جامعة تونس الافتراضية
Université Virtuelle de Tunis

Mastère professionnel en Optimisation et Modernisation des Entreprises MOME

Présenté par

Kamel Ben Njima

Pour l'obtention du

Diplôme de mastère professionnel

Etude et implémentation d'une production LEAN Manufacturing

Réalisé à
Entreprise P-E-T

Soutenu le 18 Janvier 2014

Devant le Jury :

Président	:	**Mme**	**Atidel HADJ ALOUANE**
Rapporteur	:	**M.**	**Abderrahmen OUESLATI**
Encadreur Organisme d'accueil	:	**M.**	**David KIRSCHFINK**
Encadreur UVT	:	**M.**	**Chiheb GHALLEB**

Année Universitaire : 2012/2013

Remerciements

Ce mémoire est le fruit d'une réflexion et un travail de plusieurs semaines durant lesquelles j'ai pu bénéficier de nouvelles compétences en gestion de la production. Evidemment, bien que ce travail soit personnel, beaucoup de personnes y ont largement contribué que ce soit directement ou indirectement.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance et mes sincères remerciements à mon encadreur Monsieur Chiheb GHALLEB, enseignant à l'Université virtuelle de Tunis et expert en Lean Manufacturing pour ses conseils pertinents qu'il m'a accordée durant la réalisation de ce travail. Les remarques qu'il m'a prodigués tout au long de la rédaction, ont toujours été pour moi clairs, précis et concis, me facilitant grandement la tâche et me permettant d'aboutir à la réalisation de ce mémoire.

Ma reconnaissance va également à Monsieur David KIRSCHFINK, Directeur de l'entreprise P-E-T, pour le vif intérêt qu'il a constamment manifesté à l'égard de mon travail et pour le climat de travail sain, facilitant le travail d'équipe.

Ma gratitude s'adresse à mes collègues qui ont bien voulu soutenir ce travail et y apporter leurs précieuses remarques.

Je remercie tout particulièrement ma femme pour avoir toujours été présente et m'avoir soutenue, pour sa patience et sa générosité envers les obligations familiale dont je suis responsable.

Résumé

Pour assurer et garantir sa compétitivité, une entreprise est sous le défi de réaliser des produits dont la qualité est irréprochable avec un meilleur prix.

Pour réaliser cet objectif dans un monde de concurrence, il faut améliorer continuellement ses processus de production et réduire les gaspillages cause de manques à gagner.

Ce projet résume un travail d'élimination des gaspillages dans la chaine de production de l'entreprise P-E-T. Un travail d'équipe partant d'une étude « Value Stream Mapping » puis une analyse de causes et un plan d'action réalisés avec succès ont permis d'apporter pour l'entreprise des gains à saisir. D'autres améliorations sont toujours possibles dans le principe d'amélioration Kaizen.

Mots clés : VSM, Gaspillage, Kaizen, Cartographie, Amélioration.

Abstract

To ensure and guarantee its competitiveness, a company is under the challenge of producing with quality and better price. To achieve this goal in a competitive world, a company must continuously improve its production processes and reduce waste.

This project summarizes work to eliminate waste in the production line of the company P-E-T. A teamwork starting with a "Value Stream Mapping" study and a root cause analysis and then an action plan which was successfully implemented brings benefits to the company. Further improvements are always possible in accordance with Kaizen improvement principle.

Key words: VSM, Waste, Kaizen, Mapping, Improvement.

ملخص

لضمان قدرتها التنافسية، تواجه الشركات التحدي المتمثل في تسويق منتوجات ذات جودة عالية وسعر أفضل. لتحقيق هذا الهدف في عالم تنافسي، يجب على الشركة تحسين عمليات الإنتاج وتقليل النفايات باستمرار.

يلخص هذا المشروع العمل على القضاء على النفايات في وحدة إنتاج الشركة بالعمل الجماعي بدءا من دراسة "رسم خريطة الإنتاج" مرورا بتحليل السبب الجذري للمشاكل ومن ثم وضع خطة عمل، التي تم تنفيذها بنجاح و عادت بالنفع على الشركة بصفة ملحوظة. المزيد من التحسينات تبقى دائما ممكنة وفقا لمبدأ كايزن للتحسين.

كلمات مفاتيح: في أس أم، النفايات، كايزن، الخرائط، التحسين.

Table des matières

Introduction générale 1

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise P-E-T 3

1.1. Introduction 4

1.2. Historique 4

1.2.1. Historique de P-E-T 4

1.2.2. Historique du groupe E-T-A 4

1.3. Organigramme 7

1.4. Cartographie des processus 8

1.5. Analyse SWOT 8

1.5.1. Analyse interne : Forces et faiblesse 8

1.5.2. Analyse externe : Opportunités et menaces 9

1.6. produits 9

1.7. Typologie de production 11

1.8. Insuffisances constatées 12

1.9. Objectifs du projet et voie de développement 12

Chapitre 2 : Outils d'amélioration Lean Manufacturing 13

2.1. Introduction 14

2.2. Value Stream Mapping – VSM 15

2.2.1. Traçage de la chaine de valeur 17

2.2.2. Méthodologie 20

2.2.3. Mesures 20

2.2.4. Amélioration de la chaine de valeur 21

2.2.4.1. Tirer la production 22

2.2.4.2. Créer un flux continue 22

2.2.4.3. La programmation de la production 22

2.2.4.4. cartographier l'état futur 23

2.2.4.5. Plan de mise en œuvre 23

2.3. Les 7 Muda 24

2.4. Les 5S 24
2.5. Le management visuel 26
2.6. Team-building 26
2.6.1. Création de l'équipe 26
2.6.1.1. Première phase - Forming 26
2.6.1.2. Deuxième phase - Storming 27
2.6.1.3. Troisième phase - Norming 27
2.6.1.4. Quatrième phase - Performing 27
2.6.2. Une équipe avec des objectifs individuels 27
2.6.3. Exécution 27

Chapitre 3 : Mise en Œuvre des outils Lean Manufacturing 28
3.1. Introduction 29
3.2. Cartographie du flux de valeur (VSM) 29
3.2.1. Identification des ilots de production 29
3.2.2. Analyse de déroulement 30
3.2.3. Représentation du VSM initial 31
3.3. Analyse et amélioration Kaizen 32
3.3.1. Techniques d'amélioration du VSM 32
3.3.1.1. Diagramme Ishikawa 32
3.3.1.2. Diagramme Pareto 35
3.3.2. Résolution du problème de stock et de mise en ligne de production 38
3.3.2.1. Disposition initiale 38
3.3.2.2. Graphique de circulation 39
3.3.2.3. Révision de la gamme opératoire et du déroulement des activités 41
3.3.2.4. Application de la méthode des antériorités 41
3.3.2.5. Plan d'action 42
3.3.3. Application de la méthodes des 5S 47
3.3.2.1. Enregistrement de la situation initiale 5S 48
3.3.2.2. Mesures correctives et définition de l'objectif 50
3.3.2.3. Mise en place des 5S 51
3.3.2.4. Enregistrement de la nouvelle situation 5S 52
3.3.2.5. Nouvelles améliorations et définition d'un nouvel objectif 52

3.3.4. Management visuel 54
3.4. Conclusion 56

Chapitre 4 : Analyse de l'application des outils Lean Manufacturing 57
4.1. Introduction 57
4.2. Résumé des résultats 58
4.2.1. Comparaison des indicateurs de l'état initial et l'état amélioré 58
4.2.2. VSM actuel 59
4.3. Etude et perspective du VSM futur 60
4.3.1. Equilibrage des postes de travail 60
4.3.1.1. Situation actuelle 60
4.3.1.2. Analyse de la situation actuelle 61
4.3.1.3. Situation futur 62
4.3.2. VSM futur 63

Conclusion générale 64
Références bibliographiques 65

Liste des figures

Figure 1. 1: Organigramme de l'entreprise P-E-T 7
Figure 1. 2: Cartographie des processus 8
Figure 2. 1: Principes du concept Lean, outils et méthodes 14
Figure 2. 2: Etendue de la chaine de valeur 15
Figure 2. 3: La chaine de création de valeur (fabrication du produit) 16
Figure 2. 4: La chaine de création de valeur (tous les processus) 16
Figure 2. 5: Les niveaux d'amélioration du VSM 16
Figure 2. 6: Méthodologie de réalisation du VSM 17
Figure 3. 1: VSM initial 31
Figure 3. 2: Diagramme Ishikawa 34
Figure 3. 3: Diagramme de Pareto 37
Figure 3. 4: Graphique de circulation, rez-de-chaussée 39
Figure 3. 5: Graphique de circulation, étage 40
Figure 3. 6: Salle de contrôle électrique RDC, état initial_1 44
Figure 3. 7: Salle de contrôle électrique RDC, état initial_2 44
Figure 3. 8: Salle de contrôle électrique RDC, état après changement 45
Figure 3. 9: Salle de contrôle électrique 1110 (étage), état initial 45
Figure 3. 10: Salle de contrôle électrique 1110 (étage), état après changement 46
Figure 3. 11: Salle de réunion (étage), état initial 46
Figure 3. 12: Salle de réunion (étage), état après changement 47
Figure 3. 13: Situation initiale 5S, étagère en désordre 49
Figure 3. 14: Situation initiale 5S, des postes de travail non utilisés 49
Figure 3. 15: Situation initiale 5S, affaires personnelles sur le poste de travail 49
Figure 3. 16: Résultat de l'évaluation 5S, état initial 50
Figure 3. 17: Chantier 5S, élimination des équipements hors usage 51
Figure 3. 18: Chantier 5S, nettoyage 51
Figure 3. 19: Résultat de l'évaluation, état après un chantier 5S 52
Figure 3. 20: Outillage dans l'atelier mécanique, état après un chantier 5S 53
Figure 3. 21: Atelier propre, état après un chantier 5S 53

Figure 3. 22: Marquage du sol, état après un chantier 5S 53
Figure 3. 23: Tableau d'affichage des informations générales du système de production 54
Figure 3. 24: Tableau d'affichage des défauts de qualité..... 54
Figure 3. 25: Approvisionnement en bouteilles de graisse 55
Figure 3. 26: Signalisation de sécurité 55
Figure 4. 1: VSM actuel, après application des outils d'amélioration 59
Figure 4. 2: Diagramme de distribution des temps d'opération 60
Figure 4. 3: Diagramme de distribution futur des temps d'opération 62
Figure 4. 4: VSM futur 63

Liste des tableaux

Tableau 1. 1: Familles de produits 10
Tableau 2. 1: Liste des pictogrammes usuels pour VSM 17
Tableau 3. 1: Analyse de déroulement 30
Tableau 3. 2: Classification des causes de gaspillage selon les 5M 33
Tableau 3. 3: Données collectées des causes de gaspillage 35
Tableau 3. 4: Classification des causes de gaspillage par catégorie 36
Tableau 3. 5: Gamme opératoire du produit 38
Tableau 3. 6: Méthode des antériorités – 1ère étape 41
Tableau 3. 7: Méthode des antériorités – 2ème étape 42
Tableau 3. 8: Plan d'action d'amélioration de l'implantation 43
Tableau 3. 9: Checklist 5S 48
Tableau 3. 10: Plan de mesures correctives 50
Tableau 3. 11: Plan de mesures d'amélioration continue 52
Tableau 4. 1: Résumé des résultats 58
Tableau 4. 2: Tableau des temps d'opération 60
Tableau 4. 3: Analyse de la situation actuelle 61
Tableau 4. 4: Tableau des temps d'opération 62

Introduction générale

Les entreprises industrielles sont confrontées à une situation de concurrence inédite, qui sort des schémas classiques du jeu concurrentiel. En effet, les écarts de prix entre produits en compétition peuvent être tels qu'il devient très difficile de les compenser par des écarts de valeur ajoutée. Les conditions de concurrence ne sont donc plus homogènes pour les acteurs en présence.

Le prix d'un produit est une donnée qui met face à face une entreprise et son client. Cependant, la fixation des prix oblige l'entreprise à prendre en compte des éléments internes concernant les coûts de production du bien et des éléments externes comme l'attitude des clients, l'existence d'une réglementation et la structure du marché sur lequel l'entreprise évolue.

Dans la fixation du prix de vente, l'entreprise doit d'abord prendre en compte des éléments internes relatifs à ses coûts : les coûts de production se répartissent en deux catégories, les coûts fixes (qui ne varient pas en fonction du volume de la production, par exemple le loyer du local occupé) et les coûts variables qui dépendent des quantités produites (matières premières, énergie…). L'entreprise ne peut envisager de vendre au-dessous de ce que lui coûte le produit. Elle calcule donc le coût unitaire de production auquel elle ajoute le coût unitaire de distribution, ce qui lui permet de connaître le coût de revient unitaire du produit. L'entreprise rajoute sa marge et détermine ainsi son prix de vente. La marge sert à rémunérer les apporteurs de capital, et à assurer le financement de l'activité de l'entreprise et de ses investissements.

Les coûts de production sont liés aux quantités produites : en effet, la production à grande échelle permet généralement de diminuer le coût de production unitaire, ce qui présente un atout pour les entreprises ayants des marchés de production de masse, ceci prouve que les petites et moyennes entreprises ayants des segments de marché limités ont besoins de faire plus d'efforts pour assurer leurs marges bénéficiaires. En conséquence, et confrontée à des prix de matières premières élevés et peu négociables et des charges de personnels qui ne cessent d'augmenter, l'entreprise doit chercher à optimiser sa production en vue de réduire les charges et éliminer les gaspillages, sachant que le client ne paye que la valeur ajoutée.

Ainsi et se basant sur ce principe nous avons décidé de créer un projet qui traite la problématique de gaspillages dans notre entreprise, et ayant pour objectifs la réduction des coûts de production et l'amélioration des indicateurs de performance.

Ce rapport est structuré en quatre chapitres dont le premier présentera l'entreprise, ses forces et faiblesses et sa problématique. Le deuxième chapitre définira les outils d'amélioration faisant l'objet d'une démarche Lean Manufacturing. Le troisième chapitre est consacré à la mise en œuvre des outils d'amélioration Lean Manufacturing. Un dernier chapitre fera l'objet de mise en évidence et comparaison des indicateurs de performance entre l'état initial et après mise en œuvre des outils d'amélioration.

Ce projet et soutenu par une coopération avec la maison mère E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH à Nuremberg en Allemagne dans le cadre d'un programme de standardisation des systèmes de production des usines du groupe E-T-A dans le monde. Le programme porte le nom de E-T-A PS (E-T-A Production System).

A l'origine et depuis 2010 l'entreprise mère E-T-A a créé un projet d'application des « 20keys » dans l'entreprise mère en vue d'améliorer et d'optimiser sa production, mais après l'écoulement de 2 années de travail E-T-A a constaté une lourdeur dans la mise en œuvre des nouveaux standards. En conséquence les dirigeants ont décidé d'alléger, d'adapter le contenue et le concept des « 20keys » à leurs besoins et c'est ça qui a fait naitre le programme E-T-A PS en début de l'année 2012.

Le programme E-T-A PS repose sur l'amélioration continue à l'origine des réponses issues des cinq questions directrices suivantes :

Q1 : Sais-je ce qu'il faut faire ?

Q2 : Est-ce que j'évite le gaspillage ?

Q3 : Suis-je en train de respecter les délais ?

Q4 : Travaillons-nous sans fautes ?

Q5 : Sommes-nous aujourd'hui mieux qu'hier ?

Cinq axes d'amélioration ont été identifiés dans ce programme comme suit :

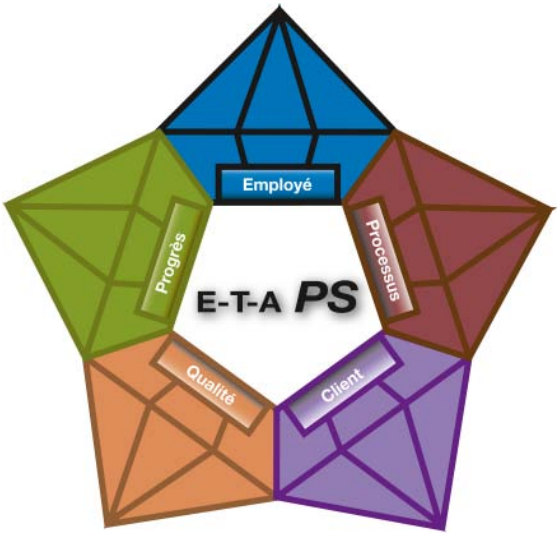
Employé : Nous nous organisons

Processus : Nous éliminons les gaspillages

Client : Nous travaillons ensemble

Qualité : Nous travaillons avec clarté

Progrès: Nous nous développons continuellement



Chapitre 1 : Présentation de l’entreprise P-E-T

1.1. Introduction

Dans ce premier chapitre nous allons présenter l'entreprise P-E-T, sa structure organisationnelle, son domaine de travail, ses produits, sa typologie de production et les insuffisances suite auxquels ce projet a été créé. Une petite analyse SWOT sera aussi une aide pour se focaliser sur les problèmes à résoudre.

1.2. Historique

L'entreprise P-E-T, Production Electrotechnique Tunisie Sarl., fondée en 1977 à la région de Sousse est une filiale du groupe allemand E-T-A leader dans le domaine de disjoncteurs pour équipements depuis 1949.

1.2.1. Historique de P-E-T

P-E-T est une entreprise non résidente, totalement exportatrice, travaillant dans le domaine d'électricité-électronique depuis plus de 36 ans et spécialisé dans la fabrication des disjoncteurs thermiques à usage non domestique, nommé encore « protection supplémentaire pour équipement » pour le compte de la maison mère E-T-A en Allemagne.

Jusqu'à 2007 P-E-T s'appelait encore ETA Appareils Electrique CS. et comme son nom l'indique elle était une commandite simple mais à partir de début 2008 elle s'est changée de de nom et de statut vers une SARL suite à la nouvelle loi de finance en Tunisie, tous les employés ont conservés leurs anciennetés et leurs droits après ce changement.

Comme le monde industriel l'exige, depuis l'année 2002 P-E-T a été certifiée pour la première fois selon la norme ISO9001 :2000 et a efficacement maintenu et renouvelée son certificat à plusieurs reprise lors des audits du système qualité.

1.2.2. Historique du groupe E-T-A

Depuis plus de 65 ans, en 1949 E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH, fondée par Jakob Ellenberger et Harald A. Poensgen, se trouve toujours en possession des familles des fondateurs. Elle emploie aujourd'hui environ 1200 personnes à travers le monde, réparties dans plus de 60 pays différents. Malgré l'internationalisation de son engagement, la direction de la société E-T-A reste fermement entre les mains de membres de troisième génération des familles fondatrices.

Une société familiale avec tradition, située en Allemagne à Altdorf dans la banlieue de Nuremberg, agit avec succès sur les marchés internationaux. « Engineering Technology » Une excellente image de marque dans le monde industriel réfère aux meilleures solutions pour le déploiement optimal de l'énergie électrique au niveau mondial. La sécurité des appareils et de leurs utilisateurs est toujours au centre de ses préoccupations. E-T-A propose à ses clients la plus large gamme de disjoncteurs pour équipements, un catalogue de produits personnalisable selon les besoins des clients et les applications pour lesquels ils sont destinés.

L'équipe de direction de la société E-T-A est composée de quatre personnes. Les deux directeurs Philip Poensgen et Dr. Clifford Sell, de la troisième génération, dirigent l'entreprise. Les autres membres de l'équipe dirigeante, Bernd Härtlein et Manfred Kiefl, font

partie depuis de nombreuses années de la société et sont respectivement responsables des divisions et du service financier.

Dates clés :

1948: Jakob Ellenberger et Harald A. Poensgen créent la société Ellenberger & Poensgen GmbH à Altdorf dans la banlieue de Nuremberg

1953: démarrage de la palette de produits E-T-A, disjoncteurs pour équipement (CBE)

1955 et 1957: la globalisation avance à pas de géant – création de filiales autonomes à Chicago/USA et à Montréal/Canada

1961: démarrage d'une unité de production à Hohenfels/Allemagne

1969: l'innovation en marche – création et développement d'un département électronique

1976: création d'une succursale en Grande Bretagne « Circuit Breakers Ltd »

1977: démarrage de l'unité de production en Tunisie pour les produits E-T-A

1978: création de E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH (filiale mère)

Années 80 et 90: créations des succursales en Autriche, en Espagne, en Belgique, en Italie et en France

1991: E-T-A continue son expansion – inauguration d'une nouvelle unité de production à Altdorf

1993: certifications de E-T-A selon DIN ISO 9001

1994: expansion vers l'Asie – création de la filiale japonaise

1997: démarrage d'une unité de production à Pasuruan en Indonésie pour l'approvisionnement en produits E-T-A du marché sud-est asiatique en constante progression, création de la filiale E-T-A Asia Pacific à Singapour

1998: E-T-A fête son cinquantenaire et l'histoire à succès est loin d'être terminée ....

2002: E-T-A est certifié selon les nouvelles normes DIN EN ISO 9001:2000 et DIN EN9100

2005: Création d'une succursale en Australie, en Chine et en Thaïlande

2006: Certification du système de management de la qualité selon ISO/TS 16949:2002, inauguration du nouveau centre logistique à Altdorf

2007: Création d'une succursale en Russie

2008: Démarrage d'une unité de production à Surabaya en Indonésie

2011: Production pilote LEAN chez E-T-A

2012: E-T-A fait partie du "Top 100" des PME les plus innovantes

Dates importantes pour le système d’assurance de la qualité

1973: Un fascicule décrit la mise en place et l’organisation d’un système d’assurance qualité conformément à la Norme AQAP1

1989: Notre système d’assurance qualité est réorienté selon la Norme ISO 9001

1989: Le système d’assurance qualité E-T-A répond à la Norme KTA 1401

1992: Notre laboratoire de test est accrédité selon EN 45001 par DATech

1992: Mise en place d’un suivi d’assurance qualité SPC

1993: Le système d’assurance qualité E-T-A est certifié selon ISO 9001 par l’organisme DQS

1994: Notre laboratoire de test est autorisé à effectuer les essais selon UL

1995: Introduction de la méthode FMEA

1996: Le suivi d’assurance qualité SPC est vérifié par Boeing

1997: E-T-A obtient le «Bayerischer Qualitätspreis –Prix Bavarois de la Qualité»

2002: Obtention du «Lockheed Star Supplier Award»

2002: Système d’assurance qualité orienté vers les processus selon ISO 9001:2000

2002: Homologation EX pour certaines familles de produits E-T-A

2003: Laboratoire de test accrédité selon ISO 17025 par DATech

2003: Le système d’assurance qualité E-T-A répond à la Norme KTA 3507

2003: Le système d’assurance qualité est étendu pour la certification selon la norme aéronautique EN 9100:2000

2006: E-T-A répond aux exigences que demande l'industrie automobile à ses fournisseurs en ce qui concerne le management du service qualité selon ISO TS 16949:2002

2009: Distinction comme meilleur fournisseur par Airbus

1.3. Organigramme

P-E-T emploie 135 personnes dont 7 cadres de management, 5 techniciens et 123 ouvrières.

La structure hiérarchique de l'entreprise est tel que présentée dans l'organigramme suivant :

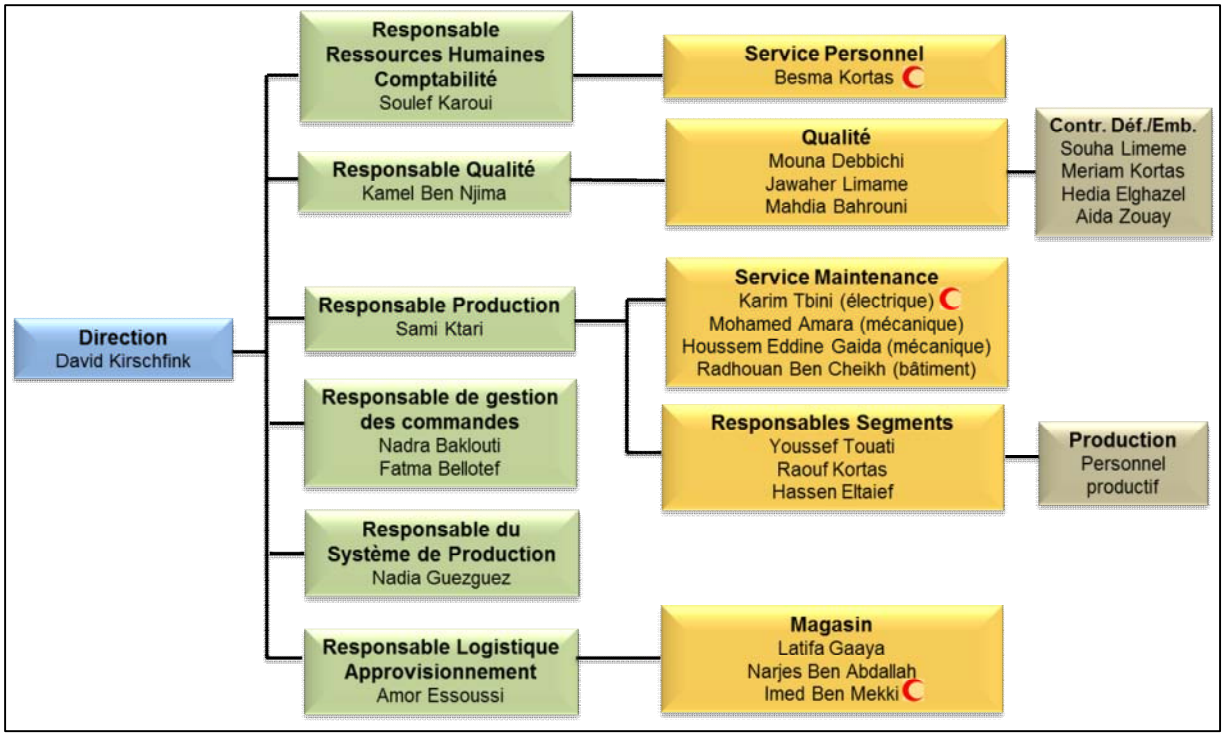


Figure 1.1 : Organigramme de l'entreprise P-E-T

1.4. Cartographie des processus

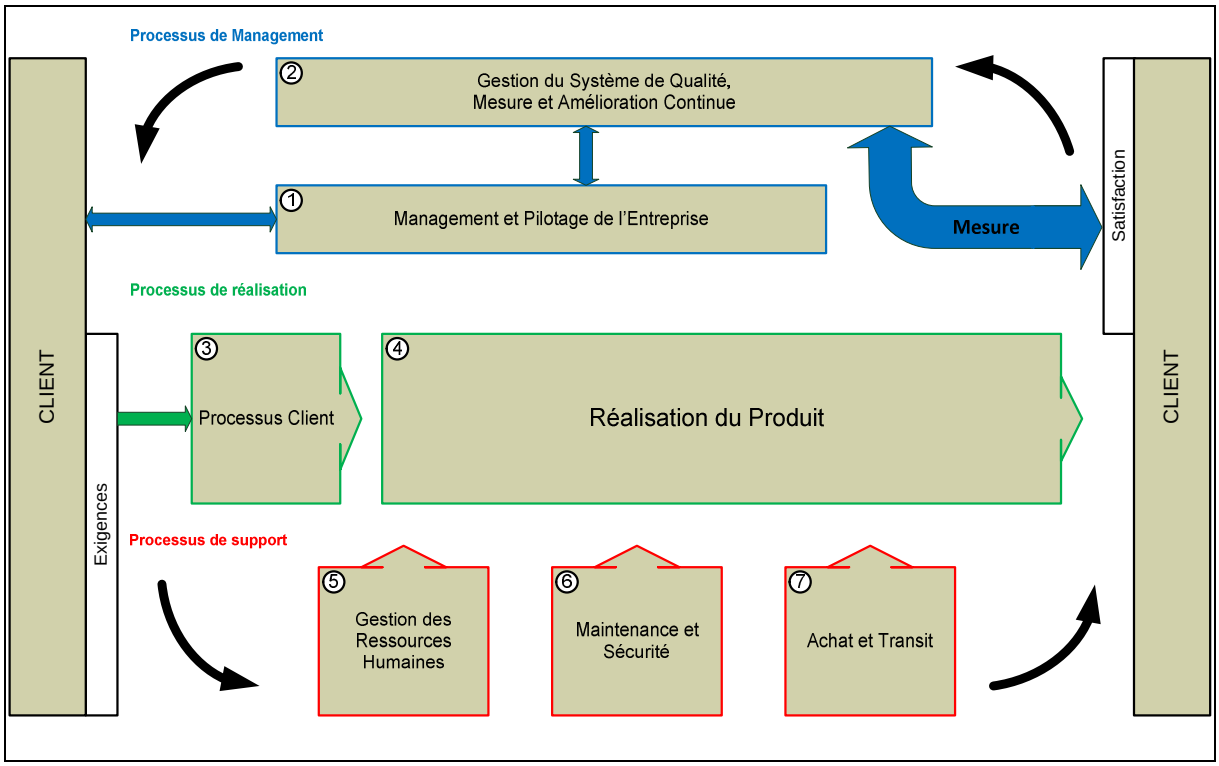


Figure 1.2 : Cartographie des processus

1.5. Analyse SWOT

1.5.1. Analyse interne : Forces et faiblesses

Forces :

- Une image de marque de renommée, symbole de qualité et robustesse,
- Une organisation cohérente avec une culture d'entreprise et une fierté d'appartenance,
- Système de qualité avec une certification internationale,
- Produits brevetés et certifié chez plusieurs organismes de certification produits,
- Ecoute active des clients,
- Une main d'œuvre qualifié, flexible et hautement encadré,
- Amélioration continue.

Faiblesses :

- Taux de déchets internes relativement élevé à cause de défauts de matière première et des erreurs internes.
- Difficultés face à la réduction du prix de vente sachant que les exigences de qualité sont élevées.

- L’automatisation des procédés de fabrication est souvent difficile et couteuse à causes d’une large gamme de produits et leurs personnalisations.
- Lenteur dans les processus de fabrication ce qui influe négativement sur l’efficience usine.

1.5.2. Analyse externe : Opportunités et menaces

Opportunités :

- Création d’un centre de développement de nouveaux produits en Tunisie, qui pourra aussi améliorer la conception des produits existants.
- Optimiser les coûts de transport en livrant directement vers les filiales de distribution dans le monde au lieu de faire le transit chez la maison mère en Allemagne.
- Sous-traiter la fabrication des pièces en matière plastique en Tunisie au lieu de l’acheter d’Allemagne ce qui baissera les prix de matière première, ainsi les produits fabriqués pourront avoir des prix de vente plus compétitifs.
- Possibilité de bénéficier jusqu’à 30% d’augmentation dans le chiffre d’affaire en commercialisant les produits fabriqués en Tunisie selon la règlementation en vigueur.

Menaces :

- Risque de perdre des parts de marché à cause des produits imités à prix bas venant des pays de l’extrême orient tel que la Chine, les philippines, la Thaïlande et l’Indonésie.
- Risque de ne pas pouvoir faire face à la concurrence d’autres entreprises industrielles travaillant dans le même domaine et proposant des produits ayant les mêmes fonctionnalités à prix plus avantageux.
- Risque de crises économiques mondiales comme celle de 2008/2009, ainsi ne pas avoir des réserves pourra être fatale pour l’entreprise.

1.6. Produits

L’entreprise P-E-T est spécialisée dans la production des disjoncteurs thermiques. Ils sont idéalement utilisés pour la protection contre les surcharges en courant et les courts circuits des charges telles que les moteurs électriques, les transformateurs, les vannes magnétiques, les réseaux électriques de bord et les câbles d’alimentation en basse tension.

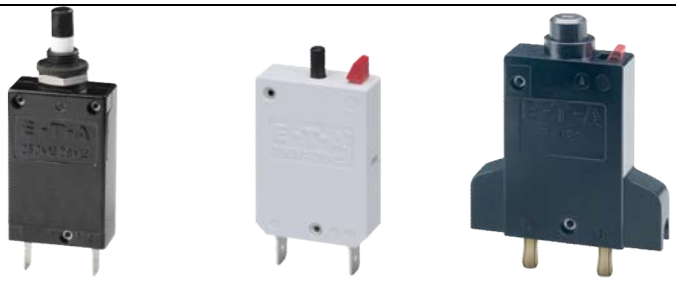
Le seuil de déclenchement des disjoncteurs thermiques dépend de la valeur du courant de surcharge. Lorsque la surcharge en courant augmente, un bilame est chauffé jusqu’à ce que son seuil de déclenchement défini soit atteint, entrainant l’isolation électrique de la charge raccordée.

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 1.1 : Familles de produits

Famille de produits	**photos**	**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
3-		450.000
2-6400		30.000

1.7. Typologie de production

Pour distinguer la typologie de production chez P-E-T, les éléments suivants sont à saisir :

- Les quantités annuelles fabriquées sont de l'ordre de 2,5 à 3 millions d'appareils.
- Le flux de production est de type discontinu, en raison de la grande diversité d'articles et de variantes à produire, les ateliers fonctionnels peuvent traiter tous type de produits avec l'utilisation des outils adéquats. Le flux des produits est fonction de l'enchaînement des tâches à réaliser.
- Le portefeuille des clients ne comporte qu'un seul client direct qui est la maison mère.
- Il n'y a aucune restriction dans les quantités commandées, mais le lotissement interne ne dépasse pas 500 pièces par lot, indépendamment de la taille de la commande. C'est une production en petites et moyennes séries.
- La production est effectué généralement sur commande ; mais dans les moments de crise ou de baisse de commandes, l'atelier ne cesse pas de travailler et continue à produire un stock d'articles de la classe A (les articles les plus demandés). Le but a un aspect purement social.

1.8. Insuffisances constatées

Notre production est soutenue par un système ERP (Enterprise Ressource Planning) qui gère les commandes, les ordres de fabrication, les gammes de production, les nomenclatures des produits et leurs prix. Chaque taches effectuée dans la production est enregistrée et évaluée en termes d'efficience. Les taches ont des durées théoriques par unité déterminé par un service spécialisé dans le minutage des taches venant de la maison mère, la base de ce minutage est utilisée pour déterminer le coût de la production et ainsi le prix de revient du produit.

L'efficience de la production est un indicateur important dans l'évaluation de l'entreprise, nous avons constaté que depuis le transfert de production d'une nouvelle famille de produis de la maison mère vers la filiale P-E-T l'efficience totale de la production a chutée de plusieurs unités. Ce problème nécessite indispensablement des remèdes efficaces car la hausse des prix de revient des produits en sera une conséquence directe.

1.9. Objectifs de projet et voie de développement

Notre société est parvenue à un stade de production flexible et de bonne qualité suite à de nombreuses améliorations intervenues depuis des années. Cependant, nous sommes récemment face à la concurrence des prix de la production étrangère. Nous ne pouvons pas nous permettre une augmentation du prix de revient des produits. Pour quelles mesures devons-nous opter ?

Il ne suffit pas de produire une haute qualité pour maintenir sa part de marché, des entreprises concurrentes interviennent aussi sur le même marché en proposant des produits moins chers et ayant les mêmes fonctionnalités ou presque. Les clients ne perçoivent pas la robustesse ou la durée de vie d'un produit sans l'essayer, ce qui donne plus d'avance aux produits moins chers, par conséquent et en l'absence des méthodes d'optimisation des prix, nos concurrents peuvent gagner de nouvelles parts de marché qui étaient auparavant sur notre compte.

Les trois facteurs de satisfaction client : coût, qualité, délais, sont les clés de succès face à la concurrence. Pour garder nos clients, nous devons réduire nos prix continuellement par des optimisation de tous les niveaux intervenant dans la chaine de valeur, la survie de l'entreprise dépend de sa compétitivité et son pouvoir innovant sur le produit, autant que sur les processus de production. Ainsi nous avons décidé d'implémenter une démarche Lean Manufacturing dans notre production à fin de minimiser les coûts de revient des produits et permettre ainsi de réduire leurs prix de vente. Dans les mauvais cas nous devons maximiser notre marge sans augmentation des prix.

Chapitre 2 : Outils d’amélioration Lean Manufacturing

2.1. Introduction

Une des conceptions possibles pour la survie dans un marché mondial turbulent est l'introduction de nouvelles technologies et de structures organisationnelles (par exemple les entreprises réseau, la Lean production, six sigma, la réingénierie des processus d'affaires, etc.)

Le terme Lean Manufacturing est différent des principes de la production de masse qui pendant une longue période a été dominant dans l'industrie occidentale. Comme s'opposer aux principes Lean, la production de masse signifie grand système de production, avec d'énormes stocks, de grandes dépenses, grande production par lots, les temps d'arrêt et d'attente dans le processus de production sont élevés.

Les méthodes et outils utilisés dans la modélisation des concepts Lean peuvent être décrits comme des éléments importants dans la conception du système de production.

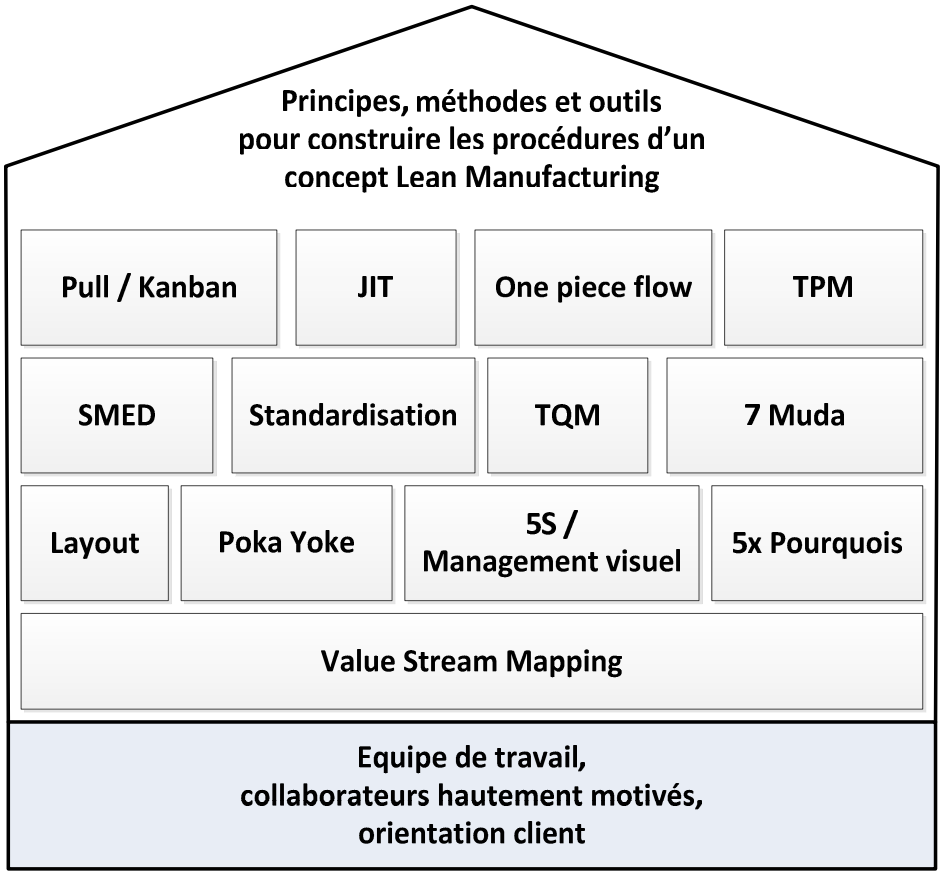


Figure 2.1 : Principes du concept Lean, outils et méthodes

La figure 2.1 représente symboliquement une structure solide, pour laquelle, la base représente des équipes de travail composées de collaborateurs hautement motivés, avec une orientation client. Le Value Stream Mapping représente le point de départ pour l'analyse et amélioration. Le principe du « 5x pourquoi » met en garde contre la gravité de chaque décision et si a-t-elle conduit à un objectif, etc., comme tous les outils sont importants, ils sont disposés au hasard.

Ces outils de synthèse peuvent être consolidés par d'autres qui dans certaines conditions permettent d'aboutir à de meilleurs résultats.

Lean Production est une méthodologie scientifique appliquée à des techniques qui permettent à un processus de travail d'être réalisée avec un minimum de non-valeur ajoutée, résultant une forte réduction des temps d'attente , de déplacements, des stocks, et d'autres gaspillages.

Un point critique dans la pensée Lean est l'accent mis sur la valeur. Mais souvent, la création de valeur est considérée comme égale à une réduction des coûts. Cela représente une lacune courante, mais critique de la compréhension du Lean.

Les entreprises prennent de plus en plus d'attention à l'importance de l'innovation organisationnelle : comme le Lean production ou la gestion de la qualité totale.

Le Lean manufacturing est l'un des concepts populaires qui ont été pratiquées dans plusieurs entreprises dans le monde. Cependant, il y a beaucoup d'entreprises qui mettent en œuvre des concepts Lean mais sans autant vérifier si ces techniques ont permis à l'entreprise d'évoluer. Ainsi, il est important d'inspecter le résultat après la mise en œuvre du Lean.

2.2. Value Strean Mapping – VSM

La Cartographie de la chaîne de valeur, présentée le long de ce document par l'abréviation VSM (Value Stream Mapping), est un outil couramment utilisé dans des programmes d'amélioration continue Lean pour aider à comprendre et améliorer le flux matériel et les flux d'information au sein des organisations.

Le VSM présente l'ensemble du processus de bout en bout dans une méthode qui est facile à comprendre par ceux qui travaillent le processus, il capture l'état actuel, et présente une image réaliste grâce à un format graphique simple à comprendre. L'état futur (un schéma montrant un procédé amélioré et modifié) peut être formulé et défini suite à l'utilisation d'une méthodologie qui sera décrite plus tard dans ce chapitre.

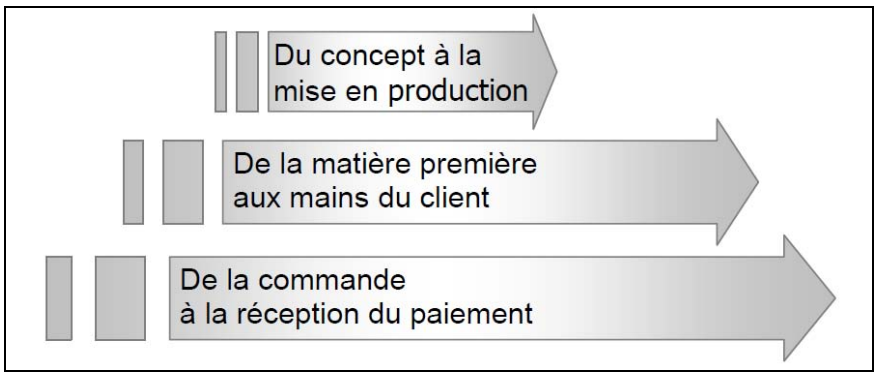


Figure 2.2 : Etendue de la chaine de valeur

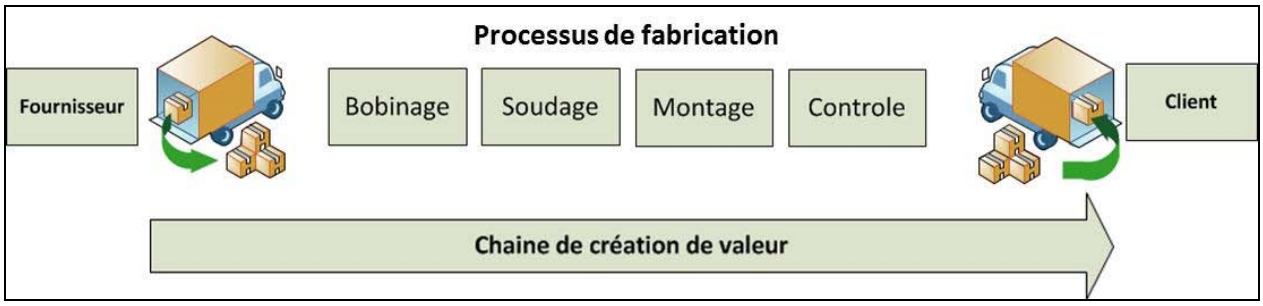


Figure 2.3 : La chaine de création de valeur (fabrication du produit)

Figure 2.4 : La chaine de création de valeur (tous les processus)

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.

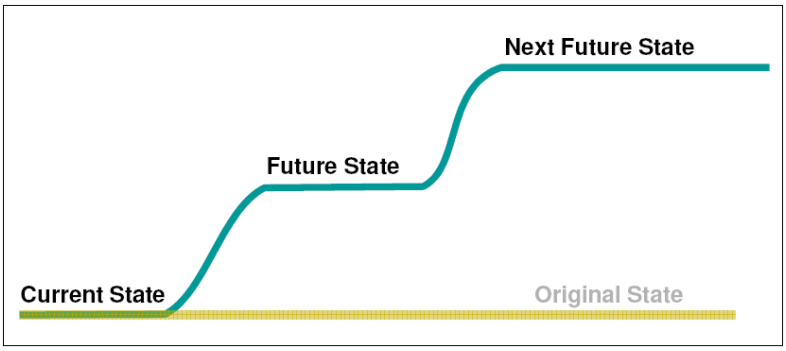


Figure 2.5 : Les niveaux d'amélioration du VSM

2.2.1. Traçage de la chaine de valeur

Avant d'amorcer la démarche au plus juste, il faut d'abord déterminer la famille de produits sur laquelle on veut concentrer notre effort. Le tracé d'une carte de la chaîne de valeur se fait en marchant dans l'usine et en dessinant, pas à pas, les diverses étapes de traitement pour une famille de produit précise. Une famille de produits est un ensemble de produits qui subissent des traitements semblables, sur les mêmes équipements (même gamme de fabrication). On devra désigner une personne qui aura la responsabilité de cerner et d'améliorer la chaîne de valeur d'une famille de produits.

Le relevé porte sur les flux de matières et d'information.

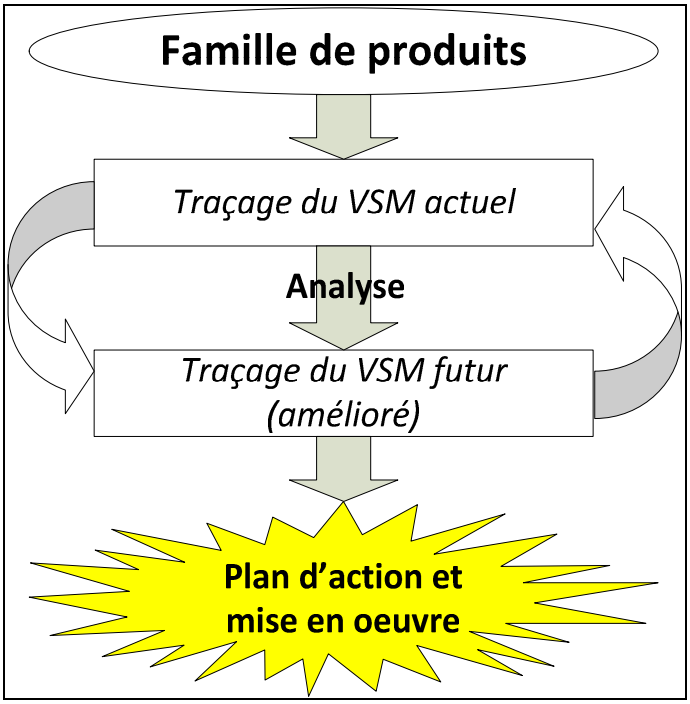
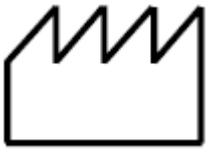
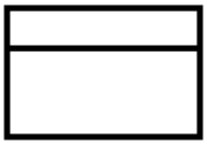
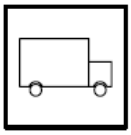
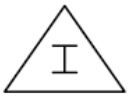
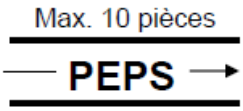
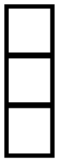


Figure 2.6 : Méthodologie de réalisation du VSM

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

Tableau 2.1 : Liste des pictogrammes usuels pour VSM

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 hebdomadaire	Calendrier de travail
OXOX	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

2.2.2. Méthodologie

La méthodologie utilisée repose sur les trois étapes suivantes :

1. Suivre le chemin de fabrication d'un produit à partir du client jusqu'au fournisseur.

2. Représenter visuellement et précisément chaque procédé tout au long du flux du matériel et de l'information.

3. Poser des questions clés et dessiner la chaîne de valeur.

Il y a plusieurs prérequis pour réussir une cartographie. En outre, il faut collecter les données sur le plancher. Les données existantes de l'entreprise sont une bonne base pour commencer mais en général les derniers changements sur le plancher de production ne sont pas encore mis à jour. De plus, il est recommandé de commencer par la fin, c'est-à-dire de remonter la chaîne des clients jusqu'aux fournisseurs.

2.2.3. Mesures

Plusieurs types de mesures sont nécessaires à la cartographie ; les mesures de temps et les taux de rendement par poste de travail. Le temps de cycle (TC) est le temps qu'il faut à un opérateur pour bien accomplir sa tâche. Le temps de valeur ajoutée (VA) est le temps de ces éléments qui transforme la matière. Le temps de passage (TP) est le temps pour qu'une pièce franchisse toutes les étapes de la chaîne de valeur. La relation entre les trois types de temps est la suivante :

$$VA < TC < TP$$

L'importance d'un temps de passage court est indéniable. En effet, plus le temps de passage est court, plus le temps entre la facturation des matières premières et la facturation des produits finis au client est court. Ceci vient influer directement sur le fond de roulement et la ligne de crédit de l'entreprise. En s'appuyant sur la Loi de Little (Théorie des files d'attentes), qui stipule que le temps de passage moyen dans une file d'attente est proportionnel au nombre de clients divisé par le temps de traitement, il est possible d'observer une corrélation similaire entre l'augmentation du volume d'en-cours de production (WIP : Work In Process) entre chacun des postes de travail et la durée du TP. La quantité en inventaire comprend les matières premières, les produits en cours de fabrication et les produits finis. Par ailleurs, en considérant un temps de cycle de fabrication élevé à chacun des postes, l'entreprise doit augmenter la taille des lots afin de maximiser le rapport coût d'utilisation/quantité fabriquée. Ceci agit directement sur le TP puisque la quantité de stock s'accroît entre les postes. En contrepartie, le maintien d'importante quantité de stock cause une perte de liquidité financière pour l'entreprise et vient diminuer le pouvoir de saisir des opportunités. C'est sur cette notion importante que s'appuie la démarche de VSM.

Le taux de rendement global (TRG) est la mesure de l'efficacité de l'entreprise en se basant sur trois paramètres importants :

a) le taux de disponibilité (TD) qui mesure et permet l'analyse de la perte de productivité reliée à des macros arrêts dus notamment à la mise en course et à la maintenance corrective et préventive,

b) le taux d'efficacité (TE) qui mesure et permet l'analyse de la perte de productivité reliée aux micro-arrêts, aux manques de planification, aux déséquilibres, etc.,

c) le taux de la qualité (TQ) qui permet d'identifier le taux de rejet et les niveaux de capacité des procédés.

Le TRG se calcule en effectuant la multiplication suivante :

$$TRG = TD * TE * TQ$$

Selon Nakajima, un des grands spécialistes japonais du Juste-à-Temps, le TRG des entreprises de classe mondiale se situe à au moins 85 % et se distribue comme suit :

Taux de disponibilité : > 95 %

Taux d'efficacité : > 90 %

Taux de qualité : > 99 %

Pour remplir la feuille de calcul du TRG, il faut au moins les informations suivantes :

- Temps de cycle (TC)
- Temps de mise en course (TMC)
- Taux de rendement global (TRG)
- Horaire de travail ainsi que les pauses
- Taux de rejet
- Nombre d'opérateurs
- Nombre d'unités de production

2.2.4. Amélioration de la chaine de valeur

Deux principes de bases doivent être considérés pour développer la chaîne de valeur améliorée. Il faut d'abord trouver un flux qui permet de fabriquer seulement ce que le prochain poste a besoin et quand il le veut. Ensuite, il faut lier tous les procédés (à partir du client jusqu'à la matière première) de façon à éviter les détours et de procurer un délai plus court, une meilleure qualité et un meilleur coût.

Pour y arriver, il faut se poser les questions clés suivantes :

- Quel est le temps « Takt » ?
- Où pouvons-nous utiliser un flux continu ?
- Où aurons-nous besoin de système de contrôle de la production (ex : Kanban) ?
- À quelle étape de production la cédule (planification de production) sera-t-elle envoyée ?
- Quelles améliorations seront nécessaires aux procédés ? (ex : SMED, 5S, formation...)

Le terme « Takt-Time » est un mot allemand qui signifie la baguette du chef d'orchestre. Ainsi, il faut produire au même rythme que le marché demande nos produits de façon à éviter les pénuries ou de créer des stocks. Il est important de garder en tête que l'entreprise doit produire au rythme du temps « Takt-Time », de développer un flux continue lorsque possible et d'utiliser des systèmes de contrôle de production lorsque le flux unitaire est impossible.

2.2.4.1. Tirer la production

Il faut configurer la chaîne de valeur de façon à ce que chaque processus ne produise ce dont a besoin le processus suivant.

Calcul du cycle de production: temps de travail disponible par équipe/demande de la clientèle par équipe (ex 1pièce / 10minutes). Pour les productions unitaires on définira la quantité de travail réalisable à l'endroit du processus le plus lent (goulot), dans un cycle donné.

2.2.4.2. Créer un flux continu

Créer un flux continu chaque fois que cela est possible, signifie que chaque pièce passe d'une étape à une autre de sa fabrication sans période d'arrêt. Ce flux continu correspond à la case processus sur la cartographie.

Il y a souvent des endroits de la chaîne de valeur où il faudra fonctionner par lot, à défaut de pouvoir instaurer un flux continu du fait du temps de réglage, des horaires de travail différents, ou pour des raisons de logistique. Deux méthodes sont à préconiser soit le Kanban, soit le management par les contraintes, soit les deux.

Il n'est pas toujours possible de conserver dans un lieu de stockage toutes les variantes possibles d'une pièce on utilisera alors les couloirs P-E P-S « FIFO » (premier entré, premier sortie). C'est un couloir formalisé soit par dessin ou sol soit par convoyeur à rouleau, ne pouvant recevoir qu'un nombre limité de pièces. Si le couloir est rempli le processus fournisseur (poste 1) ne peut plus produire, c'est ainsi qu'il ne produit que ce dont le processus suivant (poste 2) a besoin.

Les flux tirés séquentiels : Le processus d'approvisionnement produit une quantité prédéterminée de pièces pour répondre à une commande expresse du processus client.

2.2.4.3. La programmation de la production

Comme le prévoie le management par les contraintes, il faut essayer de programmer la production par rapport à un seul processus de production : le goulot.

La programmation de la production doit pouvoir répartir le plus égalitairement dans le temps la fabrication des produits ceci afin de limiter les variations au sein de la production. Pourquoi perturber le rythme de notre activité pour fabriquer le jour même une commande, alors que le client ne recevra pas le produit avant quatre semaines? Mieux vaut accumuler les commandes et lisser le programme, ce qui permettra de raccourcir le temps d'écoulement.

Ce lissage est réalisé par un séquencement quotidien. Plus on égalise la production au niveau du processus régulateur (goulot), plus on pourra répondre aux besoins des clients. On intercalera donc les produits simples (A), avec les produits plus compliqués (B), avec les produits très compliqués (C) :

A-B-C-A-B-C-A-B-C-A-B-C-A-B-C-A-B-C-A-B-C

Le suivi de la production et plus particulièrement du processus régulateur s'effectue à l'aide d'une matrice le lissage : casier où sont disposés les dossiers de fabrication. On dispose les dossiers en fonction du « Takt-Time » et de l'heure de début de fabrication. Si nous sommes en retard le dossier n'est pas prélevé et indique donc un retard.

Réduire les temps de changement de fabrication et la taille des lots traités dans le processus en amont permettront à ces derniers de répondre plus rapidement à l'évolution des besoins en aval.

2.2.4.4. Cartographier l'état futur

Réaliser la cartographie de la chaîne de valeur future.

Réimplantation de l'atelier : Dans la plupart des cas, il est difficile d'implanter en une seule fois un nouveau concept.

Il faut d'abord diviser le système en plusieurs boucles, boucle du processus régulateur (goulot), les boucles connexes, chaque boucle peut constituer une étape de la mise en œuvre. Pour bien visualiser ces boucles, il faut les encercler sur la carte.

Ensuite on liste l'ensemble des tâches à réaliser sur chaque boucle (réduire les temps de cycle, éliminer les temps de changement de série, élaborer les systèmes de flux tiré). Il est conseillé que ce travail soit un travail de groupe dans un premier temps un peu à la façon d'un brainstorming.

2.2.4.5. Plan de mise en œuvre

Pour réaliser le plan de mise en œuvre, deux approches sont possibles, soit on choisit l'endroit où la démarche est la plus rentable pour faire des gains rapides ; soit on choisit l'emplacement où les chances de succès sont les plus évidentes pour motiver les groupes.

La démarche sur chaque boucle peut-être la suivante :

- Développement d'un flux continu obéissant au cycle de production ;
- Etablissement d'un système de flux tiré pour contrôler la production ;
- Mise en place du lissage de la charge ;
- Diverses mesures pour éliminer le gaspillage, réduire la taille des lots et des dépôts de stockage et étendre la zone de production en continu.

2.3. Les 7 Muda

Un Muda (terme japonais) est une forme de gaspillage, tel que désigné dans le système de production de Toyota. Dans ce cadre, la réduction des mudas se fait par une démarche d'amélioration continue (Kaizen).

Eliminer le gaspillage sous toutes ses formes dans un système de production ou dans le service administratif, c'est essentiellement supprimer les activités qui ne créent pas de valeur ajoutée, et qui ajoutent des coûts supplémentaires. Ce sont des pertes et gaspillages au quotidien.

Nous pouvons définir 7 grandes familles de gaspillage :

Stock inutile: des stocks plus importants qu'ils ne devraient être augmentent considérablement les coûts par la mobilisation d'équipements ou de l'espace. L'objectif est de baisser les stocks afin d'améliorer la circulation au sein des ateliers.

Tache inutile: Le processus de conception est mauvais, envisager à le redéfinir. Il faut alors rechercher les opérations inutiles ou celles qui peuvent être améliorées par une modification de l'ordre des actions.

Pièces défectueuses: Ce gaspillage engendre des coûts de correction liés à la gestion des rebuts, des éventuelles retouches et des retours clients. Coût de la pièce + coût indirect (arrêt de chaîne chez le client, transport spéciaux, relance de fabrication...)

Mouvement inutile: Les mouvements inutiles les plus évidents sont en général éliminés facilement. Plus difficiles à traquer sont les (mauvaises) habitudes que les exécutants développent spontanément. Dans les mouvements inutiles, il faut inclure les allées et venues inutiles, ergonomie des postes, aménagement des ateliers,...

Transport inutile: Le transport inutile de matériaux ou de produits en cours. Chaque déplacement a un coût, augmente les délais et multiplie les éventuelles erreurs. Le transport d'une pièce d'une machine à l'autre ne lui confère aucune valeur ajoutée

Temps d'attente: L'attente que quelque chose se produise. C'est également l'inactivité des salariés causés par des pannes machine, rupture de matières premières, changement d'outils,...

Surproduction: Produire plus que ce qui est demandé. Cela intervient souvent lorsque les commandes sont en baisse et que l'on cherche à exploiter l'intégralité du parc machine ou à occuper les salariés.

2.4. Les 5S

Le LEAN ne peut se développer dans une entreprise désorganisée, non propre, sans rigueur et respect des règles que ce soit dans les ateliers ou dans les bureaux.

Les vieilles habitudes, le gaspillage, le manque d'instructions, l'absence d'esprit d'équipe, les mauvaises conditions de travail et le manque de communication sont autant de points qui freinent la stabilité du processus pour tendre vers l'amélioration continue.

L’application du 5S tend à remédier à cela en faisant un grand coup de ménage dans l’entreprise mais aussi dans la façon de penser, il faut repenser les choses différemment.

La méthode des 5S est une technique de management japonaise élaborée dans le cadre du système de production de Toyota qui a pour objectif l’amélioration des taches effectuées quotidiennement dans l’entreprise, elle tire son appellation de la première lettre de chacune des cinq opérations constituant autant de mots d'ordre ou principes simples :

- **S**eiri : débarrasser
- **S**eiton : ranger
- **S**eiso : nettoyer
- **S**eiketsu : standardiser
- **S**hitsuke : être rigoureux

Cette démarche a été traduite en français par le mot **ORDRE** qui signifie :

- **O**rdonner (ou plus littéralement ôter l'inutile)
- **R**anger
- **D**époussiérer, Découvrir des anomalies
- **R**endre évident
- **Ê**tre rigoureux

Débarrasser, ranger, nettoyer, standardiser, être rigoureux, sont les grandes étapes du 5S.

A cela il faut ajouter la formation du personnel car l'adhésion de toute l’équipe est primordiale au bon déroulement du chantier 5S. En effet, ce n’est pas un simple outil mais toute une philosophie, un comportement de tous les jours où l’Homme tient une place prépondérante. C’est une méthode de management participatif qui a pour objectif d’impliquer et de responsabiliser tous les salariés dans l’amélioration de l’organisation de l’entreprise. L’implication du personnel est la clé de réussite du système, c’est la première richesse de l’amélioration continue.

La méthode des 5S va permettre:

- de construire un environnement de travail agréable, par des règles simples, précises et efficaces.

- de réduire le gaspillage (des postes de travail bien organisés réduisent les déplacements, les manutentions, les gestes inutiles et donc les pertes de temps).

- d’améliorer la sécurité des personnes, des équipements.

- de développer l’esprit d’équipe.

Le déploiement du 5S doit être intégré dans la politique de l’entreprise, ce n’est pas une méthodologie à appliquer dans une période limitée, c’est un travail continu, elle doit être soutenue par l’ensemble de la direction.

2.5. Le management Visuel

Le management visuel est au cœur du Lean management, et repose sur la transparence des résultats en temps réel pour tenter d'améliorer la réactivité aux problèmes constatés. Chaque zone ou service doit disposer de ses propres indicateurs, affichés sur place. Les écarts significatifs par rapport aux objectifs fixés doivent donner lieu à une analyse et à un plan d'action correctif.

Le management visuel est la manière de gérer une activité par la vue. Tout ce qui se passe dans une entité se voit immédiatement et surtout, la moindre anomalie. Il contribue à la communication interne de l'entreprise.

L'objectif du management visuel est de définir un environnement professionnel s'appuyant sur des méthodes et des outils visuels, les qualités de cet environnement sont les suivantes:

- Permettre d'apercevoir en un clin d'œil grâce à l'information visuelle.
- Accélérer le traitement et le partage des idées et des informations-clés.
- Installer une boucle de feed-back permanente.
- Fluidifier la communication interne.
- Aider à la prise de décision.
- Faciliter la mise en œuvre et le suivi des plans d'action, ainsi que l'évaluation des résultats.

2.6. Team-building

L'équipe forme une entité renforcée par la volonté de collaborer en vue d'assurer le succès ; il n'est pas étonnant de constater que l'appartenance à une équipe devient rapidement une éthique, toute équipe possède ses propres normes, valeurs et codes moraux auxquels chacun se retrouve, ce qui soude ses membres et crée un véritable esprit d'équipe. Une équipe est constituée pour répondre à des enjeux spécifiques. Elle se caractérise par sa diversité et son unité et fournit un contexte de travail collaboratif pour ses membres.

2.6.1. Création de l'équipe

Bruce Wayne TUCKMAN, un psycho-sociologue américain a proposé un modèle de construction de la cohésion d'une équipe en 4 phases : « Forming - Storming - Norming - Performing ».

2.6.1.1. Première phase – Forming

A ce stade l'équipe est en cours de constitution, elle se compose d'un groupe de personnes réunies suite à une décision d'organisation. Ces personnes n'ont pas forcément des activités en commun, ou des liens directs, ni objectif partagé.

Au cours de la première étape du développement de l'équipe, les membres de l'équipe ont un forte volonté d'être accepté comme l'équipe est au stade de formation. L'objectif de cette phase est d'identifier le plan d'action et d'organiser l'équipe en clarifiant les rôles, la création de calendrier des réunions etc.

2.6.1.2. Deuxième phase – Storming

Cette deuxième phase correspond à la confrontation des opinions de chacun, c'est une phase de turbulence, les divergences de points de vue apparaissent, les tensions se font sentir, chacun cherche à se faire entendre, souvent au détriment des autres. C'est une phase très délicate, qui peut, si elle est mal négociée, aboutir à l'éclatement de l'équipe. Le groupe n'est pas encore tourné collectivement vers la tâche. Le rôle du dirigeant au cours de cette phase est comme l'entraîneur qui suggère des compromis, il doit gérer les conflits et conserver le groupe axé sur leurs objectifs.

2.6.1.3. Troisième phase – Norming

Cette troisième phase correspond à la structuration de l'équipe, avec la mise en place de règles de fonctionnement acceptées par tous. La recherche d'un consensus autour d'un certain nombre de principes permet de cadrer le travail du groupe. A ce stade, on peut commencer à parler d'équipe. Des règles de travail rigoureux sont misent en place de façon à être accepté par tous. Les membres de l'équipe se rencontrent et se sentent coresponsables des résultats. C'est dans ce cadre qu'il sera possible de travailler efficacement.

2.6.1.4. Quatrième phase – Performing

Cette phase correspond au travail effectif du groupe, sur les bases de fonctionnement qui ont été mises en place lors de l'étape précédente. L'équipe sera bien fonctionnelle et les membres coopèrent pour atteindre les objectifs fixés. Dans cette phase l'équipe est plus autonome et les conflits interpersonnels peuvent être résolus sans intervention externe.

2.6.2. Une équipe avec des objectifs individuels

Les objectifs généraux de l'entreprise sont déclinés en objectifs spécifiques aux niveaux des équipes qui sont à leurs tours déclinés en objectifs personnels. Ainsi chaque membres du personnel doit être en mesure de :

- Connaitre ses objectifs individuels;
- Connaitre les objectifs spécifique de l'équipe dans laquelle il évolue;
- Connaitre son rôle dans l'atteinte des objectifs de l'équipe ;
- Connaitre la façon par laquelle son équipe contribue à l'atteinte des objectifs généraux de l'entreprise.

2.6.3. Exécution

Pour pouvoir réussir la concrétisation des objectifs fixés, il faut se doter de ressources appropriées. Une équipe performante doit se composer de personnes compétentes, qui jouissent d'un niveau convenable d'autonomie dans leurs actions. Le manager doit soutenir son équipe par les formations spécifiques nécessaires.

Chapitre 3 : Mise en œuvre des outils Lean Manufacturing

3.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons l'application pratique des méthodes Lean Manufacturing dans le but de remédier aux insuffisances constatées et décrites dans le chapitre1.

3.2. Cartographie du flux de valeur (VSM)

Une chaîne de valeur décrit l'écoulement d'un produit à travers ses principaux processus: le flux de production à partir de la matière premières jusqu'à l'arrivée chez le client et le flux de développement de produits, de la conception à la mise en production, ainsi que le flux d'information qui connecte les divers processus l'un à l'autre.

Dans notre cas le flux de développement de produits ne sera pas traité puisque le développement de produits est réalisé chez le client.

3.2.1. Identification des ilots de production

Dans notre cas l'application des méthodes de King ou celle de Kuziack n'est pas nécessaire étant donné que les lots de production ont été traité dans le passé et la production est déjà segmenté par familles de produits qui ont les mêmes processus de production et utilisent les mêmes postes de charge.

3.2.2. Analyse de déroulement

Tableau 3.1 : Analyse de déroulement

					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

Légende :

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

3.2.3. Représentation du VSM initial

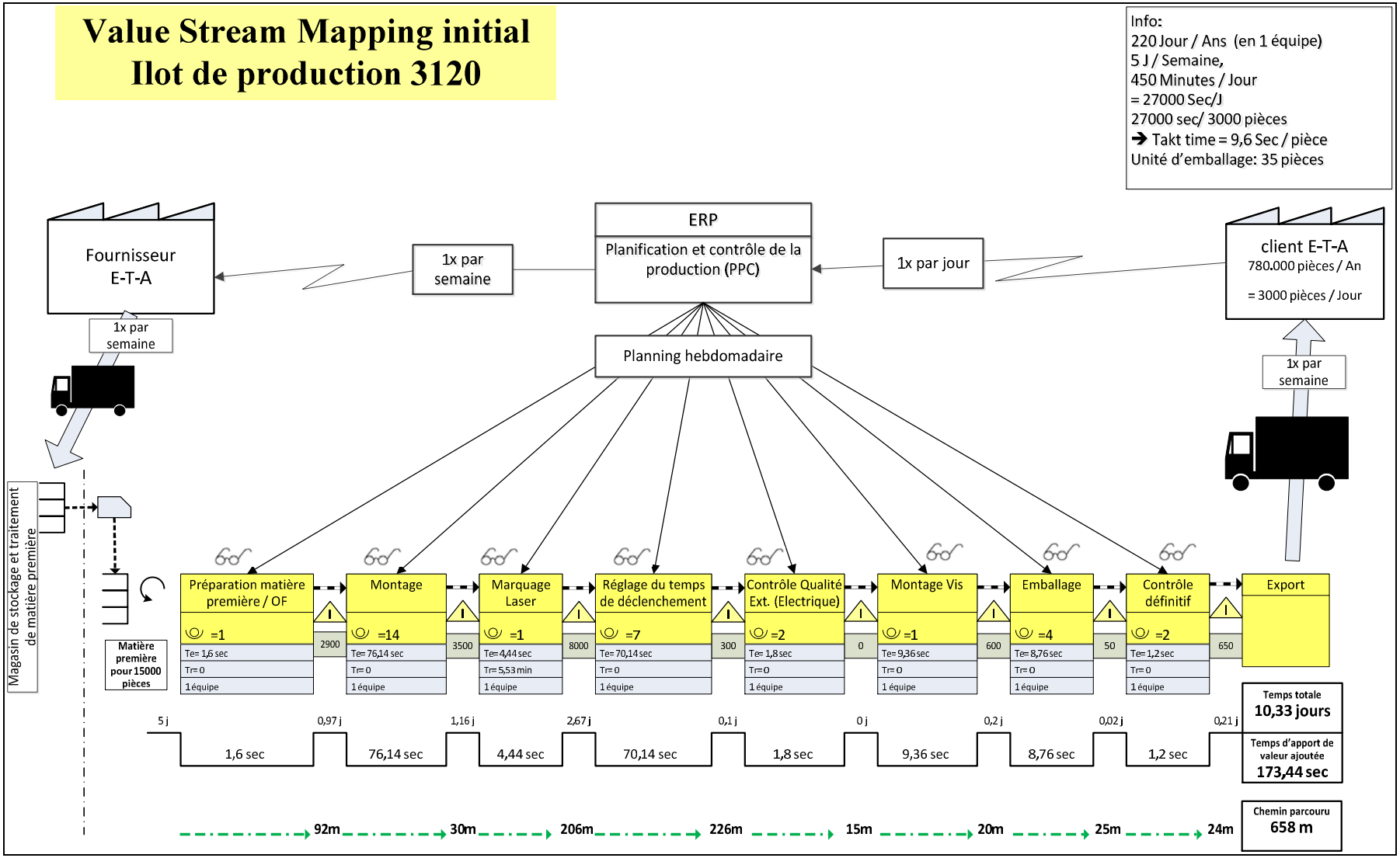


Figure 3.1 : VSM initial

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

- Commencer à partir du dernier point dans la chaine de création de valeur.
- Parcourir tous les trajets qu'un produit doit suivre pendant sa production, mais en chemin inverse.
- 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 le traçage du VSM avec le logiciel Microsoft VISIO, les pictogrammes adéquats ont été utilisés comme indiqué au chapitre 2. La démarche suivante a été réalisée:

- Collecter les informations relatives aux quantités commandées régulièrement et calculer le Takt-Time.
- Représenter les processus de création de valeur dans leur chronologie existante.
- Représenter les triangles des stocks en cours.
- Représenter le fournisseur de matière première
- 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)

3.3. Analyse et amélioration Kaizen

Le principe Kaizen cherche à analyser et quantifier les gaspillages puis identifier les opportunités d'amélioration continue. Nous allons procéder dans ce qui suit à chercher et analyser les problèmes qui constituent et génèrent les gaspillages tout au long de la chaine de production. Pour ce fait le diagramme Ishikawa et le diagramme Pareto peuvent êtres des outils efficaces.

3.3.1. Techniques d'amélioration du VSM

3.3.1.1. Diagramme Ishikawa

Pour réaliser 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 que nous avons, ensuite, classés suivant les 5M.

Tableau 3.2 : Classification des causes de gaspillage selon les 5M

Les 5M	**Les causes de gaspillage**
Matière	- Stock en cours élevé (semi-fini). - Les stocks Kanban sont souvent loin des opératrices ce qui les oblige souvent d'aller elles-mêmes s'approvisionner de leur besoin. - Temps perdu à cause du triage de quelques articles pour lesquels des défauts de matière ont été détectés. - Des articles critiques non disponibles en Kanban, (sortie de stock à la demande).
Machine	- Fréquents arrêts de production en été surtout à cause de coupures de courant électrique, suite à une surcharge de consommation. - Réglage difficile pour certaines machines (machine de soudure par exemple). - Machines spéciales dont les pièces de rechange ne sont pas toujours disponibles. - Les techniciens n'ont pas les mêmes compétences pour réparer ou régler toutes les machines
Mains d'œuvre	- Lenteurs remarquable dans l'exécution des taches délicates. - Trop d'erreurs d'inattention. - Polyvalence excessive, ce qui rend la flexibilité comme source d'erreur potentielle quand les opératrices reçoivent une tache à faire dont elles ne l'ont pas pratiqué depuis longtemps. - Beaucoup de mouvements inutiles des opératrices entre les postes de travail pour prendre en charge de déplacer des lots vers l'opération suivante.
Méthodes	- Le FIFO est parfois non respecté - Mauvaise implantation, architecture difficile de l'usine qui a pour conséquence que le produit doit parcourir une grande distance entre les opérations de travail. - Postes de travail non équilibrés, des goulots d'étranglements sont détectés. - 5S non maintenu ou non appliqué régulièrement, désordre dans l'atelier mécanique, des outils sont quelque fois difficile à retrouver quand on a besoin de les utiliser.
Milieu	- Climat très chaud en été, les climatiseurs n'assurent pas la température adéquate dans les salles de contrôle électrique, il est quelques fois nécessaire d'arrêter des machines jusqu'à refroidissement des salles. - Environnement poussiéreux si les portes ou les fenêtres ne sont pas bien fermées.

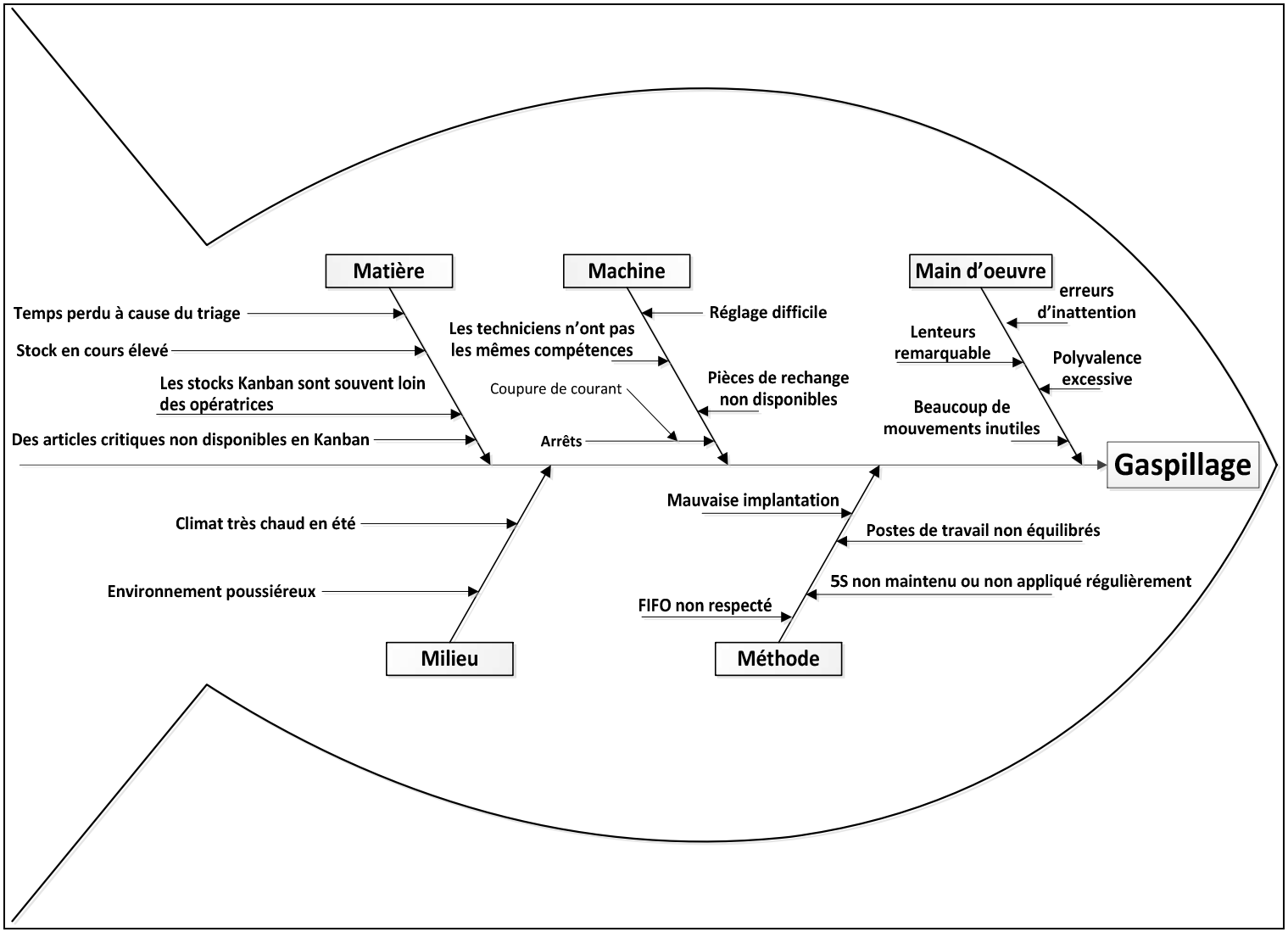


Figure 3.2 : Diagramme Ishikawa

3.3.1.2. Diagramme Pareto

Le diagramme de Pareto permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effet et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation. Il nous servira à classer les causes de gaspillages par ordre de gravité, ceci imposera des priorités particulières afin de les résoudre.

Nous avons opté à la méthode de vote pour déterminer l'ordre d'importance des causes de gaspillage, pour le faire nous avons demandé aux responsables de donner un poids entre 1 et 10 à chaque cause, la cause qui fait le plus de gaspillage aura le poids le plus haut.

La moyenne des votes a abouti au tableau suivant :

Tableau 3.3 : Données collectées des causes de gaspillage

Nr.	Causes	5M	Poids
1	Beaucoup de mouvements inutiles	Main d'œuvre	10
2	Mauvaise implantation	Méthode	10
3	5S non maintenu ou non appliqué régulièrement	Méthode	10
4	Stock en cours élevé	Matière	10
5	Environnement poussiéreux	Milieu	8
6	Les stocks Kanban sont souvent loin des opératrices	Matière	8
7	Postes de travail non équilibrés	Méthode	8
8	Les techniciens n'ont pas les mêmes compétences	Machine	3
9	Opératrices ayant une polyvalence excessive	Main d'œuvre	2
10	Erreurs d'inattention	Main d'œuvre	2
11	Lenteur remarquable	Main d'œuvre	2
12	FIFO non respecté	Méthode	2
13	Pièces de rechange non disponibles	Machine	1
14	Climat très chaud en été	Milieu	1
15	Temps perdu à cause du triage	Matière	1
16	Des articles critiques non disponibles en Kanban	Matière	1
17	Réglage difficile	Machine	1
18	Arrêts de machine (coupure de courant)	Machine	1
		Total	**81**

Méthode de construction du diagramme de Pareto :

1. Définir les catégories des causes de gaspillage,
2. Répartir les données dans les catégories,
3. Classer les catégories dans l'ordre décroissant par rapport à leurs poids,
4. Calculer le total des données,
5. Calculer le pourcentage pour chaque catégorie,
6. Calculer le pourcentage cumulé,
7. Déterminer une échelle adaptée pour tracer le graphique,

8. Choisir le « Histogramme » comme type de graphique, le plus grand à gauche,
9. Ajouter la courbe de pourcentage cumulé sur le même graphique.

Selon la méthode décrite ci-dessus nous avons groupé les causes de gaspillage dans des catégories pour faciliter leur traitement comme dans le tableau suivant :

Tableau 3.4 : Classification des causes de gaspillage par catégorie

Nr.	Causes	Poids	% du poids	% cumulé
1	Mauvaise implantation + mouvements inutiles	**20**	**25%**	**25%**
2	5S non maintenu ou non appliqué régulièrement	**18**	**22%**	**47%**
3	Stock en cours élevé et loin des postes de travail	**18**	**22%**	**69%**
4	Postes de travail non équilibrés	**8**	**10%**	**79%**
5	Les techniciens n'ont pas les mêmes compétences	3	4%	83%
6	Opératrices ayant une polyvalence excessive	2	2%	85%
7	Erreurs d'inattention	2	2%	88%
8	Lenteur remarquable	2	2%	90%
9	FIFO non respecté	2	2%	93%
10	Pièces de rechange non disponibles	1	1%	94%
11	Climat très chaud en été	1	1%	95%
12	Temps perdu à cause du triage	1	1%	96%
13	Des articles critiques non disponibles en Kanban	1	1%	98%
14	Réglage difficile	1	1%	99%
15	Arrêts de machine (coupure de courant)	1	1%	100%
	Total	**81**	**100%**	

A partir du tableau 3.4 il nous est devenu possible de représenter le diagramme de Pareto sur Microsoft Excel tel que le montre la figure suivante :

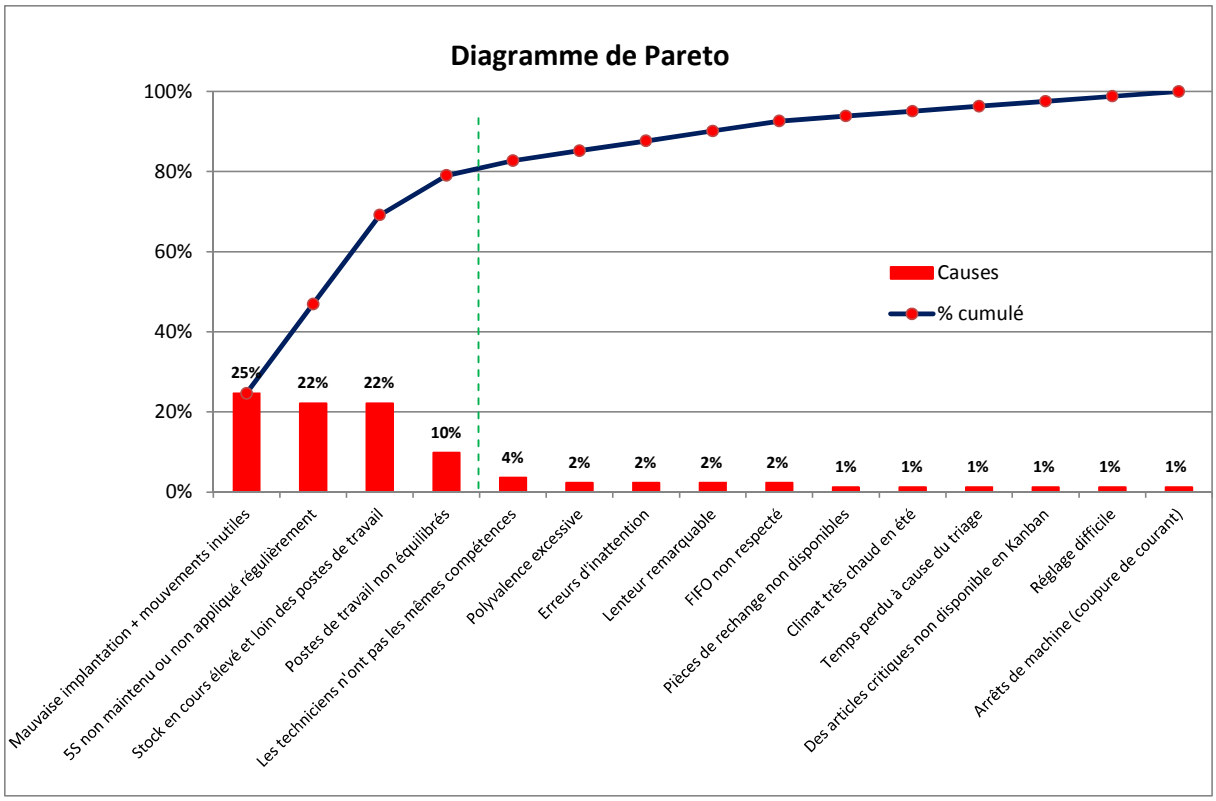


Figure 3.3 : Diagramme de Pareto

Selon le principe Pareto seule 20% des causes représentent 80% du gaspillage, nous devons donc dans notre cas agir en premier lieu sur les causes majeures pour garantir une amélioration rapide et remarquable.

Nous devons déployer en priorité des actions correctives pour résoudre les 4 causes principales. En raison de la nature des actions nous avons décidé de faire un premier chantier pour éliminer les 3 causes principale qui sont plutôt de nature architecturale et concerne le circuit de l'acheminement du produit lors de sa fabrication et l'environnement général, l'ordre et la propreté. L'équilibrage des postes de travail sera traité ultérieurement.

Le premier chantier éliminera 70% des causes de gaspillage et concerne :

- La mauvaise implantation et les mouvements inutiles,
- Les 5S non maintenu ou non appliqués régulièrement,
- Le stock en cours élevé et loin des postes de travail.

Le deuxième chantier éliminera 10% en plus des causes de gaspillage et concerne :

- Les postes de travail non équilibrés.

3.3.2. Résolution du problème de stock et de mise en ligne de production

Une optimisation de la mise en ligne des moyens de production pourra aussi être une solution pour réduire le stock en cours, dans la disposition initiale nous avons remarqué que le manque de visibilité et la mauvaise planification augment les stocks dans la production.

3.3.2.1. Disposition initiale

Tableau 3.5 : Gamme opératoire du produit

Poste de travail / Machine	Opération	Temps de valeur ajoutée	Nbr d'opérateurs
M1	Préparation matière première / OF	1,6s	1
M2	Montage	76,14s	14
M3	Marquage Laser	4,44s	1
M4	Réglage du temps de déclenchement	70,14s	7
M5	Contrôle de qualité externe (électrique)	1,8s	2
M6	Montage vis	9,36s	1
M7	Emballage	8,76s	4
M8	Contrôle définitif	1,2s	2

Dans la disposition initiale et étant donné que l'usine se compose de deux niveaux, rez-de-chaussée et 1er étage, les produits circulent entre les deux niveaux à travers un ascenseur prévu pour le transport des personnes et des produits.

Il est à noter que vue les contraintes imposées par la superficie et l'architecture du local, certaines opérations de travail se font dans l'étage et d'autres dans le RDC.

Les plans représentés ci-après montre les chemins parcourus par le produit depuis la sortie de matière première jusqu'à la fin de production et l'expédition.

3.3.2.2. Graphique de circulation

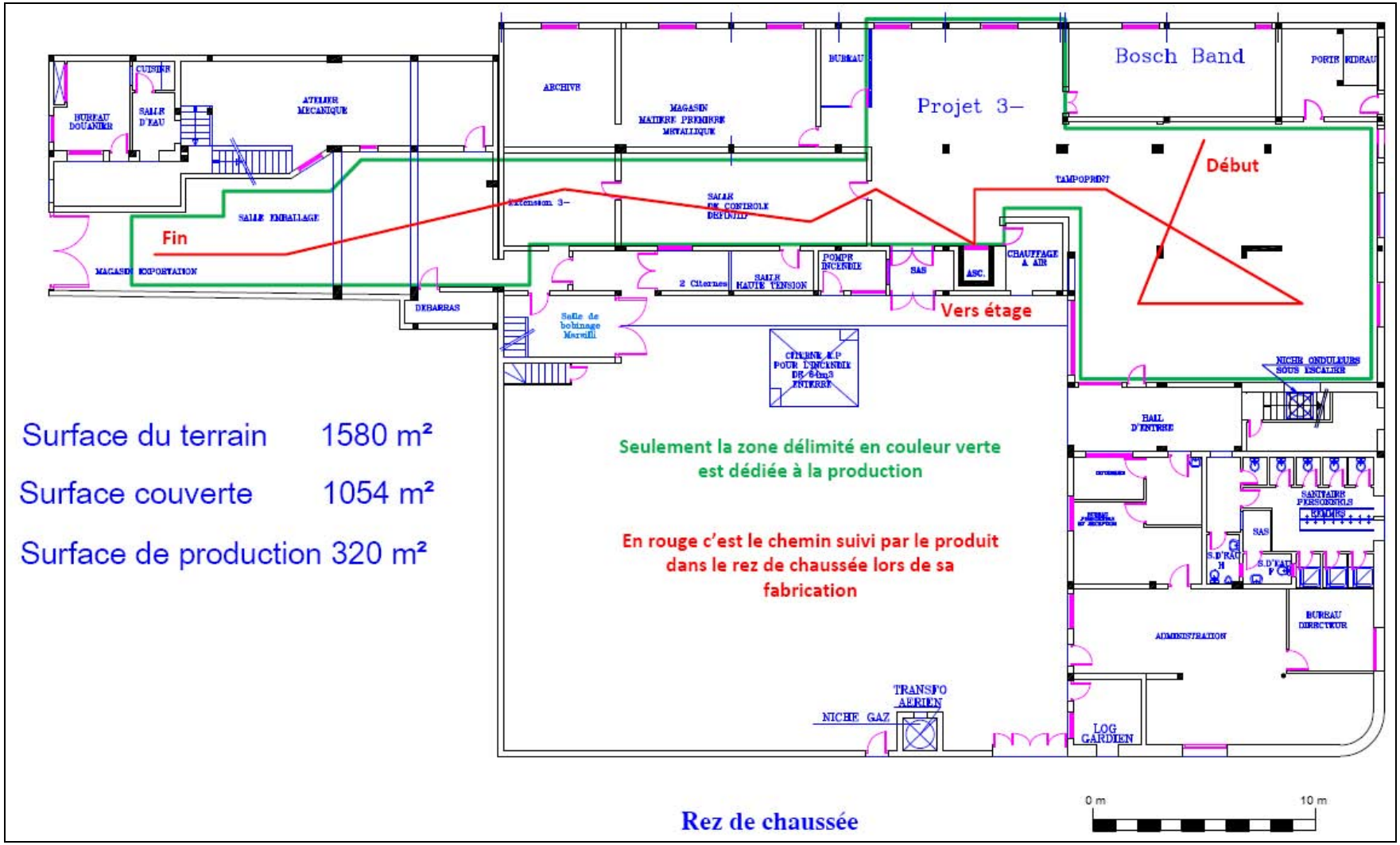


Figure 3.4 : Graphique de circulation, rez-de-chaussée

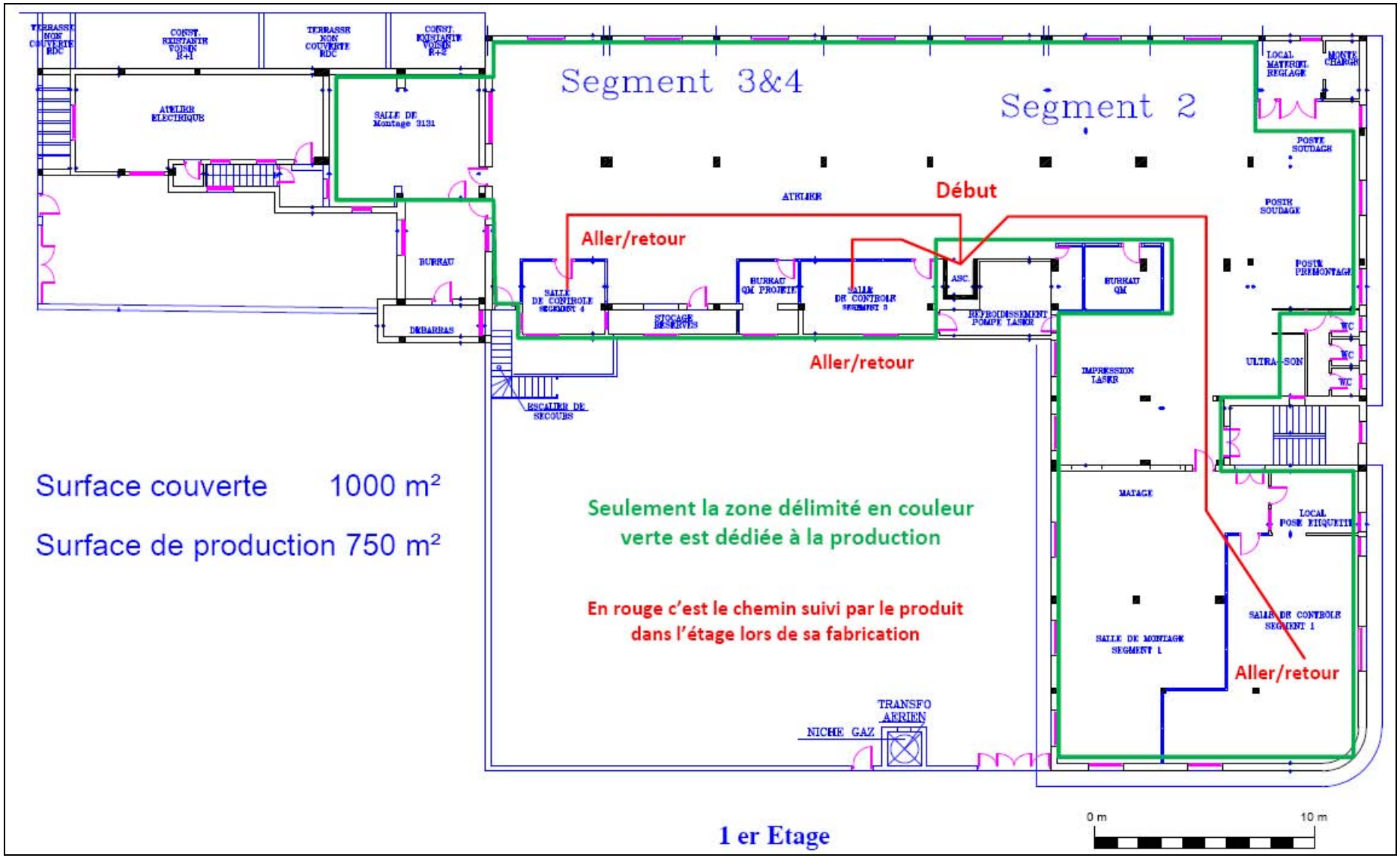


Figure 3.5 : Graphique de circulation, étage

3.3.2.3. Révision de la gamme opératoire et du déroulement des activités

Une étude critique du déroulement général de la production a soulevé les points suivants :

- Chemin parcouru par le produit très long : 658m
- Utilisation excessive de l'ascenseur, qui consomme 40A pendant le démarrage, 50 fois environ par équipe (souvent pour des petits lots, le groupage peut causer du retard).
- Un stock important qui attend devant les postes de réglage du temps de déclenchement des disjoncteurs (opération critique et qui demande du temps, une méthode de travail adéquate et une salle dont la température est contrôlé et régulée).
- Perte fréquente des documents de travail et ordres de fabrication pendant le transport.
- En cas de problème détecté au contrôle qualité final (RDC) dans un lot, le produit en question doit être retourné dans la production (étage) pour un nouveau contrôle interne 100% et éventuellement un nouveau réglage du temps de déclenchement, ceci signifie, de nouveau, parcourir 432m (aller/retour).

Nous avons décidé de réétudier la mise en ligne des équipements de production de façon à :

- Simplifier le flux de matière
- Combiner des opérations ou rapprocher des postes de travail afin de réduire les déplacements.
- Réduire l'utilisation de l'ascenseur
- Réserver des postes de travail et des opératrices pour la famille de produits en question (personnel et équipement dédié).

La méthode des antériorités est un outil efficace pour déterminer et corriger la mise en ligne de nos équipements de production, ainsi nous pourrons optimiser les moyens à disposition.

3.3.2.4. Application de la méthode des antériorités

1ère étape :

On a placé dans chaque colonne les machines qui interviennent avant la machine considérée.

Tableau 3.6 : Méthode des antériorités – 1ère étape

	M1	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**	**M7**	**M8**
Antériorités		M1	M1 M2	M1 M2 M3	M1 M2 M3 M4	M1 M2 M3 M4 M5	M1 M2 M3 M4 M5 M6	M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7

2ème étape :

On place et on raye les machines qui n'ont pas d'antériorité à tour de rôle jusqu'à en avoir toutes les machines rayées dans le tableau.

Tableau 3.7 : Méthode des antériorités – 2ème étape

	~~**M1**~~	~~**M2**~~	~~**M3**~~	~~**M4**~~	~~**M5**~~	~~**M6**~~	~~**M7**~~	**M8**
Antériorités		~~M1~~	~~M1~~ ~~M2~~	~~M1~~ ~~M2~~ ~~M3~~	~~M1~~ ~~M2~~ ~~M3~~ ~~M4~~	~~M1~~ ~~M2~~ ~~M3~~ ~~M4~~ ~~M5~~	~~M1~~ ~~M2~~ ~~M3~~ ~~M4~~ ~~M5~~ ~~M6~~	~~M1~~ ~~M2~~ ~~M3~~ ~~M4~~ ~~M5~~ ~~M6~~ ~~M7~~

L'implantation finale est la suivante :

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8

La disposition finale est confirmée et reste inchangée par rapport à l'état initial.

Nous constatons que le problème de notre implantation n'est pas dans l'enchainement optimal des opérations mais plutôt dans la longueur et la complexité des chemins parcourus. L'usine n'a pas été construite en une fois avec sa superficie actuelle, des modifications ont été faites en plusieurs étapes suite à des changements imposés par l'augmentation progressive du volume de production. Le bâtiment est une propriété de l'entreprise, c'est pourquoi un changement d'adresse n'a pas été envisagé dans le passé.

3.3.2.5. Plan d'action

Un plan d'action a été mis en place pour changer les emplacements des postes de travail de façon à réduire les distances parcourus, il consiste principalement à assurer que le produit ne se déplace pas en aller/retour à l'étage. Pour assurer un flux de production optimisé la salle de contrôle qualité (électrique) dans le RDC ne sera plus réservé au service qualité, elle sera une salle pour un contrôle électrique complet, production et qualité dédiée pour les produits qui sont fabriqué à proximité (RDC). A l'étage deux autres salles identiques seront dédiées aux produits fabriqués à l'étage. Nous serons en mesure de former une nouvelle opératrice pour le contrôle qualité final pour prendre en charge les produits dans la salle numéro 3, nous avons finalement trois opératrices qui travaillent pour le contrôle qualité, mais on a gagné dans la superficie exploitable en production et on a clarifié et facilité le flux de matière.

Le plan d'action est le suivant :

Tableau 3.8 : Plan d'action d'amélioration de l'implantation

Action	**Responsable**	**Délais**
Eliminer les anciennes machines de contrôle électrique, non utilisées pour gagner de la place dans toutes les salles de contrôle électrique.	Maintenance électrique	Semaine 40
Déplacer une machine de contrôle électrique de la salle 3130 vers la salle de contrôle définitif au RDC.	Maintenance électrique	Semaine 41
Déplacer les deux machines de contrôle électrique de la salle 1110 vers la salle de contrôle définitif au RDC.	Maintenance électrique	Semaine 41
Choisir une opératrice qualifiée dans la production pour un changement d'affectation au service qualité. Former la nouvelle opératrice sur les procédures de contrôle qualité (électrique) et les conditions d'homologation des produits.	Service qualité	Semaine 41
Enlever les cloisons de la salle de contrôle électrique 1110 à l'étage pour joindre sa superficie à l'espace de l'atelier de production ; occuper cet espace par les postes de montage du produit 3131. La salle de montage 3131 sera réaménagée pour devenir une salle de réunions et formations.	Equipe d'entretien général	Semaine 42
Début de travail avec la nouvelle organisation, surveillance du flux de matière et des déplacements, optimisation/correction si nécessaire.	Equipe du projet d'amélioration	Semaine 42

Les trois figures suivantes montrent la salle de contrôle électrique au RDC avant les modifications, qui était uniquement réservée pour le contrôle qualité de tous les produits de l'usine.

Après le changement elle est devenue une salle de contrôle/réglage électrique pour la production avec un poste de contrôle qualité final dans la même salle.

Figure 3.6 : Salle de contrôle électrique RDC, état initial_1

Figure 3.7 : Salle de contrôle électrique RDC, état initial_2

Figure 3.8 : Salle de contrôle électrique RDC, état après changement

Les figures suivantes montrent la salle de contrôle électrique 1110 (étage) qu'on l'a éliminée complètement pour ajouter sa superficie à la production.

Figure 3.9 : Salle de contrôle électrique 1110 (étage), état initial

Figure 3.10 : Salle de contrôle électrique 1110 (étage), état après changement

Suite au réaménagement qu'on a fait, une salle de production a été libérée, cette salle était depuis des années une salle de réunions que la production a pris à cause du manque d'espace de travail, maintenant l'occasion est venue pour la reprendre et l'exploiter de nouveau pour les réunions et les formations.

Figure 3.11 : Salle de réunion (étage), état initial

Figure 3.12 : Salle de réunion (étage), état après changement

3.3.3. Application de la méthode des 5S

Pour l'application de la méthode des 5S, nous allons appliquer la démarche suivante :

- Enregistrer la situation 5S par poste de travail.

  Moyens nécessaires: checklist audit / évaluation 5S / appareil photo

  (Prendre des photos avant application 5S).

- Prendre des mesures correctives et définir l'objectif.

  Moyens nécessaires : checklist audit / évaluation 5S

- Mise en place des 5S.

  1: Débarrasser / 2: Ranger / 3: Tenir propre / 4: Standardiser / 5: Impliquer

- Renouveler l'enregistrement de la situation 5S.

  Moyens nécessaires: checklist audit / évaluation 5S / appareil photo

  (Prendre des photos après application 5S)

- Prendre des nouvelles mesures d'amélioration et définition d'un nouvel objectif.

  Moyens nécessaires : checklist audit / évolution 5S

3.3.3.1. Enregistrement de la situation initiale 5S

Pour l'enregistrement de la situation 5S, et pour minimiser l'écart d'évaluation faite par des personnes, nous avons créé un référentiel unique avec lequel seront effectués les audits 5S.

Le checklist 5S comporte des critères de vérification se référent respectivement à un des 5 piliers de la méthode. L'auditeur doit vérifier l'état inspecté par rapport à chaque critère et donner une évaluation sous forme de note/score de 1 à 5, avec 1 pour un état médiocre et 5 pour l'état idéal.

Une fois l'évaluation terminée nous mettons les notes dans un fichier Excel préparé pour cet usage avec des formules de calcul pour évaluer la situation.

Ci-dessous le checklist 5S :

Tableau 3.9 : Checklist 5S

5S	Critères d'évaluation
1	Il n'y a pas des objets inutiles autour (documents, outils, équipements, pièces, etc.) et il n'y a pas des objets personnels tels que des sacs, des bouteilles et des vêtements dans le lieu de travail.
2	Matériel de nettoyage et d'aide au nettoyage sont en ordre et à portée de main.
3	Les plancher, surfaces de travail et de stockage sont propres (pas de déchet, saleté, huile, eau, chutes de papier, rebuts, etc.) Les risques de glissement sont éliminés. Il existe des poubelles réservées pour la collecte sélective des déchets.
4	Les panneaux d'information n'affichent pas des vieux documents, sales, ou déchirés. Les feuilles sont disposées avec précision et clarté.
2	L'accès aux extincteurs, issues de secours, allées, etc. sont librement accessibles. Les zones de danger sont clairement marqués et identifiés (par exemple des machines et du matériel). Extincteurs, boutons d'éclairage et bouton d'arrêt d'urgence sont visuellement marqués et bien visible.
3	Tous les allés sont marqués et facilement accessibles. Ils sont marqués avec des lignes bien visibles. (Ruban adhésif standard)
3	Le marquage des allés n'est pas caché par des objets quelconques ou des stocks, (marques libres). Les stocks doivent être conservés au-delà des lignes.
2	Objets, outils, équipements, etc. sont stockés dans des caisses, des étagères, des chariots, ou sur des palettes plutôt que sur le sol.
3	Murs et équipements sont tracé suivants le schéma de couleurs standard
3	Machines, équipements, étagères, outils de transport ou autres, sont propres. Postes de travail et PC's sont propres et sans poussière.
2	Pas d'objets qui bloquent l'accès aux portes, fenêtres, ainsi que les machines.
5	Les employé et groupes de travail contrôle eux-mêmes la propreté de leurs domaines.
4	Instructions de travail / manuels / plans de maintenance et de nettoyage / des documents qui existent et qui sont correctement exploités.
2	Emplacements de stockage, différentes zones de travail et les caisses sont clairement marqués et étiquetés.,
4	Outils, équipements et accessoires sont entreposés uniquement dans des zones qui sont clairement réservées.
3	Les outils nécessaires, les équipements et accessoires sont disponibles à chaque lieu de travail, où ils sont stockés avec des consignes bien spécifiques.
4	La disposition et la subdivision de toutes les étagères et les tables de travail est effectuée selon un standard bien déterminé. Tous les employés concernés sont familiarisés avec les règles et le standard d'identification et d'étiquetage.
4	Dans le lieu de travail il n'existe que des outils, des objets ou des documents qui sont nécessaires et immédiatement utilisés.
5	Les causes de désordre et de saleté sont enlevées. Les employés sont familiarisés avec La méthode 5S
4	Volumes et contenu, ex. dans les étagères et les armoires, sont organisés comme dans un supermarché ainsi clairement et sans ambiguïté.
5	La vérification imprévue de plus de 100 points dans le checklist d'audit "Ordre et propreté" sera sans doute réussie.

Figure 3.13 : situation initiale 5S, étagère en désordre

Figure 3.14 : situation initiale 5S, des postes de travail non utilisés

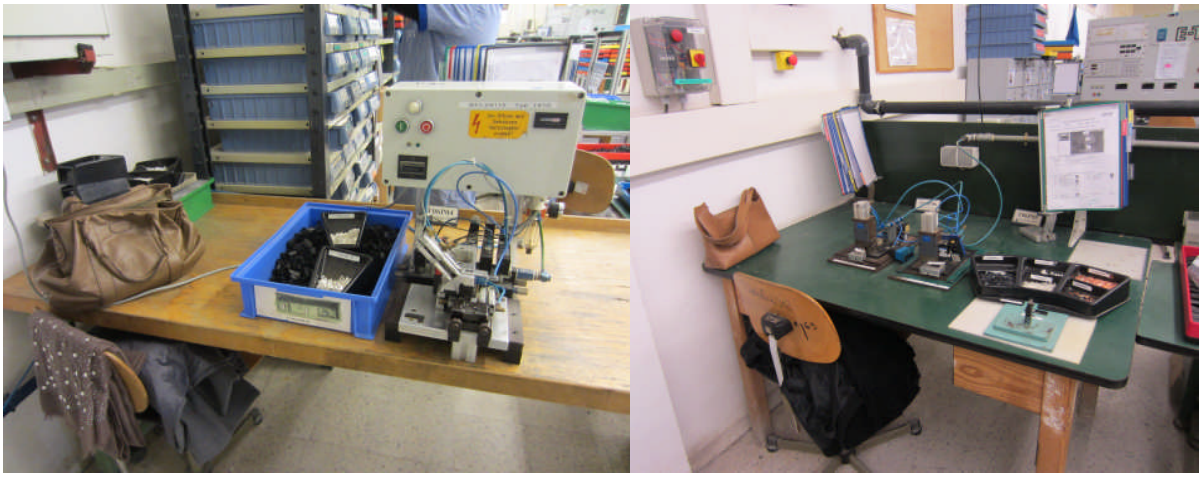


Figure 3.15 : situation initiale 5S, affaires personnelles sur le poste de travail

Ci-dessous la première évaluation 5S.

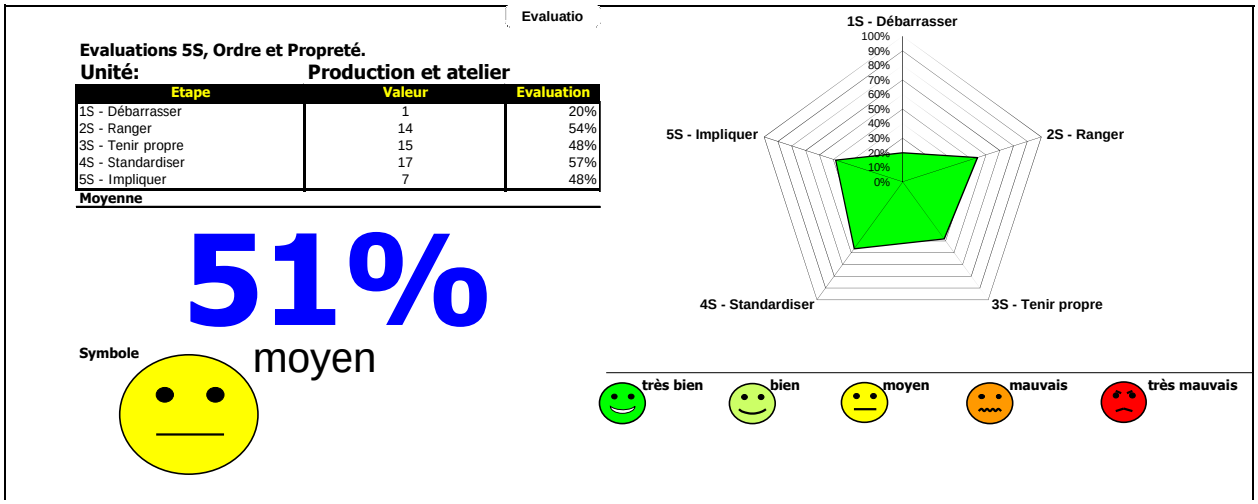


Figure 3.16 : Résultat de l'évaluation 5S, état initial

3.3.3.2. Mesures correctives et définition de l'objectif

Tableau 3.10 : Plan de mesures correctives

Potentiels d'amélioration			
Activités	**Délais**	**Responsable**	**Etat**
Objets inutiles, objets personnels, outils, etc. qui ne sont pas nécessaires, sont à éliminer.	18.11.13	Team 5S et opératrices	Clôturé
Mettre à disposition des moyens de nettoyage là où il n'y a pas.	18.11.13	Team 5S et opératrices	Clôturé
Nettoyage du sol, zones de travail et postes de travail.	18.11.13	Team 5S et opératrices	Clôturé
Ranger systématiquement les pièces, outils de travail et documents.	18.11.13	Team 5S et opératrices	Clôturé
Remettre les caisses et étagères dans des emplacements adéquats.	18.11.13	Team 5S et opératrices	Clôturé
Eliminer les postes de travail qui ne sont pas exploités	18.11.13	Team 5S et opératrices	Clôturé

L'objectif de l'application des mesures correctives est de réaliser un niveau 5S à au moins 70% dans la prochaine évaluation.

3.3.3.3. Mise en place des 5S

La mise en place des 5S consiste à appliquer systématiquement les règles définies par l'enchainement des activités : Débarrasser, Ranger, Tenir propre, Standardiser et Impliquer. On a encadré et formé les opératrices pour les faire participer dans les divers activités, chaque groupe d'opératrices prend en charge la zone de son travail, elles ont été demandé de fournir un retour d'information sur les difficultés rencontrés et l'état général. Des portes paroles pour groupes 5S ont été désignés pour faire la coordination.

Figure 3.17 : Chantier 5S, élimination des équipements hors usage

Figure 3.18 : Chantier 5S, nettoyage

3.3.3.4. Enregistrement de la nouvelle situation 5S

L'application du chantier 5S est terminée, nous avons procédé à l'enregistrement et l'évaluation de la nouvelle situation selon le checklist 5S précédemment définie. La nouvelle évaluation aboutie à un résultat de 76%. Malgré un état peu satisfaisant dans l'atelier mécanique, notre objectif initial est atteint.

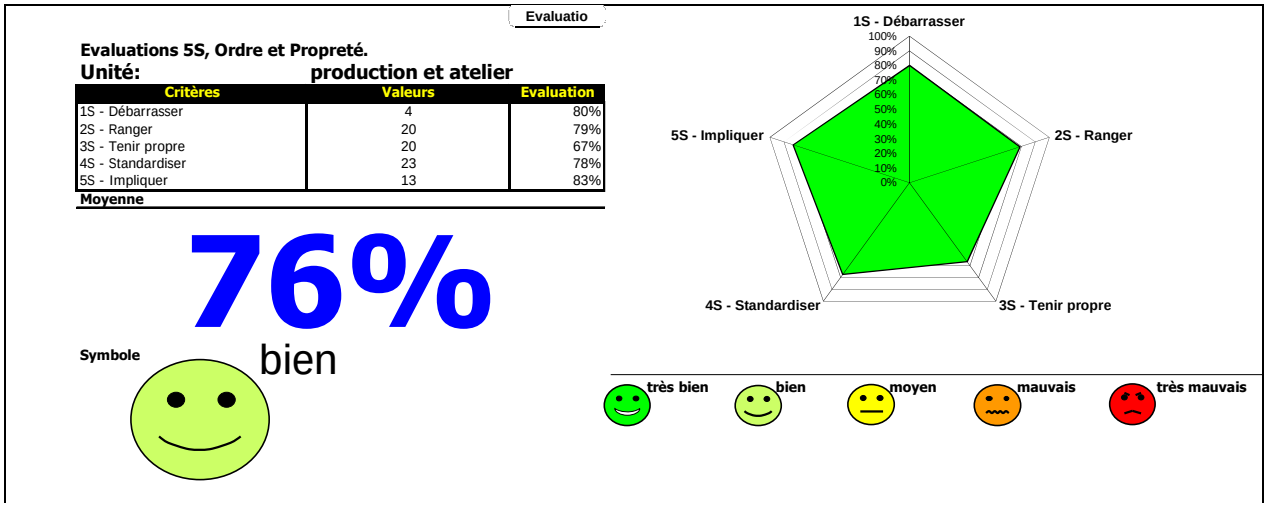


Figure 3.19 : Résultat de l'évaluation, état après un chantier 5S

3.3.3.5. Nouvelles améliorations et définition d'un nouvel objectif

Tableau 3.11 : Plan de mesures d'amélioration continue

Potentiels d'amélioration			
Activités	**Délais**	**Responsable**	**Etat**
Refaire le traçage des allées et zones de stockage avec les couleurs adéquates.	31.12.13	Team 5S	Ouvert
Nettoyage et réorganisation en profondeur de l'atelier mécanique.	15.01.14	Techniciens & mécaniciens	Ouvert
Impliquer les techniciens de maintenance dans le principe des 5S	15.01.14	Techniciens & mécaniciens	Ouvert
Standardiser l'identification des caisses.	31.01.14	Team 5S	Ouvert

Avec le nouveau plan d'action et sans dégrader l'état atteint précédemment notre objectif est d'évoluer à au moins 85% dans l'évaluation 5S.

Figure 3.20 : Outillage dans l'atelier mécanique, état après un chantier 5S

Figure 3.21 : atelier propre, état après un chantier 5S

Figure 3.22 : marquage du sol, état après un chantier 5S

3.3.4. Management Visuel

Pour faciliter la communication et faire participer tout le personnel à gérer les activités par la vue nous avons formé notre personnel aux diverses significations des affiches dans la production, des symboles de instructions de sécurité. Plusieurs tableaux d'affichage sont mis en place pour diffuser les indicateurs, les annonces, les problèmes de qualité etc.

Figure 3.23 : Tableau d'affichage des informations générales du système de production

Figure 3.24 : Tableau d'affichage des défauts de qualité

Figure 3.25 : Approvisionnement en bouteilles de graisse

Figure 3.26 : Signalisation de sécurité

3.4. conclusion

L’analyse VSM et l’application des outils Lean précédemment présenté a amélioré nettement la visibilité dans la production et a permis de mieux gérer les prévisions et les planifications en terme de ressources. Un gain important dans la superficie exploitable a été remarqué sans qu’on réduise notre capacité générale de production, ceci nous a permis de créer un nouveau bureau au cœur de la production pour réunir les responsables de production et qualité en vue d’améliorer la communication et réduire les conflits internes.

Un résumé des résultats de cette application Lean sera détaillé dans le chapitre suivant avec de nouvelles perspectives d’amélioration.

Chapitre 4 : Analyse de l’application des outils Lean Manufacturing

4.1. Introduction

Dans ce 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, il a été décidé que le deuxième chantier Kaizen qui concerne l'équilibrage des postes de travails sera traité au premier trimestre de l'année 2014 dans un nouveau projet séparé. Toutefois nous allons présenter une perspective d'amélioration pour ce problème.

4.2. Résumé des résultats

4.2.1. Comparaison des indicateurs de l'état initial et l'état amélioré

Tableau 4.1 : Résumé des résultats

Indicateur	Etat initial	Etat après Kaizen
Capacité de production (pièces/jour)	3000	3000
Nombre d'opératrice dans la chaine de valeur	**33**	**31**
Stock en attente devant le contrôle électrique (pièces)	**8000**	**3000**
Surface exploitable en production pour de nouvelles activités (m^2)	**0**	**40m^2**
Longueur des trajets dans la chaine de valeur (m)	**651m**	**258m**
Délais de production globale (VSM)	**10,33 jours**	**8,66 jours**
Nombre de superviseurs dans la production	**3**	**1**
Frais du personnel productif / an (TND)	**198000**	**186000**

Il faut signaler que le gain en nombre d'opératrices ou de superviseurs de production ne vise pas une réduction du personnel, mais de pouvoir occuper le personnel libéré avec d'autres activités créatrices de valeur.

Cette amélioration a apporté des gains directs qu'on peut évaluer quantitativement mais d'autres gains non chiffrés peuvent êtres remarqués tel que :

1. La fluidité du flux de matière et des commandes dans la production s'est nettement améliorée.
2. On signale très peu ou rien de problèmes de mélange de produits lors de l'acheminement dans la production.
3. On remarque une meilleure visibilité pour une bonne planification de lancement des ordres de fabrication.
4. Le personnel est moins stressé des problèmes de retard comme dans l'ancienne situation (environ 2 jours ont été gagnés dans le délai)
5. Moins de stock en attente devant la salle de contrôle électrique puisqu'on maitrise mieux le flux (voir VSM actuel).

4.2.2. VSM actuel

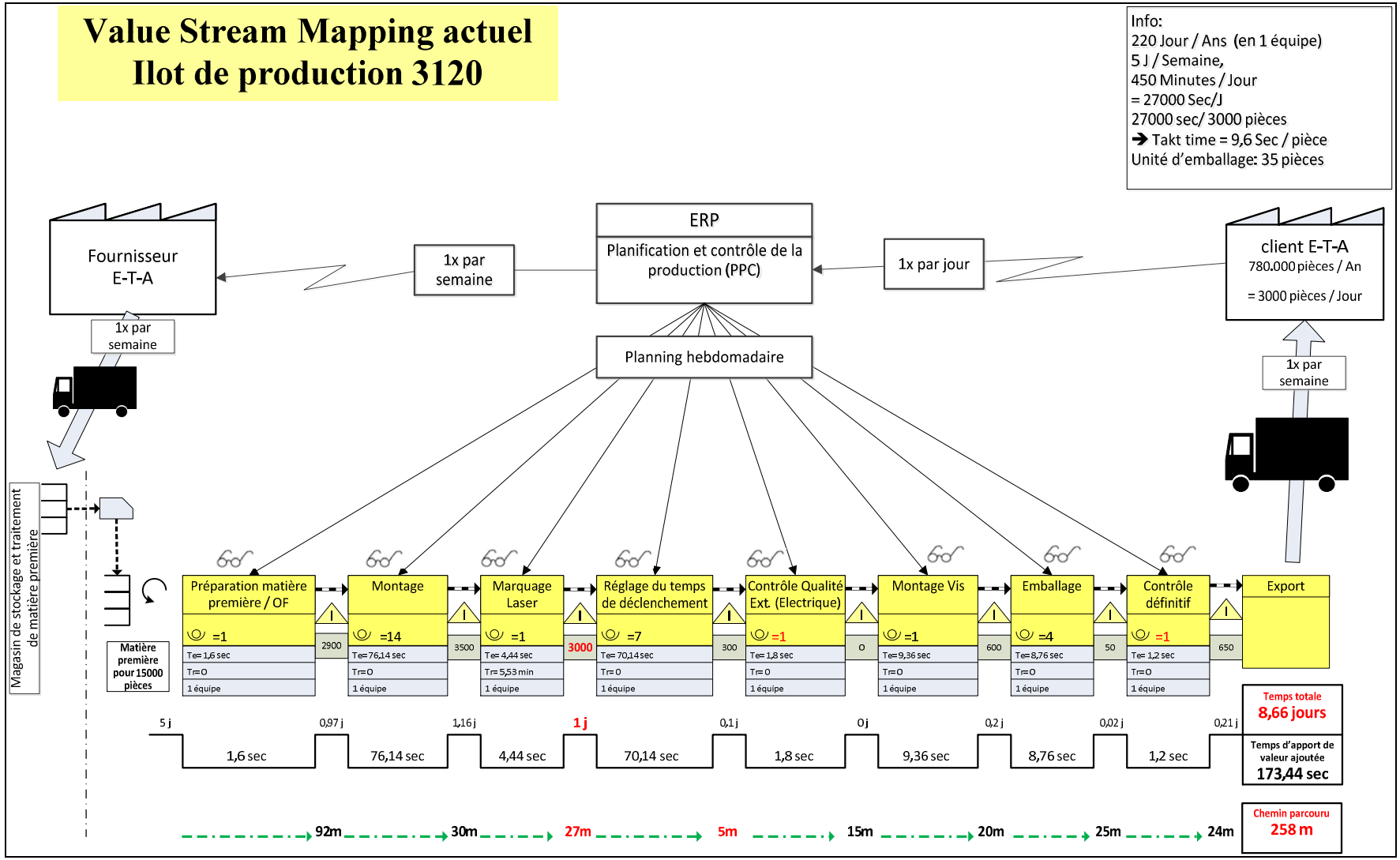


Figure 4.1 : VSM actuel, après application des outils d'amélioration

4.3. Etude et perspective du VSM futur

Le VSM Futur consiste en une perspective d'amélioration du prochain chantier Lean qui consiste à équilibrer les activités de création de valeur, le Takt-Time du client sera un objectif à atteindre dans tous les postes de travail.

4.3.1. Equilibrage des postes de travail

4.3.1.1. Situation actuelle

Tableau 4.2 : Tableau des temps d'opération

Opération	**Préparation matière première /OF**	**Montage**	**Marquage Laser**	**Réglage**	**Contrôle qualité**	**Montage Vis**	**Emballage**	**Contrôle définitif**	**Total**
Nbre d'opératrices	**2**	**14**	**1**	**7**	**1**	**1**	**4**	**1**	**31**
Te unitaire(Sec)	1,6	76,14	4,44	70,14	1,8	9,36	8,76	1,2	**173,44**
Takt-Time	**9**	**9**	**9**	**9**	**9**	**9**	**9**	**9**	
Te cumulé	0,8	5,44	4,44	10,02	1,8	9,36	2,19	1,2	

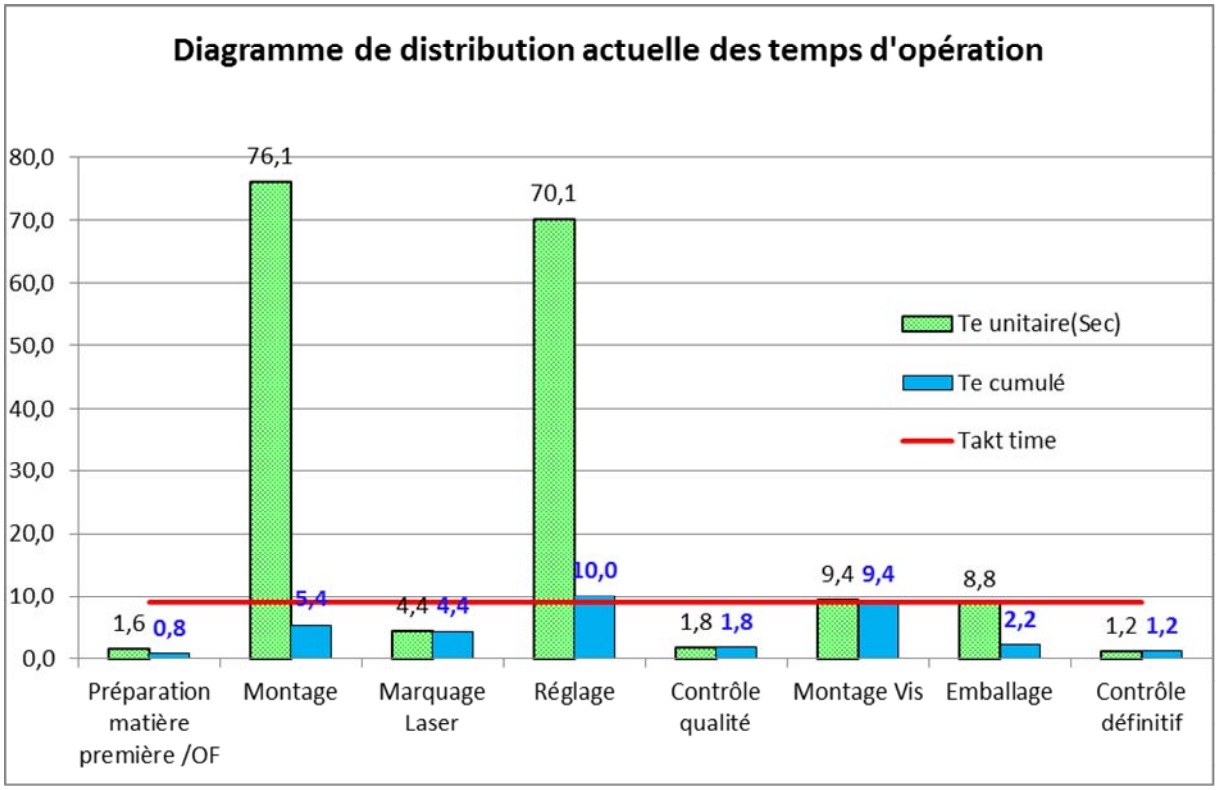


Figure 4.2 : Diagramme de distribution des temps d'opération

Le diagramme de distribution actuelle des temps d'opération détecte plusieurs anomalies au niveau de l'équilibrage des postes de travail, la question principale qui se pose maintenant c'est: Comment doit-on agir d'avantage pour éliminer les gaspillages cachés et mettre en œuvre des activités équilibré ne dépassant pas le Takt-Time du client ?

4.3.1.2. Analyse de la situation actuelle

Tableau 4.3 : Analyse de la situation actuelle

Opération	Commentaire
Préparation matière première /OF	La préparation de matière première par ordres de fabrication ne prend pas beaucoup de temps, toutefois nous ne pouvons pas l'affecter aux opératrices de montage à cause de la grande diversification des articles et le grand risque d'erreur, nécessitant une personne expérimentée. Le reste de temps est occupé par l'encadrement des ouvrières de montage, la résolution de diverses petites anomalies ou difficultés qui surgissent. Une optimisation dans ce poste reste possible, réduire l'effectif à une seule personne et former les ouvrières de montage pour être un peu plus autonome.
Montage	On peut réduire de 14 à 9 le nombre d'opératrices dans ce poste sans affecter le Takt-Time. Pour que les ouvrières de montage arrivent sans problème à terminer la quantité demandée dans le temps prévu, il faut réduire les mouvements inutiles et garder les mêmes personnes aux mêmes postes de travail (stabilité).
Marquage Laser	La machine a plus de capacité que nécessaire, pour le temps en réserve elle peut être exploitée pour d'autres produits hors de cette famille.
Réglage	Dans ce poste le temps d'opération cumulé est supérieur au Takt-Time, il faut soutenir l'équipe par une autre opératrice.
Contrôle qualité	Ce poste doit être indépendant, on ne peut pas déléguer cette tâche à la production, le reste de temps est inclus dans le cout de qualité, l'opératrice peut remplir le reste de temps par des activités de surveillance et de documentation jugés nécessaires et exigé par la norme.
Montage Vis	Cette opération dépasse un peu le Takt-Time, toutefois on peut exiger à l'opératrice de compenser le petit manque par un effort supplémentaire qui peut être gratifié.
Emballage	Dans cette opération on peut réduire de 4 à 1 le nombre de personnel affecté à ce poste.
Contrôle définitif	Ce poste doit être indépendant, on ne peut pas déléguer cette tâche à la production, le reste de temps est inclus dans le cout de qualité, l'opératrice peut remplir le reste de temps par des activités de surveillance et de documentation jugés nécessaires et exigé par la norme. Mais on peut réduire de 2 à 1 le nombre de personnes travaillant cette tâche sans dépasser le Takt-Time.

L'analyse de la situation montre qu'on peut réaliser le même travail avec 8 personnes en moins, les personnes libérées peuvent être affecté à d'autres taches apportant de la valeur ajoutée.

4.3.1.3. Situation Futur

Tableau 4.4 : Tableau des temps d'opération

Opération	Préparation matière première /OF	Montage	Marquage Laser	Réglage	Contrôle qualité	Montage Vis	Emballage	Contrôle définitif	Total
Nbre d'opératrices	**1**	**9**	**1**	**8**	**1**	**1**	**1**	**1**	**23**
Te unitaire(Sec)	1,6	76,1	4,4	70,1	1,8	9	8,8	1,2	**173,44**
Takt-Time	**9**	**9**	**9**	**9**	**9**	**9**	**9**	**9**	
Te cumulé	1,6	8,5	4,4	8,8	1,8	9	8,8	1,2	

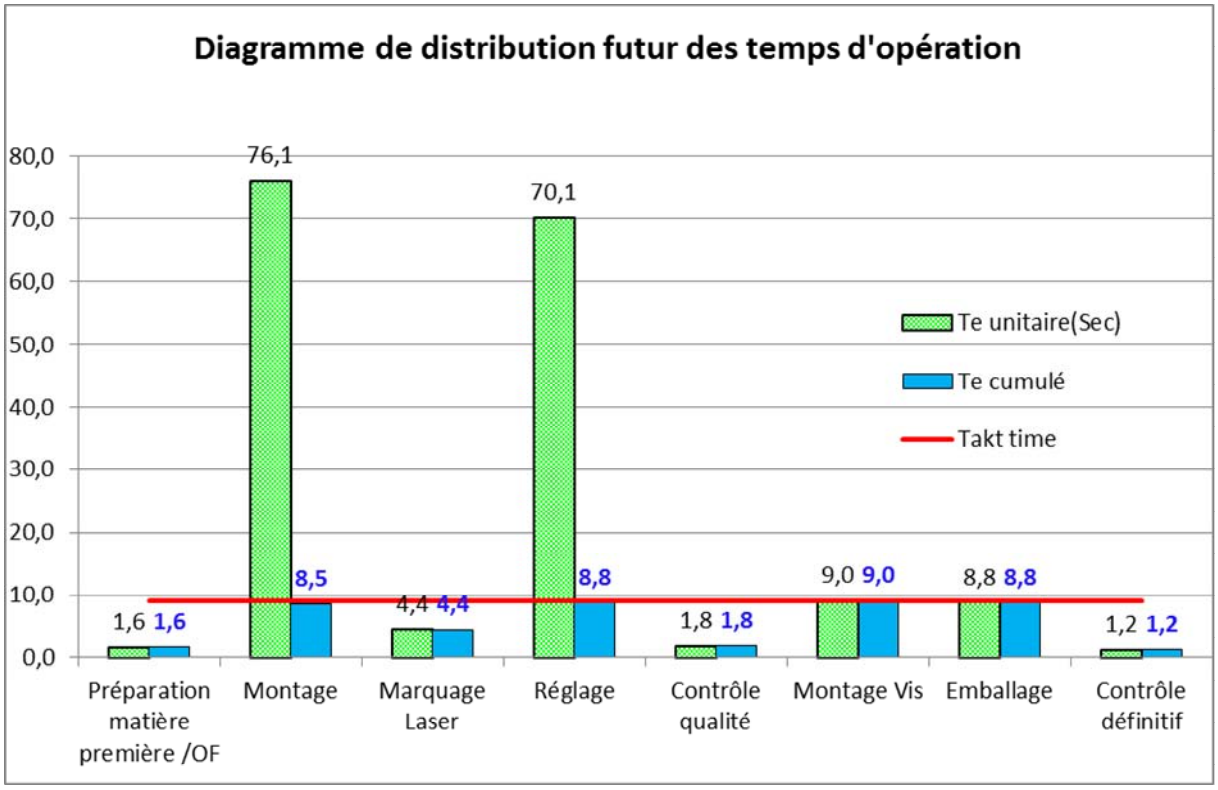


Figure 4.3 : Diagramme de distribution futur des temps d'opération

4.3.2. VSM futur

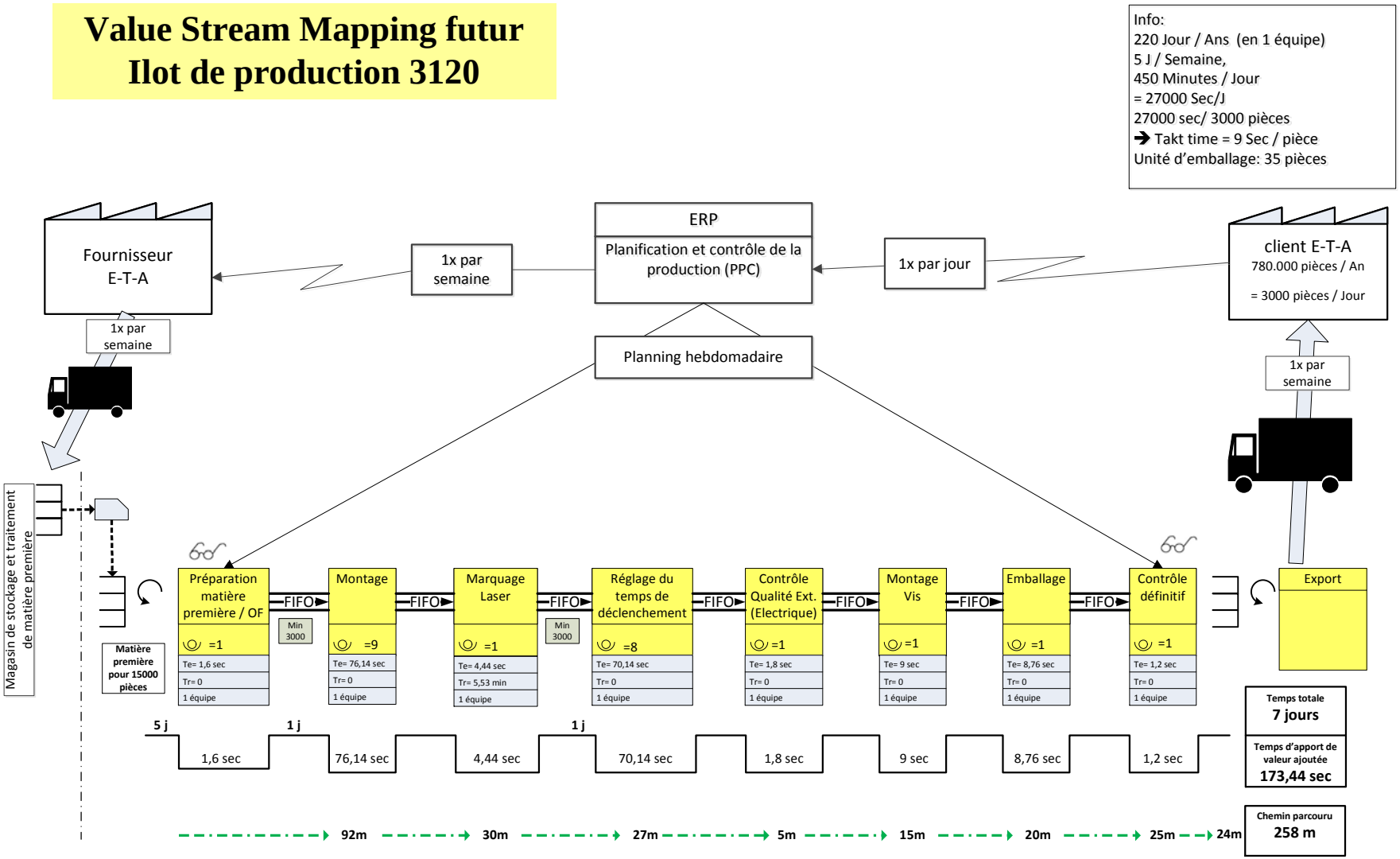


Figure 4.4 : VSM futur

Conclusion générale

Ce rapport résume notre projet d'étude et l'implémentation d'une production Lean Manufacturing, au cours duquel nous avons analysé en premier lieu la structure existante et le déroulement des activités d'apport de valeur ajoutée dans l'atelier de production, ceci a permis de détecter des anomalies et des défaillances qui sont des sources génératrices de gaspillage. La représentation et l'analyse du VSM (Value Stream Mapping) de l'état initial en était le départ pour ce travail. L'objectif est de réaliser des améliorations par l'utilisation d'outils Lean.

Une analyse de causes par la méthode Ishikawa a permis la détermination des causes de gaspillage, suivie d'une analyse Pareto, elle nous a permis de classer les causes de gaspillage par ordre de gravité, ce qui finalement impose des priorités particulières dans la résolution de ces problèmes. Nous avons lancé un chantier « Kaizen » dans un but d'éliminer les causes qui interviennent dans 70% des gaspillages. Un plan d'action a été élaboré. Un chantier « Kaizen » utilisant les outils Lean permettant d'éliminer les sources de gaspillage a été déployé.

Trois principaux outils Lean ont été déployés : une optimisation de la mise en ligne des équipements de production en était à l'origine d'une réduction considérable des déplacements inutiles ; une application des 5S a nettement amélioré l'organisation du travail ; et finalement on a actualisé le processus de management visuel à travers de nouveaux tableaux d'affichage et des panneaux de signalisations qui permettent d'améliorer nettement la communication et l'implication du personnel.

Le travail d'amélioration a été divisé en deux phases, la première a été réalisée au cours de ce projet, la deuxième phase sera réalisée dans le futur proche pour continuer l'élimination des gaspillages, le « Kaizen" est un projet sans fin, il y a toujours de quoi améliorer.

La deuxième phase est une perspective d'amélioration, elle consiste à équilibrer les postes de travail sur la base du Takt-Time du client, une étude préliminaires pour la situation actuelle par l'utilisation du « diagramme de distribution des temps d'opération » montre qu'il y a encore des gaspillages cachés ; c'est le phénomène de l'iceberg là où la plus grande partie est caché sous l'eau, pour la voir il faut réduire le volume d'eau ; de même pour notre cas, pour chercher de nouvelle amélioration il faut se mettre sous contraintes, réduire les stocks car leur présence cache d'autres problèmes qui sont parfois plus importants et qui sont la source de création de gaspillages.

Références bibliographiques

ABDULMALEK, Fawaz A. ; RAJGOPAL, Jayant (2006). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study, ELSEVIER/International Journal of Production Economics.

COURTOIS, Alain ; PILLET, Maurice ; MARTIN-BONNEFOUS, Chantal (2003). Gestion de production, Editions d'organisation.

DELBALDO, Emmanuele (2009). P-Lean 32 Heures, c'est possible!, Afnor Editions.

DURET, Daniel ; PILLET, Maurice (2005). Qualité en production : de l'ISO9000 à Six Sigma, EYROLLES Editions d'organisation.

FELD, William M. (2001). Lean Manufacturing: Tools, Technics and How To Use Them, The St. Lucie Press/APICS Series on Resource Management.

MATSUDA, Kamematsu (1998). Le guide qualité de la gestion de production : Le pilotage industriel dans l'entreprise au plus juste, Dunod.

SHAH, Rachna ; WARD, Peter T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance, ELSEVIER/Journal of Operations Management.

VOLCK, Nicolas (2009). Déployer et exploiter Lean Six Sigma, EYROLLES Editions d'organisation.

VEZA, Ivica ; GJELDUM, Nikola ; CELENT, Luka (2011). Lean Manufacturing Implementation Problems in Beverage Production Systems, International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM).

WILSON, Lonnie (2010). How to Implement Lean Manufacturing, The McGraw-Hill Companies.

WOMACK, James ; JONES, Daniel (2009). Système Lean: Penser l'entreprise au plus juste, Pearson Education France.

WESLATI, Abderrahmen, (2013). Techniques d'encadrement, Cours UVT