



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيات المتقدمة
National Higher School of Advanced Technologies



Mémoire de Fin d'Études en vue de l'obtention du Diplôme D'INGÉNIEUR D'ÉTAT

- Filière -

Génie Industriel

- Spécialité -

Génie Industriel

- Thème -

Contribution à l'amélioration de la performance de la ligne de conditionnement liquide Serac

Cas d'étude : Sanofi Aventis Algérie

Réalisé par

Walid SALAH

Mohamed BOURBIA

Soutenu le Lundi 23 juin 2025

Membres du Jury :

Prénom & NOM	Université	Grade	Qualité
Mme Djahida BELAYADI	ENSTA	MCB	Présidente
M. Boualem SI AHMED	ENSTA	MAA	Promoteur
M. Mahdi RAHMOUNE	ENSTA	MAA	Co-Promoteur
M. Fouad HOUARI	ENSTA	Professeur	Examineur

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À mes parents, piliers solides de ma vie, à ma mère au cœur immense et à mon père au courage sans faille,

Vous êtes la lumière qui éclaire mes pas, le souffle qui m'élève au-delà des obstacles.

À mon frère Miloud, compagnon de vie, confident et soutien indéfectible. Par ta force tranquille et ta présence sincère, tu m'as toujours inspiré à aller de l'avant,

À mes cousins, Sidahmed, fidèle compagnon de toujours, et Hayet, celle qui illumine discrètement mes horizons, deux présences essentielles qui accompagnent et enrichissent chaque étape de mon parcours.

À Yassine, le tout premier visage ami de mon parcours universitaire. Depuis le premier jour, tu as été là — pour m'aider, me guider, et me faire sentir chez moi. Ta générosité, ta présence constante et ton esprit fraternel ont marqué chaque étape de ce voyage.

Merci d'avoir été plus qu'un camarade : un vrai frère de route.

À mes amis fidèles — Dhiyaeddine, Bilel, Sami, Iheb, Taqi, Didine et Farid, qui reste présent dans mon esprit malgré la distance qui nous sépare.

À notre groupe soudé, *The Boys* : Haithem et Abderrahmane et Mohamed. Compagnons d'aventure au sein de notre promotion de Génie Industriel, vous avez été bien plus que des camarades de classe : une véritable famille, partageant les efforts, les réussites et les souvenirs qui marqueront à jamais ce parcours.

Vous êtes la force, la joie et la famille choisie qui ont nourri mes rêves et soutenu mes combats.

À nos frères et sœurs de Gaza, en Palestine, qui portent le poids des souffrances et de l'espoir, اللهم ارحمهم. Que leur courage éternel soit un phare pour nos âmes et un appel à la justice.

Ce travail, fruit de sacrifices et de passion, je vous le dédie avec tout mon amour,
Que cette page soit l'écho de vos luttes et de vos victoires, invisibles mais infinies.

Walid SALAH

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À tous les individus, sans exception, qui m'ont aidés, de près ou de loin, dans ma vie personnelle, professionnelle ou académique. Je vous remercie infiniment à vous tous pour votre soutien et vos encouragements qui m'ont permis de devenir la personne que je suis aujourd'hui. Merci du fond du cœur.

Avec tout mon amour, *Mohamed BOURBIA*

Remerciements

Avant toute chose, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers Dieu Le Tout-Puissant pour nous avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à nos encadrants académiques, Monsieur Mahdi RAHMOUNE et Monsieur Boualem SI AHMED, pour leur accompagnement, leurs conseils éclairés et leur disponibilité tout au long de ce projet de fin d'études. Leur soutien méthodologique et humain a été précieux et a grandement contribué à la réussite de ce travail.

Nous exprimons également notre profonde reconnaissance envers nos encadrants en entreprise, Monsieur Ishak MESKINE et Monsieur Samir BENBOUZID de l'entreprise Sanofi Aventis Algérie, site de Sidi Abdellah. Nous les remercions chaleureusement pour leur accueil, leur accompagnement et leur précieuse contribution tout au long de notre stage au sein du département SMS, plus particulièrement sur la ligne de conditionnement liquide Serac. Leur expertise et leurs conseils pratiques nous ont permis d'enrichir considérablement nos compétences professionnelles.

Nous souhaitons également remercier l'ensemble des enseignants du Département Génie Industriel et Maintenance de l'ENSTA pour la qualité de leur enseignement et leur engagement tout au long de notre parcours de formation.

Nos remerciements vont également aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail et pour l'attention qu'ils lui ont porté.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos familles respectives pour leur amour, leur soutien indéfectible et leur patience tout au long de notre parcours universitaire. Leur présence et leurs encouragements constants ont été pour nous une source précieuse de motivation.

Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet. Nous leur sommes profondément reconnaissants.

ملخص

هذا البحث يتناول تطبيق منهجية Lean Six Sigma (LSS) بهدف تحسين أداء خط التعبئة السائلة "سيراك" داخل شركة سانوفي أفنتيس الجزائر. في بيئة صناعية صيدلانية حيث تُعد السيطرة على الأداء أمراً أساسياً، لوحظ وجود خسائر في توفر خط سيراك أثرت على الإنتاجية العامة. لقد اعتمدنا في عملنا على منهجية DMAIC، وبعد مرحلة التشخيص وتحليل الخسائر، استهدفنا عدة محاور للتحسين، منها: تحسين تنظيم فترات الاستراحة، تتبع الأعطال باستخدام بطاقات متابعة مخصصة، وتوحيد إجراءات تغيير السلاسل الإنتاجية. سمحت هذه الإجراءات بمعالجة حجم إجمالي للخسائر الشهرية بلغ 2796 دقيقة. تشير النتائج الأولية إلى زيادة تُقدّر بنسبة 13.9% في معدل توفر الخط، مما انعكس أيضاً على ارتفاع مؤشر الأداء العام (TRS). تبرز هذه التحسينات فعالية المنهجية القائمة على Lean Six Sigma في بيئة صناعية دقيقة مثل صناعة الأدوية.

الكلمات المفتاحية : Lean Six Sigma، DMAIC، خط التعبئة والتغليف، مؤشر الأداء العام (TRS)، SMED، التوافر، صناعة الأدوية.

Résumé

Ce mémoire porte sur l'application de la méthode Lean Six Sigma (LSS) pour améliorer la performance de la ligne de conditionnement liquide Serac au sein de l'entreprise Sanofi Aventis Algérie (SAA). Dans un environnement pharmaceutique où la maîtrise des performances industrielles est essentielle, la ligne Serac présentait des pertes de disponibilité impactant la productivité globale. Notre approche s'est appuyée sur la démarche DMAIC. Après une phase de diagnostic et d'analyse des pertes, nous avons ciblé plusieurs axes d'amélioration : l'optimisation des pauses (Rolling Break), le suivi des pannes via des fiches adaptées, et la standardisation des changements de séries. Ces actions ont permis de traiter un volume total de 2796 minutes de pertes mensuelles identifiées. Les premiers résultats indiquent une augmentation estimée de 13.9 % du taux de disponibilité de la ligne, et par extension du TRS aussi. Ces améliorations démontrent l'efficacité d'une démarche structurée basée sur le LSS dans un contexte industriel exigeant comme celui des produits pharmaceutiques.

Mots-clés : Lean Six Sigma, DMAIC, Ligne de conditionnement, TRS, SMED, Disponibilité, Industrie pharmaceutique.

Abstract

This thesis focuses on applying the Lean Six Sigma (LSS) method to improve the performance of the Serac liquid packaging line at Sanofi Aventis Algeria. In a pharmaceutical environment where industrial performance is critical, the Serac line showed availability losses that impacted overall productivity. Our approach followed the DMAIC methodology. After a diagnosis phase and an analysis of the losses, we identified several areas for improvement : optimizing lunchtimes through a rolling break system, implementing failure tracking sheets, and standardizing batch change-overs. These actions addressed a total of 2796 minutes of identified monthly availability losses. Initial results indicate an estimated 13.9% increase in the line's availability rate, implying a similar improvement in the Overall Equipment Effectiveness. These improvements demonstrate the effectiveness of a structured LSS approach in a demanding pharmaceutical industry context.

Keywords : Lean Six Sigma, DMAIC, Packaging line, OEE, SMED, Availability, Pharmaceutical industry.

Table des matières

Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
Liste des figures	ii
0.1 Introduction générale	1
1 État de l’art	2
1.1 Introduction	3
1.2 Lean Management	3
1.2.1 Définition	3
1.2.2 Gaspillages (8 Mudass)	4
1.2.3 Gemba Problem Solving	5
1.2.4 SMED (Single Minute Exchange of Die)	5
1.2.5 TRS (Taux de Rendement Synthétique) :	6
1.2.6 Management Visuel	8
1.3 Lean Six Sigma (LSS) et DMAIC	9
1.3.1 Définition	9
1.3.2 Comparaison des méthodologies LSS	9
1.3.3 Définitions des outils utilisés	11
1.4 Démarche DMAIC	14
1.5 Conclusion	16
2 État des lieux	17
2.1 Introduction	18
2.2 Industrie pharmaceutique en Algérie	18
2.3 Présentation de l’entreprise et du lieu de stage Sanofi Sidi Abdellah	18
2.3.1 Département SMS (Sanofi Manufacturing System)	19
2.3.2 Département Production (Autonomous Production Units ”APU”)	19
2.3.3 Description du processus de conditionnement de la ligne Serac	21
2.3.4 Analyse SWOT de la ligne Serac	23
2.4 Conclusion	25
3 Application de la démarche DMAIC sur la ligne de conditionnement liquide Serac	26
3.1 Phase 1 : Définir	27
3.1.1 Cartographie du processus	27
3.1.2 Identification des besoins clients (Diagramme CTQ)	28
3.1.3 Modélisation du processus (BPMN)	30
3.1.4 QQQQCCP du Projet	30
3.1.5 Charte du Projet	32

3.2	Phase 2 : Mesurer	33
3.2.1	Mesure des KPIs de la ligne Serac	33
3.3	Phase 3 : Analyser	38
3.3.1	Brainstorming	38
3.3.2	Priorisation des problèmes	38
3.3.3	Identification des causes racines des problèmes (Diagramme d'Ishikawa)	41
3.4	Phase 4 : Innover	45
3.4.1	Rolling break : Pause-déjeuner Tournante	46
3.4.2	Fiches de Maintenance Préventive	46
3.4.3	Déploiement de la méthode SMED	47
3.5	Phase 5 : Contrôler	58
3.6	Discussions	61
3.6.1	Résultats obtenus après la mise en place des solutions proposées :	61
3.6.2	Conclusion :	63
3.7	Annexe A : Généralités	66
3.7.1	Historique du Lean Management :	66
3.7.2	Lean Thinking :	66
3.7.3	Outils du Lean :	66
3.7.4	Historique du LSS :	68
3.7.5	Boîte à outils du DMAIC :	68
3.8	Annexe B : Fiches	71
3.9	Annexe C : Documentation	74

References

Table des figures

1.1	Maison du Lean [1]	3
1.2	Les 8 Mudass	4
1.3	Les opérations de changement de série.	6
1.4	Les différents temps d'un atelier de production selon la norme NF E 60-182	7
1.5	DMAIC & DMADV	10
1.6	Diagramme SIPOC	11
1.7	Diagramme de Pareto	13
1.8	Diagramme d'Ishikawa/5M/Causes-effets	14
2.1	Processus de conditionnement du liquide	21
2.2	Matrice SWOT	24
3.1	Diagramme SIPOC de la ligne Serac	28
3.2	Diagramme des CTQs	29
3.3	Modélisation de la Partie Primaire	30
3.4	Modélisation de la Partie Secondaire	30
3.5	Structure du TRS	33
3.6	Diagramme de Pareto	40
3.7	Diagramme d'Ishikawa des problèmes d'Organisation	42
3.8	Diagramme d'Ishikawa des problèmes de Changements de Séries	43
3.9	Diagramme d'Ishikawa des problèmes des Pannes	44
3.10	Présentation du Rolling Break	46
3.11	Les résultats avant et après la mise en place du SMED	61
3.12	Pertes de Disponibilité (en minutes) avant et après la mise en place des solutions	62
3.13	Taux de Disponibilité avant et après la mise en place des solutions	62
3.14	TRS avant et après la mise en place des solutions	63
3.15	Fiche TRS	74
3.16	Problèmes d'Organisation	75
3.17	Problème du panne avec intervention maintenance	75
3.18	Problèmes de Nettoyages et de Changement de Séries	76
3.19	Problèmes des Réglages (Micro-arrêts)	76
3.20	Problèmes de Qualité	77

Liste des tableaux

1.1	présentation du QQQQCP	12
2.1	Produits des unités des liquides et des solides	19
2.2	Tableau des types de management et des outils Lean associés	20
3.1	Présentation du QQQQCP	31
3.2	Présentation de la Charte du Projet	32
3.3		34
3.4	Taux de Qualité mensuel	35
3.5	Taux de Performance mensuel	35
3.6	Taux de Disponibilité mensuel	36
3.7	TRS mensuel	36
3.8	Tableau des Fréquences des problèmes	39
3.9	Tableau des Sévérités des problèmes	39
3.10	Criticité des problèmes de conditionnement de la ligne Serac	40
3.11	Analyse des causes et solutions proposées	45
3.12	Feuille d'observation de l'interlot de la ligne Serac : Cas du Conducteur de Ligne	47
3.13	Feuille d'observation de l'interlot de la ligne Serac : Cas de l'Opérateur Primaire	49
3.14	Feuille d'observation de l'interlot de la ligne Serac : Cas de l'Opérateur Secondaire	51
3.15	Tâches du Conducteur de Ligne	52
3.16	Tâches de l'Opérateur de Conditionnement Primaire	54
3.17	Tâches de l'Opérateur de Conditionnement Secondaire	55
3.18	Présentation des Actions proposées pour l'élimination des Mudras identifiés . .	56
3.19	Présentation des Actions proposées pour la réassignation des tâches	57
3.20	Standard de l'Interlot	58
3.21	Synthèse des actions d'amélioration et des pertes de disponibilité associées . .	61
3.22	Ouvrages et publications scientifiques traitant des outils du DMAIC	68
3.23	Standard du Rolling Break	71
3.24	Fiche de Suivi de la Maintenance Préventive	72

Liste des abréviations

APU	Autonomous Production Units
CTQ	Critères Critiques pour la Qualité
DDL	Dossier De Lot
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control
KPI	Key Performance Indicator.
LSS	Lean Six Sigma
PD	Perte de disponibilité
PP	Perte de performance
PQ	Perte de qualité
QQOQCCP	Quoi-Qui-Où-Quand-Comment-Combien –Pourquoi
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer.
SMED	Single Minute Exchange of Die
SMS	Sanofi Manufacturing System
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TF	Temps de fonctionnement brut
TN	Temps de fonctionnement net (TN)
TO	Temps d'ouverture
TPS	Système de Production Toyota
TRS	Taux de Rendement Synthétique
TU	Temps utile (TU)

0.1 Introduction générale

L'industrie pharmaceutique occupe une place très importante dans la société, car elle produit les médicaments nécessaires pour soigner les patients et améliorer la santé publique. Pour cela, les entreprises doivent respecter des normes de qualité très strictes tout au long de la production. Toute erreur ou retard peut avoir des conséquences sérieuses. C'est pourquoi les entreprises de ce secteur cherchent en permanence à améliorer leurs performances pour garantir des produits sûrs, efficaces et livrés à temps.

Afin d'atteindre ces objectifs, de nombreuses entreprises utilisent des méthodes modernes comme le Lean Management ou le Six Sigma. Ces deux approches permettent de mieux organiser le travail, de réduire les pertes, d'optimiser le temps de production et d'assurer une meilleure qualité. Leur combinaison, appelée Lean Six Sigma, est aujourd'hui très utilisée dans l'industrie pharmaceutique pour résoudre des problèmes concrets de production.

Sanofi Aventis Algérie, leader du secteur pharmaceutique en Algérie, a mis en place une stratégie d'amélioration continue à travers son système de production interne, appelé Sanofi Manufacturing System. Dans ce cadre, notre projet de fin d'études a été réalisé au sein du site de Sidi Abdellah, sur une ligne de conditionnement pour les produits liquides, appelée Serac.

L'entreprise est actuellement confrontée à un défi important concernant la performance de cette ligne. Des écarts ont été observés entre les résultats attendus et ceux réellement obtenus, notamment en termes de disponibilité des équipements, de respect des délais de production et de fluidité des opérations. Ces écarts ont un impact direct sur le rendement global, la capacité à satisfaire la demande dans les délais, et l'équilibre des stocks. Ils perturbent également la planification de la production et augmentent les pertes de temps, d'énergie et d'opportunités. Ce contexte rend nécessaire une intervention structurée pour améliorer les résultats de la ligne. Pour répondre à cette problématique, nous avons choisi d'appliquer la méthode Lean Six Sigma à travers la démarche DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover et Contrôler). Cette méthode permet d'aborder les problèmes de manière organisée, en utilisant des outils adaptés à chaque phase du projet, afin de proposer des solutions efficaces et durables.

Nous avons développé ce travail sur trois chapitres :

- Le premier chapitre présente les bases théoriques du Lean Six Sigma. Il expose leurs définitions, leurs principes fondamentaux, ainsi que les avantages de leur intégration dans un processus d'amélioration continue.
- Le deuxième chapitre décrit le contexte industriel du projet. Il comprend une présentation générale de l'entreprise Sanofi, en particulier le site de Sidi Abdellah, ainsi que le fonctionnement de la ligne de conditionnement liquide Serac. Ce chapitre expose également les indicateurs de performance utilisés et les premières constatations sur les problèmes rencontrés.
- Le troisième chapitre est consacré à l'application de la démarche DMAIC dans le cadre de notre projet. Chaque étape – Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler – est détaillée avec les outils employés, les résultats obtenus, les propositions d'amélioration et les actions correctives envisagées. Ce chapitre se termine par des recommandations visant à maintenir les gains obtenus et assurer la continuité des améliorations.

Ce travail a pour objectif de contribuer à l'amélioration de la performance de la ligne Serac de Sanofi Sidi Abdellah. Il montre l'intérêt d'une méthodologie rigoureuse et structurée comme le Lean Six Sigma pour résoudre des problèmes industriels de manière efficace. Il met aussi en avant l'importance d'une bonne organisation, d'une analyse claire des données et de l'implication des équipes pour obtenir des résultats durables dans un secteur aussi exigeant que celui de l'industrie pharmaceutique.

Chapitre 1

État de l'art

1.1 Introduction

Aujourd'hui, avec une concurrence de plus en plus forte, les entreprises cherchent à mieux organiser leur travail. Leur but est de réduire les pertes, de gagner du temps et de garantir une bonne qualité dans la production. Alors, ces industries recourent à des méthodes comme le Lean Management et le Six Sigma. Ces dernières aident à améliorer les résultats de façon continue et offrent des solutions efficaces pour répondre à ces défis. Ce chapitre constitue une revue détaillée des principales techniques d'amélioration continue mobilisées dans le cadre de notre projet. Nous présentons les concepts de chaque méthode, notamment le Lean Management, le Six Sigma et leur complémentarité à travers le Lean Six Sigma. Nous allons aussi expliquer les outils et les stratégies proposées par ces méthodes comme le SMED (Single Minute Exchange of Die), et nous présenterons l'approche que nous proposons pour l'adaptation de ces concepts dans notre étude.

1.2 Lean Management

1.2.1 Définition

Le Lean Management est une approche qui cherche à éliminer toutes les tâches inutiles, celles qui ne créent pas de valeur pour le client, afin de rendre les processus plus efficaces : «Lean» en français signifie «Moindre». C'est un système d'organisation du travail essentiellement concentré vers la réduction des pertes générées au sein d'une organisation, pour une production plus performante. Pour Lasnier (2001), le Lean Manufacturing s'appuie sur des actions pratiques, menées avec la participation des personnes directement concernées. Pour initier des actions de progrès, il faut apprendre aux collaborateurs à voir les gaspillages et à utiliser les outils qui permettent de les éliminer (5S, Value Stream Mapping, etc.) et les outils de résolution de problèmes (Ishikawa, Pareto, 5 Pourquoi?, etc.) [2].



Fig. 1.1 – Maison du Lean [1]

1.2.2 Gaspillages (8 Mudras)

Ayarkwa et al. (2011) mentionnent que le gaspillage serait toute inefficacité entraînant l'utilisation d'équipements, de matériaux, de main-d'œuvre ou de capital en plus grandes quantités que celles considérées comme nécessaires à la production de l'activité. Le gaspillage comprend donc à la fois l'incidence des pertes matérielles et l'exécution de travaux inutiles, ce qui génère des coûts mais n'ajoute pas de valeur au produit [3]. Sutrisno et al. (2018) ont simplement défini le gaspillage comme tout ce qui n'apporte pas de valeur au client. Taïchi Ohno, père fondateur du TPS, a défini trois familles de gaspillages [4] :

- Muda (tâche sans valeur ajoutée, mais acceptée);
- Muri (tâche excessive, trop difficile, impossible à accomplir);
- Mura (irrégularités, fluctuations).

Un Muda est une activité qui ne produit rien et n'apporte aucune valeur pour le client, mais qu'on réalise quand même par habitude, sans vraiment réfléchir à son utilité. Or, certaines tâches, même si elles ne créent pas de valeur, restent utiles et obligatoires, comme l'archivage ou la sauvegarde. Parfois aussi, certains gaspillages sont utiles pour l'entreprise et ne peuvent pas être supprimés. À part ces cas, tous les Mudras doivent être enlevés [5]. D'autres auteurs, comme Needles et Crosson (2011), expliquent que le principal objectif du Lean est de supprimer tous les gaspillages et d'utiliser les ressources de la manière la plus efficace possible [6]. Ohno (1988) définit ces sept catégories de gaspillage ou 7 Mudras, Liker (2004) en a rajouté un huitième :



Fig. 1.2 – Les 8 Mudras

1.2.3 Gemba Problem Solving

Gemba Walk

En tant que combinaison de Gemba (« la vraie chose »), Genchi Genbutsu (« aller voir ») et Genjitsu (« faits réels »), une Gemba Walk est une technique Lean puissante pour observer, interagir, recueillir des informations et comprendre comment le travail ou le co-travail est effectué par des humains et/ou des machines. Plus précisément, c'est un moyen important d'intégration verticale visant à favoriser le développement systématique d'une organisation en développant le potentiel humain pour résoudre des problèmes et identifier des idées d'amélioration. [7] Les Gemba Walks sont un outil essentiel de la gestion Lean car ils offrent une vue de près et détaillée des comportements en action et du contexte, facilitant ainsi "la compréhension par la vue" et l'identification subséquente des opportunités d'amélioration des processus. De plus, elles sont aussi importantes dans le domaine du leadership, car elles permettent aux managers Lean de s'engager directement avec les opérateurs sur leur lieu de travail réel. En effectuant régulièrement des Gemba Walks, les managers montrent leur reconnaissance pour le travail des employés dans la création de valeur, renforcent le moral par leur présence, et gagnent leur confiance pour partager des informations pertinentes en vue de l'amélioration continue [8].

Étapes du Gemba Walk :

1. Identification et définition du problème.
2. Investigation (Enquête).
3. Confirmation de la cause racine du problème.
4. Définition des plans d'actions et des KPIs.
5. Implémentation du plan d'action.
6. Vérification de l'efficacité du plan d'action.
7. Standardisation.

1.2.4 SMED (Single Minute Exchange of Die)

Selon la norme AFNOR NF X 50-310, le SMED est une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié.

Définition

La méthode SMED est un outil utilisé en gestion de production. Son but principal est de diminuer le temps nécessaire pour changer de processus, sans perdre la qualité de ce qui est produit. SMED vient de l'anglais Single-digit Minute Exchange of Die, ce qui veut dire changer la matrice en un nombre de minutes à un seul chiffre, c'est-à-dire en moins de dix minutes. Le temps de changement de série correspond au moment entre la dernière boîte fabriquée d'une série et la première boîte produite de la série suivante, à vitesse normale. La méthode aide à améliorer les étapes internes et externes du processus pour progresser de manière continue. Les actions internes sont faites quand la machine est arrêtée. Les actions externes, elles, peuvent être faites pendant que la machine continue de tourner. La méthode SMED vise à rendre le changement plus rapide et efficace : Pour réussir cela, il faut vérifier si chaque opération est vraiment nécessaire, et voir si on peut la supprimer ou la rendre plus rapide [9].

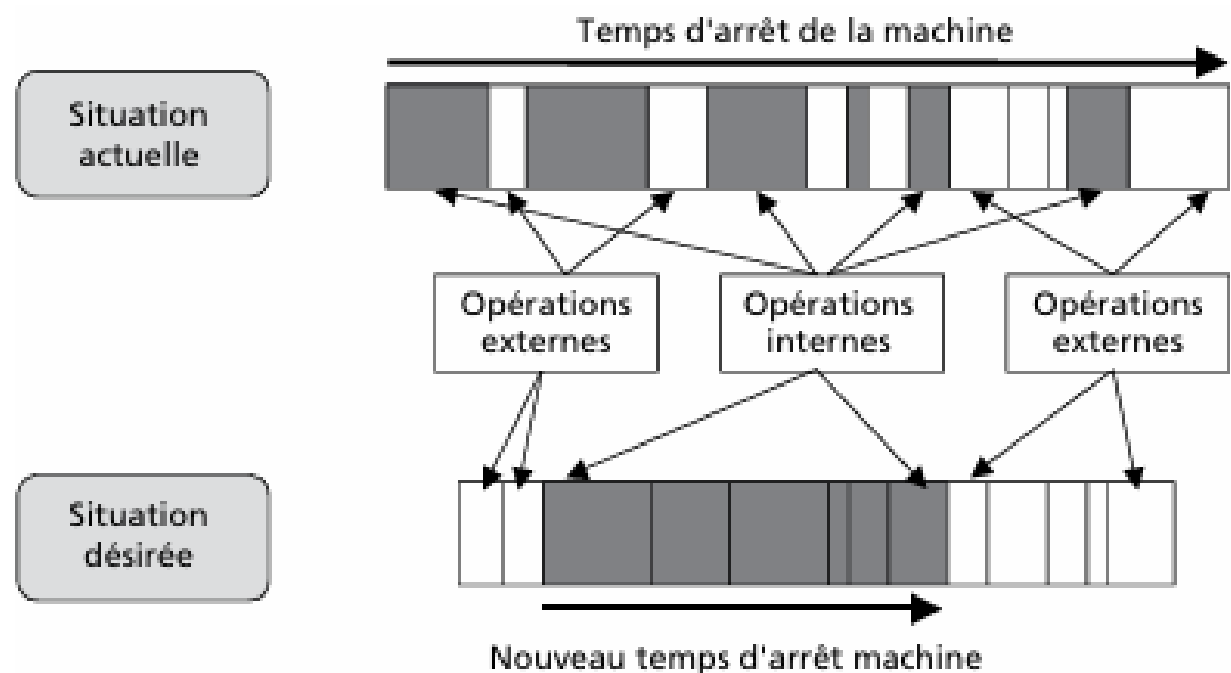


Fig. 1.3 – Les opérations de changement de série.
[10]

Les étapes du SMED :

1. Identifier les opérations du changement de série.
2. Analyser le temps de changement de série.
3. Extraire les opérations externes.
4. Convertir les opérations internes en opérations externes.
5. Rationaliser les opérations internes.
6. Rationaliser les opérations externes.
7. Piloter le plan d'action. [10]

1.2.5 TRS (Taux de Rendement Synthétique) :

Le TRS est un outil LSS utilisé pour surveiller l'efficacité des équipements en mesurant leur disponibilité, leur performance et la qualité des produits qu'ils produisent. Dans des environnements semi-automatisés ou entièrement automatisés, le TRS devient la base des programmes de TPM (Maintenance Productive Totale) et des projets d'amélioration des processus LSS. C'est un outil développé principalement pour le secteur manufacturier. Il a été créé pour mesurer l'efficacité des équipements des entreprises qui les utilisent pour créer de la valeur ou des produits pour leurs clients. Cet outil est parfaitement adapté à ce résultat. Cependant, sa puissance conceptuelle dépasse largement le cadre des équipements et peut être appliquée à de nombreux environnements non manufacturiers [11].

Principe :

L'utilisation du TRS repose sur trois mesures directes des équipements et de leurs produits : la disponibilité et la performance des machines et la qualité des produits. En substance, l'objectif du TRS est d'identifier et de quantifier les pertes liées aux équipements qui réduisent la productivité. Une fois identifiées, ces pertes constituent des cibles pour le Kaizen. Les trois composantes de la mesure globale de l'efficacité de l'équipement sont :

le taux de disponibilité :

La disponibilité des équipements mesure leur état de préparation lorsque l'organisation en a besoin pour créer de la valeur. Elle se compose essentiellement du temps de fonctionnement prévu, moins les pertes dues aux temps d'arrêt survenant durant le fonctionnement des machines. Le résultat de l'analyse de la disponibilité des équipements correspond au temps réel de fonctionnement de ces derniers, souvent appelé temps d'exécution ou temps de disponibilité.

Le taux de performance :

Une fois la durée d'exécution établie, nous pouvons examiner les performances de l'équipement. Celles-ci correspondent à la puissance cible pour un équipement fonctionnant à vitesse maximale, moins les pertes de vitesse en cours de fonctionnement. Le résultat de l'analyse des performances de l'équipement correspond à la puissance réelle.

Le taux de qualité :

C'est une mesure du pourcentage de bonnes pièces qui sortent d'un processus par rapport à toutes les pièces produites. Il concerne le taux de défauts et la capacité d'un processus à produire une bonne qualité du premier coup sans avoir à retravailler.

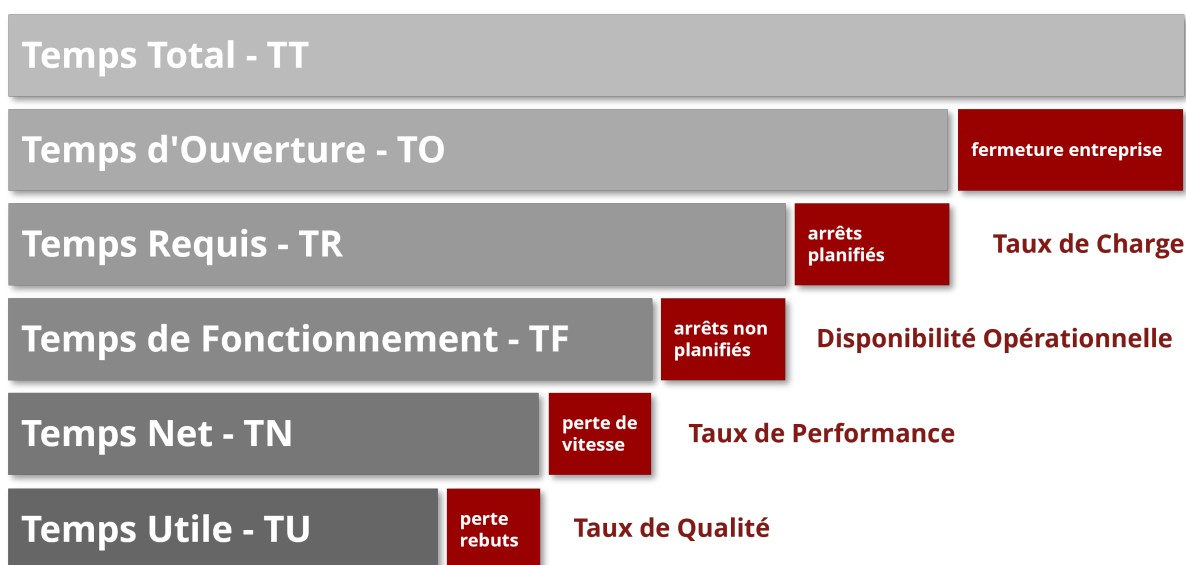


Fig. 1.4 – Les différents temps d'un atelier de production selon la norme NF E 60-182

La constitution du TRS :

Actuellement, la décomposition des temps d'état des équipements de production n'est pas standardisée. Chaque entreprise utilise donc ses propres référentiels, ce qui complique la comparaison des performances globales d'équipement (TRS) entre différentes organisations. Pour remédier à cela et permettre des comparaisons plus fiables du TRS (Taux de Rendement Synthétique), la norme française NF E 60-182 a été établie en mai 2002. La figure ci-dessous illustre la manière dont cette norme décompose les temps de référence [12].

- **Temps d'Ouverture (TO) :** Il s'agit du temps de présence des opérateurs pour chacune des sections. Par exemple, pour une machine fonctionnant 3*8, son temps d'ouverture machine sera de 24h.
- **Temps Requis (TR) :** Il correspond aux temps réellement mesurés, c'est-à-dire des temps de production et des arrêts. Par rapport au temps d'ouverture machine, les temps pendant lesquels la machine ne tourne pas, soit parce que elle n'est pas utilisée, soit parce que les temps ne sont pas pointés, seront supprimés.
- **Temps de Fonctionnement Brut (TF) :** Il s'agit de la somme des temps de production réellement mesurés. Selon le cas, il inclut ou non les temps de préparation du poste. Tous les temps d'arrêts subis (c'est-à-dire les pannes, le manque de personnel, le manque de matière...) seront retranchés au temps d'ouverture.
- **Temps de Net (TN)) :** En général, il est calculé en multipliant les temps unitaires alloués et la quantité fabriquée. Par rapport au temps de fonctionnement brut, tout ce qui représente la sous-performance (c'est-à-dire les micros-arrêts et les écarts à la cadence) sera déduit.
- **Temps Utile (TU) :** Il représente le temps réellement passé à fabriquer des pièces bonnes. Par rapport au temps de fonctionnement net, le temps de fabrication des pièces rebutées sera enlevé, pour ne garder que celui correspondant aux pièces bonnes. C'est ce temps qui est pris en référence pour calculer le ratio TRS.

1.2.6 Management Visuel

Le management visuel est un outil simple qui repose sur l'utilisation d'affichages accessibles aux opérateurs pour garantir le déroulement optimum des activités et le développement de la culture de l'amélioration continue. Il repose sur l'utilisation de supports esthétiques, clairs et visuels, compréhensibles par tous et ne mettant en avant que l'essentiel. Le management visuel a également pour vocation de développer une culture d'entreprise. Concrètement, le but du management visuel est de donner du sens au management de base [13] :

- Voir ce qui a été réellement fait par rapport à ce qui était prévu en créant un environnement de travail proche du terrain et des opérateurs.
- Comprendre les difficultés en échangeant dans un bref délai avec les opérateurs lors des points opérationnels pour analyser et anticiper les aléas.
- Manager en créant une dynamique d'actions à mettre en œuvre pour contrer les difficultés et viser l'objectif.

1.3 Lean Six Sigma (LSS) et DMAIC

1.3.1 Définition

Le Lean et le Six Sigma sont deux approches différentes et complémentaires [14]. Ils sont des leviers qui permettent aux organisations d'atteindre l'excellence opérationnelle et l'optimisation des performances face à la complexité des systèmes, notamment de production. Aussi, la difficulté d'intégration des entreprises aux chaînes de valeur mondiale et la recherche constante de l'amélioration de la productivité, l'efficacité et la qualité des produits, une nouvelle approche s'est développée [15]. Il s'agit d'une démarche hybride, appelée «Lean Six Sigma», apparue pour la première fois, dans l'ouvrage de [Barbara W. et al., 2001]. En outre, on peut dire que Le Lean Six Sigma est l'alliance des deux concepts qui relient les notions de productivité (le Lean) et de qualité (le Six Sigma). Il vise à maximiser la performance des processus opérationnels, en termes de productivité, de qualité, de délais et de coûts, par l'élimination des gaspillages et la réduction de la variabilité [14, 16]. Les projets Lean Six Sigma se déroulent autour de deux types de stratégies structurées [17].

1.3.2 Comparaison des méthodologies LSS

La combinaison du Lean et du Six Sigma montre que le DMAIC est utilisé pour la détection et la résolution des problèmes dans les processus et services existants. Le DMADV, quant à lui, a pour but la prévention des problèmes dès la conception. Il est aussi important de savoir que les résultats d'une méthodologie LSS sont plus rapidement quantifiables contrairement au DMADV pour lequel les résultats ne se voient pas rapidement. La comparaison des deux démarches est illustrée dans la figure ci-dessous.

- Le DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) pour les projets d'amélioration.
- Le DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Verify) pour les projets d'innovation et de conception.

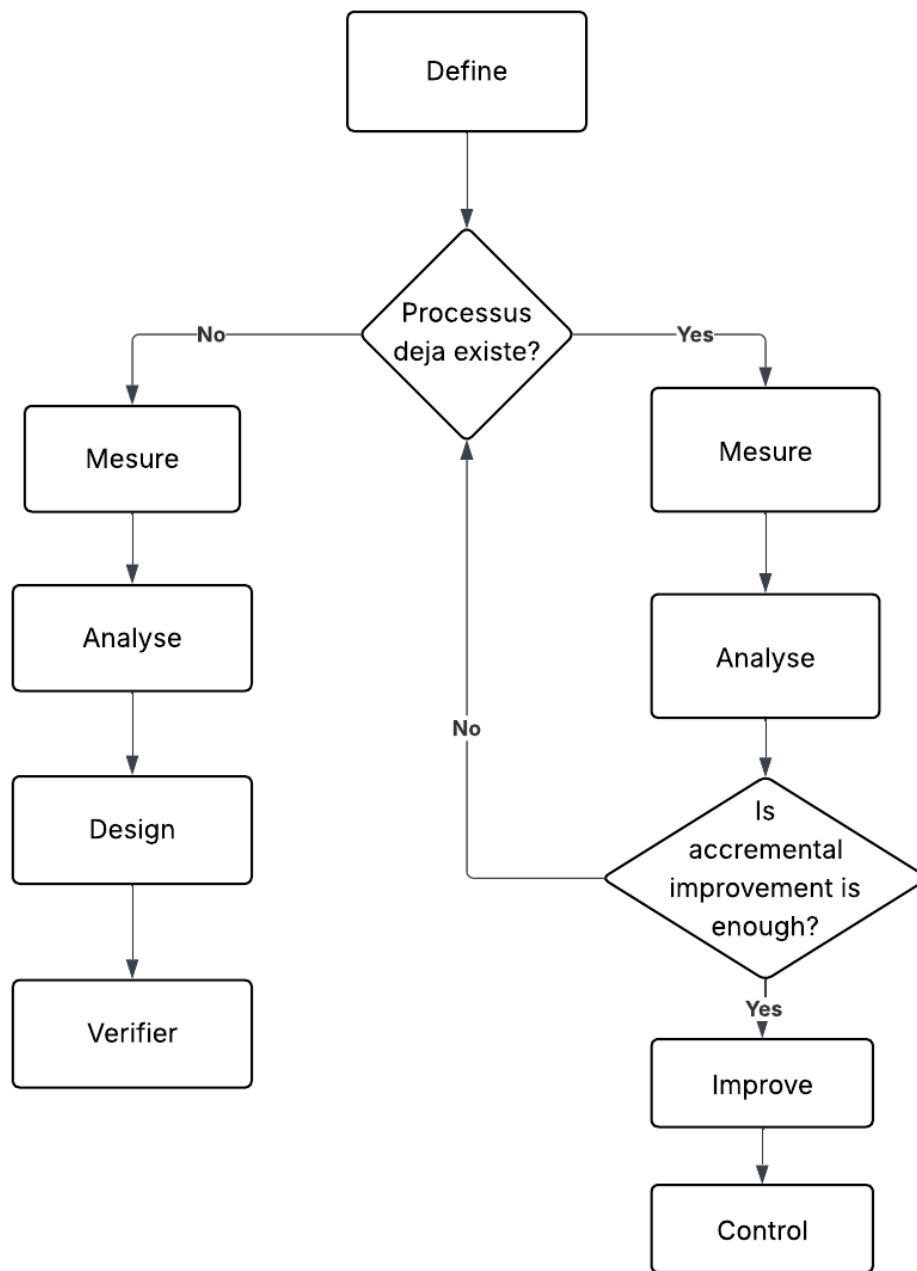


Fig. 1.5 – DMAIC & DMADV
[17]

Adaptation à notre projet

Notre projet de fin d'études a pour objectif d'améliorer les performances de la ligne de conditionnement liquide Serac qui est un processus déjà existant. Alors on va utiliser la démarche DMAIC comme plan d'action pour notre travail.

1.3.3 Définitions des outils utilisés

Diagramme SIPOC

La cartographie SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) est une méthodologie d'amélioration des processus qui utilise une représentation schématique des éléments clés d'un processus, à savoir : les Fournisseurs, les Entrées, le Processus lui-même, les Sorties et les Clients (les destinataires du processus). Cet outil analytique est principalement utilisé pour comprendre et améliorer un processus spécifique au sein d'une entreprise. SIPOC est un outil d'amélioration continue sous le format de flux de processus qui nous aide à [18] :

- Comprendre quelles entrées sont nécessaires pour obtenir la sortie correcte.
- Développer la mission ou l'objectif de l'équipe.
- Identifier des opportunités rapides pour éliminer certaines sorties sans valeur ajoutée.
- Sélectionner un processus clé à repenser.
- Clarifier les relations importantes avec les clients ou fournisseurs qui nécessitent une amélioration.

Éléments clés du SIPOC

- **Fournisseurs (Suppliers) :** Il s'agit des individus, des départements ou des entreprises qui fournissent les informations et les matériaux nécessaires à l'exécution du processus en tant que "fournisseurs d'entrée".
- **Entrées (Inputs) :** Ce sont les ressources et/ou les informations utilisées par le processus pour générer une sortie.
- **Processus (Process) :** Selon la norme ISO 9000, un processus est un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforment les éléments d'entrée en éléments de sortie.
- **Sorties (Outputs) :** Ce sont les résultats du processus qui seront livrés au client interne ou externe.
- **Clients (Customers) :** L'association, la fonction ou la personne qui bénéficie des sorties du processus.

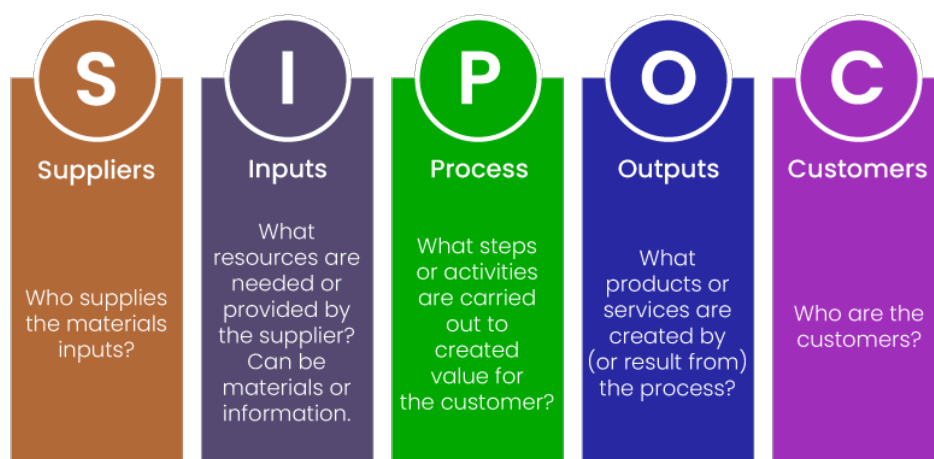


Fig. 1.6 – Diagramme SIPOC

Construire le diagramme SIPOC

Le diagramme SIPOC est créé en suivant un processus en sept étapes :

1. Commencer par identifier le processus et lui donner un nom descriptif.
2. Identifier les étapes principales (haut niveau) qui le définissent (cartographie).
3. Identifier les sorties du processus.
4. Identifier les clients qui reçoivent les sorties du processus.
5. Identifier les entrées qui sont requises par le processus.
6. Identifier les fournisseurs requis par les entrées du processus.
7. Valider toutes les informations précédentes par les intervenants impliqués dans le processus.

QQOQCCP

Cet outil est utilisé immédiatement après avoir sélectionné le problème à traiter, QQOQCCP est un outil simple, utilisé pour spécifier un problème ou clarifier une situation. Il structure la réflexion en fournissant un guide d'analyse à travers des questions concrètes dont les réponses permettent de cerner le problème. Cet outil permet de s'assurer que l'on dispose bien de toutes les données nécessaires pour caractériser le problème et donc le résoudre. La liste de questions est : Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Combien ? Pourquoi ? [19].

Tab. 1.1 – présentation du QQOQCCP

	Description	Questions à se poser
Qui ?	Description des équipes, des personnes et des produits concernés	Qui est concerné ? Qui a constaté le problème ?
Quoi ?	Description de la problématique	De quoi s'agit-il ? Quelle est la problématique ? Qu'observe-t-on ?
Où ?	Description du ou des lieux d'apparition du problème	Où cela s'est-il passé ? Sur quel équipement ?
Quand ?	Description du moment, de la fréquence et de la durée	Quand cela est-il apparu ? À quelle étape de la production ? Depuis combien de temps ?
Comment ?	Description des méthodes et des modes opératoires	De quelle manière ? Quelles sont les circonstances ?
Combien ?	Description du moyen, du matériel, des équipements et/ou des personnes	Quels moyens ? Méthodes ? Outils ? Coûts ?
Pourquoi ?	Description de la finalité du projet	Quel est l'objectif ?

Loi de Pareto

C'est un mode de classement simple qui permet de résoudre 80% des difficultés d'un problème en ne s'intéressant qu'à 20% du sujet. Ce type de classement peut se faire sur des critères très différents. Le diagramme de Pareto permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effets et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation. [20]

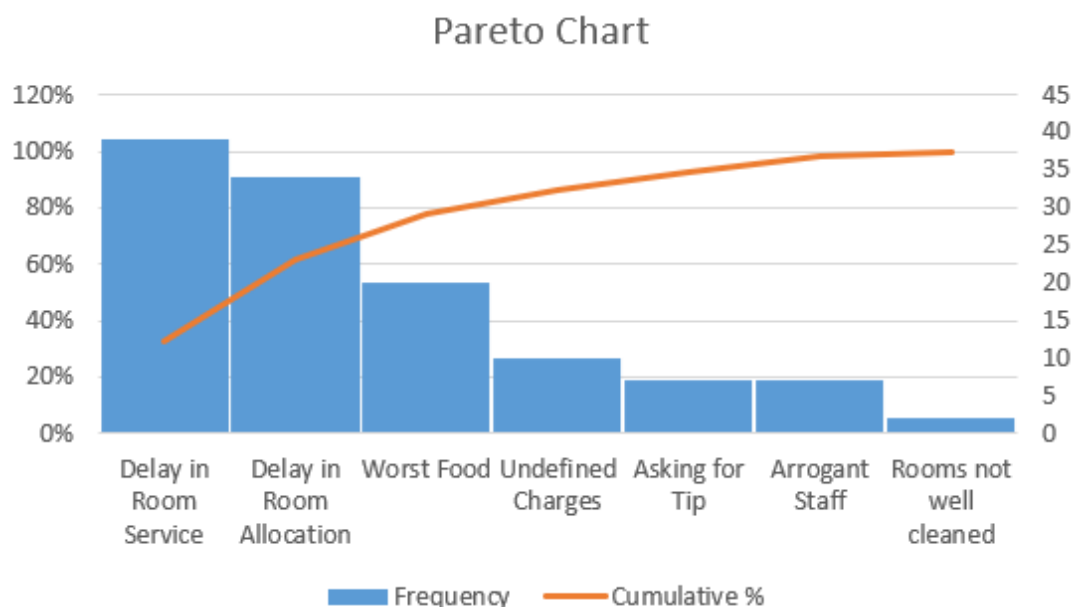


Fig. 1.7 – Diagramme de Pareto

Pour la méthode de construction du diagramme de Pareto [21] :

- Définir les catégories de famille des causes.
- Répartir les données dans les catégories.
- Classer les catégories dans l'ordre décroissant par rapport à leur poids.
- Calculer le total des données.
- Calculer le pourcentage pour chaque catégorie.
- Calculer le pourcentage cumulé.
- Déterminer une échelle adaptée pour tracer l'histogramme.
- Ajouter la courbe de pourcentages cumulés sur le même histogramme.

Diagramme d'Ishikawa

Le diagramme d'Ishikawa, ou diagramme des 5M, est un outil de qualité très connu et largement utilisé. Aussi appelé diagramme des causes-effets ou diagramme en arêtes de poisson, cet outil visuel sert à trouver les causes possibles d'un problème de qualité. Il aide aussi à mieux comprendre le lien entre le problème et toutes les causes qui peuvent l'expliquer. Les causes sont classées en cinq groupes : Main-d'œuvre, Milieu, Méthode, Matières premières, et Moyens. Chaque catégorie peut contenir d'autres causes plus précises, selon leur importance ou leur niveau de détail. C'est un excellent outil de communication pour expliquer un phénomène (Ishikawa, 1986) [22].

La réalisation d'un tel diagramme se fait en général par un groupe de travail multidisciplinaire afin d'apporter des points de vue complémentaires et d'affiner l'identification des causes. Les étapes de réalisation sont :

- **Etape 1 :** Identifier les problèmes en termes d'effets.
- **Etape 2 :** Lister les causes en utilisant les 5 pourquoi ?
- **Etape 3 :** Tracer l'arête de poisson.
- **Etape 4 :** Regrouper les causes équivalentes en faisant le tri et supprimer les fausses causes ou bien les causes mal exprimées.
- **Etape 5 :** Classer les causes selon les 5M : Méthode, Milieu, Machine, Main d'œuvre, Matières premières.
- **Etape 6 :** Tracer le diagramme

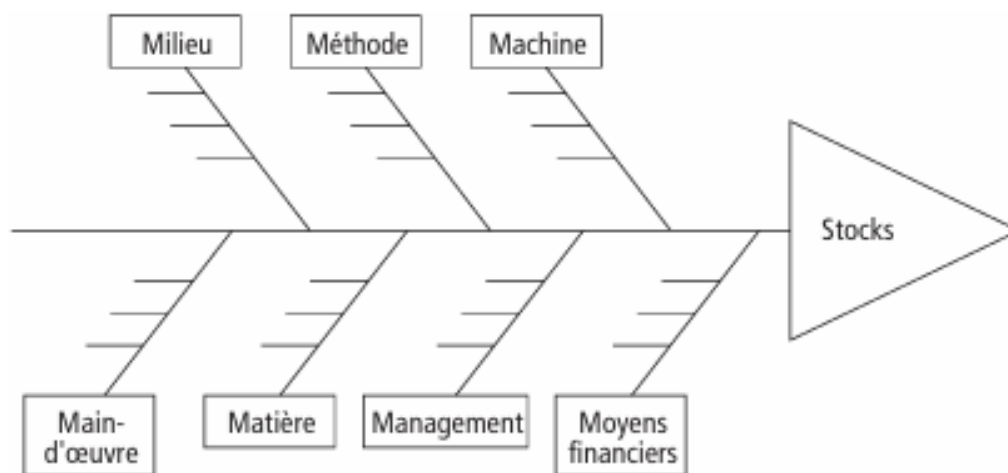


Fig. 1.8 – Diagramme d'Ishikawa/5M/Causes-effets
[9]

1.4 Démarche DMAIC

La démarche DMAIC permet d'améliorer les processus suivant un fonctionnement en mode projet. Elle permet de suivre la progression dans la résolution du problème de façon efficace. Elle suit cinq étapes :

Define (Définir) :

Lors de la phase Définir de notre projet d'amélioration, nous avons commencé par identifier les besoins des clients afin de comprendre ce qui est important pour eux. Ensuite, nous avons utilisé un diagramme CTQ (Critical To Quality) pour traduire ces besoins en exigences mesurables, comme les délais, la qualité, le volume ou l'efficacité.

Après avoir cerné les attentes des clients, nous avons élaboré un diagramme SIPOC pour visualiser l'ensemble du processus, de l'entrée (les fournisseurs) à la sortie (les clients), ce qui nous a permis de mieux définir le périmètre du projet.

Ensuite, nous avons modélisé le processus avec la notation BPMN, pour représenter clairement les différentes étapes du flux de travail.

Nous avons également identifié les parties prenantes pour comprendre leur rôle et maintenir une bonne communication avec elles. Nous avons utilisé la méthode QQQQCCP pour mieux structurer notre analyse en répondant aux questions : Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Combien ? et Pourquoi ?

Enfin, nous avons rédigé la charte de projet et un plan de travail de base. Cette charte résume les informations clés du projet, telles que les membres de l'équipe, les responsables des résultats, le problème à résoudre, les objectifs et les critères de réussite.

Measure (Mesurer) :

Pendant la phase Mesurer de notre projet, nous avons commencé par la collecte des données nécessaires à l'analyse de la ligne Serac. Ensuite, nous avons identifié les mesures clés du fonctionnement de la ligne, en nous concentrant sur le taux de disponibilité, le taux de performance, le taux de qualité, et enfin le taux de rendement synthétique (TRS), qui combine les trois précédents.

Pour chaque mesure, nous avons réalisé une évaluation à partir des données existantes, afin de mieux comprendre la situation actuelle et détecter les principales sources de perte. Ces données de départ nous ont servi de référence pour suivre les améliorations réalisées par la suite.

Analyze (Analyser) :

Dans la phase Analyser, l'objectif principal est d'identifier les causes racines responsables de la faible disponibilité sur la ligne de conditionnement Serac. Un brainstorming a été mené avec les opérateurs et les responsables afin de recenser les principales sources de perte, telles que les changements de série, les pannes, les réglages, les défauts qualité et les problèmes d'organisation. Ces problèmes ont été ensuite priorisés en évaluant leur criticité, calculée à partir de leur fréquence et de leur sévérité sur une échelle de 1 à 5. L'utilisation d'un diagramme de Pareto a permis de dégager les causes les plus importantes, notamment les pannes et les changements de série. Ces dernières ont été analysées à l'aide d'un diagramme d'Ishikawa selon les 5M pour identifier les causes racines. Enfin, une classification des problèmes a été réalisée afin de guider efficacement les actions d'amélioration.

Improve (Innover/Améliorer) :

Dans la phase Améliorer, on s'est concentrés sur la mise en œuvre des solutions qui ciblent les causes racines identifiées lors de la phase Analyser. Après avoir priorisé les problèmes selon leur criticité, nous avons développé des actions correctives adaptées pour réduire les pertes de disponibilité et optimiser le fonctionnement de la ligne de conditionnement. Cette étape repose sur une collaboration étroite avec les opérateurs et les équipes de maintenance, afin d'assurer que les solutions soient réalistes et efficaces. On a aussi veillé à utiliser des outils simples mais rigoureux, comme les standards de travail et les plans de maintenance, pour garantir une amélioration durable.

Control (Contrôler) :

La dernière étape s'appelle Contrôler. On s'est assuré que les améliorations mises en place sont bien maintenues dans le temps. Nous avons établi des indicateurs de suivi clairs, pour vérifier l'efficacité des actions correctives. En impliquant les opérateurs et les responsables, on

a mis en place des procédures et des contrôles réguliers afin d'éviter le retour des problèmes identifiés. Cette étape garantit la pérennité des gains obtenus et permet d'ajuster rapidement les actions si nécessaire.

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le Lean Management, une méthode utilisée pour améliorer l'organisation du travail et la performance dans les entreprises. Cette approche aide à supprimer les pertes, à simplifier les tâches et à mieux répondre aux besoins des clients. Nous avons aussi expliqué la démarche DMAIC, qui permet de structurer les actions d'amélioration en cinq étapes : Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer et Contrôler. Plusieurs outils comme le SMED, le TRS, le diagramme de Pareto, le QQQQCCP et le diagramme d'Ishikawa ont été présentés. Ils nous aideront à mieux comprendre les problèmes dans notre projet et à proposer des solutions efficaces. Ce cadre théorique nous servira de base pour appliquer ces méthodes sur la ligne de conditionnement liquide Serac et guider les étapes suivantes de notre travail.

Chapitre 2

État des lieux

2.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de l’environnement industriel dans lequel s’inscrit notre projet de fin d’études. Nous commencerons par une présentation générale de Sanofi Sidi Abdellah, en mettant en lumière son organisation, ses activités principales et son rôle dans le secteur pharmaceutique en Algérie. Ensuite, nous décrirons plus en détail la ligne de conditionnement liquide Serac, objet principal de notre étude, en expliquant son fonctionnement et ses spécificités. Nous finirons ce chapitre par un diagnostic interne et externe de la ligne Serac.

2.2 Industrie pharmaceutique en Algérie

L’industrie pharmaceutique englobe toutes les activités de développement, de fabrication et de vente des médicaments. C’est l’une des plus grandes industries au monde qui est dominée par les entreprises pharmaceutiques et biotechnologiques. Cela est positionné stratégiquement en Algérie et est l’une des plus sophistiquées de la région arabe et en Afrique juste derrière l’Afrique du Sud.

Le secteur pharmaceutique en Algérie a beaucoup progressé ces dernières années. Après l’indépendance en 1962, la population a augmenté rapidement, ce qui a créé une forte demande en médicaments. Le pays a été obligé d’importer en grande quantité. Aujourd’hui, cette industrie génère environ 5 milliards de dollars américains de chiffre d’affaires (Cyril Fournier & Euronews, 2022) [23]. Selon une étude faite en 2021 par IMS Health en Algérie, une quinzaine de laboratoires dominant le marché. Le premier est la société française Sanofi, qui a vendu pour plus de 368 millions de dollars jusqu’à fin octobre 2021. Ensuite, le groupe danois Novo Nordisk arrive deuxième avec plus de 258 millions de dollars de ventes sur la même période. La troisième place est prise par Les Laboratoires El Kendi, une filiale du groupe jordanien MS Pharma, présent aussi au Moyen-Orient, en Turquie et en Grèce, avec plus de 207 millions de dollars de ventes en Algérie jusqu’en octobre 2021.

2.3 Présentation de l’entreprise et du lieu de stage Sanofi Sidi Abdellah

Le groupe international français Sanofi est considéré comme un acteur de premier plan dans l’industrie des sciences de la vie dans le monde et leader du marché algérien et africain. Sanofi Algérie (SA) est une société par action, spécialisée dans la fabrication et la distribution des solutions de santé innovantes depuis plus de 27 ans. Elle offre aux patients algériens plus de 135 produits différents. Avec un portefeuille comportant 162 médicaments, dont 52 produits locaux sur ses propres sites et 8 dans les sites de ses partenaires locaux. Le complexe de Sidi Abdellah emploie actuellement près de 400 employés et offre une capacité de production de plus de 100 millions d’unités annuellement, soit le double de la capacité de production des deux autres sites, permettant de produire, tant des formes sèches que liquides. Il dispose notamment d’un centre de distribution d’une capacité de 15.000 palettes par an, d’un équipement de levage digitalisé et 08 quais d’expéditions et de réception. L’ensemble des piliers de la stratégie de SA peut être décliné en un ensemble d’objectifs et de priorités pour le site de Sidi Abdellah, parmi lesquels :

- Développement d’un état d’esprit «performance» en implémentant des KPI.
- Finalisation de la construction du site et exploitation complète de ce dernier.
- Extension du portefeuille produit et lancement du projet de production d’insuline.

- Développement d'un système de suivi de la performance dans le Profit & Loss (P&L).
- Renforcement de la culture Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE), Qualité et SMS.

2.3.1 Département SMS (Sanofi Manufacturing System)

Sanofi a développé depuis 2011, son propre système « Lean », le Sanofi Manufacturing System (SMS). Ce département a pour principal objectif de monitorer le site sur des projets de performance et de piloter ces derniers par des outils Lean, ce qui se traduit au sein de l'organisation par un département propre à ce système et qui agit d'une façon transverse sur l'ensemble des fonctions de l'organisation. Ses objectifs sont :

- Management de la performance.
- Management des ressources.
- Management des flux.
- Implémentation de la culture des outils Lean.
- Participation à l'élaboration des budgets avec la direction et le département des finances.
- Mise en place des projets d'amélioration continue pour améliorer la performance du site.
- Suivi et optimisation des différents indicateurs de performance.
- Participation aux décisions stratégiques du site.

2.3.2 Département Production (Autonomous Production Units "APU")

La Production est organisée sous forme d'unités autonomes qui réunissent une équipe autour d'une orientation client commune (famille de produits ou processus), avec des objectifs opérationnels communs (priorités, objectifs, plan d'action et KPI). Sur le site de Sidi Abdellah, les médicaments listés ci-dessous sont produits :

Tab. 2.1 – Produits des unités des liquides et des solides

Produits APU liquides et sachets	Produits APU solides
Maalox	Amazel 1 / 2 / 3 / 4 / 6 mg
Toplexil	Aprovasc 150:5 / 150:10 / 300:10 mg
Maxilase	Aprovel 150 / 300 mg
Doliprane Suspension	Coaprovel 150:12.5 / 300:12.5 / 300:25 mg
RHA	Doliprane 500 / 1000 mg
RHE	Plavix 75 mg
Dépakine	Solian 200 / 400 mg
Aspégic	Telfast 120 / 180 mg
Doliprane Sachets	Solupred 5 / 20 mg

Les outils Lean du Département SMS :

Tab. 2.2 – Tableau des types de management et des outils Lean associés

Type de management	Outils
Performance	Les OBEYA Rooms : Tours de contrôle pour la gestion de la performance, chacune de ces salles relie une équipe à travers un plan stratégique commun à long terme avec des objectifs quotidiens. +QDCI : Réunion quotidienne, hebdomadaire et/ou mensuelle effectuée sur plusieurs échelons de l'entreprise afin de : — Suivre l'évolution d'un ensemble de KPIs répertoriés sur un tableau (le tableau +QCDI) selon cinq dimensions : — + : Aspects HSE — Q : Qualité — D : Délais — C : Coûts — I : Ressources humaines et implication — Évaluer la performance. — Identifier des problèmes et proposer des solutions. — Se décline en 3 niveaux : — L1 : Réunion journalière (Opérationnel) — L2 : Réunion hebdomadaire (Middle management) — L3 : Réunion mensuelle (Direction)
Management des ressources	Problem Solving : Méthodologie Lean pour résoudre les problèmes efficacement. Skills Matrix : Grille de compétences pour gérer la polyvalence des employés et optimiser l'allocation des ressources.
Management des flux	Daily Capacity Management : Management visuel pour optimiser l'allocation de la charge de travail, des employés et des équipements. Value Stream Board : Visibilité claire sur chaque étape du processus (production, inspection, etc.).
Outils managériaux	Process Confirmation : Auto-inspections par les opérateurs pour garantir l'application des standards SMS. Standard Agenda : Agenda aligné sur les rituels et temps de réunion pour libérer du temps pour le Problem Solving et les confirmations.

2.3.3 Description du processus de conditionnement de la ligne Serac

Le processus de conditionnement vient après la fabrication (Transformation des matières premières (MP) en produits semi-finis (SF)). Il relève -tout comme la fab'- du département de Production. Pour la ligne Serac, le conditionnement est divisé en 2 parties physiquement distinctes : Le conditionnement primaire d'une part, et le conditionnement secondaire et tertiaire d'autre part.

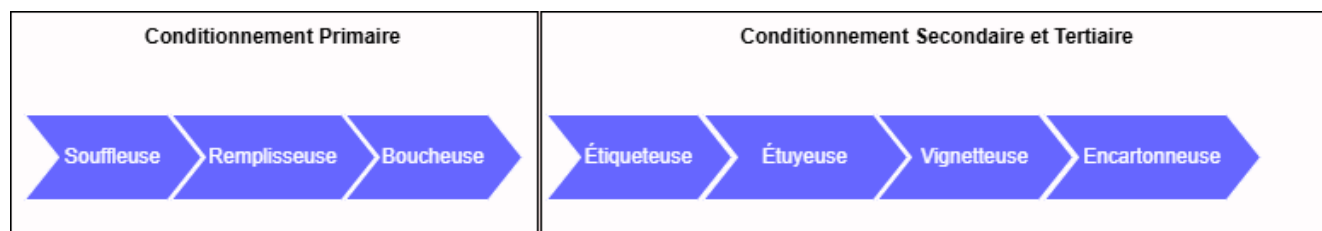


Fig. 2.1 – Processus de conditionnement du liquide

Conditionnement Primaire

Il s'agit du conditionnement en contact direct avec le produit. Par ailleurs, c'est dans cette partie que se trouve la machine Serac (qui a donné son nom à la ligne de conditionnement liquide). Un seul opérateur est assigné pour cette partie. L'input provient de la Fabrication et s'agit du liquide (Sirop ou Suspension) et l'output est le flacon rempli et encapsulé. Cette partie du process comprend les étapes/machines suivantes, par ordre d'implication :

1. **Zone d'entrée des flacons** : Il s'agit d'une table métallique où sont placés les flacons vides. C'est par ailleurs l'étape du processus où se trouve généralement l'opérateur. Ce dernier enlève les flacons emballés des palettes, les place sur la table, les désemballe et les pousse manuellement vers l'étape suivante.
2. **Table tournante 1** : C'est une table ronde métallique tournant automatiquement à vitesse fixe. C'est une étape de manutention intermédiaire.
3. **Souffleuse** : Il s'agit d'une machine cylindrique rotative en forme de tambour. Les flacons vides sont fixés dedans puis de l'air comprimé y est injecté (soufflé) puis aspiré pour retirer les impuretés (poussières, microparticules résiduelles et autres) de l'intérieur du flacon.
4. **Remplisseuse** : C'est la machine "Serac". Elle comprend une cuve où est stocké le liquide (Produit SF). Cette dernière dispose de 11 becs :
 - a. 10 becs équipés de pincettes pour le remplissage des flacons et disposant aussi de platines de pesée pour la détection des non-conformes.
 - b. 1 bec de vidange utilisé exclusivement lors du lavage automatique de la machine.

La remplisseuse est équipée aussi d'une IHM multifonctionnelle utilisée principalement pour les différents réglages de conditionnement et de nettoyage, entre autres. Par ailleurs, sont considérés comme faisant partie de la remplisseuse les "guides" et les "étoiles" : Ce sont des pièces plastiques intervenant dans la manutention des flacons. Ces dernières sont notamment d'intérêt puisqu'elles sont partiellement ou complètement remplacées lors des changements de format (changements de produit).

5. **Boucheuse** : Elle est divisée en 2 parties :

- a. **L'éleveuse de capsules (La "girafe")** : Elle est responsable de la manutention des bouchons (les capsules) depuis le bac de remplissage (que l'opérateur remplit manuellement) jusqu'à l'encapsuleuse, en passant par l'échelle d'élévation, la machine de nettoyage -à fonctionnement pneumatique- et le tapis roulant.
- b. **L'encapsuleuse** : Fabriquée par "Zalkin", elle "ferme" le flacon : Quand ce dernier atteint cette étape, une capsule y est placée au-dessus automatiquement, puis l'encapsuleuse s'occupe du sertissage ou du vissage (tout dépend du produit) via 6 sertisseuses et visseuses à fonctionnement électropneumatique.

6. **Table tournante 2** :Étape et machine similaires à la Table tournante 1.

Note : Le conditionnement primaire dispose de plusieurs capteurs pour détecter les flacons et/ou capsules non-conformes :

1. Les balances sous les platines, au nombre de 10.
2. Le capteur de capsule non-conforme.
3. Le capteur de présence de capsule. Pour les capsules non-conformes, elles sont jetées automatiquement -vers un sac plastique- via de l'air comprimé. Quant aux flacons (vides, mal remplis ou non-encapsulés), ils sont redirigés automatiquement vers une "ligne de non-conformes", puis l'opérateur se débarrasse d'eux vers les déchets pharmaceutiques et les déchets d'AC.

Conditionnement Secondaire et Tertiaire

C'est la partie du conditionnement liquide qui n'est pas en contact direct avec le sirop ou la suspension. Trois employés s'y trouvent : 2 opérateurs et 1 conducteur de ligne. L'input s'agit du flacon rempli et encapsulé et l'output est une caisse (carton) contenant un nombre déterminé d'unités de vente (UV), i.e. de boîtes de médicaments. Cette partie du process comprend les étapes/machines suivantes, par ordre d'intervention :

1. **Étiqueteuse** : C'est la machine responsable de l'étiquetage des flacons. Lorsque ces derniers arrivent du conditionnement primaire sur le tapis roulant (convoyeur), une étiquette y est automatiquement déposée et collée sur le côté latéral du flacon. Cette machine comprend plusieurs parties, parmi elles on trouve une imprimante électromécanique responsable de l'impression -des dates de fabrication et de péremption et du numéro de lot- sur les étiquettes. Elle est notamment concernée par les changements de séries. Il y a aussi une caméra intelligente détectant les étiquettes et les flacons non conformes (Sans étiquette ; avec étiquette mais sans impression ; avec un mauvais code à barres). Ces derniers sont automatiquement jetés vers un bac via de l'air comprimé.
2. **Table tournante** : Similaire aux tables tournantes du conditionnement primaire.
3. **Étuyeuse** : On peut la diviser en deux sous-étapes :
 - a. **Vis sans fin** : Cette partie est principalement de la manutention et comprend une vis dite "sans fin" qui positionne les flacons horizontalement pour passer vers l'étape suivante. Un capteur de position s'y trouve (s'il détecte un flacon qui est toujours en position verticale, toute la machine s'arrête automatiquement et un redémarrage manuel y est nécessaire).
 - b. **Encartonneuse** : Comme son l'indique, c'est elle qui met le flacon dans la boîte (le carton/étui). Après que les flacons soient placés horizontalement, la notice -du médicament- y est déposée à côté (plus exactement au-dessous) et pliée deux fois successivement, ensuite l'étui y est positionné puis fermé des deux côtés en parallèle. Par ailleurs, on trouve une compresseuse responsable du compostage -des

dates de fabrication et d'expiration et du numéro de lot- sur le côté inférieur de l'étui. Ce compostage est d'ailleurs lui aussi concerné par les changements de série, tout comme l'imprimante de l'étiqueteuse.

4. **Vignetteuse** : C'est la machine qui colle la vignette sur le côté latéral de l'étui. Ces vignettes sont soit rouges soit vertes et sont préimprimées dans le local d'impression du département de Production.
5. **Encaisseuse (Conditionnement tertiaire)** : Il s'agit de la machine qui place les étuis contenant les flacons (qu'on nomme des Unités de Vente (UV)) dans des caisses en carton (blanc ou marron). Ensuite, on colle manuellement sur la caisse une étiquette contenant ses informations principales (identifiant, nom du produit, dates de fabrication et d'expiration, numéro de lot, nombre d'UV, etc.). C'est le conducteur de ligne qui se trouve généralement dans cette étape. Ce dernier place par ailleurs chaque caisse sur la palette qui, une fois chargée (six étages en général), est transportée vers le couloir de la Production, puis vers le magasin de la Distribution.

2.3.4 Analyse SWOT de la ligne Serac

Suite à la présentation de l'entreprise Sanofi ainsi que des départements concernés et l'approche processus, une analyse interne et externe a été réalisée afin de détecter les forces et faiblesses de la ligne Serac en interne, ainsi que les opportunités et menaces en externe. Les résultats de cette analyse ont été consignés de manière synthétique sous forme d'une matrice SWOT, permettant une visualisation claire des différents éléments identifiés.

L'analyse interne

Forces

- **Cadence élevée** : La ligne Serac opère à une vitesse relativement élevée pour le conditionnement liquide (entre 70 et 80 unités par minute).
- **Qualité et endurance** : L'entreprise Serac est connue pour ses machines et équipements de qualité supérieure. Pour preuve, la ligne de conditionnement liquide enregistre l'un des nombres de pannes les plus bas parmi les 6 lignes de Sanofi Sidi Abdellah.
- **Grande adaptabilité** : Les machines Serac sont flexibles et permettent de produire différents formats (4 formats (45, 125, 150 et 250 ml) dans notre cas), ce qui permet de répondre aux diverses demandes des clients.
- **Opérateurs qualifiés** : Les opérateurs de la ligne Serac sont performants et relativement proactifs, et certains d'entre eux ont plus de 20 ans d'expérience dans le conditionnement liquide chez Sanofi.

Faiblesses

- **Matériel ancien** : Contrairement au conditionnement primaire, le conditionnement secondaire de la ligne Serac a des machines relativement anciennes (Fabriquées en 2004 ou 2011).
- **Dépendance aux réglages manuels** : Les machines de la ligne liquide ne disposent pas d'IHMs pour les réglages (changements de série, diagnostic de pannes...). Les paramètres se font donc manuellement ce qui est source de retards et de plusieurs essais (souvent inutiles).

- **Mauvaise qualité des AC** : Les articles de conditionnement de la ligne Serac sont relativement de mauvaise qualité comparés à ceux des autres lignes, ce qui cause des arrêts fréquents de l'étuyeuse.

L'analyse externe

Opportunités

- **Ligne primordiale** : La ligne Serac est responsable de la production des médicaments sous forme liquide, en qualité et en quantité exigées par l'entreprise et la demande client. Une attention particulière lui est donc dédiée par le personnel de Sanofi.
- **Disponibilité des supports** : Les machines Serac étant de renommée internationale, différents supports sont disponibles et facilement accessibles : Manuels d'utilisation, pièces de rechange, assistance client, etc.

Menaces

- **Ligne critique** : La ligne Serac est la SEULE à fabriquer des produits liquides. Il n'y a pas de deuxième ligne de conditionnement liquide, donc toute panne entraîne des retards conséquents et négatifs pour l'entreprise, et par extension les clients en particulier et le marché pharmaceutique en général.
- **Concurrence croissante sur les délais et les coûts** : Pour rester compétitive, elle doit répondre à des exigences de production plus rapides et plus économiques, malgré certaines limites techniques liées à l'ancienneté de ses équipements.

Une synthèse de l'analyse SWOT est présentée dans la figure suivante :



Fig. 2.2 – Matrice SWOT

2.4 Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons présenté le contexte général de notre projet, en introduisant le groupe Sanofi et plus particulièrement le site de Sidi Abdallah, où se trouve la ligne de conditionnement liquide Serac, objet de notre étude. L'analyse de l'environnement industriel nous a permis de mieux comprendre l'organisation interne, les processus en place ainsi que les spécificités techniques de la ligne.

Cette phase descriptive a permis de poser les bases nécessaires à la mise en œuvre d'une démarche structurée d'amélioration continue. En mettant en évidence les particularités du site et les contraintes opérationnelles, nous avons pu définir avec précision le périmètre de notre intervention.

Chapitre 3

Application de la démarche DMAIC sur la ligne de conditionnement liquide Serac

Introduction

Dans ce chapitre, nous appliquons la méthodologie DMAIC comme cadre de travail pour traiter notre problématique, en combinant des outils Lean à chaque phase du processus. Nous présentons ici son application sur la ligne Serac chez Sanofi Aventis Algérie, site de Sidi Abdellah.

3.1 Phase 1 : Définir

La phase "Définir" est la première étape de la démarche DMAIC. Elle a pour objectif de cadrer le projet d'amélioration en identifiant de façon claire et structurée la problématique à traiter, son périmètre, son impact, ainsi que les attentes des parties prenantes concernées. Dans notre étude, cette phase a débuté par la construction du diagramme SIPOC, permettant d'avoir une vue globale du processus de conditionnement sur la ligne Serac. Cette cartographie a mis en évidence les différents fournisseurs, les entrées, les étapes principales du processus, les sorties et les clients internes associés.

Pour mieux traduire les exigences des clients en objectifs opérationnels concrets, nous avons utilisé le diagramme CTQ (Critical To Quality). Celui-ci nous a permis d'identifier les caractéristiques critiques à améliorer pour répondre aux attentes en termes de qualité et de performance.

La formulation du problème a été approfondie à l'aide de la méthode QQQCCP, un outil structurant qui permet de clarifier tous les aspects de la problématique de manière factuelle et complète.

Enfin, cette phase s'est conclue par l'élaboration de la charte de projet, un document synthétique qui regroupe les éléments fondamentaux : objectifs, portée du projet, ressources mobilisées, délais prévus, indicateurs de performance et parties prenantes impliquées. Cette charte servira de cadre de référence tout au long du déploiement de la méthode DMAIC sur la ligne Serac.

3.1.1 Cartographie du processus

Diagramme SIPOC

Tout d'abord, nous avons réalisé un diagramme SIPOC qui permet de décrire les éléments clés du processus, y compris les parties prenantes impliquées et les flux d'entrées et de sorties.

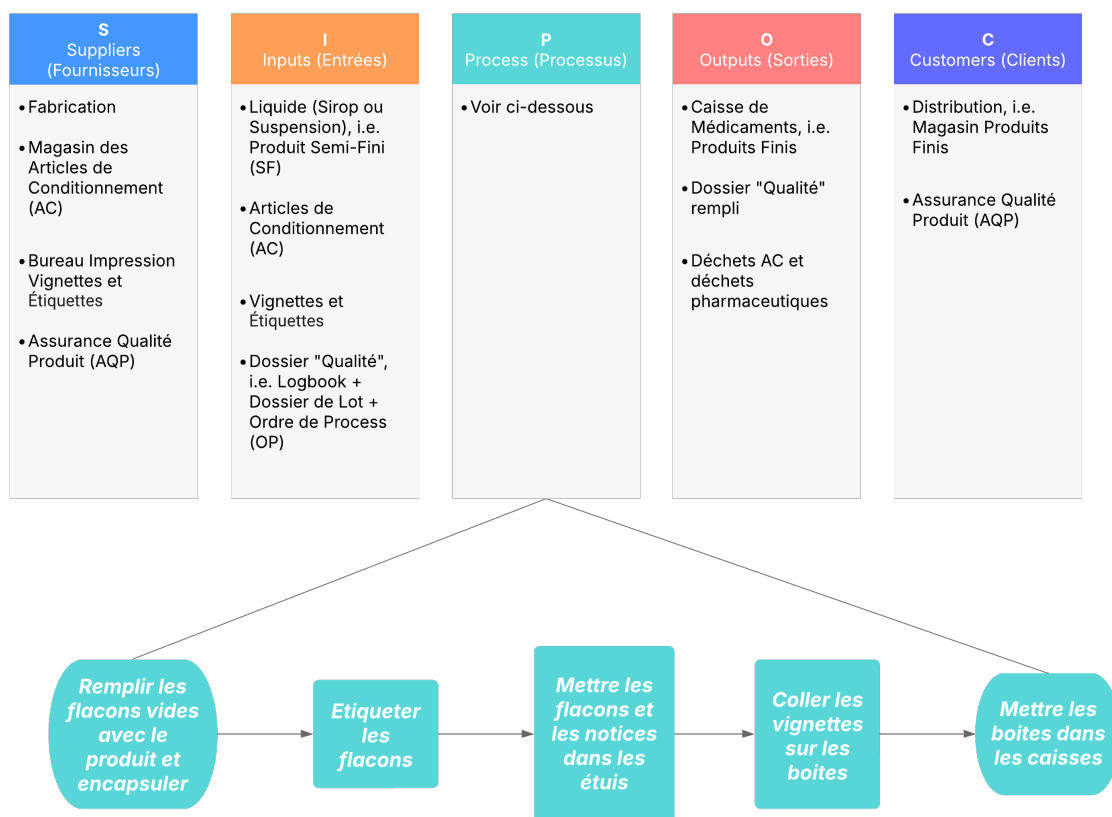


Fig. 3.1 – Diagramme SIPOC de la ligne Serac

3.1.2 Identification des besoins clients (Diagramme CTQ)

Les CTQ servent à transformer les besoins du client en exigences claires qu'on peut mesurer. Dans notre cas, les CTQ identifiés sont : les délais, le volume, l'efficacité et la qualité. Ces critères sont présentés dans le tableau ci-dessous.

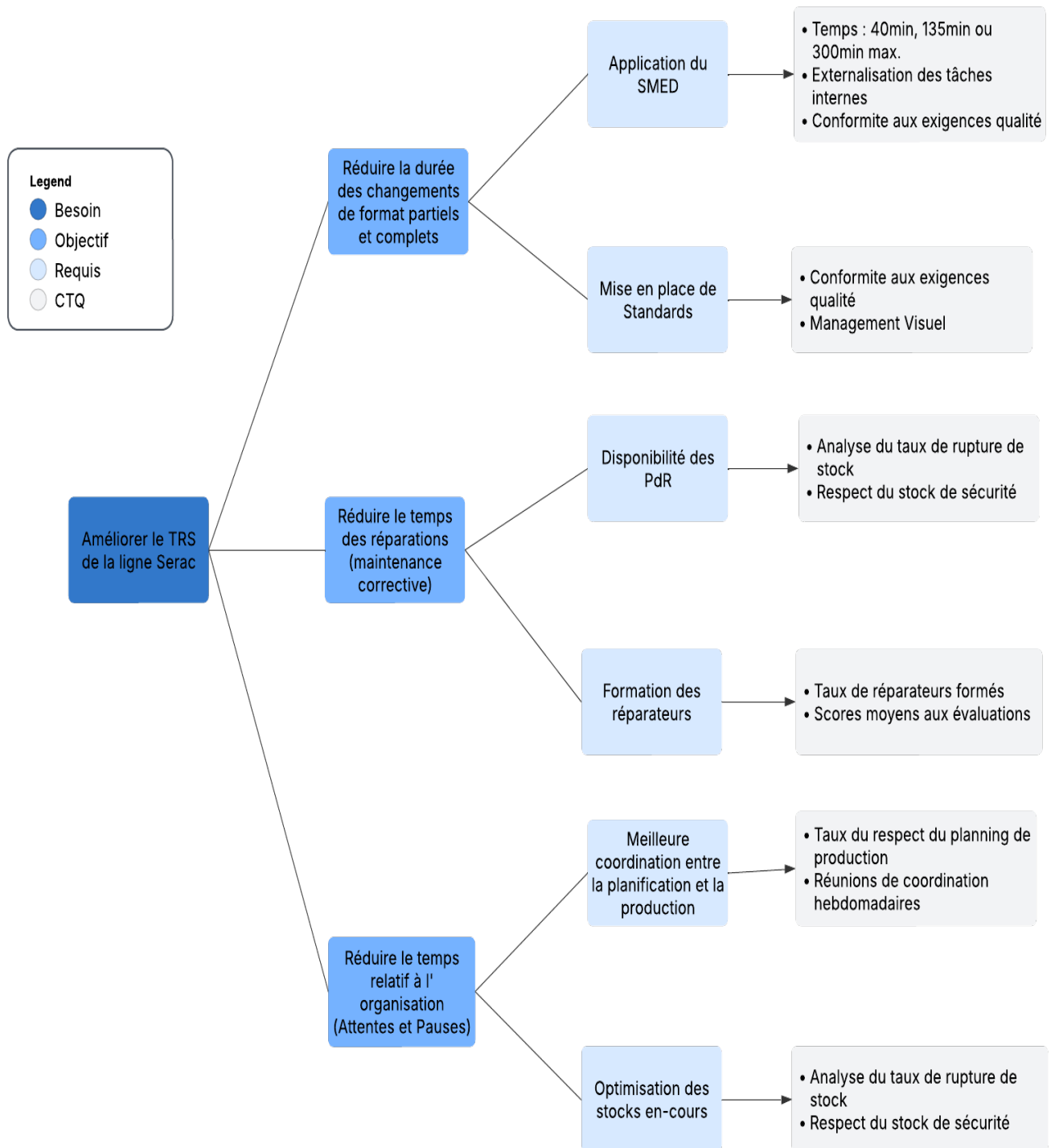


Fig. 3.2 – Diagramme des CTQs

3.1.3 Modélisation du processus (BPMN)

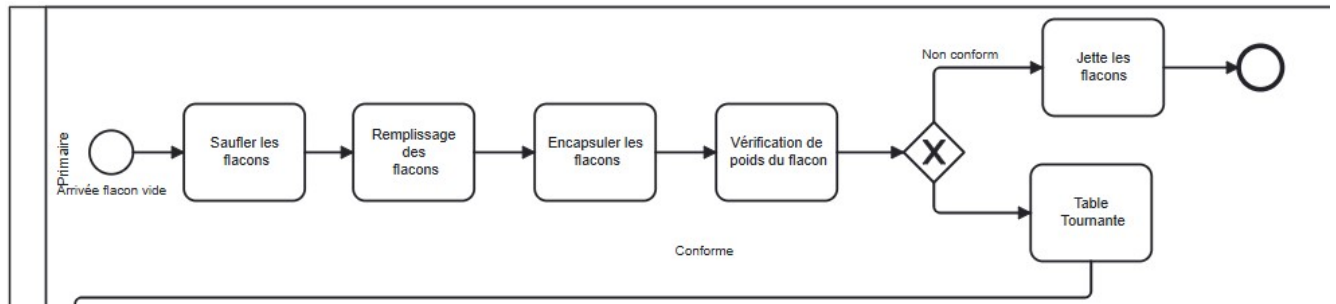


Fig. 3.3 – Modélisation de la Partie Primaire

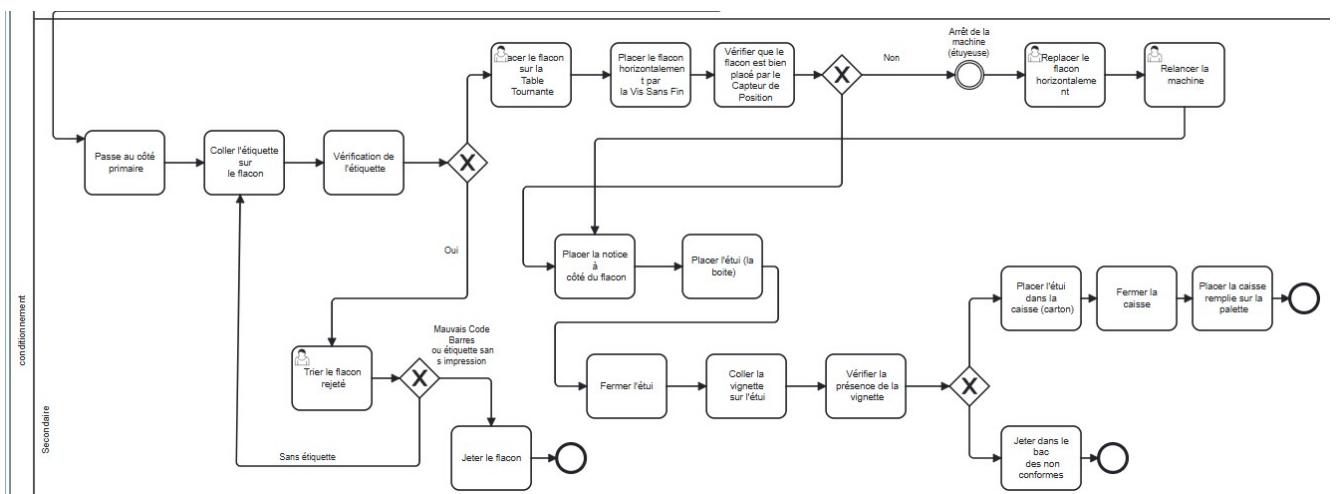


Fig. 3.4 – Modélisation de la Partie Secondaire

3.1.4 QQQQCCP du Projet

Le tableau ci-dessous représente la méthode QQQQCCP, qui sert à analyser une situation ou un problème par des questionnements.

Tab. 3.1 – Présentation du QQQQCP

Question	Réponses
Qui ?	- L'équipe du Département SMS. - Les Superviseurs de la Production. - Les Techniciens de la Maintenance .
Quoi ?	TRS inférieur à la valeur cible.
Où ?	La ligne de conditionnement liquide Serac.
Quand ?	Depuis Décembre 2024.
Comment ?	Temps d'arrêts (d'indisponibilité) supérieurs aux normes préétablies.
Combien ?	Écart de 10% dans le TRS (Valeur actuelle de 42% et Valeur cible de 52%).
Pourquoi ?	- Amélioration du TRS. - Mise en place de Standards pour les Opérateurs. - Élimination des gaspillages (8 Mudass). - Meilleure satisfaction des Clients.

3.1.5 Charte du Projet

Tab. 3.2 – Présentation de la Charte du Projet

Charte du Projet											
Titre du Projet											
Application de la démarche DMAIC pour l’amélioration du processus de conditionnement liquide de la ligne Serac.											
État Actuel						État Souhaité					
Beaucoup de temps d’arrêts en nombre et en durée.						Taux de disponibilité optimal et maîtrisé.					
Problèmes						Objectifs					
• Temps de changement de séries élevés. • Pas de standards mis en place. • Présence de gaspillages/mudas (tâches à non-valeur ajoutée).						• Optimiser les changements de séries, particulièrement les interlots. • Établir un standard pour les changements de séries. • Éliminer les gaspillages, i.e. mudas.					
Gains Mesurables						Gains Non Mesurables					
• Amélioration du Taux de Disponibilité. • Amélioration du TRS. • Diminution des temps de changements de séries.						• Augmentation du chiffre d’affaires. • Amélioration des conditions de travail. • Formation continue des opérateurs.					
Nom						Rôle					
M. Ishak MESKINE						KPI & Performance Leader					
M. Samir BENBOUZID						Planning Leader					
M. Mohamed BOURBIA						Étudiant Stagiaire					
M. Walid SALAH						Étudiant Stagiaire					
Phases	Date de début	Date de fin	Semaine								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Définir	02/03	08/03	■								
Mesurer	09/03	22/03		■	■	■					
Analyser	23/03	29/03				■					
Innover	30/03	19/04					■	■	■		
Contrôler	20/04	03/05								■	■

3.2 Phase 2 : Mesurer

La phase de mesure constitue une étape cruciale dans la démarche DMAIC. Elle permet de comprendre le fonctionnement réel du processus en se basant sur des données fiables et objectives. Dans le cadre de notre étude sur la ligne Serac, cette phase a débuté par une collecte systématique des données relatives aux arrêts de production à l'aide des enregistrements disponibles et des suivis réalisés sur le terrain. L'objectif principal est d'évaluer les performances actuelles à travers des indicateurs clés, notamment le Taux de Disponibilité et le TRS (Taux de Rendement Synthétique).

3.2.1 Mesure des KPIs de la ligne Serac

Identification des Indicateurs

Comme mentionné dans le chapitre précédent, l'indicateur utilisé chez Sanofi est le TRS. Cet indicateur permet d'analyser la productivité suivant différents axes : le Taux de Disponibilité, le Taux de Performance, et le Taux de Qualité. Donc, cette partie s'intéresse aux indicateurs suivants :

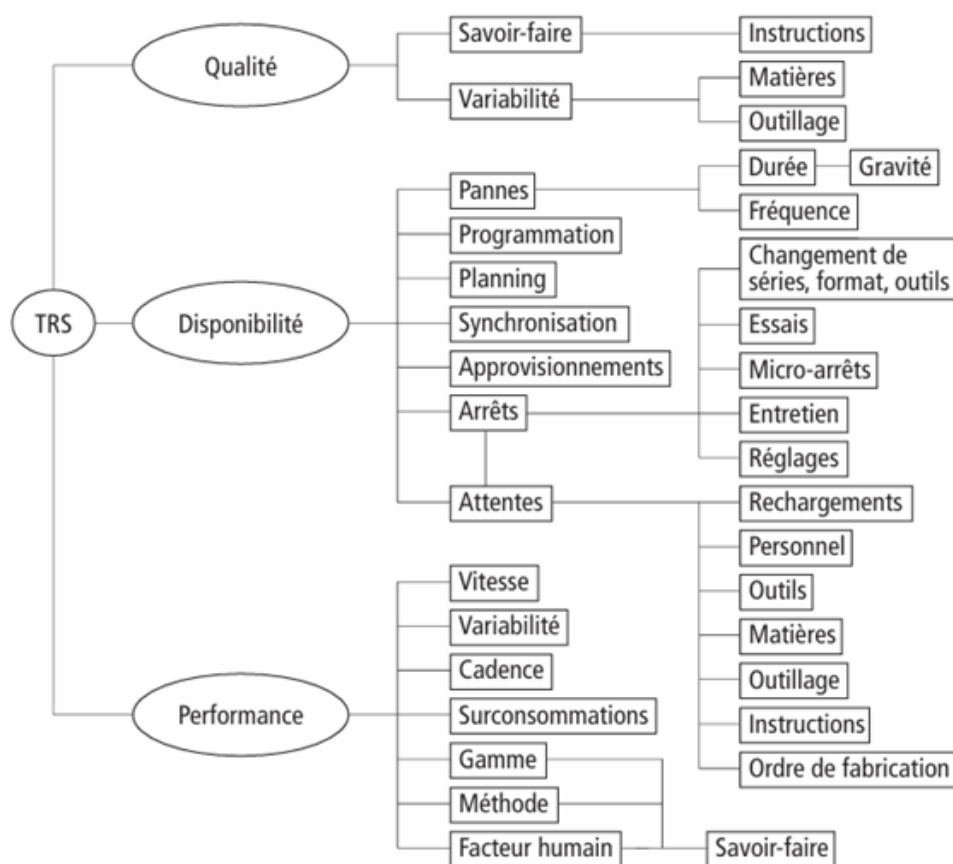


Fig. 3.5 – Structure du TRS
[9]

Mesure des Indicateurs

La collecte des données est réalisée à partir de l'historique et des fiches TRS dans l'annexe 3.15. Ces données sont collectées et enregistrées dans des rapports techniques utilisés par le Département SMS. Ces données sont relatives aux indicateurs de la ligne Serac pour les mois de Novembre jusqu'à Avril. Nous allons nous baser elles pour mesurer les indicateurs sus-cités.

Tab. 3.3

Mois	TU	PQ	TN	TQ	PP	TF	TP	PD	TO	TD
Novembre	12314	55	12369	0.9956	1979	14348	0.8621	11572	25920	0.5535
Décembre	9825	85	9910	0.9914	969	10879	0.9109	8321	19200	0.5666
Janvier	7189	140	7329	0.9809	2002	9331	0.7854	6989	16320	0.5718
Février	11299	235	11534	0.9796	1123	12657	0.9113	10863	23520	0.5381
Mars	14439	175	14614	0.9880	695	15309	0.9546	12531	27840	0.5499
Avril	8583	230	8813	0.9739	1578	10391	0.8481	9769	20160	0.5154

Remarque :

TU : Temps Utile.

PQ : Pertes relatives à la Qualité.

TN : Temps Net.

TQ : Taux de Qualité.

PP : Pertes relatives à la Performance.

TF : Temps de Fonctionnement brut.

TP : Taux de Performance.

PD : Pertes relatives à la Disponibilité.

TO : Temps d'Ouverture (= Temps Requis dans notre cas).

TD : Taux de Disponibilité.

Taux de Qualité :

Il indique le nombre de bons produits par rapport au nombre de produits réalisés, donc une mesure de la qualité de la production. En suivant les quantités produites et les quantités stoppées (défectueuses), nous avons calculé le Taux de Qualité de la ligne Serac durant 6 mois.

Tab. 3.4 – Taux de Qualité mensuel

Année	Mois	Taux de Qualité (%)	Objectif de l'entreprise
2024	Novembre	99.55	95
	Décembre	99.14	
2025	Janvier	98.09	
	Février	97.96	
	Mars	98.80	
	Avril	97.39	
	Moyenne	98.49	

Taux de Performance :

C'est le rapport entre le temps pendant lequel la ligne produit à la cadence prévue et celui pendant lequel elle est en fabrication. Autrement dit, il s'agit du rapport entre la cadence réelle de production et la cadence nominale (théorique/souhaitée/prévue).

Tab. 3.5 – Taux de Performance mensuel

Année	Mois	Taux de Performance (%)	Objectif de l'entreprise
2024	Novembre	86.21	90
	Décembre	91.09	
2025	Janvier	78.54	
	Février	91.13	
	Mars	95.46	
	Avril	84.81	
	Moyenne	87.87	

Taux de Disponibilité :

Le Taux de Disponibilité représente la proportion des temps durant lesquels la ligne est disponible à des fins de production. Le calcul du Taux de Disponibilité de la ligne Serac nécessite des mesures des temps d'arrêts qui sont dédiés aux changements de séries, aux réglages et aux pannes. Le tableau ci-dessous représente le suivi du Taux de Disponibilité des mois de Novembre 2024 à Avril 2025.

Tab. 3.6 – Taux de Disponibilité mensuel

Année	Mois	Taux de Disponibilité (%)	Objectif de l'entreprise
2024	Novembre	55.35	60
	Décembre	56.66	
2025	Janvier	57.16	
	Février	53.81	
	Mars	54.99	
	Avril	51.54	
	Moyenne	54.92	

Taux de Rendement Synthétique (TRS) :

Pour mesurer le TRS, on a besoin du Taux de Disponibilité, du Taux de Performance et du Taux de Qualité de la ligne Serac. Pour cela, on a utilisé les mesures présentées dans les tableaux précédents pour le calcul du TRS :

Tab. 3.7 – TRS mensuel

Année	Mois	Taux de Disponibilité (%)	Taux de Qualité (%)	Taux de Performance (%)	TRS (%)	Objectif de l'entreprise
2024	Novembre	55.35	99.55	86.21	47.51	52
	Décembre	56.66	99.14	91.09	51.17	
2025	Janvier	57.16	98.09	78.54	44.05	
	Février	53.81	97.96	91.13	48.03	
	Mars	54.99	98.80	95.46	51.86	
	Avril	51.54	97.39	84.81	42.57	
	Moyenne	54.92	98.49	87.87	47.53	

Interprétation des résultats des mesures :

Selon le tableau ci-dessus, le TRS moyen des 6 derniers mois est d'environ 47.5% alors que l'Objectif TRS de l'entreprise est de 52%, donc un écart de 4.5% environ. Ces résultats prouvent qu'un projet d'amélioration du TRS est nécessaire pour atteindre les objectifs fixés par Sanofi. En particulier, l'optimisation du Taux de Disponibilité est possible voire même souhaitable car d'une part : les Taux de Qualité et de Performance sont soit proches soit au-dessus des valeurs cibles fixées par l'entreprise, et d'autre part : le Taux de Disponibilité est inférieur de plus de 5% de la valeur objectif et on peut l'optimiser en réduisant et/ou supprimant les temps d'arrêts non planifiés.

3.3 Phase 3 : Analyser

L'objectif de cette étape consiste à identifier les causes contribuant aux problèmes de la ligne Serac afin d'initier des mesures correctives visant à les réduire. À cette fin, des séances de questions-réponses ont été organisées avec les parties prenantes pertinentes, notamment le Département SMS, les Maintenançiens, les Superviseurs et les Opérateurs de Production. À la fin de ce travail, on a structuré les causes avec l'utilisation de diagrammes d'Ishikawa.

3.3.1 Brainstorming

Comme nous l'avons mentionné dans la phase précédente, le Taux de Disponibilité est le composant responsable de la chute du TRS de la ligne Serac. Dans un premier lieu, on doit lister toutes les causes possibles de perte de disponibilité.

Une série de discussions et de réunions avec les opérateurs et les responsables en complément des observations effectuées nous ont permis d'identifier les causes réelles des pertes de disponibilité de la ligne Serac. Les problèmes identifiés sont :

- Les changements de séries.
- Les pannes avec intervention maintenance.
- Les réglages (Micro-arrêts).
- Les problèmes de qualité.
- Les problèmes relatifs à l'Organisation.

3.3.2 Priorisation des problèmes

Pour améliorer la disponibilité de la ligne Serac, il est important de se concentrer sur les problèmes les plus critiques. Pour cela, nous avons décidé de prioriser les problèmes identifiés en utilisant deux critères simples :

- La fréquence du problème (Combien de fois apparaît-il ?).
- La sévérité du problème (Combien de perte de disponibilité engendre-t-il ?).

Nous avons mis en place une grille de notation allant de 1 à 5 pour chaque critère. Cela nous a permis de mesurer la criticité de chaque problème de manière claire et rigoureuse. En combinant la fréquence et la sévérité, nous avons pu classer les problèmes par ordre de priorité afin de mieux orienter les actions d'amélioration. La définition de ces deux critères est comme suit :

Fréquence :

C'est l'occurrence d'un problème. Le tableau ci-dessous présente la notation donnée à ce critère :

Tab. 3.8 – Tableau des Fréquences des problèmes

Niveau	Fréquence
1	• Problème rarement rencontré. • Très faible occurrence.
2	• Faible occurrence. • Fréquence mensuelle
3	• Problème rencontré occasionnellement. • Fréquence hebdomadaire.
4	• Problème fréquent. • Fréquence quotidienne.
5	• Problème très fréquent. • Fréquence de plusieurs fois par jour.

Sévérité

Les problèmes identifiés entraînent l'arrêt de la ligne Serac. Chaque problème nécessite un temps d'arrêt différent d'un autre problème. La sévérité d'un problème est plus forte lorsqu'il entraîne un temps d'arrêt plus grand :

Tab. 3.9 – Tableau des Sévérités des problèmes

Niveau	Description	Durée de l'arrêt (en minutes)
1	Arrêt très faible	[5 ;10]
2	Arrêt faible	]10 ;40]
3	Arrêt modéré	]40 ;90]
4	Arrêt sévère	]90 ;150]
5	Arrêt très sévère	]150 ;420]

En utilisant ces définitions, nous avons calculé les criticités des problèmes. La criticité d'un problème est le produit des deux notes relatives à la fréquence et à la sévérité. Le calcul est résumé dans le tableau suivant :

Tab. 3.10 – Criticité des problèmes de conditionnement de la ligne Serac

Problème	Effet	Notation		
		Fréquence	Sévérité	Criticité
Changements de séries	Pertes dans le Taux de Disponibilité	3	5	15
Réglages (Micro arrêts)		5	1	5
Pannes avec intervention maintenance		4	4	16
Qualité		1	3	3
Organisation		4	2	8

Analyse des problèmes (Diagramme de Pareto) :

En se basant sur la criticité des problèmes, nous les avons priorisés afin d'identifier sur quels problèmes on doit agir en priorité. Nous avons utilisé le logiciel Minitab pour élaborer le diagramme de Pareto.

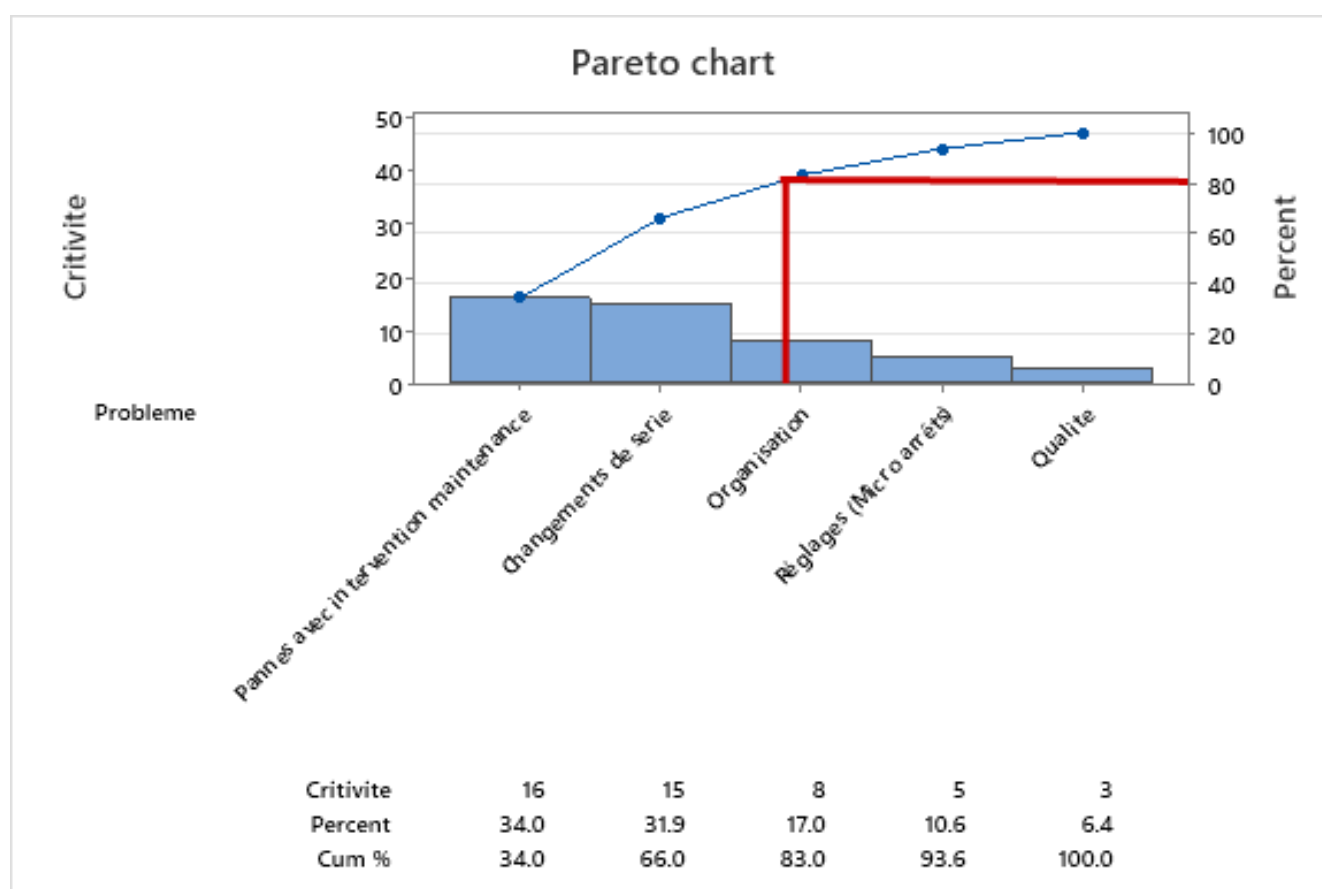


Fig. 3.6 – Diagramme de Pareto

Interprétation du diagramme de Pareto : Le diagramme précédent représente les différentes causes en fonction du temps, ainsi que la fréquence cumulée utilisée pour identifier les 20% des causes principales responsables de 80% des problèmes. Les problèmes qui demandent des solutions urgentes sont "les Pannes avec intervention maintenance" , "les temps des changements élevés" et "les problèmes d'organisation". Notre projet va s'orienter donc vers la réduction de ces causes afin de diminuer les pertes de disponibilité. En combinant les trois principales sources de pertes de disponibilité de la ligne Serac, nous allons utiliser le diagramme d'Ishikawa pour la recherche des causes-racines des problèmes.

3.3.3 Identification des causes racines des problèmes (Diagramme d'Ishikawa)

Pour corriger les problèmes comme ceux relatifs à l'organisation, les retards de changements de séries et les pannes avec intervention corrective, il est important de trouver leurs causes. Pour cela, on va utiliser le diagramme d'Ishikawa. Cet outil aide à identifier les causes qui provoquent un effet négatif ou non souhaité (ici les pertes de disponibilité).

Nous allons aussi chercher les raisons pour lesquelles ces problèmes entraînent une perte de disponibilité. À la fin, on fera un diagramme d'Ishikawa en regroupant toutes les causes trouvées, en suivant les 6M : Méthode, Main-d'œuvre, Matière, Milieu, Matériel et Mesure.

Problèmes d'Organisation :

Main-d'oeuvre :

- Incompétence et non-implication des opérateurs.
- Retards des superviseurs.
- Mauvaise synchronisation des planificateurs.

Milieu :

- Mauvais emplacement de la ligne Serac par rapport aux magasins.
- Séparation entre la partie primaire et la partie secondaire.

Méthode :

- Non-disponibilité d'un guide pour les démarrages de shift et de lot.
- Absence d'un plan de "pause tournante".

Matières :

- Retards dans la fabrication du produit (Sirop ou Suspension).
- Indisponibilité des AC en temps voulu.

Matériel :

- Machines anciennes et non mises à niveau.
- Pertes dues aux redémarrages et aux réglages.

Nous avons construit le diagramme d'Ishikawa comme le montre la figure suivante :

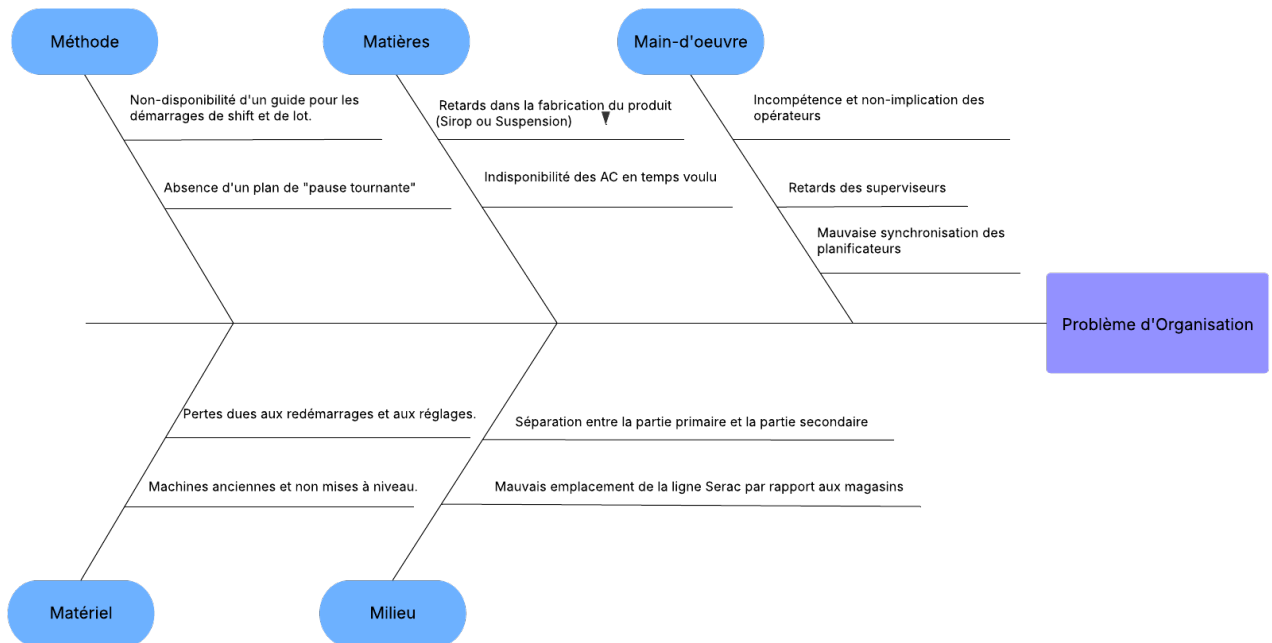


Fig. 3.7 – Diagramme d'Ishikawa des problèmes d'Organisation

Problèmes des Changements de Séries :

Main-d'oeuvre :

- Manque d'expérience des opérateurs.
- Négligence de certains opérateurs et/ou du conducteur de ligne.

Milieu :

- Éloignement de la ligne Serac des bureaux de la Production.
- Séparation entre le conditionnement primaire et secondaire.

Méthode :

- Absence de standards de changements de série.
- Pertes de temps dans la recherche des outillages.
- Retards dans la finalisation du dossier de lot.

Matières :

- Mauvaise qualité des caractères de l'étiqueteuse et de l'étuyeuse.
- Non-synchronisation entre la consommation réelle des AC et celle présente dans l'ERP.

Matériel :

- Ancienneté des machines (Déplacements des pièces de leur position initiale, causant des retards dans les réglages).
- Indisponibilité des auto-laveuses et de l'aspirateur.

Nous avons construit le diagramme d'Ishikawa comme le montre la figure suivante :

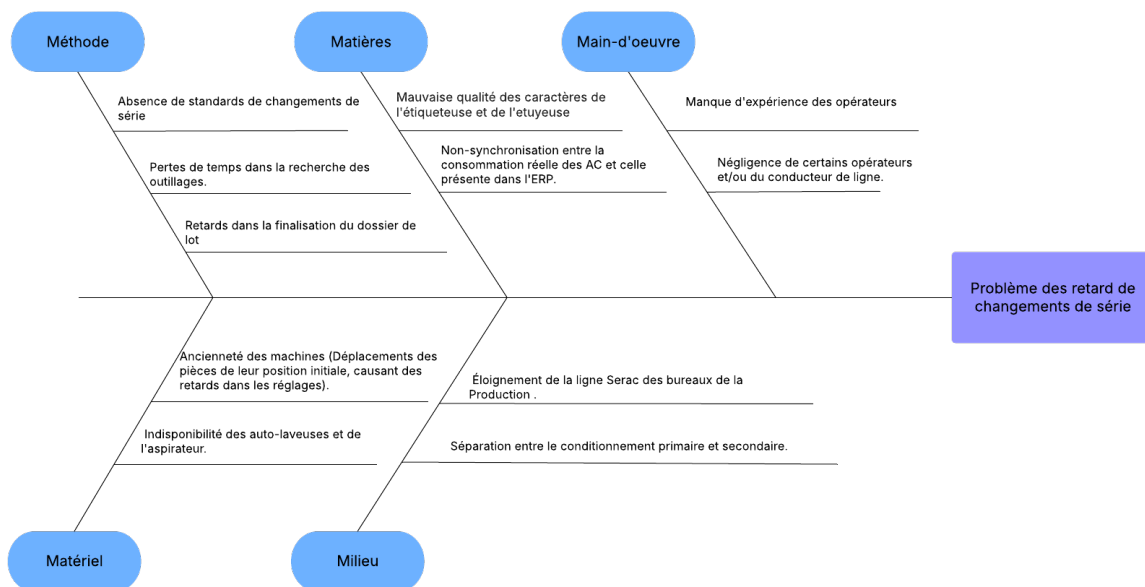


Fig. 3.8 – Diagramme d'Ishikawa des problèmes de Changements de Séries

Problèmes des Pannes avec intervention corrective :

Main-d'oeuvre :

- Niveau d'auto-maintenance des opérateurs insuffisant.
- Incompétence et non-implication des maintenanciers.
- Manque d'effectif au niveau du département Maintenance.

Mesure :

- Absence de capteurs de mesure de l'état des machines.
- Mauvaise mise en place des KPIs relatifs à la maintenance.

Méthode :

- Non-disponibilité de fiches de maintenance autonome.
- Absence d'un plan structuré de maintenance préventive.

Matières :

- Manque des PdR.
- Mauvaise qualité des AC causant parfois des pannes des machines.

Matériel :

- Sensibilité et fragilité de l'étuyeuse et de l'encaisseuse.
- Manque des outillages nécessaires à l'intervention corrective.

Nous avons construit le diagramme d'Ishikawa comme le montre la figure suivante :

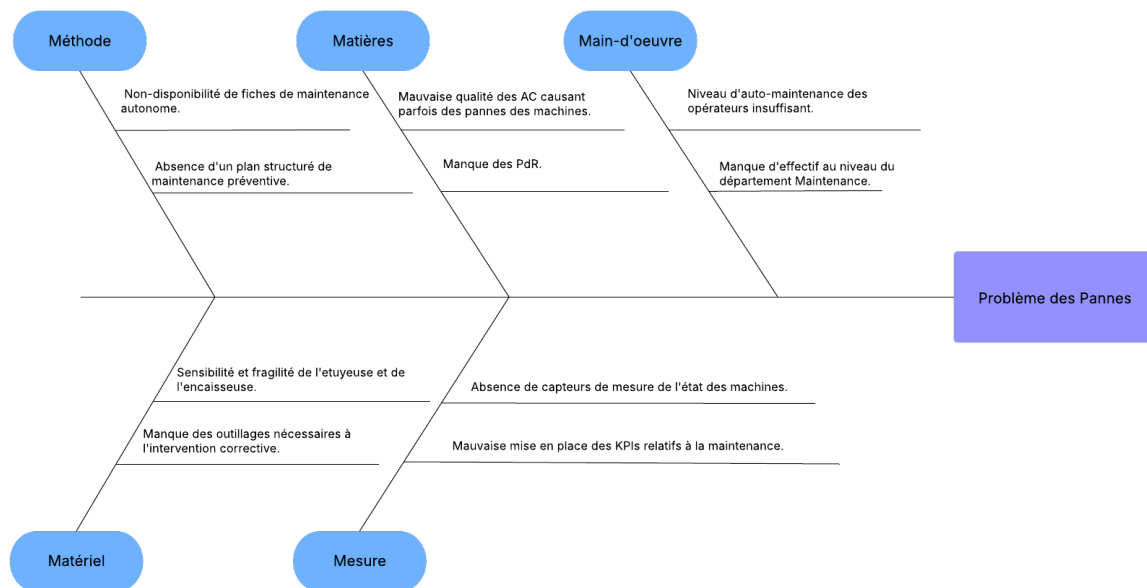


Fig. 3.9 – Diagramme d'Ishikawa des problèmes des Pannes

3.4 Phase 4 : Innover

Cette phase consiste à déterminer les solutions en essayant de trouver un compromis entre l'efficacité de cette dernière, sa difficulté de mise en place et son coût. La détermination des solutions possibles et la vérification de la validité du processus s'est effectuée en assurant des séances de « Brainstorming ». Voici un tableau récapitulatif des actions proposées à chaque anomalie et une estimation de leur performance.

Tab. 3.11 – Analyse des causes et solutions proposées

Problème	Cause racine	Solution proposée
Organisation	Absence d'un plan de "pause tournante"	Rolling Break
	Indisponibilité des AC en temps voulu	Envoi d'un préavis de rupture de stock des AC (via e-mail ou SAP)
Pannes	Niveau d'auto-maintenance des opérateurs insuffisant	Formations régulières des opérateurs sur la ligne Serac
	Non-disponibilité de fiches de maintenance autonome.	Établissement d'une Fiche d'Automaintenance
	Absence d'un plan structuré de maintenance préventive	Établissement d'une Fiche de maintenance préventive
	Mauvaise qualité des AC causant parfois des pannes des machines.	Signalisation du problème au fournisseurs du Département Supply Chain
Retards dans les changements de série	Absence de standards de changements de série.	Mise en place d'un chantier SMED
	Pertes de temps dans la recherche des outillages	
	Retards dans la finalisation du dossier de lot	
	Non-synchronisation entre la consommation réelle des AC et celle présente dans l'ERP	Sensibilisation du Conducteur de Ligne afin de synchroniser régulièrement entre la consommation réelle et celle sur système.

3.4.1 Rolling break : Pause-déjeuner Tournante

Après une semaine d'observation et en s'établissant sur les données historiques des arrêts de la ligne Serac collectées à partir des Fiches TRS, nous avons constaté deux problèmes majeurs. Tout d'abord, pendant la pause-déjeuner, la machine est à l'arrêt, ce qui entraîne une perte considérable de disponibilité. Ensuite, les quatre opérateurs ne respectent pas la durée de la pause qui est fixée à 30 minutes, ce qui entraîne des arrêts supplémentaires de la machine, souvent d'une durée de 60 minutes. Pour résoudre ces problèmes, nous avons commencé par sensibiliser les trois opérateurs à l'importance de respecter la durée de la pause et aux conséquences négatives qui en découlent. Ensuite, nous avons mis en place un mode d'organisation en alternance, où les quatre opérateurs ne prennent pas leur pause-déjeuner tous ensemble, mais un seul opérateur à la fois toutes les 30 minutes. Pour le cas de la partie primaire (où il y a seulement un seul opérateur), c'est le conducteur de ligne qui sera en charge durant l'absence de l'opérateur primaire. Cette nouvelle organisation permet de maintenir la machine en opération continue et d'éviter les arrêts prolongés. Le mode opératoire que nous avons réalisé se trouve dans la partie Annexes 3.23.

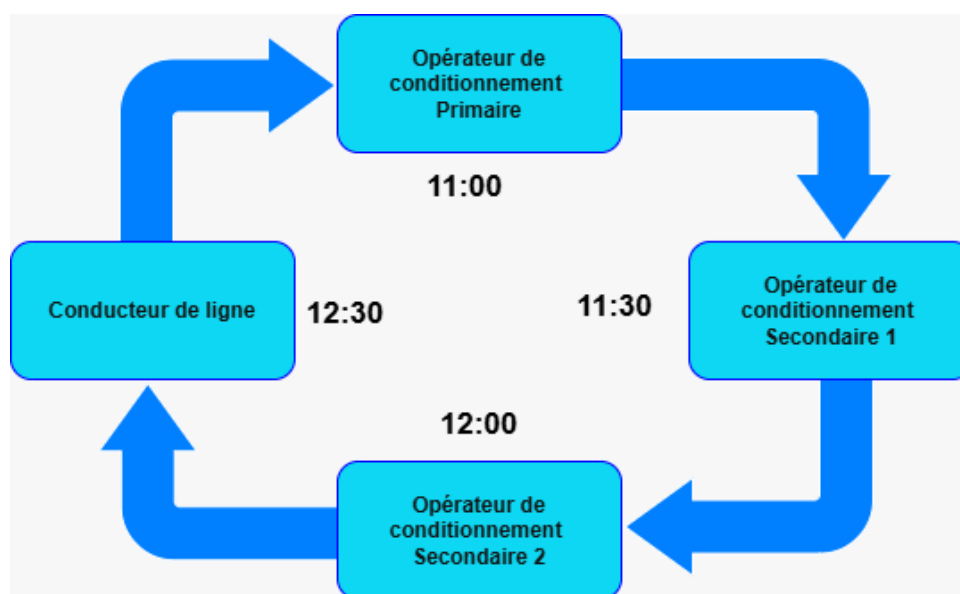


Fig. 3.10 – Présentation du Rolling Break

3.4.2 Fiches de Maintenance Préventive

Les observations faites sur la ligne Serac ont montré que le temps de résolution des pannes est relativement élevé et peut être facilement amélioré. En particulier, nous avons constaté que de la maintenance préventive peut être effectuée lorsque les machines sont à l'arrêt. Pour optimiser la disponibilité de la ligne Serac, nous avons proposé une démarche de maintenance préventive à chaque lavage, c'est-à-dire à chaque changement de format et tous les 5 lots ou 6 jours. Cette dernière est basée sur une fiche standardisée et sera effectuée par le Département Maintenance. La fiche en question est présentée dans la partie Annexes 3.24.

3.4.3 Déploiement de la méthode SMED

Cette méthode vise à optimiser les changements de séries sur la ligne de conditionnement liquide Serac. L'objectif principal est d'analyser le processus d'interlots dans son ensemble afin d'identifier les axes d'amélioration, de remettre en question les pratiques et de détecter les éventuels gaspillages présents. Cette analyse permettra d'obtenir une organisation structurée et rigoureuse de l'ensemble du processus, conduisant à une amélioration de la qualité, de la productivité et de l'efficacité globale de la ligne de production. Le deuxième objectif consiste à créer, en étroite collaboration avec les équipes, une séquence SMED optimisée pour minimiser les déplacements des opérateurs et réduire le temps global des changements de séries. La mise en place d'une séquence SMED optimisée permettra de réduire les temps d'arrêt de la ligne de production et d'augmenter le temps de production global, ce qui aura un impact positif sur l'efficacité de la ligne. Le dernier objectif est d'identifier les pratiques les plus critiques en termes de qualité afin de garantir leur réalisation optimale par tous les opérateurs. Cela contribuera à améliorer la qualité des produits et à réduire la variation de qualité entre les lots de production. De plus, l'identification de ces pratiques critiques facilitera l'apprentissage de ces pratiques par les nouveaux arrivants, ce qui permettra de maintenir un niveau de qualité élevé et constant sur la ligne de production.

Étape 1 : Identification des tâches

À partir des informations recueillies (vidéos, relevés de temps complémentaires), nous avons dressé la liste des différentes opérations élémentaires constituant l'interlot avec la durée de chaque opération.

Tab. 3.12 – Feuille d'observation de l'interlot de la ligne Serac : Cas du Conducteur de Ligne

Activité	La durée (min)	Cumulée (min)
Réconciliation et renseignement de la fiche de vérification DDL	00:03:26	00:03:26
Rangement des feuilles du DDL (par N° de page) et vérification de présence des signatures	00:02:35	00:06:01
Retrait des vignettes présentes sur la ligne et vérification des bacs de rejets	00:00:48	00:06:49
Vérification de l'absence du produit en dessous des équipements	00:00:20	00:07:09
Transmission de la Boîte DDL au bureau OBEYA	00:01:17	00:08:26
Retrait des débris de caisse (encaisseuse) avec une barre métallique	00:01:58	00:10:24
Nettoyage des débris de caisse tombés sur le sol (petit frottoir)	00:02:27	00:12:51
Évacuation des sac-poubelles vers le couloir	00:00:27	00:13:18
Récupération de l'aspirateur du local à côté	00:00:08	00:13:26

Aspiration poussière au niveau du convoyeur, de l'encartonneuse et de l'encaisseuse	00:03:05	00:16:31
Rangement du fil de l'aspirateur	00:00:45	00:17:16
Renseignement des fiches du Vide de Ligne de l'encaisseuse	00:03:36	00:20:52
Vide de Ligne de l'étiqueteuse flacons	00:02:11	00:23:03
Renseignement des fiches de la partie encartonneuse	00:00:34	00:23:37
Lecture des consignes de la partie encartonneuse (Fiche Vide de Ligne)	00:00:26	00:24:03
Vérification de vide de la partie encartonneuse (intérieur)	00:00:20	00:24:23
Lecture et Renseignement des Fiche du Vide de Ligne	00:01:27	00:25:50
Prélèvement d'un spécimen d'étiquette flacon du lot suivant	00:00:45	00:26:35
Mise d'un nouveau sac-poubelle sur la partie encaisseuse	00:00:41	00:27:16
Mise d'un nouveau sac-poubelle sur deuxième poubelle	00:00:28	00:27:44
Mise d'un nouveau sac poubelle sur troisième sac poubelle	00:01:06	00:28:50
Recherche d'une monobrosse dans la laverie	00:02:25	00:31:15
Recherche de la monobrosse dans la deuxième partie secondaire	00:00:19	00:31:34
Recherche de la monobrosse dans la partie Fabrication	00:00:49	00:32:23
Acheminement de la monobrosse vers le Local de Conditionnement	00:03:08	00:35:31
Nettoyage avec la monobrosse	01:39	00:37:10
Nettoyage de l'entrée du local (Mouvement en 8) à plusieurs reprises	00:00:36	00:37:46
Nettoyage du Local avec la monobrosse (et frottoir sous les équipements)	00:03:30	00:41:16
Préparation du DDL pour la partie primaire	00:00:55	00:42:11
Attente de l'opérateur primaire au niveau du passe-plat	00:02:09	00:44:20
Tri des fiches du DDL selon leur emplacement (secondaire ou tertiaire)	00:04:22	00:48:42

Renseignement du DDL (spécimens AC vides)	00:01:08	00:49:50
Mise en place du rouleau des étiquettes des caisses	00:00:32	00:50:22
Vérification des mentions variables sur les AC	00:02:05	00:52:27
Préparation des fiches de nettoyage	00:04:39	00:57:06
Renseignement du DDL (Opérations préliminaires)	00:06:46	01:03:52
Collage de l'ancienne étiquette de nettoyage sur le DDL	00:00:32	01:04:24
Renseignement du Logbook du local	00:01:09	01:05:33
Prise de la fiche du Vide de Ligne à l'opérateur pour la signature	00:00:45	01:06:18
Prise des feuilles des opérations préliminaires à l'opérateur pour la signature (sans vérification)	00:00:35	01:06:53
Rangement des feuilles du DDL qui ne sont plus nécessaires dans la boîte DDL	00:00:21	01:07:14
Étiquette d'identification du Local : Recherche d'un marqueur pour écrire (introuvable)	00:00:36	01:07:50
Rangement de l'OP (Ordre de Process) dans l'emplacement dédié sur le mur	00:00:20	01:08:10

Tab. 3.13 – Feuille d'observation de l'interlot de la ligne Serac : Cas de l'Opérateur Primaire

Activité	La durée (min)	cumulée (min)
Aller au Local Fabrication pour demande de pesée	00:01:02	00:01:02
Rechercher l'opérateur de Fabrication (en cas d'absence) pour réaliser la pesée)	00:02:58	00:04:01
Démarrage de la pesée	00:00:46	00:04:47
Suite de conditionnement à faible cadence	00:05:54	00:10:41
Vidange des flacons mal remplis	00:01:15	00:11:56
Contrôles&Tests Fin de Lot (Volume, Torque-mètre) + Renseignement des étiquettes de nettoyage + Chevauchement d'équipes (Passation des consignes de prélèvement des Pressions Différentielles)	00:18:17	00:30:13

Rangement et Vérification du DDL et Renseignement du poids moyen sur le dossier	00:05:35	00:35:48
Évacuation du dossier terminé vers la partie secondaire	00:00:44	00:36:32
Vidange des flacons et éprouvettes ayant servi au contrôle	00:01:15	00:37:46
Évacuation des déchets (Flacons et Produit) vers le SAS des AC	00:02:47	00:40:33
Préparation de l’affichage de la machine et des étiquettes de nettoyage	00:03:31	00:44:03
Rangement et Préparation du nettoyage du Local	00:02:26	00:46:29
Chercher l’auto-laveuse dans le Local Fabrication	00:05:22	00:51:51
Nettoyage du Local	00:07:07	00:58:58
Renseignement de l’étiquette verte et de la fiche Vide de Ligne	00:01:50	01:00:48
Réception et Confirmation des flacons et des capsules et Rangement des palette dans le Local	00:12:43	01:13:31
Attente de l’équipe du Magasin pour fermeture manuelle du rideau à cause de son blocage (Disfonctionnement de la porte-sortie)	00:04:16	01:17:47
Renseignement du Logbook	00:02:02	01:19:49
Demande DDL	00:00:58	01:20:47
Attente du DDL (Nettoyage des balances en temps masqué)	00:05:21	01:26:08
Suite de nettoyage des balances	00:01:49	01:27:57
Renseignement de la partie restante du DDL	00:03:59	01:31:56
Prélèvement des Pressions Différentielles	00:01:14	01:33:10
Attente de vérification pour signature du dossier et de la fiche (Préparation des poubelles en temps masqué)	00:06:24	01:39:35
Démarrage de la machine et Tests IPC	00:06:09	01:45:43

Tab. 3.14 – Feuille d’observation de l’interlot de la ligne Serac : Cas de l’Opérateur Secondaire

Activité	La durée (min)	Cumulée (min)
Changement de numéro de lot de l’étiqueteuse	00:02:21	00:02:21
Attente de refroidissement du port-caractères	00:01:59	00:04:20
Changement des caractères	00:02:08	00:06:28
Montage du port-caractères	00:00:20	00:06:48
Essai de l’impression	00:02:05	00:08:53
Rangement des caractères	00:00:54	00:09:47
Préparation des caractères de l’étuyeuse (Compostage)	00:02:04	00:11:51
Changement des caractères de compostage	00:00:27	00:12:18
Recherche des clés de serrage (Déplacement et/ou retour)	00:01:14	00:13:32
Reprise du changement de caractères	00:02:00	00:15:32
Essai de compostage	00:03:05	00:18:37
Réglages Vignetteuse	00:00:31	00:19:08
Rangement des caractères	00:00:33	00:19:41
Évacuation des déchets vers SAS des AC	00:01:34	00:21:15
Aspiration de l’encartonneuse	00:09:24	00:30:39
Rangement de l’aspirateur	00:03:53	00:34:32
Attente des vignettes et du DDL	00:06:37	00:41:09
Récupération du DDL (du Local d’Impression des Vignettes)	00:05:17	00:46:26
Remplissage du DDL	00:06:21	00:52:47
Mise en place de la bobine des vignettes	00:03:05	00:55:52

Étape 2 : Séparation des tâches internes et externes et Identification des gaspillages (Mudas)

Il s'agit de la séparation des opérations "internes" et "externes". L'objectif est de réaliser en temps masqué des opérations externes. En outre, une identification des Mudas est effectuée afin de les éliminer éventuellement. La séparation des opérations et l'identification des gaspillages est faite comme le montre le tableau ci-dessous :

Tab. 3.15 – Tâches du Conducteur de Ligne

Tâche	Type
Réconciliation et renseignement de la fiche de vérification du DDL	INT
Rangement des feuilles du DDL (par N° de page) et vérification de présence des signatures	EXT
Retrait des vignettes présentes sur la ligne et vérification des bacs de rejets	INT
Vérification de l'absence du produit en dessous des équipements	INT
Transmission de la Boîte DDL au bureau OBEYA	INT
Retrait des débris de caisse (encaisseuse) avec une barre métallique	MUDA
Nettoyage des débris de caisse tombés sur le sol (petit frottoir)	INT
Évacuation des sac-poubelles vers le couloir	EXT
Récupération de l'aspirateur du local à côté	EXT
Aspiration de la poussière au niveau de l'encaisseuse	INT
Aspiration de la poussière au niveau du convoyeur (encartonneuse/ encaisseuse)	INT
Rangement du fil de l'aspirateur	MUDA
Renseignement des fiches du Vide de Ligne de l'encaisseuse	INT
Vide de Ligne de l'étiqueteuse flacons	INT
Renseignement des fiches de la partie encartonneuse	INT
Lecture des consignes de la partie encartonneuse (Fiche Vide de Ligne)	INT
Vérification de vide de la partie encartonneuse (intérieur)	INT

Lecture et Renseignement des Fiche du Vide de Ligne	INT
Prélèvement d'un spécimen d'étiquette flacon du lot suivant	INT
Mise d'un nouveau sac-poubelle sur la partie encaisseuse	INT
Mise d'un nouveau sac-poubelle sur deuxième poubelle	INT
Mise d'un nouveau sac poubelle sur troisième sac poubelle	INT
Recherche d'une monobrosse dans la laverie	MUDA
Recherche de la monobrosse dans la deuxième partie secondaire	MUDA
Recherche de la monobrosse dans la partie Fabrication	MUDA
Acheminement de la monobrosse vers le Local de Conditionnement	MUDA
Nettoyage avec la monobrosse	INT
Nettoyage de l'entrée du local (Mouvement en 8) à plusieurs reprises	INT
Nettoyage du Local avec la monobrosse (Nécessité de nettoyer aussi avec un frottoir (sous les équipements))	INT
Préparation du DDL pour la partir primaire	EXT
Attente de l'opérateur primaire au niveau du passe-plat	MUDA
Tri des fiches du DDL selon leur emplacement (secondaire ou tertiaire)	EXT
Renseignement du DDL (spécimens AC vides)	INT
Mise en place du rouleau des étiquettes des caisses	INT
Vérification des mentions variables sur les AC	INT
Préparation des fiches de nettoyage	EXT
Renseignement du DDL (Opérations préliminaires)	INT
Collage de l'ancienne étiquette de nettoyage sur le DDL	INT
Renseignement du Logbook du local	INT
Prise de la fiche du Vide de Ligne à l'opérateur pour la signature	INT

Prise des feuilles des opérations préliminaires à l'opérateur pour la signature (sans vérification)	INT
Rangement des feuilles du DDL qui ne sont plus nécessaires dans la boîte DDL	EXT
Étiquette d'identification du Local : Recherche d'un marqueur pour écrire (introuvable)	MUDA
Rangement de l'OP (Ordre de Process) dans l'emplacement dédié sur le mur	INT

Tab. 3.16 – Tâches de l'Opérateur de Conditionnement Primaire

Tâche	Type
Aller au Local Fabrication pour demande de pesée	INT
Rechercher l'opérateur de Fabrication (en cas d'absence) pour réaliser la pesée)	MUDA
Démarrage de la pesée	INT
Suite de conditionnement à faible cadence	INT
Vidange des flacons mal remplis	INT
Contrôles&Tests Fin de Lot (Volume, Torque-mètre) + Renseignement des étiquettes de nettoyage + Chevauchement d'équipes (Passation des consignes de prélèvement des Pressions Différentielles)	EXT
Rangement et Vérification du DDL et Renseignement du poids moyen sur le dossier	EXT
Évacuation du dossier terminé vers la partie secondaire	MUDA
Vidange des flacons et éprouvettes ayant servi au contrôle	EXT
Évacuation des déchets (Flacons et Produit) vers le SAS des AC	EXT
Préparation de l'affichage de la machine et des étiquettes de nettoyage	INT
Rangement et Préparation du nettoyage du Local	INT
Chercher l'auto-laveuse dans le Local Fabrication	MUDA

Nettoyage du Local	INT
Renseignement de l'étiquette verte et de la fiche Vide de Ligne	INT
Réception et Confirmation des flacons et des capsules et Rangement des palette dans le Local	EXT
Attente de l'équipe du Magasin pour fermeture manuelle du rideau à cause de son blocage (Disfonctionnement de la porte-sortie)	MUDA
Renseignement du Logbook	INT
Demande DDL	MUDA
Attente du DDL (Nettoyage des balances en temps masqué)	MUDA
Suite de nettoyage des balances	INT
Renseignement de la partie restante du DDL	INT
Prélèvement des Pressions Différentielles	INT
Attente de vérification pour signature du dossier et de la fiche (Préparation des poubelles en temps masqué)	MUDA
Démarrage de la machine et Tests IPC	INT

Tab. 3.17 – Tâches de l'Opérateur de Conditionnement Secondaire

Tâche	Type
Changement de numéro de lot de l'étiqueteuse	MUDA
Attente de refroidissement du port-caractères	MUDA
Changement des caractères	INT
Montage du port-caractères	INT
Essai de l'impression	INT
Rangement des caractères	INT
Préparation des caractères de l'étuyeuse (Compostage)	EXT

Changement des caractères de compostage	INT
Recherche des clés de serrage (Déplacement et/ou retour)	MUDA
Reprise du changement de caractères	INT
Essai de compostage	INT
Réglages vignetteuse	INT
Rangement des caractères	INT
Évacuation des déchets vers SAS des AC	MUDA
Aspiration de l'encartonneuse	INT
Rangement de l'aspirateur	MUDA
Attente des vignettes et du DDL	MUDA
Récupération du DDL (du Local d'Impression des Vignettes)	EXT
Remplissage du DDL	INT
Mise en place de la bobine des vignettes	INT

Étape 3 : Transformation des tâches internes en tâches externes, Élimination des Mudass et Réassignation des opérations

Transformation des tâches internes en tâches externes :

Étant donné que les tâches sont toutes internes dans l'Étape 1 du SMED, les tâches désignées en EXT (Couleur verte) dans l'Étape 2 sont automatiquement transformées en tâches externes.

Élimination des Mudass :

Les gaspillages identifiés dans l'Étape 2 (Couleur rouge) sont éliminés ou optimisés vers des durées négligeables. Le tableau ci-dessous cite les solutions proposées pour chaque gaspillage :

Tab. 3.18 – Présentation des Actions proposées pour l'élimination des Mudass identifiés

Partie	Tâche	Durée	Action(s)
Primaire	Chercher une auto-laveuse du local Fabrication	0:05:22	Dédier une auto-laveuse pour le local de Conditionnement Primaire

	Attente du DDL	00:05:21	Le conducteur de ligne se charge de ramener le DDL
	Attente de vérification pour signature du dossier et de la fiche	0:06:24	Mise en place d'un plan alternatif (Un opérateur dans chaque équipe qui fera quelques vérifications et tâches secondaires au lieu du Conducteur de Ligne
Secondaire	Évacuation des sacs-poubelles vers le couloir et Récupération de l'aspirateur	00:00:35	Préparation à effectuer en fin du lot précédent (Pour les poubelles : Il restera uniquement un seul sac à évacuer)
	Attente de refroidissement du port-caractères de l'étiqueteuse	00:04:20	Mise à disposition des opérateurs d'un petit seau d'eau froide
	Évacuation des déchets vers le SAS dédié	00:03:55	Étudier la possibilité de mettre des bennes à ordures à côté des lignes pour y récupérer les déchets

Réassignation des opérations :

Pour la partie primaire, il n'y a qu'un seul opérateur, donc il est impossible de redistribuer les tâches. Pour la partie secondaire -par contre-, des tâches initialement assignées au Conducteur de Ligne peuvent être effectuées par les opérateurs secondaires. Le tableau ci-joint identifie ces tâches sus-citées.

Tab. 3.19 – Présentation des Actions proposées pour la réassignation des tâches

Partie		Activité	Action(s)
Conducteur de Ligne		Mise d'un nouveau sac-poubelle sur la première poubelle	Dédier ces tâches aux Opérateurs de Conditionnement Secondaire
		Mise d'un nouveau sac-poubelle sur la deuxième poubelle	
		Mise d'un nouveau sac-poubelle sur la troisième poubelle	

3.5 Phase 5 : Contrôler

Dans le but de garantir une mise en œuvre et un maintien efficaces des mesures d'action élaborées lors de la phase précédente, nous avons développé des outils de contrôle et de suivi que nous exposerons dans cette dernière étape du projet.

(Suite de la méthode SMED) Étape 4 : Réalisation du Standard :

Dans cette étape, nous avons réalisé un standard basé sur des simulations avec les 3 shifts des opérateurs. Ce dernier contient l'ordre des opérations, la durée et le matériel nécessaire pour chaque opération.

Tab. 3.20 – Standard de l'Interlot

Mode Interne					
Opérateur de Conditionnement Primaire	Durée	Conducteur de Ligne	Durée	Opérateur de Conditionnement Secondaire	Durée
Aller au Local Fabrication pour demande de pesée	0:01:02	Réconciliation et renseignement de la fiche de vérification du DDL	0:03:26	Changement des caractères	0:01:48
Démarrage de la pesée	0:00:46	Retrait des vignettes présentes sur la ligne et vérification des bacs de rejets	0:00:48	Montage du port-caractères	0:00:20
Suite de conditionnement à faible cadence	0:05:54	Vérification de l'absence du produit en dessous des équipements	0:00:20	Essai de l'impression	0:02:05
Vidange des flacons mal remplis	0:01:15	Nettoyage des débris de caisse tombés sur le sol (petit frottoir)	0:02:27	Rangement des caractères	0:00:54
Préparation de l'affichage de la machine et des étiquettes de nettoyage	0:03:31	Aspiration de la poussière au niveau du convoyeur (encartonneuse/ encaisseuse)	0:03:05	Changement des caractères de composition	0:00:27
Rangement et Préparation du nettoyage du Local	0:02:26	Rangement du fil de l'aspirateur	0:00:45	Reprise du changement de caractères	0:02:00

Nettoyage du Local	0:07:07	Renseignement des fiches du Vide de Ligne de l'encaisseuse	0:03:36	Essai de compostage	0:00:51
Renseignement de l'étiquette verte et de la fiche Vide de Ligne	0:01:50	vide de ligne étiquetteuse flacons	0:02:11	Réglages vignetteuse	0:01:07
Renseignement du Logbook	0:02:02	Renseignement des fiches de la partie encartonneuse	0:00:34	Rangement des caractères	0:00:33
Suite de nettoyage des balances	0:01:49	Lecture des consignes de la partie encartonneuse (Fiche Vide de Ligne)	0:00:26	Aspiration de l'encartonneuse	0:09:24
Renseignement de la partie restante du DDL	0:03:59	Lecture et Renseignement des Fiche du Vide de Ligne	0:01:27	Remplissage du DDL	0:01:27
Prélèvement des Pressions Différentielles	0:01:14	Prélèvement d'un spécimen d'étiquette flacon du lot suivant	0:00:45	Mise en place de la bobine des vignettes	0:03:05
Démarrage de la machine et Tests IPC	0:06:09	Nettoyage avec la monobrosse	0:01:39	Mise d'un nouveau sac-poubelle sur la partie encaisseuse	0:00:41
		Nettoyage de l'entrée du local (Mouvement en 8) à plusieurs reprises	0:00:36	Mise d'un nouveau sac-poubelle sur deuxième poubelle	0:00:28
		Nettoyage du Local avec la monobrosse (Nécessité de nettoyer aussi avec un frottoir (sous les équipements))	0:03:30	Mise d'un nouveau sac poubelle sur troisième sac poubelle	0:01:06
		Renseignement du DDL (spécimens AC vides)	0:01:08		
		Préparation des fiches de nettoyage	0:04:39		

		Collage de l'ancienne étiquette de nettoyage sur le DDL	0:00:32		
		Prise de la fiche du Vide de Ligne à l'opé- rateur pour la signature	0:00:45		
		Prise des feuilles des opérations prélimi- naires à l'opérateur pour la signature (sans vérification)	0:00:35		
		Rangement de l'OP (Ordre de Process) dans l'emplacement dédié sur le mur	0:00:20		
TOTAL	0:39:04	TOTAL	0:33:34	TOTAL	0:26:17

3.6 Discussions

3.6.1 Résultats obtenus après la mise en place des solutions proposées :

Nous avons observé les interlots avec les 3 équipes et capturé les différentes durées, ainsi qu'une sensibilisation des opérateurs et un récapitulatif des bonnes pratiques pour faire un interlot suivant la durée ciblée. On a aussi bénéficié à travers ces solutions d'une augmentation du Taux de Disponibilité d'environ 11%.

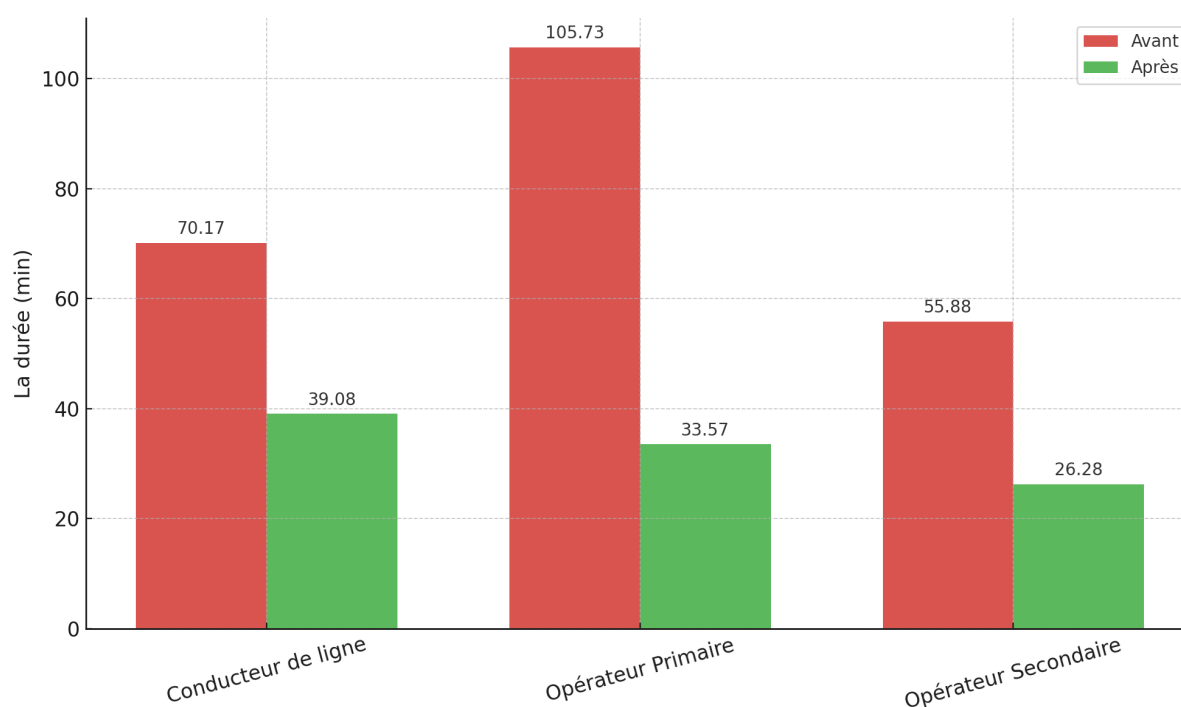


Fig. 3.11 – Les résultats avant et après la mise en place du SMED

Le tableau suivant ainsi que les différents graphes représentent les actions d'amélioration mises en œuvre sur la ligne Serac, en précisant pour chaque action la tâche ciblée et l'estimation des gains de disponibilité correspondants.

Tab. 3.21 – Synthèse des actions d'amélioration et des pertes de disponibilité associées

Action	Problème optimisé	Gain de Disponibilité (en minutes)
Rolling Break	Pauses	1320
Fiche de Suivi	Pannes	1300
Standard	Retards des interlots	176
	TOTAL des gains de disponibilité	2769

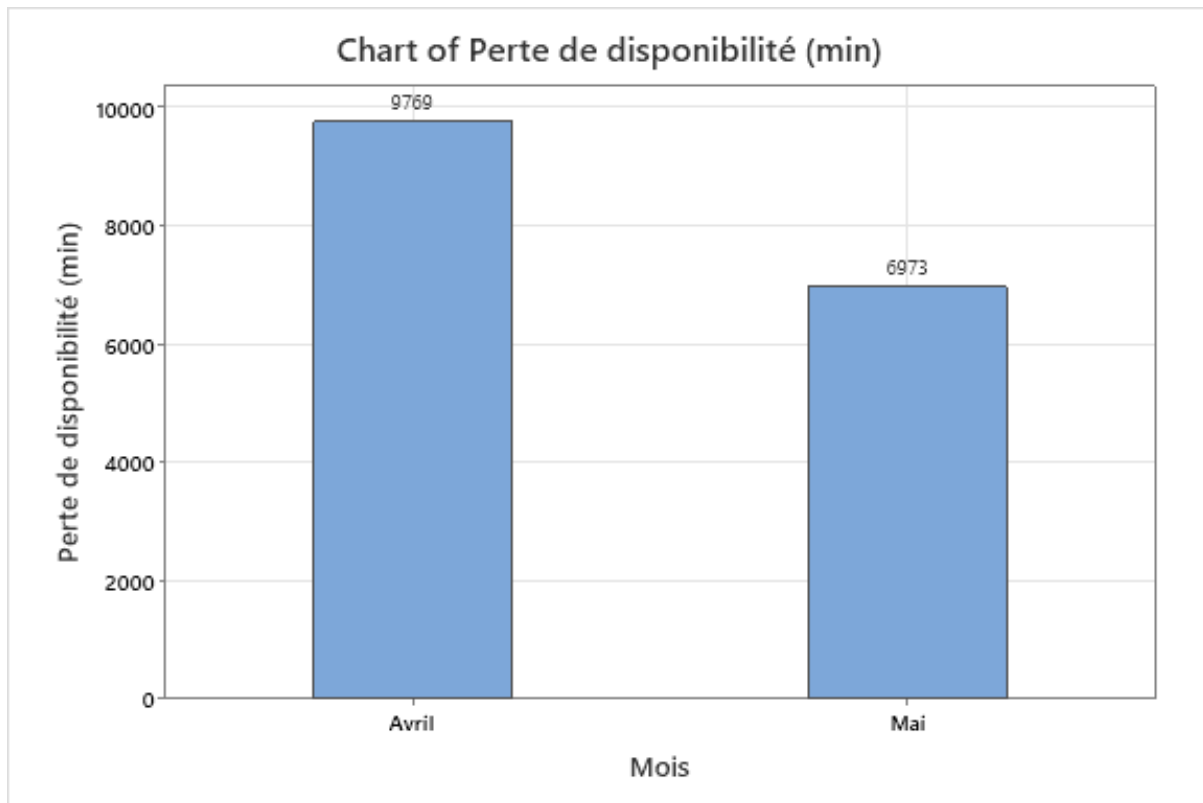


Fig. 3.12 – Pertes de Disponibilité (en minutes) avant et après la mise en place des solutions

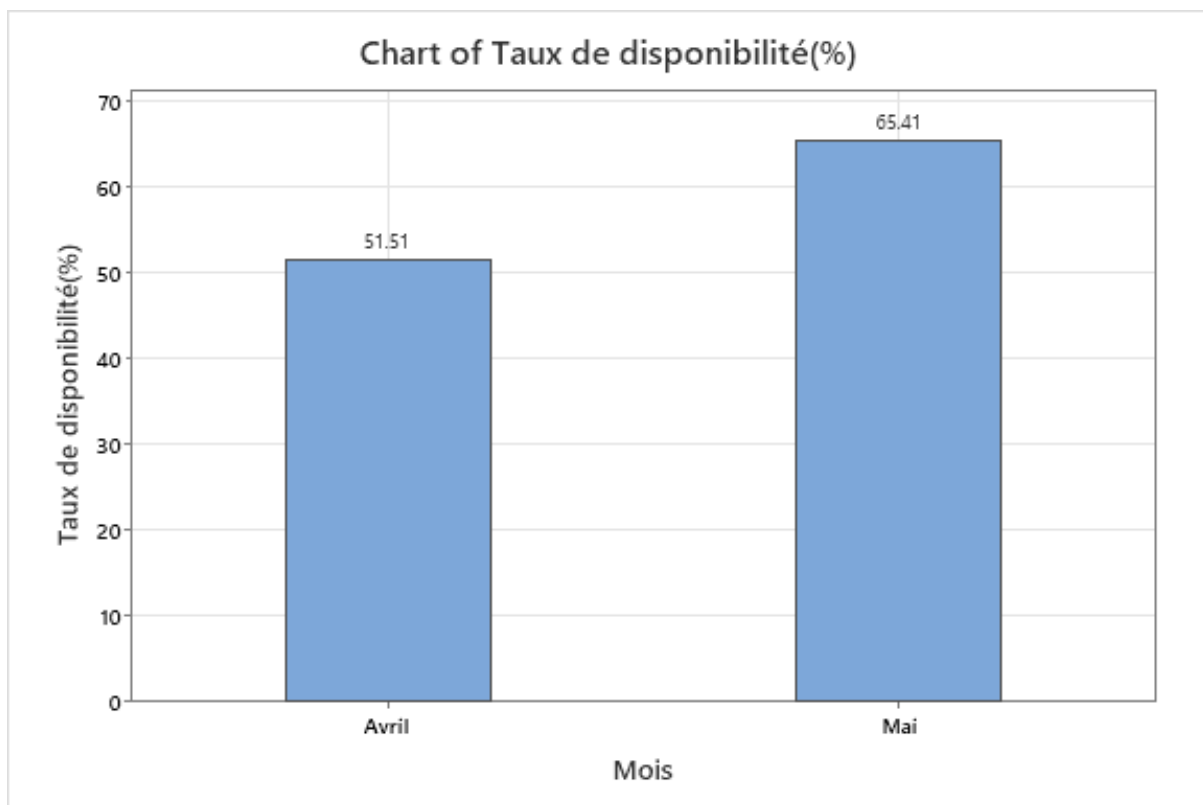


Fig. 3.13 – Taux de Disponibilité avant et après la mise en place des solutions

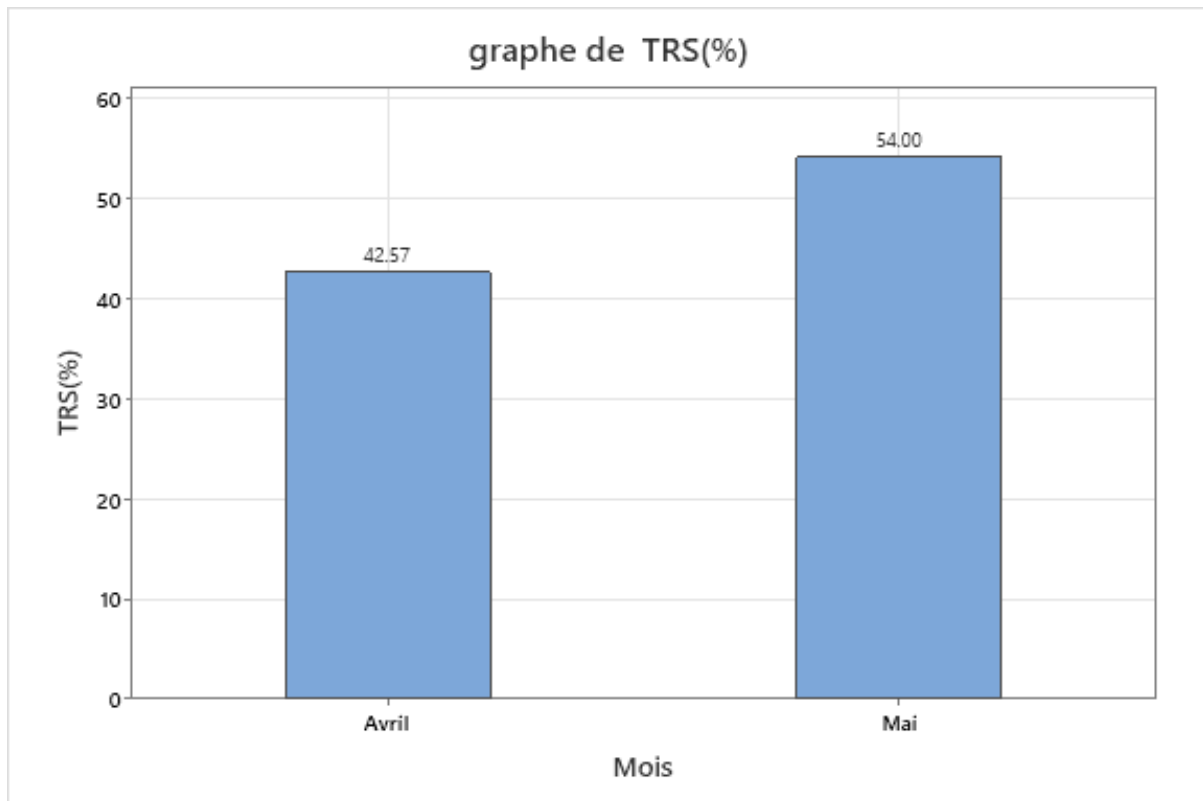


Fig. 3.14 – TRS avant et après la mise en place des solutions

3.6.2 Conclusion :

Le projet d'amélioration de la performance de la ligne de conditionnement liquide Serac en appliquant les outils du Lean Manufacturing et du Lean Six Sigma via la démarche DMAIC a permis de réaliser des progrès significatifs et tangibles. L'intégration du DMAIC a fourni une approche structurée pour la résolution des problèmes et l'amélioration des processus. À travers les différentes étapes du projet, l'équipe a pu identifier les causes-racines des problèmes, collecter des données pertinentes, effectuer des analyses approfondies, mettre en œuvre des solutions efficaces et mettre en place des contrôles pour maintenir les améliorations. Ceci a permis de réaliser une valeur ajoutée pour l'entreprise autant sur le plan financier que le plan opérationnel et productif.

Conclusion Générale

Ce projet de Fin d'Études a été une occasion concrète de mettre en application les connaissances acquises au cours de notre formation en Génie Industriel. Grâce à la méthodologie Lean Six Sigma (LSS), nous avons pu mener une démarche d'amélioration structurée et efficace pour répondre à un problème réel rencontré par l'entreprise Sanofi Aventis Algérie, sur la ligne de conditionnement liquide Serac du site de Sidi Abdellah.

Nous avons suivi la démarche DMAIC, qui nous a permis d'aborder le problème de manière structurée. Dans un premier temps, nous avons identifié les besoins des clients internes, défini le périmètre du projet et analysé les indicateurs de performance existants. Ensuite, grâce à la collecte et l'analyse des données historiques, nous avons pu évaluer avec précision les performances de la ligne Serac. Le Taux moyen de Disponibilité était de 54,92 %, ce qui était inférieur à l'objectif fixé par l'entreprise. Le TRS moyen, quant à lui, était de 47,53 %, confirmant les pertes importantes subies sur cette ligne.

Lors de la phase d'analyse, nous avons pu identifier les principales sources de pertes : les changements de série, les pannes, les micro-arrêts et les problèmes organisationnels. Une grille de cotation basée sur la fréquence et la sévérité des incidents nous a permis de prioriser les actions à entreprendre. Dans la phase d'amélioration, plusieurs solutions ont été mises en œuvre. Parmi elles, la mise en place d'un système de pause-déjeuner tournante, l'application de la méthode SMED pour optimiser les changements de séries, l'introduction de fiches de maintenance préventive, ainsi que des formations pour renforcer l'autonomie des opérateurs. Grâce à ces actions, le Taux de Disponibilité de la ligne Serac a été augmenté de 13.9 %, et par extension le TRS aussi.

Ce projet a été aussi une expérience humaine très enrichissante. Le contact avec les équipes sur terrain, la collaboration avec les différents services et l'implication des opérateurs ont joué un rôle clé dans la réussite de cette mission. Le soutien du personnel de Sanofi nous a permis de mieux comprendre les réalités de l'industrie pharmaceutique et d'adapter nos solutions aux contraintes du métier. L'implémentation même partielle de nos propositions a donné des résultats primaires satisfaisants. Il y a aussi d'autres propositions qui ont été prises en considération mais qui restent en attente d'être approuvées.

En résumé, cette expérience nous a permis de vivre pleinement une démarche industrielle concrète, tout en apportant une réelle valeur ajoutée à l'entreprise. Elle a confirmé l'intérêt de la méthodologie Lean Six Sigma pour répondre aux défis de performance dans le secteur pharmaceutique, et a renforcé notre motivation à évoluer dans le monde de l'amélioration continue.

Annexes

3.7 Annexe A : Généralités

3.7.1 Historique du Lean Management :

Le Lean Management a été inventé dans les années 70 par l'entreprise japonaise Toyota. Taïchi Ohno, l'un de ses ingénieurs, met au point le TPS (Toyota Production System, i.e. Système de Production Toyota), considéré depuis comme le meilleur modèle de production au monde et le précurseur du Lean Manufacturing. Ohno et son équipe ont cherché à éliminer les pertes de temps, de réduire les activités et les déplacements inutiles à chaque phase du processus de production afin d'améliorer les performances en termes de coûts et délais de production. Les principaux concepts du TPS initiés par Taïchi Ohno sont le juste-à-temps (Just In Time -JIT-) et le Jidoka. La méthode du juste-à-temps vise à améliorer la productivité globale d'une entreprise, ainsi qu'à réduire les coûts de production et de stockage. Elle repose sur une organisation rationnelle des chaînes de montage en flux «tirés», qui elle-même est à l'origine de la méthode dite Kanban. Le Jidoka consiste à interdire une non-qualité de se propager dans la production. Les principaux enjeux du TPS sont :

- Réduction des stocks au minimum
- Augmentation de la productivité des moyens humains et techniques.
- Réactivité par rapport aux besoins du client
- Amélioration du taux de service et réduction des délais client

La stratégie de production appliquée par Toyota lui offre une capacité à fabriquer des véhicules de façon continue, rapide et avec une efficacité supérieure à celle de ses concurrents. Cette approche de travail lui a apporté un avantage concurrentiel important. Cette approche de travail lui a apporté un avantage concurrentiel important. Maintenant, le Lean management se base sur ces principes essentiels tout en intégrant de nouveaux concepts, soulignant l'importance du facteur humain comme entité cruciale d'amélioration au sein des organisations. Bien que le Lean ait des origines historiques liées à l'industrie, il attire désormais l'attention des entreprises de services qui sont impressionnées par son efficacité pour lutter contre les différentes sortes de gaspillage. Le Lean ne se restreint pas à être une technique de production, il vise à l'excellence opérationnelle en promouvant L'amélioration constante et l'élimination des tâches qui n'apportent aucune valeur ajoutée. [24]

3.7.2 Lean Thinking :

C'est une manière standard de penser chez Toyota qui est le fondateur du Toyota Production System (TPS), à la base du concept Lean. Le Lean Thinking s'appuie sur 5 principes :

- Principe n°1 : Définir les éléments qui augmentent la valeur du bien ou du service du point de vue du client. ;
- Principe n°2 : Identifier "la chaîne de la valeur ajoutée" pour chaque famille de produits. Cette chaîne représente la séquence des processus depuis les matières premières jusqu'au client final, ou depuis le concept d'un nouveau produit jusqu'au lancement sur le marché. Son élément faible est le goulot d'étranglement qui impose son efficacité comme étant la valeur maximale de toute la chaîne. Il est donc indispensable de visualiser la chaîne de la valeur ajoutée pour éliminer les goulots d'étranglements (Goldratt et Cox, 2000). [25];
- Principe n°3 : Assurer le flux ininterrompu de la valeur. ;
- Principe n°4 : Adapter la production aux besoins réels du client. ;
- Principe n°5 : Améliorer constamment pour éliminer toutes les sources de gaspillage.

3.7.3 Outils du Lean :

Le Lean Management est fondé sur de nombreux concepts, majoritairement japonais, qui font que cette méthode soit l'une des plus rigoureuses en ce qui concerne l'amélioration des processus.

Le TPS :

Le développement du TPS (Système de Production Toyota) a pris des dizaines d'années. Or, il est loin d'être terminé : ce qui a été commencé par Sakichi Toyoda est aujourd'hui encore poursuivi par les employés et les fournisseurs. Parmi les personnes ayant marqué l'évolution du TPS, Shigeo Shingo tient une place importante. Bien qu'il n'ait pas occupé de poste de direction chez Toyota, ses ouvrages sur les méthodes de fabrication ont permis de faire connaître le TPS dans le monde, notamment dans les pays occidentaux, où son travail a eu un large écho. Le TPS repose sur quatre idées principales (Roos, Jones, & Womack, 1990) [26] :

- Just-in-Time (JIT)
- Jidoka
- Heijunka
- Kaizen

Le Kaizen :

Kaizen est un processus d'amélioration continue qui permet d'assurer une qualité maximale, d'éliminer les gaspillages et d'améliorer l'efficacité. Les améliorations Kaizen dans le travail standardisé aident à maximiser la productivité sur chaque chantier. Le travail standardisé implique de suivre des procédures de manière cohérente et les employés peuvent ainsi identifier les problèmes rapidement. Les activités Kaizen comprennent des mesures d'amélioration des équipements, ainsi que l'amélioration des procédures de travail [27].

Le Jidoka :

Le Jidoka est l'un des grands principes du TPS. C'est le principe de la conception d'équipements pour qu'ils s'arrêtent automatiquement et pour détecter et attirer l'attention sur les problèmes immédiatement lorsqu'ils surviennent (Jidoka mécanique). Dans le TPS, les opérateurs sont équipés de moyens pour arrêter le flux de production dès qu'ils constatent quelque chose de suspect (Jidoka humain). Le Jidoka prévient le gaspillage qui résulterait de la production d'une série d'articles défectueux. Il libère également les opérateurs du contrôle de la machine et les laisse libres de se concentrer sur des tâches qui leur permettent d'exercer leurs compétences et leur jugement, au lieu de surveiller chaque machine en permanence [26].

Historique de la méthode SMED :

La méthode SMED a été créée au Japon par Shigeo Shingo entre les années 1950 et 1969. Dans son livre "Le système SMED, une révolution en gestion de production", il retrace les étapes clés de cette démarche [10] :

- En 1950, en observant une presse chez Tokyo Kogyo, Shingo remarque qu'un changement d'outillage se compose de deux sortes d'opérations : les opérations internes, qui ne peuvent se faire que lorsque la machine est arrêtée, et les opérations externes, qui peuvent être faites pendant que la machine tourne.
- En 1957, pour rendre une machine plus efficace dans les chantiers navals Mitsubishi à Hiroshima, il installe une table pour préparer les réglages à l'avance. Il propose alors de transformer les tâches internes en tâches externes pour gagner du temps.
- En 1969, chez Toyota, il réussit à réduire à trois minutes le temps de changement d'un outillage sur une presse de 100 tonnes. À partir de cette expérience, il crée une méthode claire et organisée pour réduire le temps de changement d'outillage, qu'il appelle SMED [10].

3.7.4 Historique du LSS :

L'évolution des approches d'amélioration continue s'est construite progressivement à travers plusieurs contributions majeures. Dès 1799, E. Whitney introduit le concept des pièces interchangeables. En 1875, F. W. Taylor étudie les méthodes de travail en analysant les temps d'opérations (Time Study) et en standardisant les tâches, travaux poursuivis par F. Gilbreth, qui s'est concentré sur l'analyse des mouvements des opérateurs (Motion Study), tandis que L. Gilbreth introduit la notion de motivation du personnel. En 1910, H. Ford révolutionne la production avec la mise en place de la ligne de montage en continu. En 1924, W. A. Shewhart développe les cartes de contrôle au sein des laboratoires Bell. En 1937, K. Toyoda initie une nouvelle philosophie de production qui deviendra le Toyota Production System (TPS). Après la Seconde Guerre mondiale, les industriels japonais s'intéressent aux travaux de K. Ishikawa, E. Deming et J. Juran, et adoptent de nouvelles méthodes de management inspirées du système Ford, de la Maîtrise Statistique des Procédés (Statistical Process Control) et de la Qualité Totale (Total Quality Management). Entre 1949 et 1975, T. Ohno et Sh. Shingo, chez Toyota, intègrent et améliorent ces concepts en introduisant notamment le juste-à-temps, le travail en équipe, la production en cellules, la réduction du temps de changement d'outillage et la fabrication en petits lots. En 1954, l'ensemble de ces principes est formalisé dans la philosophie du Toyota Production System. En 1988, J. Krafcik publie pour la première fois une explication du concept de Lean Production. Parallèlement, dans les années 1980, B. Galvin, chez Motorola, introduit le concept de qualité des processus selon le principe des « Six Sigma ». En 1988, Motorola reçoit le US Baldrige National Quality Award, consacrant l'efficacité du Six Sigma, repris ensuite par de grands groupes comme General Electric sous l'impulsion de J. Welch. En 1990, le terme Lean Manufacturing est popularisé par le livre de J. Womack, *The Machine That Changed The World*. Enfin, en 2002, le concept de Lean Six Sigma émerge officiellement avec la publication de l'ouvrage *Lean Six Sigma : Combining Six Sigma with Lean Speed* de M. George [28].

3.7.5 Boîte à outils du DMAIC :

Dans le tableau qui suit élaboré par Leseure-Zajkowska en 2012, ont été recensées les références à ces outils dans 20 ouvrages et publications scientifiques traitant du DMAIC.

Tab. 3.22 – Ouvrages et publications scientifiques traitant des outils du DMAIC

Étape DMAIC	Boîte à outils	Références
D	SIPOC	[28–33]
	Voix du Consommateur (VOC)	[28–30, 34]
	Diagramme CTQ	[28, 35, 36]
	Diagramme des affinités	[28, 29, 32, 36]
	Diagramme de relations (ID)	[29, 33, 36]
	Diagramme de matrice	[28–30, 32, 34, 37]
	Déploiement de la Fonction Qualité (QFD)	[28, 29, 33, 34, 36]
	Schéma du processus de production	[34, 38]
	Diagramme Spaghetti	[34, 38]
	Value Stream Mapping (VSM)	[28–30, 32, 34, 37, 38]
	Feuille de contrôle	[28–30, 33, 36, 39–41]
	Déploiement de la Fonction Qualité (QFD)	[28, 33, 34, 36]

	Analyse des Modes de Défaillance (AMDEC) Analyse de Système de Mesure (MSA) Répétabilité et Reproductibilité (R&R) Histogramme Diagramme de Pareto Graphique du temps Brainstorming Diagramme de relations (ID) Diagramme d'Ishikawa 5 why Cartes de contrôle Capabilité du processus Pièces Défectueuses Par Million (PPM) Défauts Par Million d'Opportunités (DPMO) Niveau de sigma	[28, 29, 32, 33, 36] [28–30, 33, 35, 37, 39] [28, 29, 32, 37, 39, 42] [28, 29, 32, 33, 35, 39, 42] [28–30, 32, 33, 35, 39, 42, 43] [28, 35, 39] [28, 29, 35, 42] [28, 32, 42] [28, 30, 32, 34, 35, 39, 42, 43] [28, 42, 43] [28–30, 32–35, 37, 39, 42–44] [28, 29, 32, 34, 35, 37, 39, 42, 43] [28, 29, 35] [28, 29, 32, 37, 42] [28, 33, 36, 39, 40]
A	Value Stream Mapping (VSM) Entonnoir de variété de la production Benchmarking Test d'hypothèse Diagramme de Pareto Analyse de la corrélation Graphique du temps Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AM-DEC) Régression linéaire simple Analyse de la variance (ANOVA) Diagramme d'Ishikawa	[28–30, 34, 37, 38, 45, 46] [38] [28, 35] [28, 29, 33, 39, 41, 43] [28–30, 33, 35, 36, 39–41] [28–30, 33, 36, 39–41] [28, 29, 39, 40] [28, 29, 32, 33, 36] [28, 29, 32, 33, 36, 39, 41] [28, 29, 33, 36, 39–41] [28, 29, 32, 33, 35, 36, 39, 40, 43]
	5S Flux continu Maintenance Productive Totale (TPM) Single Minute Exchange of Die (SMED) Kanban Heijunka Juste-à-temps (JAT) Tournée du laitier Poka-Yoke	[28, 29, 31, 33, 34, 37] [28, 29, 31, 32, 34, 44, 45] [28, 29, 31–34, 36, 44] [28, 29, 31, 32, 44, 45] [28, 29, 32, 34, 44, 45] [28, 32, 34, 45] [28, 32, 34, 46] [29, 34, 45] [29, 31, 33, 34, 36, 37, 47]

	Contrôle visuel Brainstorming Analyse du champ de force Graphique en toile d'araignée Benchmarking Diagramme de Gantt Diagramme de relations (ID) Plan d'expériences (DOE) Test d'hypothèse Diagramme d'arbre Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AM-DEC)	[28, 31, 32, 46, 47] [28, 29, 36, 40] [28, 29, 36] [28, 39] [28, 29, 35] [28, 30, 32, 33] [29, 33, 36] [28, 33, 36, 39–41] [28, 29, 33, 39, 41, 43] [28] [28, 29, 32, 33, 36]
C	Poka-Yoke Contrôle visuel Standardisation du travail Cross training Visual Management Kaizen Système de suggestions du personnel Feuille de contrôle Cartes de contrôle Répétabilité et Reproductibilité Analyse de Système de Mesure (MSA) Capabilité du processus Graphique du temps Histogramme Analyse de la corrélation Diagramme de Pareto Flowchart Pièces Défectueuses Par Million (PPM) Défauts Par Million d'Opportunités (DPMO) Niveau de sigma	[28, 29, 31, 34, 36, 37, 40, 47] [28, 29, 31, 32, 46, 47] [28, 29, 31–34, 37, 47] [33, 42] [29, 31, 32, 46, 47] [28, 29, 32–34, 37, 42, 44–47] [42, 47] [28–30, 33, 36, 39, 40] [28–30, 32, 33, 36, 39–41, 43, 46] [29, 32, 33, 36, 39] [28–30, 39, 41] [29, 32, 39–41] [28, 39, 40] [28, 33, 36, 39–41] [28, 33, 36, 39–41] [28, 30, 33, 36, 39–41] [28, 33, 39, 41] [28, 39] [28, 32, 33, 36] [28, 33, 36, 39, 40]

3.8 Annexe B : Fiches

Tab. 3.23 – Standard du Rolling Break

	Pause-déjeuner Tournante		
	Opérateur	Tâche associée	
	CDL	— Vérifier la disponibilité des palettes vides pour les 30 prochaines minutes.	
	OCP	— Vérifier la disponibilité du liquide pour les 30 minutes à venir.	
	OCS1	— Vérifier que le stock-en-cours des étuis et des notices est assez rempli pour les 30 prochaines minutes.	
	OCS2	— Vérifier la disponibilité des vignettes et des caisses pour les 30 prochaines minutes.	

- **CDL** : Conducteur de Ligne.
- **OCP** : Opérateur de Conditionnement Primaire.
- **OCS1** : Opérateur de Conditionnement Secondaire 1.
- **OCS2** : Opérateur de Conditionnement Secondaire 2.

Tab. 3.24 – Fiche de Suivi de la Maintenance Préventive

	Fiche de Maintenance Préventive	Département(s) : SMS & Maintenance Ligne : Conditionnement Liquide Date : / /
---	--	---

Superviseur : _____ **Signature :** _____

Technicien de maintenance : _____ **Signature :** _____

Liste de suivi de la Maintenance Préventive

Machine	Intervention préventive	(O/N)	Observation
Bouilleuse	Vérifier et calibrer la pression d'air		
Souffleuse	Nettoyer les filtres à air Inspecter et remplacer les joints des becs		
Remplisseuse (Serac)	Calibrer les platines Vérifier les tuyaux de laboratoire (interférences) Vérifier l'état des guides/étoiles (usure, fixation) Contrôler l'IHM (absence d'alarme)		
Boucheuse (Girafe/Zalkin)	Lubrifier les mécanismes pneumatiques Vérifier le fonctionnement des sertisseuses / visseuses Vérifier l'alignement des sertisseuses		
Étiqueteuse	Calibrer la caméra intelligente Nettoyer l'imprimante électromécanique		
Étuyeuse	Vérifier l'usure de la vis sans fin		

	Calibrer le capteur de position		
Vignetteuse	Nettoyer la compresseuse Vérifier la fonctionnalité du capteur optique		

Instructions :

1. Effectuer les contrôles selon la fréquence indiquée.
2. Noter **O** (Oui) ou **N** (Non) selon la **Fiabilité** de l'équipement.
3. En cas d'anomalie, signaler immédiatement au Conducteur de Ligne ou au Superviseur, le cas échéant.
4. Archiver la fiche après chaque shift (8h).

3.9 Annexe C : Documentation

Les Fiches de Suivi du TRS

DATE	EQUIPE	N° DE LOT	Désignation produit	CADENCE MACHINE	NOMBRE UV PRODUITES	Temps d'ouverture (OT)	Temps Utile (UT)	TRS / équipe	TRS JOUR	Temps total des arrêts	Taux de perte de performance	Temps non capturé	Nettoyages et changements de formats							Organisation						
													Changement de format	Nettoyages	Changement fol / bobine	Vide de ligne	Nettoyage fin de journée	Autre (à préciser en commentaires)	Total temps	Pause	Attente opérateurs absentisme	Attente AC	Attente matériels	Attente fichier/ dossier/ vignettes,	Dénatrage	Attente transfert / Recyclage/ Broyage
10/1/2024	A	ENN0928	RHE	80	19292	480	241	50%	52%	240	50%	-1				40			40						10	
	C	ENN0932	RHE	80	17440	480	218	45%		235	49%	27							0	30					10	
	B	ENN0932	RHE	80	23400	480	293	61%		185	39%	3							0	30					10	
	TOTAL				60132	1440	752			660	46%	28	0	0	0	40	0	0	40	60	0	0	0	0	30	0
10/2/2024	A	ENN0932	RHE	80	5840	480	73	15%	19%	421	88%	-14						0							10	
	C	ENN0932	RHE	80	9101	480	114	24%		125	26%	241				50			50						10	
	B			60			0	0%		0	0%	0							0							
	TOTAL				14941	960	187			546	57%	227	0	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0	0	20	0
10/3/2024	A	ENN0956	MAXILASE	80			0	0%	44%	0	0%	0						0							10	270
	C	ENN0956	MAXILASE	80	24800	480	310	65%		430	90%	-260							0	30					10	
	B	ENN0956	MAXILASE	80	9240	480	116	24%		165	34%	200							0	30					10	
	TOTAL				34040	960	426			595	62%	-51	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	20	270
10/4/2024	A	ENN0956	MAXILASE	80	9240	480	116	24%	34%	365	76%	-1						0		75				10		
	C	ENN0956	MAXILASE	80	17080	480	214	44%		260	54%	7						0	30					10		
	B						0	0%		0	0%	0						0								
	TOTAL				26320	960	329			625	65%	6	0	0	0	0	0	0	0	30	75	0	0	0	20	0

Organisation													Pannes avec intervention Maintenance													Réglages (Micro arrêts)													Qualité													?	Com
Pause	Attente réparateurs /absentième	Attente AC	Attente matériels	Attente fichiers /dossier /vignettes	Dénatrage	Attente transfert / Recyclage / Broyage	Attente eau de lavage	Attente produit / Opérateur	Encombrement/ Palettes	Attente prélevements CQ	Autre (à préciser en commentaires)	Total temps	Souffleuse	Remplisseuse	Boucheuse	Conveyor + Table tournante	Etiqueteuse flacons	Etiqueteuse	Composage + vignetteuse	Encasement	Arret utilités (Pressions, électricité, CTA, air comprimé)	Attente technicien	Autre (à préciser en commentaires)	Total temps	Souffleuse	Remplisseuse	Boucheuse	Conveyor + Table tournante	Etiqueteuse flacons	Etiqueteuse	Composage + vignetteuse	Encasement	Nettoyage incident	Autre (à préciser en commentaires)	Total temps	Débranchement produit	Non macinabilité	AC	Attente libération	Attente décision qualité après un contrôle	Contrôle renforcé suite à une	Total temps	Autre (à préciser en commentaires)	(Préciser d'informations)									
					10							10													0	15	15				30	##			190							0											
30						10						40								35				35	10	30				25	20	75			160							0											
30						10						40								25				25		25				20	25	50			120							0											
60	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	25	70	0	0	65	75	0	##	0	0	470	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
						10						10	411							411															0							0											
						10						15	25							0						0	20				5		25			50							0										
												0								0						0									0							0											
0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	15	35	411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	411	20	0	0	0	5	0	25	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
												0								0						0									0							0											
30						10	270					310						65						65	25					15	15			55							0												
30												40								0				0	20					20	35	50			125							0											
60	0	0	0	0	0	20	270	0	0	0	0	350	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	65	45	0	0	0	20	50	0	65	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
	75					10						85								0				0						115	##	35			280							0											
30						10						40	30					30	60				120	20						30		50			100							0											
												0								0				0											0							0											
30	75	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	125	30	0	0	0	0	30	0	60	0	0	0	120	20	0	0	0	145	##	0	85	0	0	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0									

Fig. 3.15 – Fiche TRS

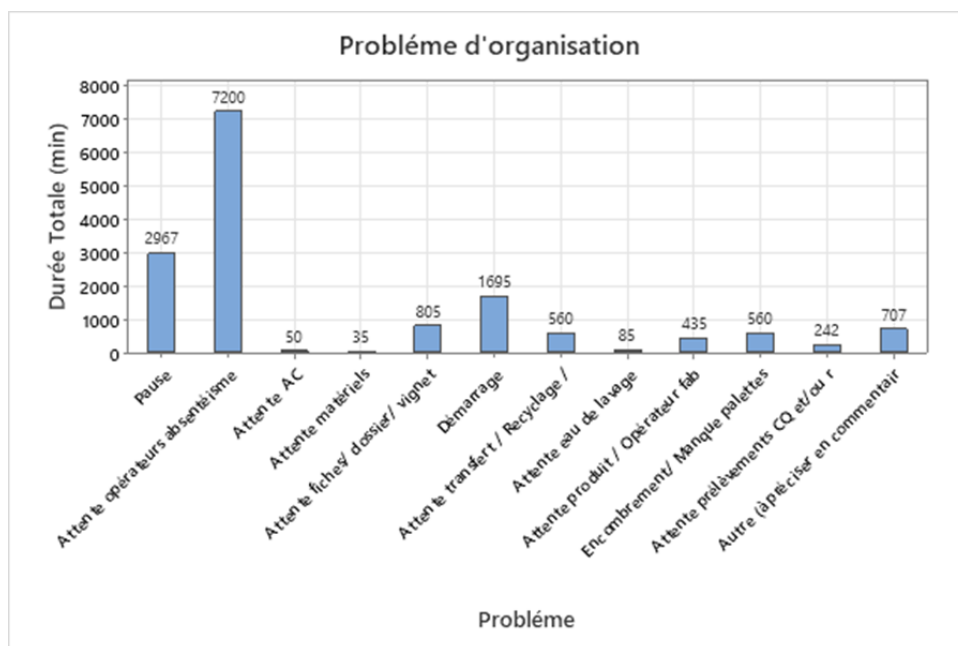


Fig. 3.16 – Problèmes d'Organisation

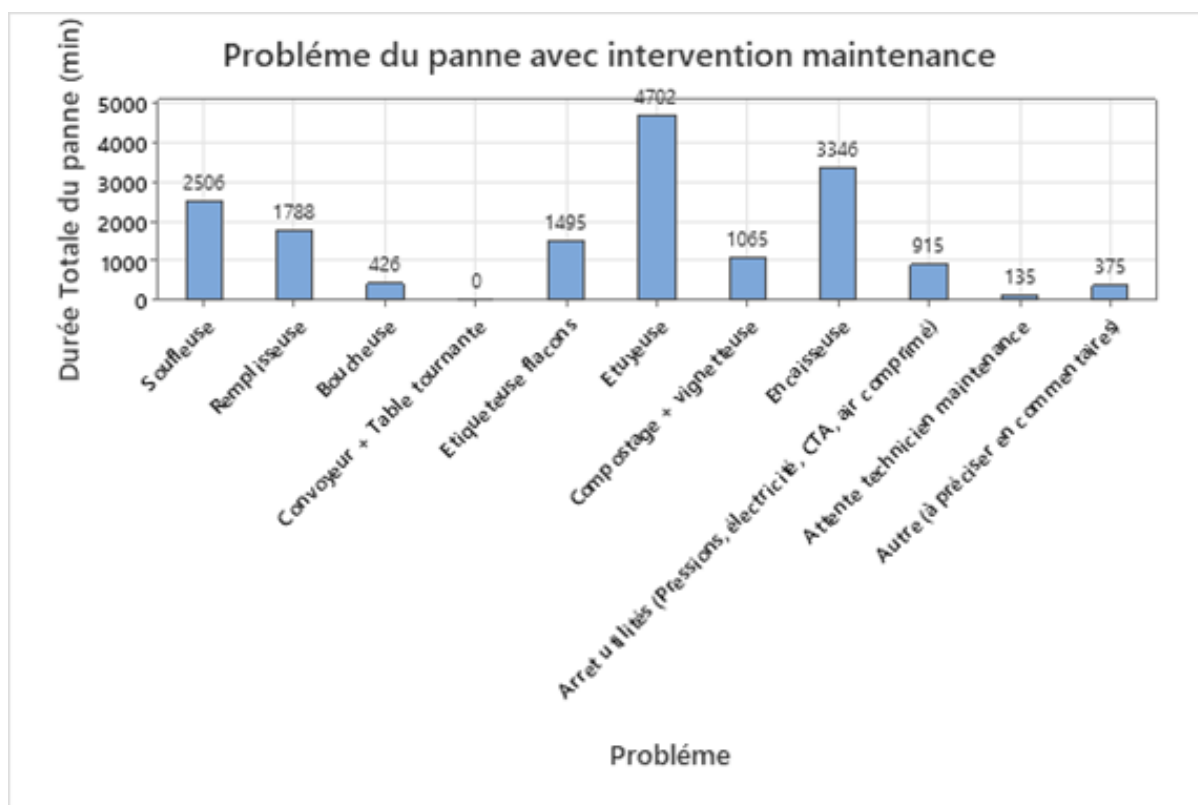


Fig. 3.17 – Problème du panne avec intervention maintenance

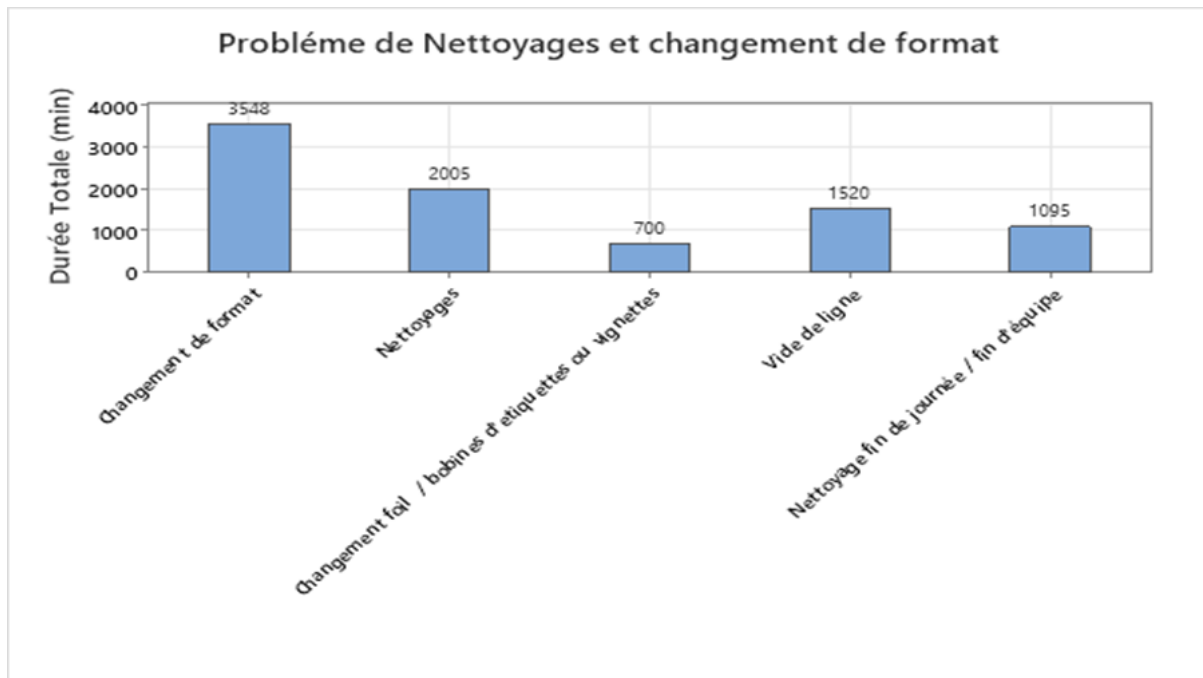


Fig. 3.18 – Problèmes de Nettoyages et de Changement de Séries

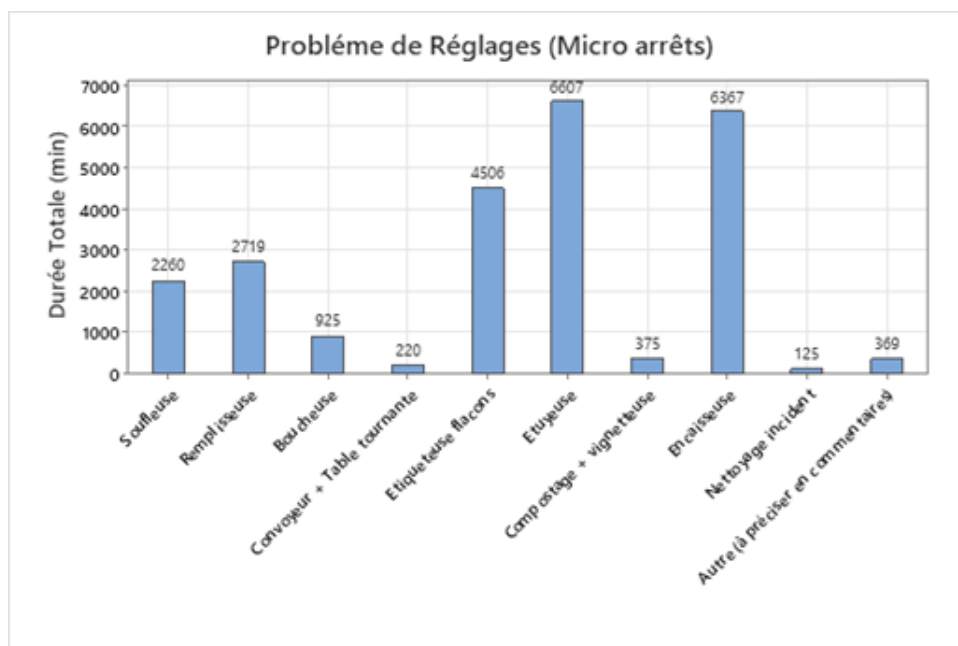


Fig. 3.19 – Problèmes des Réglages (Micro-arrêts)

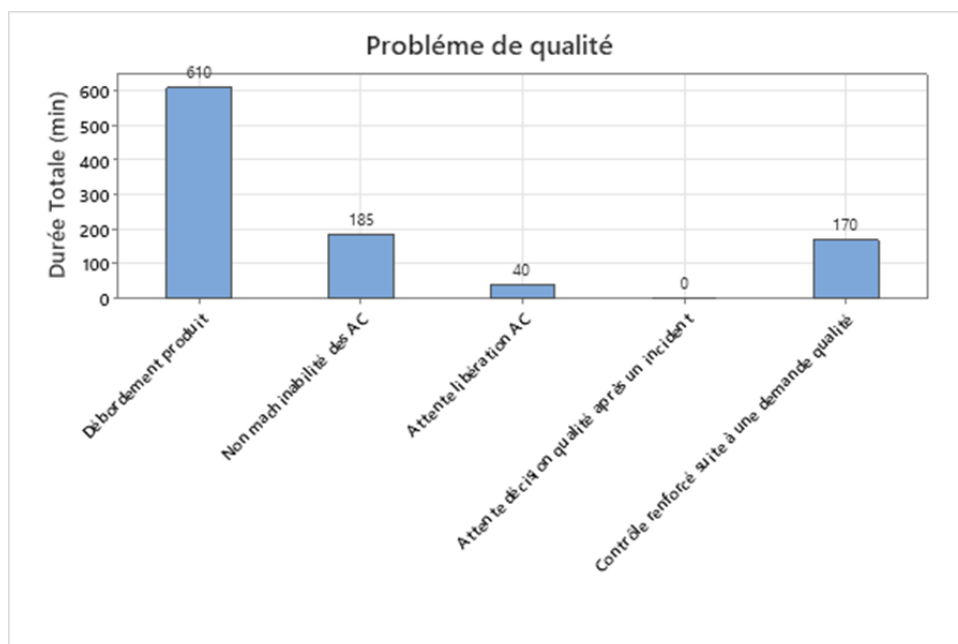


Fig. 3.20 – Problèmes de Qualité

Bibliographie

- [1] J. K. Liker and J. M. Morgan, "The toyota way in services : the case of lean product development," *Academy of management perspectives*, vol. 20, no. 2, pp. 5–20, 2006.
- [2] G. Lasnier, *Gestion industrielle et performances*. Hermès Science, 2001.
- [3] J. Ayarkwa, K. Agyekum, and E. Adinyira, "Barriers to sustainable implementation of lean construction in the ghanaian building industry." *Proceedings 6th Built Environment Conference*, 2011.
- [4] A. Sutrisno, I. Vanany, I. Gunawan, and M. Asjad, "Lean waste classification model to support the sustainable operational practice," in *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*, vol. 337, no. 1. IOP Publishing, 2018, p. 012067.
- [5] T. Melton, "The benefits of lean manufacturing : what lean thinking has to offer the process industries," *Chemical engineering research and design*, vol. 83, no. 6, pp. 662–673, 2005.
- [6] N. Persaud, "Adopting tools from cost and management accounting to improve the manner in which costs in social programs are analyzed and evaluated," *Journal of MultiDisciplinary Evaluation*, vol. 16, no. 34, pp. 1–13, 2020.
- [7] J. Womack and G. Walks, "Lean enterprise institute," *Inc., Cambridge, MA*, 2011.
- [8] K. H. Aij and M. Teunissen, "Lean leadership attributes : a systematic review of the literature," *Journal of health organization and management*, vol. 31, no. 7/8, pp. 713–729, 2017.
- [9] C. Hohmann, *Techniques de productivité : Comment gagner des points de performance-pour les managers et les encadrants*. Editions Eyrolles, 2011.
- [10] T. Leconte, *La pratique du SMED : obtenir des gains importants avec le changement d'outillage rapide*. Editions Eyrolles, 2008.
- [11] F. Voehl, H. J. Harrington, C. Mignosa, and R. Charron, *The lean six sigma black belt handbook : tools and methods for process acceleration*. CRC Press, 2013.
- [12] T. Kombe, E. D. Efaga, B. Ndzana, and E. Niel, "Efficience d'un système bâti sur le trs global par poursuite du diagramme de fiabilité," *Afrique Science*, vol. 02, no. 2, pp. 198–211, 2006, constitution et calcul du TRS global.
- [13] C. Hohmann, *Guide pratique des 5S et du management visuel : pour les managers et les encadrants*. Editions Eyrolles, 2010.
- [14] D. Powell, S. Lundebj, L. Chabada, and H. Dreyer, "Lean six sigma and environmental sustainability : the case of a norwegian dairy producer," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 8, no. 1, pp. 53–64, 2017.
- [15] B. Wheat, C. Mills, and M. Carnell, *Leaning into six sigma : The path to integration of lean Enterprise and six sigma*. Pub. Partners, 2001.
- [16] Y. Klochkov, A. Gazizulina, and K. Muralidharan, "Lean six sigma for sustainable business practices : A case study and standardisation," *International Journal for Quality Research*, vol. 13, no. 1, p. 47, 2019.
- [17] T. Pyzdek and P. A. Keller, *Six Sigma Handbook, (ENHANCED EBOOK)*. McGraw Hill Professional, 2014.

-
- [18] S. Parkash and V. K. Kaushik, "Supplier performance monitoring and improvement (spmi) through sipoc analysis and pdca model to the iso 9001 qms in sports goods manufacturing industry." *Log-Forum*, vol. 7, no. 4, 2011.
 - [19] F. Gillet-Goinard and B. Seno, *La boîte à outils de la qualité - 4e ed.*, ser. BàO La Boîte à Outils. Dunod, 2020. [Online]. Available : <https://books.google.dz/books?id=WXXNDwAAQBAJ>
 - [20] R. Yazdani, "A review of the pareto principle in business efficiency : Applications in marketing and resource allocation," *Business, Marketing, and Finance Open*, vol. 1, no. 3, pp. 1–11, 2024.
 - [21] L. Chabry, F. Gillet-Goinard, and R. Jourdan, "Outil 51. le pareto des réclamations," *BàO La Boîte à Outils*, vol. 2, pp. 140–141, 2020.
 - [22] K. Ishikawa, *Guide to Quality Control*. Tokyo : Asian Productivity Organization, 1986.
 - [23] C. Fournieris. (2022) L'industrie pharmaceutique algérienne se développe rapidement. Consulté en juin 2025. [Online]. Available : <https://fr.euronews.com/2022/09/19/algerie-une-industrie-pharmaceutique-en-plein-developpement>
 - [24] M. Pillet, C. Martin-Bonnefous, P. Bonnefous, and A. Courtois, *Gestion de production : les fondamentaux et les bonnes pratiques*. Eyrolles, 2020.
 - [25] E. M. Goldratt and J. Cox, *The Goal : A Process of Ongoing Improvement*, 3rd ed. Great Barrington, MA : North River Press, 2004, originally published in 1984.
 - [26] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *The machine that changed the world : The story of lean production—Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. Simon and Schuster, 2007.
 - [27] S. Gupta and S. K. Jain, "The 5s and kaizen concept for overall improvement of the organisation : a case study," *International Journal of Lean Enterprise Research*, vol. 1, no. 1, pp. 22–40, 2014.
 - [28] M. L. George, *Lean Six Sigma : Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. McGraw-Hill, 2002.
 - [29] —, *Lean Six Sigma for Service : How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions*. McGraw-Hill, 2003.
 - [30] M. L. George, D. Rowlands, M. Price, and J. Maxey, *The Lean Six Sigma Pocket Toolkit : A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Quality and Speed*. McGraw-Hill, 2006.
 - [31] D. K. Allen and P. Laure, "Exploiting lean six-sigma quality tools to improve test and other processes," in *2006 IEEE Autotestcon*. IEEE, 2006, pp. 509–514.
 - [32] C. R. A. Hallam, J. Muesel, and W. Flannery, *Lean Six Sigma : Research and Practice*. iSixSigma Publishing, 2010.
 - [33] M. Pillet, *La méthode des 5S : Pour un environnement de travail efficace*, 2nd ed. AFNOR Éditions, 2008.
 - [34] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon Schuster, 1996.
 - [35] S. Chowdhury, *Next Generation Business Handbook : New Strategies from Tomorrow's Thought Leaders*. Wiley, 2004.
 - [36] D. Duret and M. Pillet, *La méthode des 5S : Pour un environnement de travail efficace*. AFNOR Éditions, 2005.
 - [37] J. A. García-Porres *et al.*, "Implementing lean manufacturing in small and medium enterprises," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 19, no. 4, pp. 429–446, 2008.
 - [38] P. Hines and D. Taylor, *Going Lean*. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School, 2000.
 - [39] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 5th ed. Wiley, 2005.
 - [40] J. S. Oakland, *Statistical Process Control*, 6th ed. Routledge, 2008.

-
- [41] S. Jednoróg *et al.*, “Lean manufacturing : A case study in the polish automotive industry,” *Production Planning Control*, vol. 16, no. 6, pp. 591–599, 2005.
- [42] M. Czerska, *Zarządzanie zmianami w organizacjach*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002.
- [43] M. Tarczyńska and A. Białkowska, *Lean Management w praktyce*. Difin, 2010.
- [44] J. Bicheno, *The Quality 75: Towards Six Sigma Performance in Service and Manufacturing*. PIC-SIE Books, 1989.
- [45] M. Rother and J. Shook, *Learning to See : Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute, 1999.
- [46] T. Ohno, *Toyota Production System : Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, 1988.
- [47] S. Shingo, *The Sayings of Shigeo Shingo : Key Strategies for Plant Improvement*. Productivity Press, 1987.