail			P

Figure 27 : Liste des resources TPM,5S

Le diagramme de Gantt ci-dessous présente de manière visuelle les différentes phases du projet de mise en œuvre de la maintenance productive totale (TPM), ainsi que les tâches associées, leur durée, les dates de début et de fin, ainsi que les ressources humaines impliquées. Ce diagramme constitue un outil essentiel pour la planification, le suivi et la gestion du projet, permettant une visualisation claire des dépendances entre les tâches, les échéances et les responsabilités de chaque membre de l'équipe.

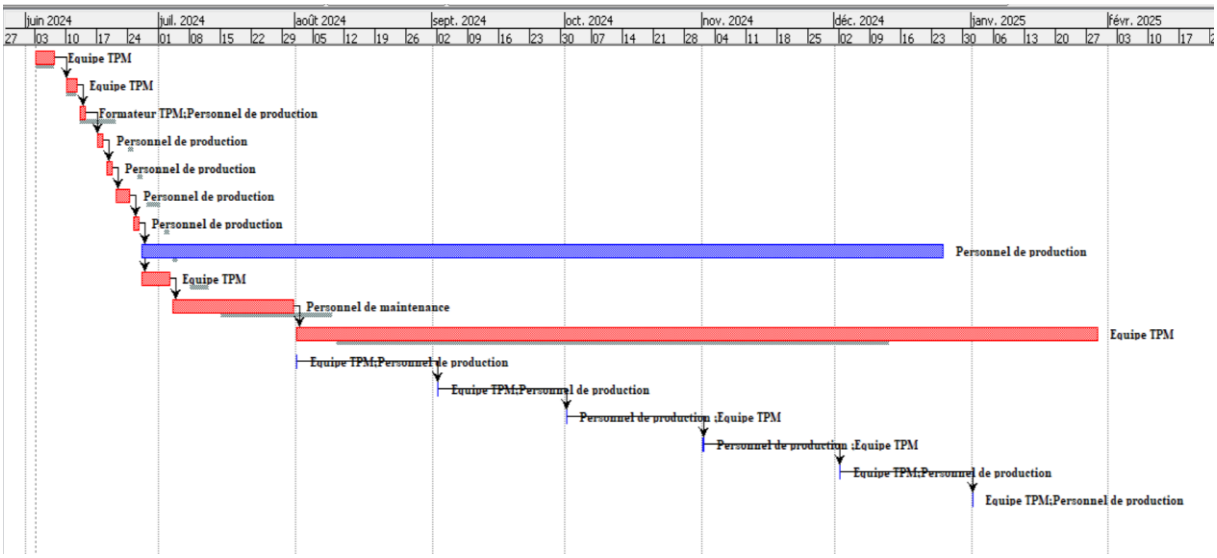


Figure 28 : Gantt TPM, 5S

Ce diagramme de Gantt offre une vue d'ensemble temporelle du projet TPM, permettant de comprendre facilement la séquence des activités, les périodes de chevauchement et les moments clés du projet. En utilisant cet outil de planification efficace, nous pouvons assurer une coordination optimale des ressources et une exécution fluide des activités, conduisant ainsi à une mise en œuvre réussie de la TPM dans notre planification de production.
En appliquant cette planification de manière rigoureuse et en restant engagés dans la mise en œuvre des activités prévues, nous devrions observer des résultats tangibles qui se traduiront par une meilleure performance globale de notre atelier de production, une réduction des coûts de maintenance et une augmentation de la satisfaction client.

III.9.2. Application du VSM a l'aide de ProjectLibre

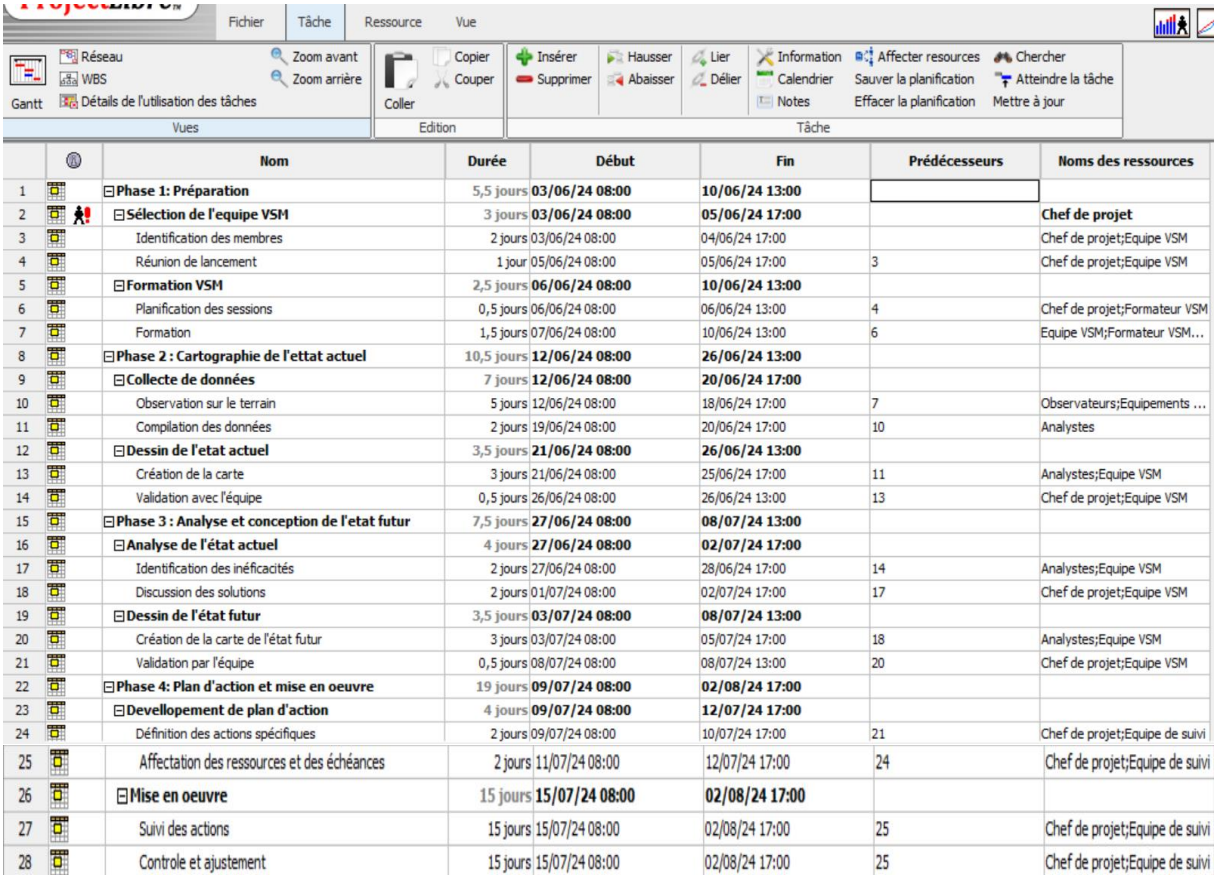
Le Value Stream Mapping (VSM) est un outil clé de la méthode Lean qui permet de visualiser, analyser et améliorer les processus de production. Son application dans une usine de câblage vise à optimiser les flux de travail, réduire les gaspillages et améliorer la qualité et l'efficacité des opérations.

Cette application a pour Objectif de :

- Identifier et éliminer les gaspillages : repérer les activités non productives et inefficaces pour augmenter la valeur ajoutée ;
- Optimiser le flux de Travail : améliorer les Flux de matériaux et d'informations pour réduire les temps d'attente et les stocks inutile ;
- Augmenter l'efficacité opérationnelle : réduire les temps de cycle, améliorer la qualité des produits et augmenter la satisfaction des clients ;
- Faciliter une Amélioration Continue : créer une culture d'amélioration continue pour assurer des gains de productivité et de qualité sur le long terme.

Pour la planification et la gestion du projet d'application du Value Stream Mapping (VSM) dans une usine de câblage, nous avons utilisé le logiciel ProjectLibre.
Ce logiciel a permis de structurer et de suivre les différentes tâches nécessaires à la réalisation du projet, de la formation de l'équipe jusqu'à la mise en œuvre et le suivi des améliorations.

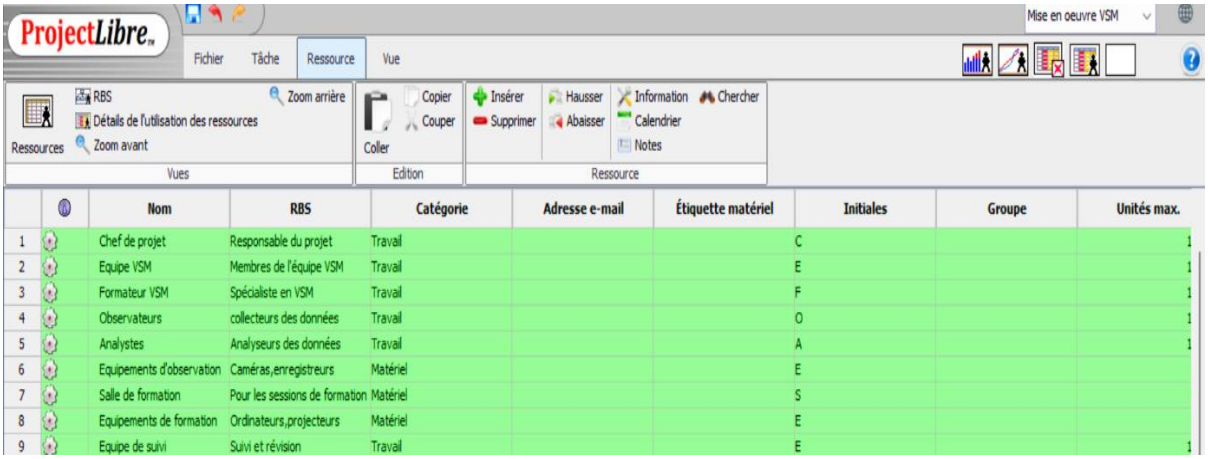
Le tableau ci-dessous présente les tâches planifiées, leur durée, leurs dates de début et de fin, ainsi que les ressources allouées et les prédécesseurs pour chaque tâche.



	Nom	Durée	Début	Fin	Prédécesseurs	Noms des ressources
1	**Phase 1: Préparation**	5,5 jours	**03/06/24 08:00**	**10/06/24 13:00**		
2	**Sélection de l'equipe VSM**	3 jours	**03/06/24 08:00**	**05/06/24 17:00**		**Chef de projet**
3	Identification des membres	2 jours	03/06/24 08:00	04/06/24 17:00		Chef de projet;Equipe VSM
4	Réunion de lancement	1 jour	05/06/24 08:00	05/06/24 17:00	3	Chef de projet;Equipe VSM
5	**Formation VSM**	2,5 jours	**06/06/24 08:00**	**10/06/24 13:00**		
6	Planification des sessions	0,5 jours	06/06/24 08:00	06/06/24 13:00	4	Chef de projet;Formateur VSM
7	Formation	1,5 jours	07/06/24 08:00	10/06/24 13:00	6	Equipe VSM;Formateur VSM...
8	**Phase 2 : Cartographie de l'ettat actuel**	10,5 jours	**12/06/24 08:00**	**26/06/24 13:00**		
9	**Collecte de données**	7 jours	**12/06/24 08:00**	**20/06/24 17:00**		
10	Observation sur le terrain	5 jours	12/06/24 08:00	18/06/24 17:00	7	Observateurs;Equipements ...
11	Compilation des données	2 jours	19/06/24 08:00	20/06/24 17:00	10	Analystes
12	**Dessin de l'etat actuel**	3,5 jours	**21/06/24 08:00**	**26/06/24 13:00**		
13	Création de la carte	3 jours	21/06/24 08:00	25/06/24 17:00	11	Analystes;Equipe VSM
14	Validation avec l'équipe	0,5 jours	26/06/24 08:00	26/06/24 13:00	13	Chef de projet;Equipe VSM
15	**Phase 3 : Analyse et conception de l'etat futur**	7,5 jours	**27/06/24 08:00**	**08/07/24 13:00**		
16	**Analyse de l'état actuel**	4 jours	**27/06/24 08:00**	**02/07/24 17:00**		
17	Identification des inéficacités	2 jours	27/06/24 08:00	28/06/24 17:00	14	Analystes;Equipe VSM
18	Discussion des solutions	2 jours	01/07/24 08:00	02/07/24 17:00	17	Chef de projet;Equipe VSM
19	**Dessin de l'état futur**	3,5 jours	**03/07/24 08:00**	**08/07/24 13:00**		
20	Création de la carte de l'état futur	3 jours	03/07/24 08:00	05/07/24 17:00	18	Analystes;Equipe VSM
21	Validation par l'équipe	0,5 jours	08/07/24 08:00	08/07/24 13:00	20	Chef de projet;Equipe VSM
22	**Phase 4: Plan d'action et mise en oeuvre**	19 jours	**09/07/24 08:00**	**02/08/24 17:00**		
23	**Devellopement de plan d'action**	4 jours	**09/07/24 08:00**	**12/07/24 17:00**		
24	Définition des actions spécifiques	2 jours	09/07/24 08:00	10/07/24 17:00	21	Chef de projet;Equipe de suivi
25	Affectation des ressources et des échéances	2 jours	11/07/24 08:00	12/07/24 17:00	24	Chef de projet;Equipe de suivi
26	**Mise en oeuvre**	15 jours	**15/07/24 08:00**	**02/08/24 17:00**		
27	Suivi des actions	15 jours	15/07/24 08:00	02/08/24 17:00	25	Chef de projet;Equipe de suivi
28	Controle et ajustement	15 jours	15/07/24 08:00	02/08/24 17:00	25	Chef de projet;Equipe de suivi

Figure 29 : Liste des taches VS*M*

Pour garantir le succès de l'application du Value Stream Mapping (VSM) dans l'usine de câblage, une planification minutieuse des ressources humaines et matérielles a été effectuée. Le tableau ci-dessous présente les différentes ressources impliquées dans chaque tâche, leur rôle et leur contribution spécifique à chaque étape du cette application.



	Nom	RBS	Catégorie	Adresse e-mail	Étiquette matériel	Initiales	Groupe	Unités max.
1	Chef de projet	Responsable du projet	Travail			C		1
2	Equipe VSM	Membres de l'équipe VSM	Travail			E		1
3	Formateur VSM	Spécialiste en VSM	Travail			F		1
4	Observateurs	collecteurs des données	Travail			O		1
5	Analystes	Analyseurs des données	Travail			A		1
6	Equipements d'observation	Caméras,enregistreurs	Matériel			E		
7	Salle de formation	Pour les sessions de formation	Matériel			S		
8	Equipements de formation	Ordinateurs,projecteurs	Matériel			E		
9	Equipe de suivi	Suivi et révision	Travail			E		1

Figure 30 : Liste des ressources VSM

Le diagramme de Gantt est un outil visuel essentiel utilisé dans ProjectLibre pour planifier, gérer et suivre l'avancement du projet d'application du Value Stream Mapping (VSM) dans une usine de câblage. Ce diagramme permet de visualiser les tâches du projet, leur durée, les dates de début et de fin, ainsi que leurs dépendances. Il aide également à s'assurer que toutes les tâches sont bien coordonnées et que les ressources sont correctement allouées.

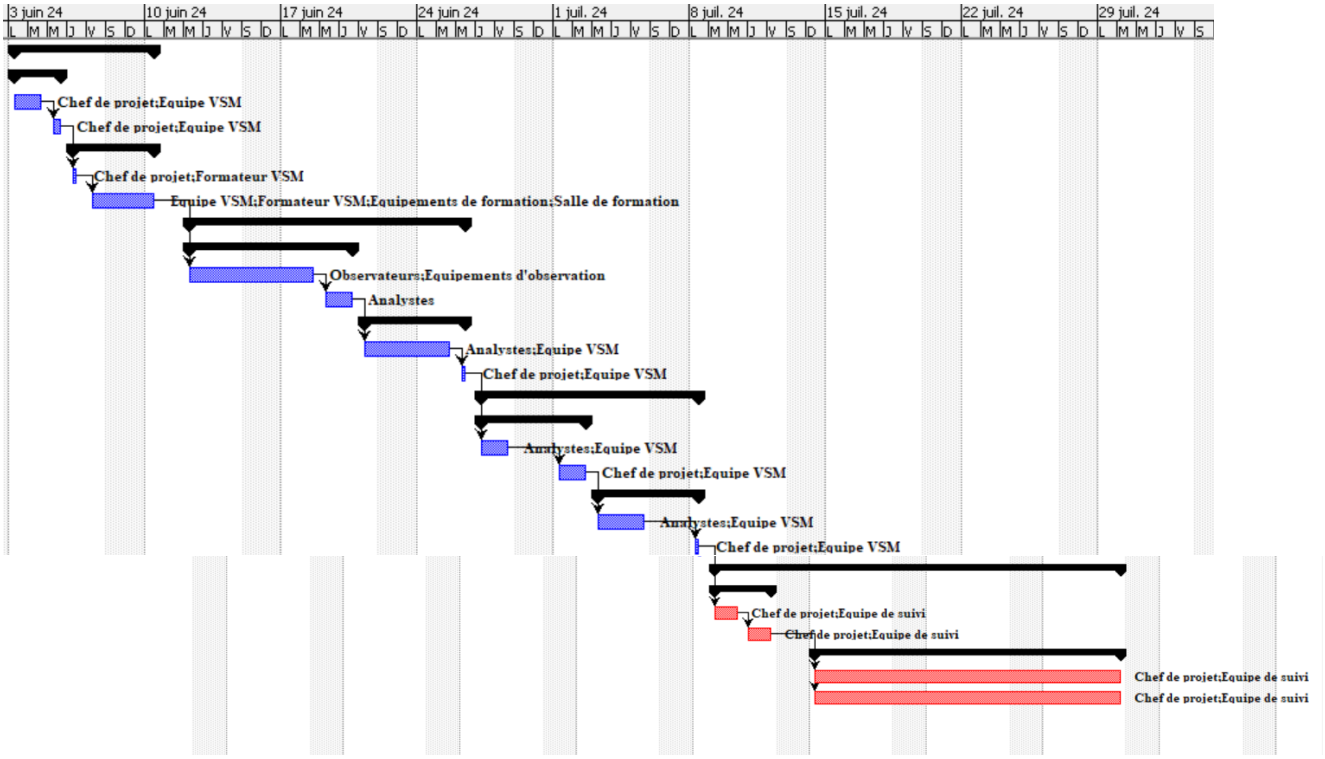


Figure 31 : Gantt VSM

L'application de VSM a pour atteindre des résultats :

- Réduction des Temps de Cycle :diminuer les délais de production et de livraison des câbles ;
- Amélioration de la Qualité : réduire le taux de défauts et d'erreurs dans les produits finis.
- Diminution des Stocks : optimiser les niveaux de stock pour réduire les coûts de stockage et les immobilisations financières ;
- Augmentation de la Productivité : améliorer l'efficacité des opérateurs et des équipements ;

- Satisfaction des Clients : augmenter la satisfaction des clients grâce à des produits de meilleure qualité livrés dans les délais.
- Cette application du VSM est un projet stratégique visant à transformer les processus de production pour qu'ils soient plus efficaces et plus axés sur la valeur ajoutée. En identifiant les gaspillages et en optimisant les flux de travail, l'usine peut atteindre des niveaux de performance supérieurs, améliorer la qualité de ses produits et accroître la satisfaction de ses clients.

III.10. Conclusion

Ce chapitre a examiné en profondeur l'organisation et les processus de production du GISB, en mettant en évidence les limites de la méthode MRP actuellement utilisée et en proposant des améliorations basées sur les principes du lean manufacturing. En intégrant des techniques telles que la maintenance productive totale (TPM), la méthode des 5S et le Value Stream Mapping (VSM), nous avons démontré comment il est possible de réduire les gaspillages, améliorer la qualité et accroître l'efficacité globale des opérations de production.

L'utilisation du logiciel ProjectLibre a permis de planifier, suivre et gérer les initiatives lean de manière structurée et transparente.

Les diagrammes de Gantt et les outils de gestion des ressources de ProjectLibre ont facilité la visualisation des étapes de mise en œuvre, l'attribution des responsabilités et le suivi des progrès, assurant ainsi une exécution efficace des projets d'amélioration. Les bénéfices attendus de l'intégration de ces techniques lean sont nombreux : réduction des temps d'arrêt et des défauts grâce à TPM, organisation et propreté améliorées avec les 5S, et identification des gaspillages via le VSM. En combinant une analyse critique avec des outils pratiques de gestion de projet, l'entreprise peut non seulement atteindre ses objectifs d'efficacité opérationnelle, mais aussi s'assurer d'une performance durable et compétitive dans le long terme.

Conclusion génerale et Perspectives

Ce mémoire a entrepris une étude comparative approfondie entre le lean manufacturing et les méthodes traditionnelles de planification de production, en mettant en lumière leurs principes, outils et applications pratiques. À travers l'analyse théorique et les études de cas, il a été possible de constater les avantages et les limitations de chaque approche.

L'examen des méthodes traditionnelles, comme le Material Requirements Planning (MRP), a révélé leur efficacité dans des environnements de production stables et bien planifiés, où la gestion rigoureuse des stocks et la planification préalable sont cruciales. Cependant, ces méthodes peuvent manquer de flexibilité et être inefficaces face aux variations soudaines de la demande ou aux perturbations imprévues.

En revanche, le lean manufacturing, avec ses outils tels que le Total Productive Maintenance (TPM), les 5S et le Value Stream Mapping (VSM), se distingue par sa capacité à réduire les gaspillages, améliorer la qualité et augmenter l'efficacité grâce à une approche d'amélioration continue. Cette méthodologie est particulièrement adaptée aux environnements dynamiques et à haute variabilité, où l'agilité et la réactivité sont essentielles.

L'étude de cas de la câblerie GISB a fourni une application pratique de ces concepts, en évaluant l'efficacité de la méthode MRP actuellement utilisée et en proposant des améliorations basées sur les principes du lean manufacturing. Les propositions formulées, incluant l'adoption du TPM, des 5S et du VSM, visent à transformer les processus de production de GISB pour atteindre une plus grande efficacité et flexibilité.

Les résultats de cette étude ouvrent plusieurs perspectives pour les recherches futures et l'application pratique dans les entreprises :

1. Intégration des méthodes: Une voie prometteuse réside dans l'intégration des meilleures pratiques des méthodes traditionnelles et du lean manufacturing. Les entreprises pourraient bénéficier d'une approche hybride qui combine la rigueur de la planification traditionnelle avec la flexibilité et l'efficacité du lean manufacturing.
2. Technologie et digitalisation: L'adoption de technologies avancées, telles que l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA) et les systèmes de gestion de la production basés sur le cloud, pourrait renforcer l'efficacité des méthodes de planification de production. Ces technologies peuvent offrir une visibilité en temps réel, une analyse prédictive et une automatisation accrue, complétant ainsi les approches traditionnelles et lean.

3. Formation et culture d'entreprise : Pour réussir la transition vers des méthodes de production plus efficaces, il est crucial de former le personnel aux principes du lean manufacturing et de développer une culture d'amélioration continue au sein de l'entreprise. Les programmes de formation et les initiatives de changement culturel peuvent jouer un rôle déterminant dans cette transformation.

4. Études comparatives à long terme: Il serait bénéfique de mener des études comparatives à long terme dans divers secteurs industriels pour évaluer l'impact des différentes méthodes de planification de production sur la performance opérationnelle, la satisfaction des clients et la rentabilité.

En conclusion, ce mémoire a mis en lumière les avantages et les défis des méthodes traditionnelles et du lean manufacturing. En fournissant des recommandations pratiques et en ouvrant des perspectives pour des recherches futures, il vise à aider les entreprises à optimiser leurs processus de production et à rester compétitives dans un environnement en constante évolution. La mise en œuvre réussie des principes étudiés peut conduire à une amélioration significative de l'efficacité, de la flexibilité et de la qualité dans la production industrielle.

Bibliographie

[1] Tchokogué.A, Planification et contrôle de la production et des stocks : techniques et pratiques, Edition JFD, 2020.

[2] Mbaya.M, The Constraints and Limitations of Manufacturing Resource Planning (MRP II) as a Tool for Shop Floor Control, 2000.

[3] Pascal.B, Définition d'une méthodologie de mise en oeuvre et de prototypage d'un progiciel de gestion d'entreprise (ERP), Modélisation et simulation., 2001..

[4] Petitqueux.A, Implementation lean: application industrielle.Techniques de l'ingenieur, 2006.

[5] Chiarini.A, the seven wastes of lean organization., 2013.

[6] Macduffie.J et Pil.F, Changes in Auto Industry Employment Practices: An International Overview After Lean Production, Ithaca, 1997,Cornell university press.

[7] Colin.R, Le SMED, Paris: Edition AFNOR, 2003.

[8] Yash.D et Nagendra.S, Single Minute Exchange of Dies : Literature Review, International Journal of Lean Thinking, 2012.

[9] Shingo.S, Le système SMED., Paris: Editions d'Organisation, 1987.

[10] Shingo.S, A Revolution in Manufacturing: The SMED System; Productivity Press, New York, NY, USA,, 1985.

[11] «An Introduction tpm,» *www.plant-maintenance.com*, 2016.

[12] Feld.W, Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them, 2000.

[13] Nakajima.S, The Principles and Practice of TPM.

[14] Maggard.B et Rhyne.D, Total Productive Maintenance: A Timely Integration of Production and Maintenance, 1992.

[15] Ahuja.I et Khamba.K, Total productive maintenance: literature review and directions, 2008.

[16] Imai.M, "Kaizen". The Key to Japan's Competitive Success., 1986.

[17] Rother.M et Shook.J, Learning to see: value Stream mapping to create value and eliminate muda., 2003.

[18] Rother.M et Shook.J, Bien voir pour mieux gérer, Edition de l'Institut Lean France, 2008.

[19] B. njima.k, «Etude et implémentation d’une production LEAN Manufacturing,» 2013.

[20] Kallouda.H, «Implantation du Lean Manufacturing au sein de la zone de conditionnement de couscous,» 2013.

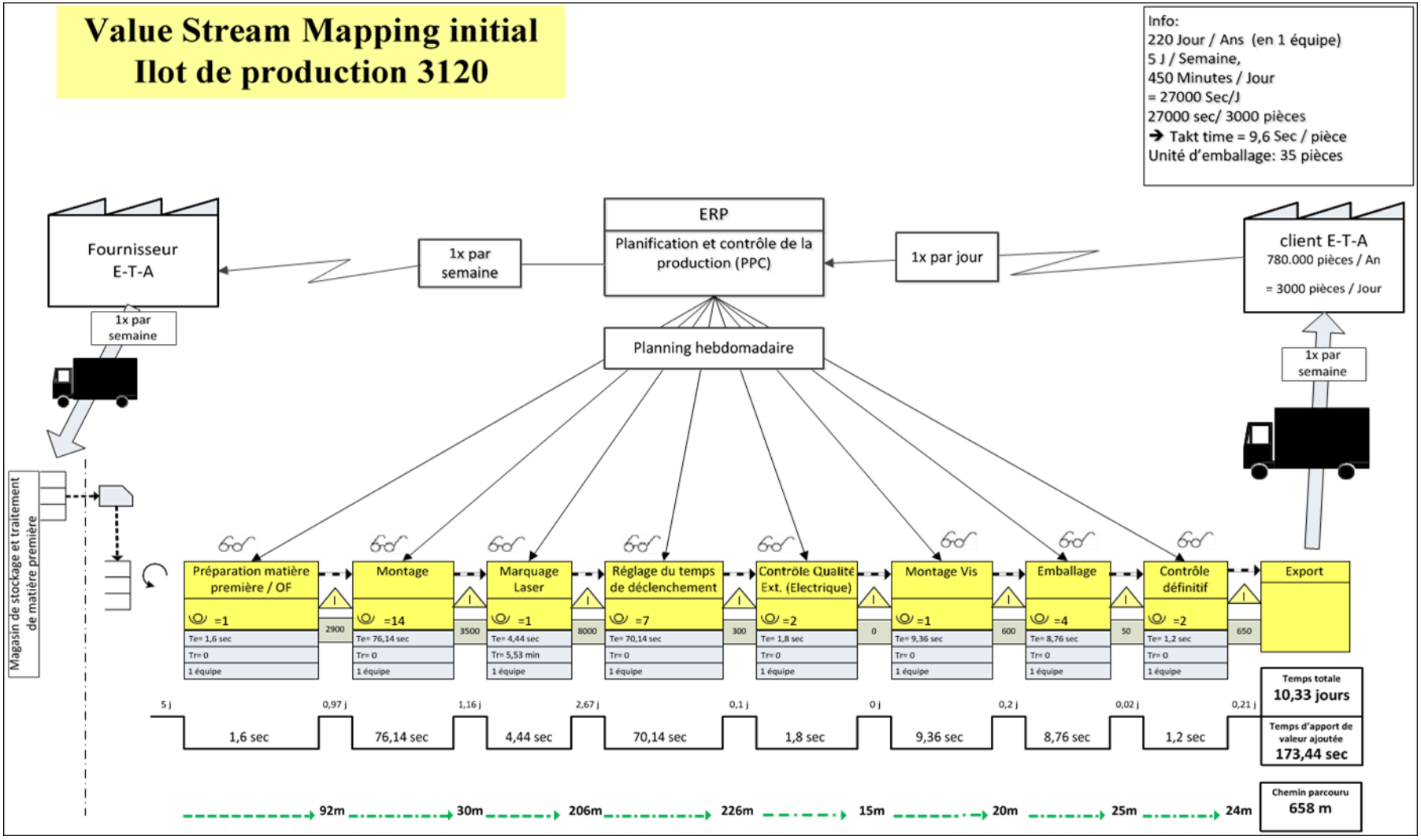
[21] Farissi.A, Okar.C et Chroqui.R, «Application de la méthode MRP pour l'amélioration du processus».

[22] «Documentation de l'entreprise».

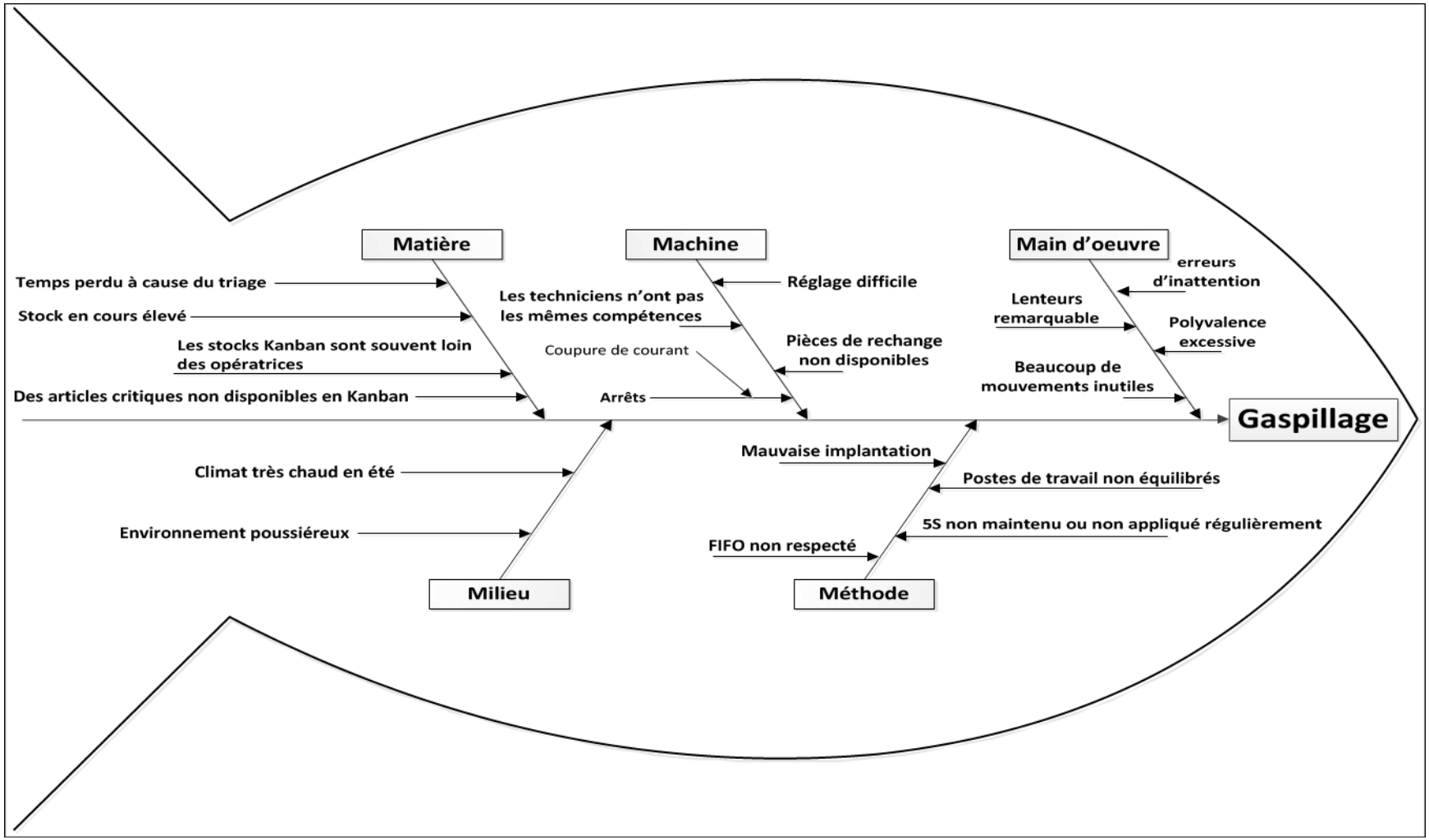
[23] Houda et Kacem, «Rapport de stage,» 2021.

Annexes

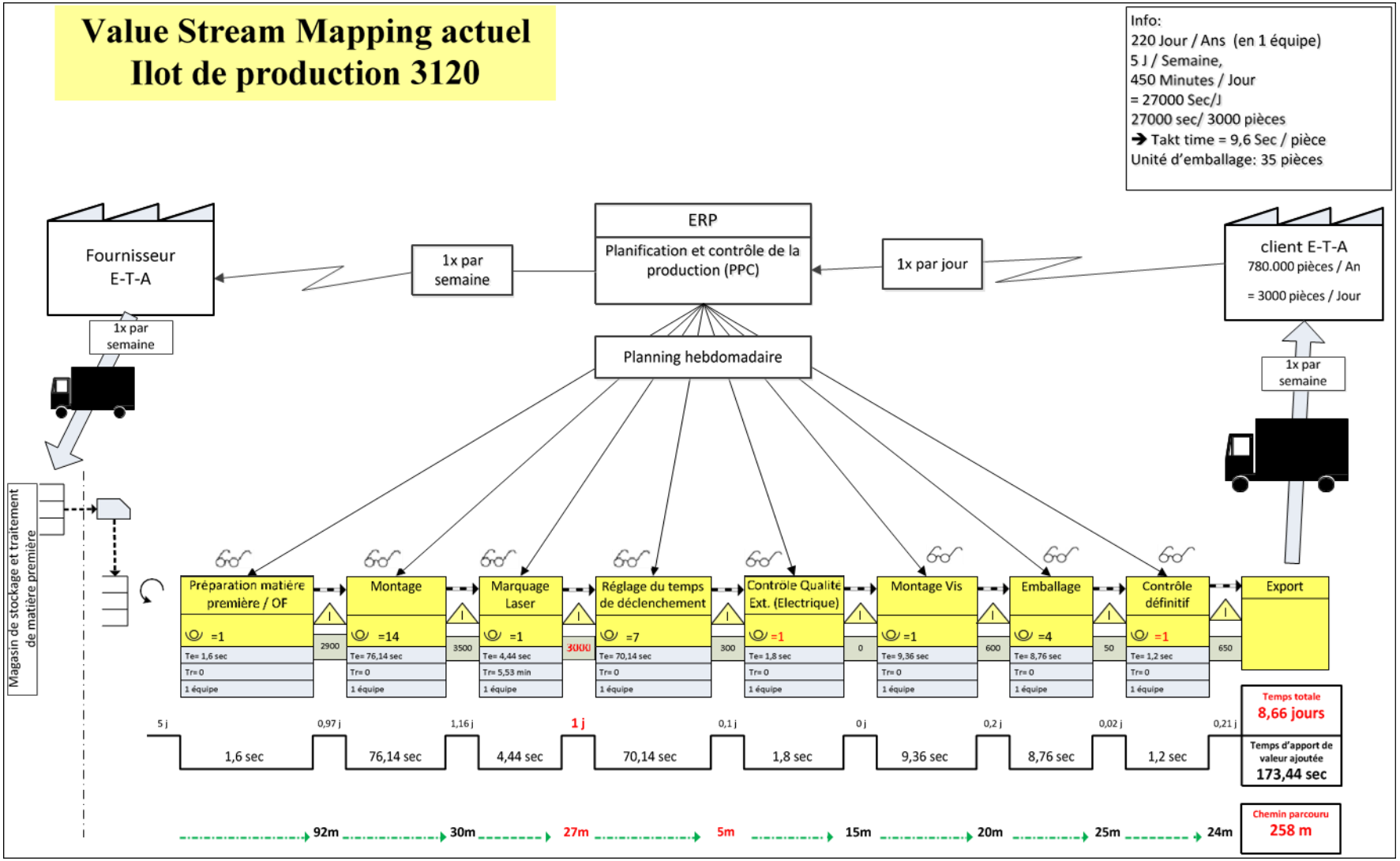
Annexe A : VSM initial



Annexe B : Diagramme Ishikawa



Annexe C : VSM actuel



Annexe D : Le calcul du besoin en MP par la méthode MRP 2013/2014

capacité mensuel		75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000
livraison prévue (app)		220000	0	0	220000	0	0	220000	0	0	220000	0	0
B brute CMD		17000	19500	14000	15000	11500	12000	17000	15500	18000	16000	20000	18000
Stock PF fin periode	4500	7500	3000	4000	4000	2500	500	3500	3000	0	4000	4000	1000
stock MP fin période	12000	212000	147000	77000	227000	157000	87000	222000	157000	82000	222000	147000	77000
lancement proposé		12500	12000	11000	11000	7500	9500	16500	12000	15000	16000	16000	14000
lancement programmé		20000	15000	15000	15000	10000	10000	20000	15000	15000	20000	20000	15000
900446320	**Stock**												
B brute		11000	10500	7500	8500	8500	9500	11500	10000	12500	10500	14000	11000
stock PF fin période	2500	1500	1000	3500	0	1500	2000	500	500	3000	2500	3500	2500
stock MP fin période		202000	137000	67000	222000	147000	77000	212000	147000	67000	212000	132000	67000
lancement proposé		8500	9000	6500	5000	8500	8000	9500	9500	12000	7500	11500	7500
lancement programmé		10000	10000	10000	5000	10000	10000	10000	10000	15000	10000	15000	10000
900446330	**Stock**												
B brute		9000	7500	8500	5500	6000	7500	7000	9000	6000	8500	7500	7000
stock PF fin période	2000	3000	500	2000	1500	500	3000	1000	2000	1000	2500	0	3000
stock MP fin période		192000	132000	57000	217000	142000	67000	207000	137000	62000	202000	127000	57000
lancement proposé		7000	4500	8000	3500	4500	7000	4000	8000	4000	7500	5000	7000
lancement programmé		10000	5000	10000	5000	5000	10000	5000	10000	5000	10000	5000	10000
900446340	**Stock**												
B brute		4000	5000	6500	6000	4500	5500	4500	6000	8500	4000	6500	5000
stock PF fin période	800	1800	1800	300	4300	4800	4300	4800	3800	300	1300	4800	4800
stock MP fin période		187000	127000	52000	207000	137000	62000	202000	132000	57000	197000	117000	52000

lancement proposé		3200	3200	4700	5700	200	700	200	1200	4700	3700	5200	200
lancement programmé		5000	5000	5000	10000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	10000	5000
900447100	**Stock**												
B brute		30000	35000	30000	33500	40000	34000	38000	29500	38000	36000	31000	34000
stock PF fin période	14000	9000	9000	9000	15500	15500	21500	13500	19000	16000	10000	4000	0
stock MP fin période		162000	92000	22000	167000	97000	22000	172000	97000	22000	167000	92000	22000
lancement proposé		16000	26000	21000	24500	24500	18500	16500	16000	19000	20000	21000	30000
lancement programmé		25000	35000	30000	40000	40000	40000	30000	35000	35000	30000	25000	30000
		71000	77500	66500	68500	70500	68500	78000	70000	83000	75000	79000	75000