

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



Département Génie Industriel

Projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'État en Génie Industriel Option
Management Industriel

Amélioration de la performance du processus du changement de lot
en utilisant le YAMAZUMI CHART

Application : Novo Nordisk Algérie, site Flexpen

BENSAOU Aymen et BOUHENNACHE Haitem

Sous la direction de :

Mme Sofia AIT BOUAZZA Encadrante

Mme Kamelia HAMMACHI Co-encadrante

Présenté et soutenu publiquement le (08/07/2024)

Composition du jury :

Président :	Mme. BOUCHAFEEA Bahia	ENP
Examineur :	Mr. ZOUAGHI Iskander	ENP
Promotrice :	Mme. AIT BOUAZZA Sofia	ENP
Invité :	Mr. MENOUS Nassim	Novo Nordisk Algérie

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



Département Génie Industriel

Projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'État en Génie Industriel Option
Management Industriel

Amélioration de la performance du processus du changement de lot
en utilisant le YAMAZUMI CHART

Application : Novo Nordisk Algérie, site Flexpen

BENSAOU Aymen et BOUHENNACHE Haitem

Sous la direction de :

Mme Sofia AIT BOUAZZA Encadrante

Mme Kamelia HAMMACHI Co-encadrante

Présenté et soutenu publiquement le (08/07/2024)

Composition du jury :

Président :	Mme. BOUCHAFEEA Bahia	ENP
Examineur :	Mr. ZOUAGHI Iskander	ENP
Promotrice :	Mme. AIT BOUAZZA Sofia	ENP
Invité :	Mr. MENOUS Nassim	Novo Nordisk Algérie

ملخص:

يهدف هذا المشروع الذي تم إنجازه في موقع FlexPen التابع لشركة Novo Nordisk الجزائر إلى تحسين عملية تغيير الدفعات (BCO - Batch Change Over) على خطي التعبئة والتغليف.

في مواجهة التحديات التنافسية لصناعة الأدوية، من الضروري تطوير الكفاءة وتقليل فترات التوقف للبقاء في المنافسة. يندرج مشروعنا في هذا السياق من خلال تطبيق المبادئ المبتكرة للتسيير اللين، التي تهدف إلى القضاء على الهدر وتحسين الإنتاجية. لمعالجة مشكلتنا، اخترنا نهج 8D بالإضافة إلى Yamazumi.

كلمات مفتاحية: التسيير اللين، تغيير الحزمات، 8D، الياماومي

Abstract

This final studies project, conducted at Novo Nordisk Algeria's FlexPen site, aims to improve the Batch Change Over (BCO) process on the two packaging lines.

Faced with the competitive challenges of the pharmaceutical industry, it is essential to maximize efficiency and minimize downtime to remain competitive. Our project aligns with this objective by leveraging the innovative principles of lean management, aimed at eliminating waste and optimizing productivity. To address our problem, we have chosen the 8D approach, coupled with the Yamazumi Chart.

Keywords : Batch change Over - Lean Management - 8D - Yamazumi

Résumé

Ce projet de fin d'études, réalisé au sein du site FlexPen de Novo Nordisk Algérie, vise à améliorer le processus de changement de lot (BCO - Batch Change Over) sur les deux lignes de conditionnement.

Face aux défis concurrentiels de l'industrie pharmaceutique, il est essentiel de maximiser l'efficacité et de réduire les temps d'arrêt pour rester compétitif. Notre projet s'inscrit dans cette optique en mobilisant les principes innovants du lean management, visant à éliminer les gaspillages et à optimiser la productivité. Pour répondre à notre problématique, nous avons choisi la démarche 8D conjointement avec le Yamazumi Chart

Mots clés : Changement de lot - Lean Management - 8D - Yamazumi

Remerciements

Que toutes les louanges soient adressées à Dieu, qu'Il nous bénisse.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers notre encadrante, Mme. Sofia AIT BOUAZZA, pour ses conseils précieux et ses recommandations qui ont considérablement enrichi nos réflexions. Nous apprécions particulièrement sa disponibilité et son ouverture à nos propositions tout au long de ce projet.

Nous remercions également Mme. Kamelia HAMMACHI, notre co-encadrante, pour ses précieux conseils et ses recommandations, ainsi que pour sa contribution énorme à la réussite de ce travail.

Nous tenons à remercier aussi nos encadrants à l'entreprise Novo Nordisk, Mr. Nassim MENOUS et Mme. Kaouther AZIZ, pour leur sens de l'écoute, leurs motivations et leurs encouragements tout au long de cette période.

Nous remercions également toute l'équipe Yamazumi Packaging pour leur implication, leur ouverture d'esprit et leur collaboration, qui nous ont énormément facilité le travail.

Nous remercions également toute personne ayant contribué à notre formation et développement, notamment tous les professeurs du département Génie Industriel.

Nous tenons également à remercier l'ensemble du Jury pour le temps et l'attention qu'ils nous ont accordés pour l'évaluation de notre projet.

Nous remercions aussi toute personne ayant contribué à ce travail de près ou de loin.

Merci.

Aymen et Haitem .

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes chers parents, qui avec leur soutien sans faille, leurs sacrifices et leur confiance m'ont accompagné tout au long de ma vie et ont fait de moi la personne que je suis aujourd'hui.

A ma tante ma deuxième mère, qui me considérait comme son fils, qui a toujours cru en moi en me souhaitant toute la réussite du monde

A mes grands frères, qui ont toujours su me motiver à donner le meilleur de moi-même.

A mes petits frères, je souhaite vous voir épanouis et accomplir de grandes choses, et je serai toujours à vos côtés pour vous soutenir et vous encourager.

A tous les membres de ma famille.

A mon binôme et mon ami Aymen, pour sa rigueur et son excellence durant tous les projets qu'on a mené ensemble.

A mes amis, Fraes imad, Issam, Raihane, Mehdi, Sofiane, Anes, Fares et la famille du génie industriel, pour tous ces moments inoubliables que nous avons passés ensemble.

A l'équipe de packaging, l'équipe d'assemblage, l'équipe cLean et à toutes Nissa2 et Ridjal Alkhafa2 du site flexpen.

Et à tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Haitem.

Dédicaces

Je dédie ce travail

À ma très chère famille, pour leur soutien indéfectible et leurs innombrables sacrifices, sans lesquels je ne serais pas la personne que je suis aujourd'hui.

À mon frère Fares, pour toutes ces années ensemble, merci d'être toujours là.

À mon très cher ami Haitem, pour toutes ses qualités et pour cette belle expérience que nous avons menée ensemble.

Aux membres du Kilian : Issam, Fares, El ringo, Sofiane, Mehdi et Anes.

Aux membres du comité IEC 2023 : Raihane, Sofiane, Sofiane, Sihem, Samah, et Amira.

Aux membres du club IEC 2023 et aux équipes organisatrices du Business Game et de l'Algeria Data Cup.

À l'équipe YAMAZUMI Assembly : Melissa et Anais.

À STINGO évidemment.

À tous ceux à qui je dois dédier ce travail.

Aymen.

Table des matières

Liste des tableaux

Table des figures

Liste des acronymes

Introduction générale	15
1 Etat des lieux	17
1.1 Introduction	17
1.2 L'industrie pharmaceutique	17
1.2.1 L'industrie pharmaceutique en Algérie	18
1.2.2 Le marché du diabète en Algérie	19
1.3 Le groupe Novo Nordisk (A/S)	19
1.3.1 La division commerciale : International Operations (IO)	20
1.3.2 La division de production : Product Supply (PS)	21
1.4 Novo Nordisk Algérie	23
1.4.1 Organisation interne Local Manufacturing Algeria	25
1.4.2 diagnostic	32
1.4.3 Énoncé de la problématique	38
1.4.4 Méthodologie	38
2 Etat de l'art	40
2.1 Introduction	40
2.2 Le Lean	40
2.2.1 Origine et définition	40
2.2.2 Les notions de base du lean	41

2.2.3	Le Lean management et le Lean Manufacturing	44
2.2.4	Le Lean laboratoire	44
2.2.5	les outils du Lean	45
2.3	La méthodologie 8D	54
2.3.1	Définition de la méthode	54
2.3.2	Les étapes de la méthode	54
2.4	Le Yamazumi	57
2.4.1	Définition	57
2.4.2	Les variables de l'outil	58
2.4.3	Les étapes de mise en place	59
2.4.4	Du SMED vers YAMAZUMI :	60
2.4.5	Les avantages	60
2.5	Conclusion	61
3	Contribution à la résolution de la problématique	62
3.1	Introduction	62
3.2	D1 : Préparation du processus	62
3.3	D2 : Description du problème	63
3.3.1	Identification du projet	63
3.3.2	Management du projet	66
3.3.3	Cartographie du processus	68
3.4	D3 : Identification et mise en place des actions immédiates	69
3.4.1	Définir des actions curatives (correction immédiate du problème)	69
3.4.2	Implémenter les actions	69
3.4.3	Mesurer l'efficacité du plan d'actions mis en place	71
3.5	D4 : Identification des vraies causes du problème	72
3.5.1	Chronométrage des tâches :	72
3.5.2	Diagrammes YAMAZUMI et interprétation :	73
3.5.3	Interprétations et remarques :	73
3.5.4	Diagramme Pareto :	79
3.5.5	Identification des gaspillages et proposition des solutions	80

3.6	D5 : Validation des actions correctives permanentes	80
3.7	D6 : implémentation des actions correctives permanentes	81
3.7.1	Développement et mise en place des solutions proposées	81
3.7.2	Estimation des gains en minutes, en quantité produite et en termes financiers	91
3.8	D7 : Prévention contre toute récurrence	93
3.8.1	Mise à jour de l'indicateur de performance journalier dédié pour suivre le temps de changements de lot	93
3.8.2	Mise en place d'un dispositif d'amélioration continue : l'arbre Kaizen et le Board Kaizen	94
3.8.3	La numérisation du dossier de lot :	95
3.8.4	Utilisation de la réalité mixte pour des mesures plus rapide	96
3.8.5	Intégration de scanners pour la saisie de données automatisée	97
3.9	D8 : Félicitation des équipes de travail déployées	97
3.10	Conclusion	98
	Conclusion générale	99
	Bibliographie	101
	Appendices	103
1.1	Annexe 1 : Le VSM du processus conditionnement	104
1.2	Annexe 2 : Synthèse des étapes du BCO selon son type	105
1.3	Annexe 3 : La voix du client VDC	107
1.4	Annexe 4 : Identification des besoins client	108
1.5	Annexe 5 : Charte de projet	109
1.6	Annexe 6 : Le diagramme SIPOC pour le processus du BCO	110
1.7	Annexe 7 : Les éléments clés du BPMN	111
1.8	Annexe 8 : Le BPMN pour le processus du BCO	115
1.9	Annexe 9 : Synthèse du chronométrage des différents BCO	116
1.10	Annexe 10 : Synthèse des causes du retard par tâche	124
1.11	Annexe 11 : La spirale d'archimède	125

Liste des tableaux

1.1	Fiche des informations clés de l'entreprise Novo Nordisk A/S	20
1.2	Les produits assemblés au niveau du site Flexpen Novo Nordisk	24
1.3	Code couleur des marquages au sol de la ligne d'assemblage	28
1.4	Les inputs de la ligne de conditionnement	30
1.5	Résumé de l'analyse SWOT	33
2.1	Matrice R&R	49
2.2	QQOQCCP	49
2.3	Interprétation des résultats de la variable Nbr d'opérateurs du Yamazumi	59
3.1	Matrice R&R	63
3.2	Le questionnaire QQOQCCP	63
3.3	Les 05 pourquoi	64
3.4	Synthèse des remarques des BCO End	76
3.5	Synthèse des remarques des BCO Start	79
3.6	Listes des solutions proposées	80
3.7	Classification des différentes formations en externes ou internes	88
3.8	Rôle card pour Poste 1	89
3.9	Rôle card pour Poste 2	90
3.10	Rôle card pour Poste 3	90
3.11	Tableau comparatif entre l'état actuel et l'état de futur	92

Table des figures

1.1	Chiffre d'affaires du marché pharmaceutique mondial de 2001 à 2023 en milliards de dollars américains	18
1.2	Evolution des importations des produits pharmaceutiques en Algérie (2001-2020)	19
1.3	Responsabilités de product supply (document interne à Novo Nordisk)	21
1.4	Le réseau mondial de la division Product Supply (Document interne à Novo Nordisk)	21
1.5	les sites de fabrication locaux de NN à travers le monde; Local manufacturing footprint (Document interne à Novo Nordisk)	23
1.6	nomenclature des matières premières du site Flexpen et de leurs fabricants . . .	24
1.7	les composants du Flexpen	25
1.8	L'organigramme de Local Manufacturing Algeria	25
1.9	Les étapes clés du processus d'assemblage au niveau du site Flexpen	26
1.10	Les différentes cellules de la ligne d'assemblage NOR12	27
1.11	Disposition des zones cLean et BPF au niveau de la ligne d'assemblage des Flexpen® et Pen Injector	27
1.12	Les étapes clés du processus de conditionnement au niveau du site Flexpen . . .	28
1.13	Disposition des zones cLean et BPF au niveau des deux lignes de conditionnement des Flexpen® et Pen Injector	29
1.14	la machine du conditionnement au niveau du site Flexpen	31
1.15	les modules de la machine du conditionnement au niveau du site Flexpen	31
1.16	liste des modules de la machine du conditionnement au niveau du site Flexpen .	31
1.17	Processus du changement de lot BCO	34
1.18	Historique du BCO sur la ligne S par date et par numéro de lot.	37
1.19	Historique du BCO sur la ligne P par date et par numéro de lot	38
2.1	Historique du Lean [9]	41
2.2	Logigramme des classification des opérations	42

2.3	Triangle de la performance	45
2.4	la roue PDCA	46
2.5	les étapes du 5S	47
2.6	SMED	48
2.7	Diagramme Ishikawa	51
2.8	SIPOC	53
2.9	VSM	53
2.10	La méthodologie 8D	57
2.11	Le diagramme Yamazumi	58
3.1	Diagramme d'Ishikawa	65
3.2	Matrice des risques	67
3.3	Matrice des risques après mitigation	68
3.4	Bin dédié aux boites avec et sans vignette	70
3.5	Nouveau zonning des lignes après la mise en place du bin	70
3.6	Tableau des informations du lot	71
3.7	La démarche d'analyse	72
3.8	l'outil Process Chart utilisé pour le chronométrage	72
3.9	Diagrammes Yamazumi des BCO End ligne S	73
3.10	Diagrammes Yamazumi des BCO End ligne P	74
3.11	Diagrammes Yamazumi des BCO Start ligne S	76
3.12	Diagramme Yamazumi des BCO Start ligne p	77
3.13	Diagramme Pareto des classes des taches	79
3.14	Nouvelle organisation de la ligne	81
3.15	Une bobine des vignettes	82
3.16	fiche technique des vignettes	82
3.17	La règle mise en place pour le calcul de la quantité restante des vignettes	83
3.18	Interface de l'outil calculateur sur Excel VBA	84
3.19	Interface de l'application powerapps	85
3.20	La grille des compétences pour les opérateurs des deux lignes de conditionnement	86
3.21	Définition des postes par zone	89

3.22	Représentation de la nouvelle répartition des tâches selon les Rôles Card	90
3.23	Nouvel indicateur de performance journalière	93
3.24	L'arbre Kaizen	94
3.25	Le Kaizen Board	95
3.26	Fonctionnalité de la réalité mixte	96
3.27	Mesure du diamètre avec la fonctionnalité de la réalité mixte	97

Liste des acronymes

- **ANSM** : Agence Nationale de Sécurité du Médicaments et des produits de santé
- **AQ** : Assurance qualité
- **A/S** : Aktieselskab (en danois) signifie société par actions.
- **Assy** : Assembly
- **BCO** : Batch Change Over
- **BPF** : Bonnes Pratiques de Fabrication
- **BPMN** : Business Process Model and Notation
- **BPR** : Batch Production Record
- **BtB** : Back to Back
- **CNC** : Contrôlé Non Classifiée
- **DV** : Deviation
- **FP** : Finished Product
- **GBS** : Global Business Services
- **GMP** : Good Manufacturing Practice
- **HMI** : Interface Humaine de la Machine
- **IFP** : Injectable Finished Products
- **IPC** : Contrôle au cours du Processus (In Process Control)
- **IT/OT** : Technologies de l'information et Technologies Opérationnelles
- **JIT** : Just-In-Time.
- **KPI** : Key Performance Indicator.
- **LM** : Local Manufacturing
- **LMA** : Local Manufacturing Algeria
- **LT** : Lead Time (délai du temps)
- **NC** : Non Contrôlée
- **NN** : Novo Nordisk
- **NVA** : Non-Valeur Ajoutée
- **OEE** : L'efficacité globale de l'équipement
- **OPC** : Out Process Control (contrôle en dehors du Processus)
- **OST** : l'Organisation Scientifique du Travail
- **Pack** : Packaging
- **PC** : Plastic Components
- **PDA** : Personal Digital Assistant
- **PPM** : Printed Packaging Material
- **QA** : Quality Assurance
- **QC** : Quality Control
- **QMS** : Système management qualité
- **R&D** : Recherche et Développement

- **SIPOC** : Supplier, Input, Process, Output, Customer
- **SMED** : Single Minute Exchange of Die
- **SMF** : Semi Finished Product
- **SNIC** : Société Nationale des Industries Chimiques
- **SOP** : Standard Operating Procedure
- **TPS** : Système de Production Toyot
- **TPU** : Unité de palette de Plateau (Tray Pallet Unit)
- **VA** : Valeur Ajoutée
- **VSM** : Value Stream Mapping
- **WH** : Warehouse (entrepôt)

Introduction générale

Dans un contexte caractérisé par une intensification de la compétition dans un éventail de secteurs, l'industrie pharmaceutique se démarque par sa croissance soutenue et sa sensibilité stratégique. Cette industrie vit une convergence entre les impératifs économiques et les orientations politiques, notamment en Algérie, où le gouvernement encourage activement les investissements dans ce domaine. Cette conjoncture stimulante incite les acteurs de l'industrie à renforcer leur position concurrentielle, mettant en évidence l'importance de maximiser l'efficacité opérationnelle des entreprises, notamment en minimisant les temps d'arrêt des lignes de production. Ces interruptions, qu'elles soient programmées ou imprévues, se traduisent systématiquement par des pertes financières qu'il est devenu essentiel de limiter pour garantir la compétitivité des entreprises.

En partant du fait qu'il est toujours possible d'optimiser un processus, et dans une optique d'amélioration continue. Cette démarche est implémentée au sein de Novo Nordisk Algérie, une entité du groupe Novo Nordisk, l'équipe cLean, s'est immobilisée afin de minimiser les temps d'arrêts sur leurs lignes de production. Parmi ces temps d'arrêts figure le temps de changement de lot (Batch Change Over), qui désigne la période de temps entre la sortie du dernier produit du lot courant jusqu'à l'arrivée du premier produit du lot suivant. Ce dernier fera l'objet de notre projet de fin d'études, où nous nous adressons à la problématique suivante :

Comment peut on améliorer et standardiser le processus de changement de lot sur les deux lignes du conditionnement au sein du site flexpen Novo Nordisk Algérie ?

Afin d'apporter une réponse à notre problématique, une étude bibliographique a été lancée afin de choisir les meilleurs outils disponibles. Cette dernière nous a menés à adopter la méthode 8D comme méthode de résolution de problèmes et le Yamazumi comme outil d'amélioration du processus.

Dans cette optique, nous avons assisté dans les lignes du conditionnement à l'exécution du processus de changement de lot afin de le chronométrer. Par la suite, en nous basant sur les principes du lean, nous avons identifié les différentes pertes et proposé des solutions.

Ainsi, notre travail se présentera en quatre chapitres, comme suit :

Le premier chapitre, intitulé État des lieux, sera consacré à la présentation détaillée de l'entreprise Novo Nordisk Algérie et de son site de production Boufarik FlexPen en passant par ses processus, suivie par une analyse interne et externe. Et qui sera clôturé par la déclaration de notre problématique.

Le deuxième chapitre portera sur la définition des concepts et des notions utilisés postérieurement dans ce projet sous l'intitulé État de l'art.

Le troisième chapitre présentera notre contribution à la résolution de la problématique en implémentant les outils du Lean management au sein de l'entreprise. À cet effet, nous avons adopté la démarche 8D pour mieux cerner la problématique et structurer le travail mené.

Ce travail sera conclu par une conclusion générale où nous présenterons les résultats de notre travail.

Chapitre 1

Etat des lieux

1.1 Introduction

Dans ce premier chapitre, nous allons introduire le groupe Novo Nordisk A/S ainsi que sa filiale Novo Nordisk Algérie, au sein de laquelle notre projet est réalisé. En suivant une approche top-down, nous commençons par examiner l'industrie pharmaceutique à l'échelle mondiale, puis nous nous concentrons sur le marché algérien, où Novo Nordisk occupe une position significative. Par la suite, nous procédons à un diagnostic de cette entreprise afin de repérer d'éventuels dysfonctionnements et de proposer des solutions pour les corriger.

1.2 L'industrie pharmaceutique

Avant la fin du XIXe siècle, les médicaments étaient fabriqués par chaque pharmacien ou apothicaire à partir de diverses substances végétales, voire minérales. L'industrie pharmaceutique moderne est née à la fin du XIXe siècle avec le développement des médicaments de synthèse issus de la chimie. Aujourd'hui, le secteur pharmaceutique est l'un des plus rentables et importants économiquement au monde. Le marché pharmaceutique continue de croître, atteignant 1.607 milliards de dollars en 2023 [2].

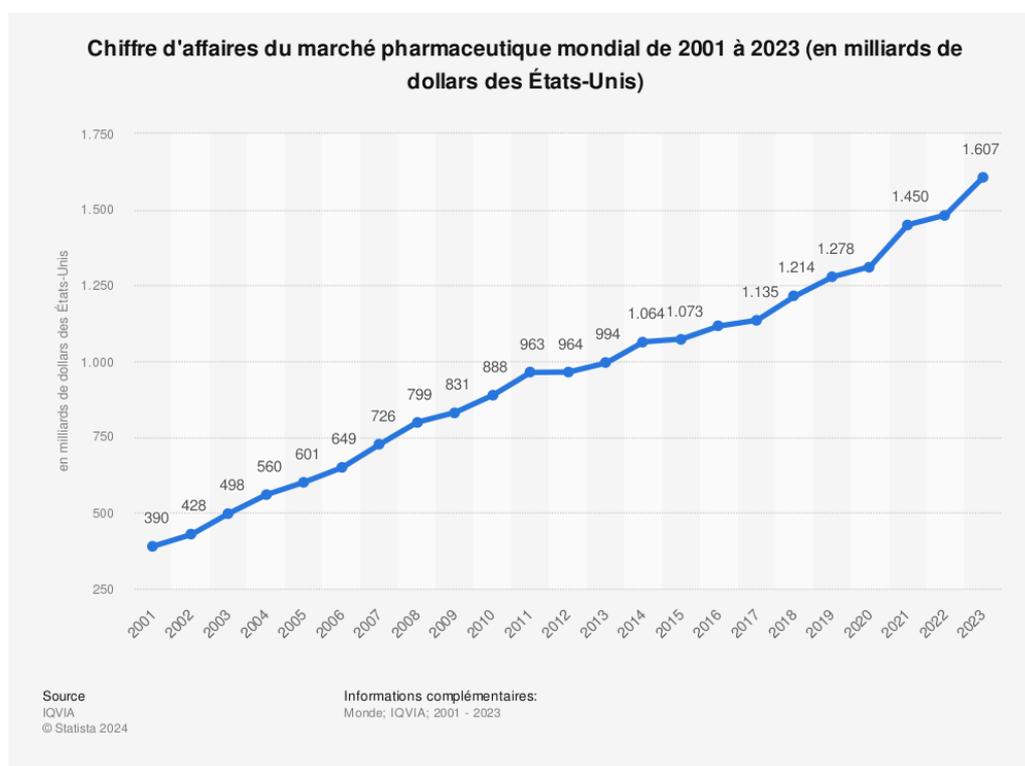


FIGURE 1.1 – Chiffre d'affaires du marché pharmaceutique mondial de 2001 à 2023 en milliards de dollars américains

1.2.1 L'industrie pharmaceutique en Algérie

La facture d'importation des produits pharmaceutiques a atteint 1,85 milliard USD en 2008 [6], un chiffre jugé inquiétant par le gouvernement qui souhaite réduire la dépendance aux importations dans un secteur aussi sensible, tout en garantissant l'accès de tous les citoyens à des médicaments de qualité et en favorisant la production nationale. Pour atteindre cet objectif, des restrictions à l'importation des produits pharmaceutiques remplacés par des produits locaux ont été mises en place à travers deux arrêtés (l'arrêté du 30/11/2008 modifié et complété par l'arrêté du 30/12/2008, Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière, 2009). Cependant, les laboratoires algériens ne disposant ni du savoir-faire ni des capacités nécessaires pour couvrir 70 % de la demande par des produits locaux, l'État a ouvert le marché aux leaders du secteur pharmaceutique pour investir en Algérie. Cette stratégie, soutenue par la croissance continue du marché algérien évalué à 2 milliards de dollars en 2022, a encouragé les grandes firmes pharmaceutiques à investir massivement en Algérie. Parmi elles, on compte Sanofi-Aventis, Hikma Pharma, GSK, Novartis, Pfizer, Novo Nordisk, MSD, Roche Diagnostics et AstraZeneca.

Cependant, certaines aires thérapeutiques, telles que le diabète, n'ont pas pu être couvertes par la production locale. En 2012, des changements dans les contrats d'assurance santé ont entraîné une hausse exorbitante de la facture d'importation de l'insuline. En 2022, cette facture est estimée à 400 millions de dollars par an [4].

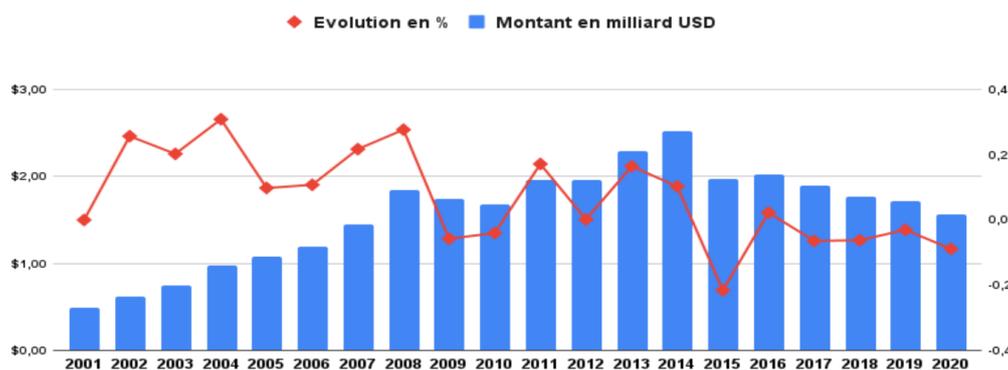


FIGURE 1.2 – Evolution des importations des produits pharmaceutiques en Algérie (2001-2020)

1.2.2 Le marché du diabète en Algérie

Une enquête réalisée en 2016-2017 par le ministère de la Santé, avec l’OMS, a révélé que plus de 14% des Algériens âgés de 18 ans à 69 ans souffrent de diabète, contre 8% il y a quinze ans. Toujours selon l’IDF, avec 42500 cas, l’Algérie, derrière les États-Unis, l’Inde, le Brésil, la Chine et la Russie, est le sixième pays qui compte le plus grand nombre de cas de diabètes de type 1 chez les enfants et les adolescents en 2017.

Dans son rapport annuel 2018, Novo Nordisk fait de l’Algérie un « marché stratégique » dans lequel investir, dans la région AAMEO (Afrique, Asie, Moyen-Orient et Océanie), aux côtés de la Russie et de l’Iran. L’obligation, depuis 2009, pour un investisseur étranger de s’associer à hauteur de 49% au maximum avec un opérateur local n’a pas été une entrave pour l’entreprise danoise.[16]

1.3 Le groupe Novo Nordisk (A/S)

Novo Nordisk A/S est une entreprise pharmaceutique danoise spécialisée dans le traitement du diabète et d’autres maladies chroniques telles que l’obésité, l’hémophilie et les troubles de la croissance. Elle est créée en 1989 à l’issue de la fusion des deux sociétés Nordisk Gentofte et Novo Industri. Son siège social est situé à Bagsværd, au Danemark.

Novo Nordisk est le leader mondial du traitement du diabète avec une part de marché de 31,9%. Elle est également le principal producteur de l’insuline au monde avec une part de marché de 44,6%.

Elle opère dans 170 pays à travers le monde, à savoir 16 sites de production répartis dans neuf pays (Algérie, Brésil, Chine, Danemark, France, Japon, Russie, Royaume-Uni et États-Unis) et plusieurs sites de distribution dans 80 pays et emploie environ 55 200 personnes. Ils desservent un nombre record de près de 40 millions de patients à l’échelle mondiale.[1]. Ci-dessous se trouve une fiche résumant les informations clés de l’entreprise :

TABLE 1.1 – Fiche des informations clés de l’entreprise Novo Nordisk A/S

NOM	Novo Nordisk A/S
Date de création	1923
Fondateurs	Hans Christian Hagedorn, August Krogh, Marie Krogh et August Kongsted
Forme juridique	SPA
Siège social	Bagsværd, Danemark
Secteur d’activité	Pharmaceutique

Novo Nordisk a développé une stratégie axée sur 3 leviers de création de valeur nommée ESG (Environmental, Social and Governance). Ils visent à être respectés pour ajouter de la valeur à la société, progresser vers zéro impact environnemental, être reconnus comme un employeur durable et construire la confiance dans les dimensions E, S et G. Novo Nordisk repose sur un objectif favorisant le changement pour vaincre plusieurs maladies chroniques, notamment le diabète. Voici un aperçu de leurs aires thérapeutiques principales :

- Diabète de type 1
- Diabète de type 2
- Obésité
- Troubles de la croissance
- Hémophilie
- Ménopause

Par ailleurs, ils visent à établir une forte présence dans d’autres maladies chroniques graves, des maladies cardiovasculaires (MCV), sans alcool stéatohépatite (NASH), la néphropathie chronique (MRC) et la maladie d’Alzheimer (MA).

L’activité de Novo Nordisk est répartie sur deux divisions principales : International Operations (IO) et Product Supply (PS), permettant de gérer ses opérations commerciales dans le monde entier tout en garantissant un approvisionnement en produits de qualité à tous ses clients et partenaires commerciaux.

1.3.1 La division commerciale : International Operations (IO)

Cette division est au cœur des opérations commerciales de Novo Nordisk. Elle est chargée de la gestion des opérations de ventes et de marketing des produits, mais aussi de stockage, de logistique et de la distribution aux clients. En effet, elle est responsable de la stratégie commerciale globale de l’entreprise, de la gestion des filiales, ainsi que de l’expansion de Novo Nordisk dans de nouveaux marchés.

La présence d’IO en Algérie remonte à 1936, une date à laquelle la première insuline a été expédiée au pays. Après l’ouverture économique du pays, la société a établi un bureau de représentation en 1992, suivi d’une entité légale nommée ALDAPH (Algérie Danemark Pharmaceutiques) en 1994, impliquée dans l’importation et la commercialisation des médicaments. Le siège social de la filiale IO de NN se situe à HYDRA. Elle possède un entrepôt central dans la région d’Alger à SAHEL, ainsi que deux entrepôts régionaux à Oran et Constantine. La filiale distribue les produits NN à partir de ses 3 entrepôts à 5 catégories de clients :

- Les pharmacies « privées »
- Les pharmacies « étatiques » ENDIMED
- La pharmacie centrale des hôpitaux ou PCH (un seul client et point de livraison)
- Les grossistes
- Les hôpitaux (Recherches cliniques)

1.3.2 La division de production : Product Supply (PS)

Product Supply est la division de Novo Nordisk qui prend en charge l'ensemble du cycle de vie d'un produit entre son développement et sa commercialisation. Cela inclut l'approvisionnement en matières premières, la production, ainsi que la gestion de la qualité et de la conformité aux normes réglementaires des produits commercialisés et des produits en phase III de développement.



FIGURE 1.3 – Responsabilités de product supply (document interne à Novo Nordisk)

Le réseau mondial de la division Product Supply de Novo Nordisk est divisé en différentes zones spécialisées :



FIGURE 1.4 – Le réseau mondial de la division Product Supply (Document interne à Novo Nordisk)

- Product Supply Active Pharmaceutical Ingredients (PS API) Elle est chargée de produire et de fournir les principes actifs. Ces principaux processus sont la fermentation, la récupération et la purification des ingrédients.
- Product Supply Injectable Finished Products (PS IFP) Comporte l'ensemble des sites stratégiques de NN, situés au Danemark, en France, en Chine, aux États-Unis et au Brésil. Les principaux processus sont la formulation d'insuline, le remplissage de cartouches, l'assemblage et le conditionnement de stylos d'insuline. Le département IFP est à la fois fournisseur de matière première (cartouches) pour les sites dédiés à la production locale

- (Local Manufacturing Sites - LM sites), et producteur de produits finis (Flexpen) destinés à l'exportation.
- Product Supply Biotech & Rare Disease (PS BRD) Cette entité se concentre sur la production de traitements pour les maladies rares, en gérant toute la chaîne de valeur de la production. Elle est présente au Danemark et aux États-Unis.
 - Product Supply Emerging Technologies (PS ET) Elle consiste à assurer la production de comprimés et de leur conditionnement, ainsi que la distribution. Ces différentes zones collaborent étroitement pour garantir que les produits pharmaceutiques soient produits, distribués et livrés aux patients dans le monde entier.
 - Product Supply Contract Manufacturing & Sourcing, Devices & Sustainability (PS CSDS) Cette entité est impliquée dans la fabrication locale de produits finis de diabète et de l'obésité, en se procurant des matières premières et des composants auprès des sites de production stratégiques appartenant aux départements préalablement définis, il comporte à son tour les sous-départements suivants :
 - o PS CSDS Business Support & CSDS HR Business Partnering : sont responsables de fournir un soutien au CSDS en ce qui concerne le développement des affaires, EHS, Finance, IT & OT, normalisation et optimisation, P&O et communication.
 - o Device Manufacturing Development (DMD) : DMD est la fonction support de product supply responsable du développement des dispositifs médicaux et leurs processus connexes à l'échelle mondiale. La responsabilité de DMD couvre divers processus, y compris le moulage, l'assemblage, le conditionnement, l'essai des dispositifs et le transport.
 - o Device Manufacturing & Sourcing (DMS) : gère la chaîne d'approvisionnement mondiale de composants de haute qualité pour la production d'appareils de Novo Nordisk.
 - o Global Contract Manufacturing (GCM) : GCM est responsable de la fabrication sous contrat, y compris la surveillance, le contrôle et le développement de la production gérée par les OCM à l'échelle mondiale.
 - o Local Manufacturing (LM) : elle est responsable de la production des produits de Novo Nordisk pour les marchés locaux. Elle possède deux sites de production en Algérie ; Local Manufacturing Tizi Ouzou qui produit un générique du Glucophage, et Local Manufacturing Blida. Elle possède également d'autres sites à travers le monde. Dès Janvier 2024, ces deux local Manufacturing ont été fusionnés sous le nom Local Manufacturing Algeria, les deux sites s'appellent : Site Tablet à Tizi Ouzou et Site Flexpen à Blida.



FIGURE 1.5 – les sites de fabrication locaux de NN à travers le monde ; Local manufacturing footprint (Document interne à Novo Nordisk)

- Needle Manufacturing & Sourcing (NMS) : assume la responsabilité globale de la chaîne d’approvisionnement mondiale pour les aiguilles de stylo Novo Nordisk, y compris la production interne et externe, l’assurance de la qualité et le développement de la fabrication.
- Environmental and Social Sustainability (ESS) : est responsable de stimuler les efforts en matière de durabilité sociale et environnementale à l’échelle de Product Supply Quality & IT.
- Sourcing Operations (SoOp) : gère la chaîne d’approvisionnement mondiale de PPM pour la production et les essais cliniques.
- Strategic Sourcing (StSo) : est responsable des stratégies de sous-traitance à long terme à de toutes matières premières, articles, produits et services utilisés par la production de Novo Nordisk.
- CSDS Quality Assurance (PS CSDS QA) : est responsable de l’assurance qualité de tous les processus et de la production dans CSDS, en conformité avec les exigences des appareils médicaux et de l’industrie pharmaceutique.

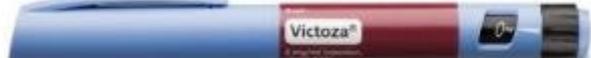
1.4 Novo Nordisk Algérie

À partir de janvier 2024, les deux sites de production de Novo Nordisk Local Manufacturing Blida et celui de Tizi Ouzou ont été fusionnés sous le nom Local Manufacturing Algeria LMA. Le site de production de Blida est désormais appelé site Flexpen et celui de Tizi Ouzou, site Tablet.

Le site Flexpen dont la construction a commencé en Novembre 2017 et finalisée en Mai 2019, a été qualifié pour la production d’insuline en Octobre 2020. Il n’a été inauguré officiellement par le Ministre de l’Industrie pharmaceutique que le 15 janvier 2023.

NN a construit une unité d’assemblage et de conditionnement sur le site Flexpen, destinée à assembler 3 types de stylos Flexpen®, et un Pen Injector illustré dans la table suivante :

TABLE 1.2 – Les produits assemblés au niveau du site Flexpen Novo Nordisk

Description du produit	photo du produit
Le NovoRapid Flexpen® (insuline Asparte), insuline à action rapide.	
Le Novomix 30 Flexpen® (Insuline asparte/ Insuline asparte protamine 30/70%) : insuline mixte 30% à action rapide et 70% à action intermédiaire.	
Le Levemir Flexpen® (Insuline Detemir), insuline à action prolongée.	
Pen Injector (Liraglutide), analogue de la GLP-1, Glycagon Like Peptide, un équivalent à l'insuline.	

Le site de production est composé principalement d'une unité d'assemblage, de conditionnement, de contrôle qualité, d'assurance qualité, de stockage et de la direction technique.

Nous illustrons dans la figure suivante la nomenclature des produits, et les fournisseurs des différents composants.

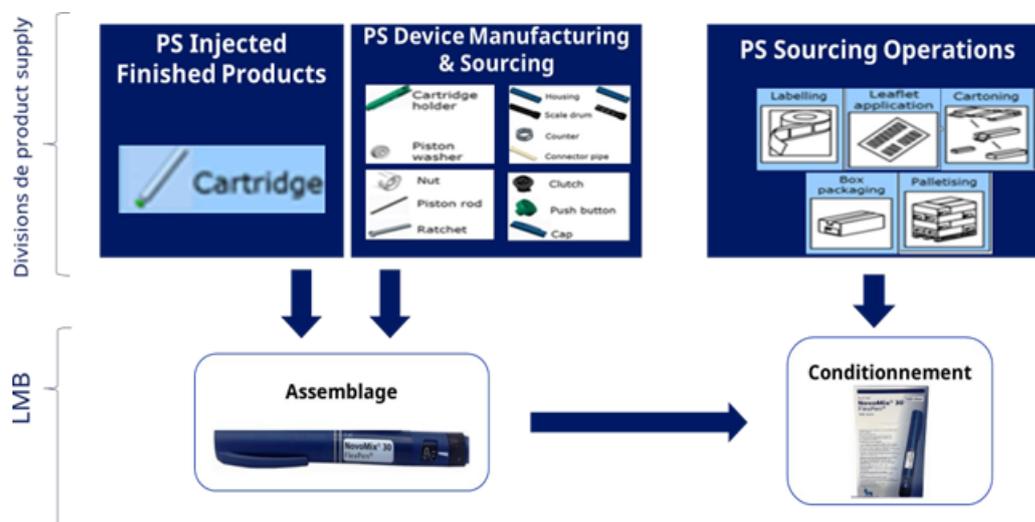


FIGURE 1.6 – nomenclature des matières premières du site Flexpen et de leurs fabricants

les composants du Flexpen sont illustrés dans la figure suivante :

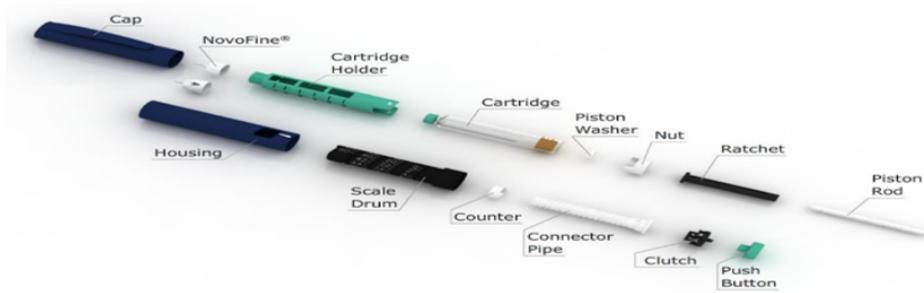


FIGURE 1.7 – les composants du Flexpen

1.4.1 Organisation interne Local Manufacturing Algeria

Organigramme :

L'organisation du Local Manufacturing Algeria est répartie selon l'organigramme représenté dans la figure 1.8, qui regroupe les deux sites Flexpen, Tablet ainsi que leurs différentes activités

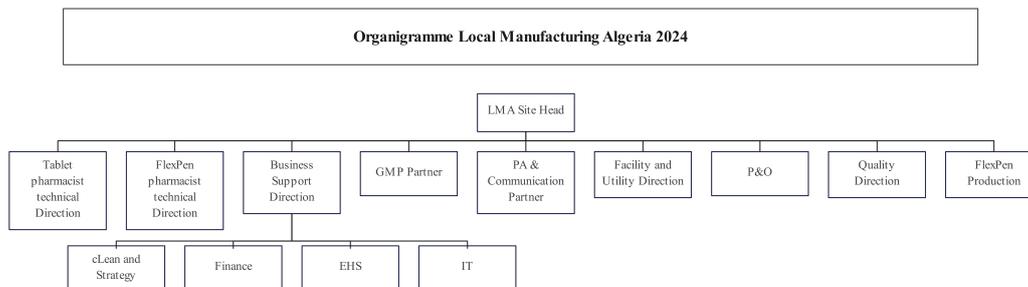


FIGURE 1.8 – L'organigramme de Local Manufacturing Algeria

Par la suite, nous nous concentrerons sur les départements liés à notre projet, notamment le Business Support, y compris le département cLean & Strategy, ainsi que Flexpen production.

Business Support

Le Business Support chez Novo Nordisk fait référence à l'ensemble des activités et des ressources qui soutiennent les opérations principales de l'entreprise. Cela englobe un large éventail de fonctions et de services qui contribuent à la gestion efficace et au bon fonctionnement des activités de Novo Nordisk. Ces fonctions peuvent inclure le support administratif, la supply chain, les services informatiques, la gestion financière ainsi que d'autres activités de soutien nécessaires pour assurer le bon déroulement des opérations de l'entreprise. Le Business Support est essentiel pour garantir que les différentes parties de l'entreprise fonctionnent de manière harmonieuse et efficace. Il vise à fournir des structures, des processus et des ressources qui permettent aux différentes équipes et départements de se concentrer sur leurs activités principales, tout en assurant que les opérations globales de l'entreprise fonctionnent de manière transparente. En fin de compte, le Business Support contribue à renforcer la capacité de Novo Nordisk à atteindre ses objectifs et à fournir des produits et services de qualité à ses clients. Comme l'organigramme montre, le Business Support est composé de 4 départements, parmi lesquels se trouve le département Clean & Strategy.

Département cLean & Strategy

Le département Clean & Stratégie chez Novo Nordisk se concentre sur l'optimisation de la productivité opérationnelle tout en identifiant des objectifs stratégiques à long terme, en mettant en œuvre les principes du lean management. Ce département vise à maintenir des environnements de travail efficaces, propres et sûrs tout en contribuant à l'élaboration de stratégies à long terme pour soutenir la croissance de l'entreprise. En intégrant les principes du lean management, ce département s'efforce d'optimiser les processus opérationnels, de réduire le gaspillage et d'identifier des opportunités d'amélioration continue, tout en contribuant à la définition des orientations stratégiques de l'entreprise. En combinant ces deux aspects, le département Clean & Stratégie joue un rôle essentiel dans l'harmonisation des objectifs opérationnels quotidiens avec les initiatives stratégiques à long terme de Novo Nordisk.

Flexpen production

Assemblage

L'unité d'assemblage représente l'espace où est installée la ligne d'assemblage du Flexpen® et du Pen Injector, appelée NOR 12. L'outil 5S est déployé pour l'arrangement de l'unité d'assemblage.

Les étapes clés du processus d'assemblage sont résumées dans la figure suivante.



FIGURE 1.9 – Les étapes clés du processus d'assemblage au niveau du site Flexpen

Le processus d'assemblage est initié par un ordre de production émis sur SAP. Un dossier de lot est constitué juste après l'émission de cet ordre de production. En parallèle, un changement de lot est effectué. Il consiste à faire des activités qui permettent le passage d'un lot de produit à un autre selon une approche d'assurance qualité basée sur les BPF qui garantit la sécurité du patient. Ensuite, l'assemblage s'effectue sur la ligne NOR 12 de capacité théorique de 180 stylos par minute. En même temps, la ligne prélève des échantillons dont la taille dépend de la taille du lot, puis les place dans une zone dédiée spécifique. Ces échantillons sont envoyés juste après l'assemblage de la dernière unité au laboratoire de contrôle qualité. Toutes les étapes introduites sont documentées sur le dossier de lot, tout comme la consommation des matières premières, ainsi que les informations relatives à la chaîne de froid et sa corrélation avec son temps de conservation. Un dossier de lot est un document qui contient les ingrédients approuvés, la formulation et les instructions guidant la production d'un produit pharmaceutique. Ce document permet aux fabricants de suivre les directives. La figure suivante montre les différentes cellules de la ligne d'assemblage NOR12 :

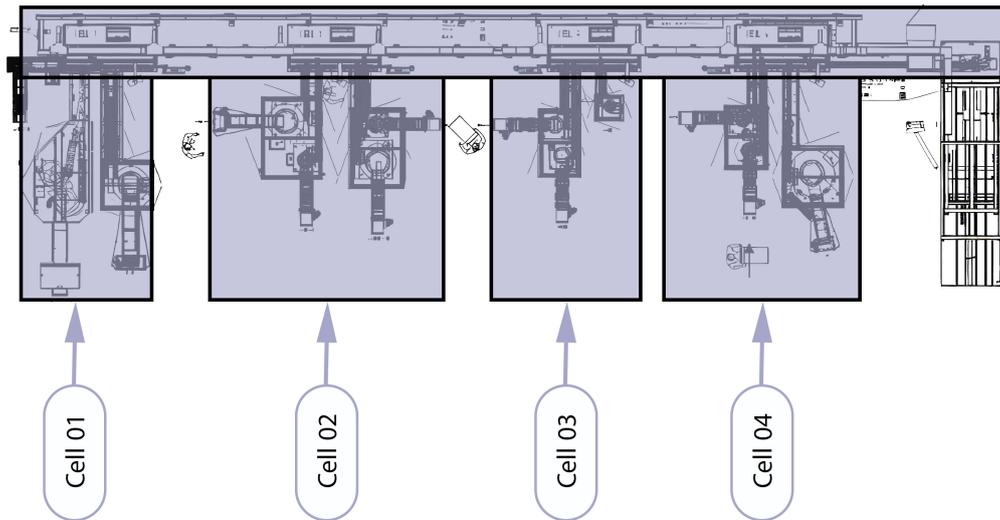


FIGURE 1.10 – Les différentes cellules de la ligne d’assemblage NOR12

L’unité d’assemblage suit une disposition définie grâce à la réglementation d’une part et des chantiers menés par le département cLean comme le montre la figure :

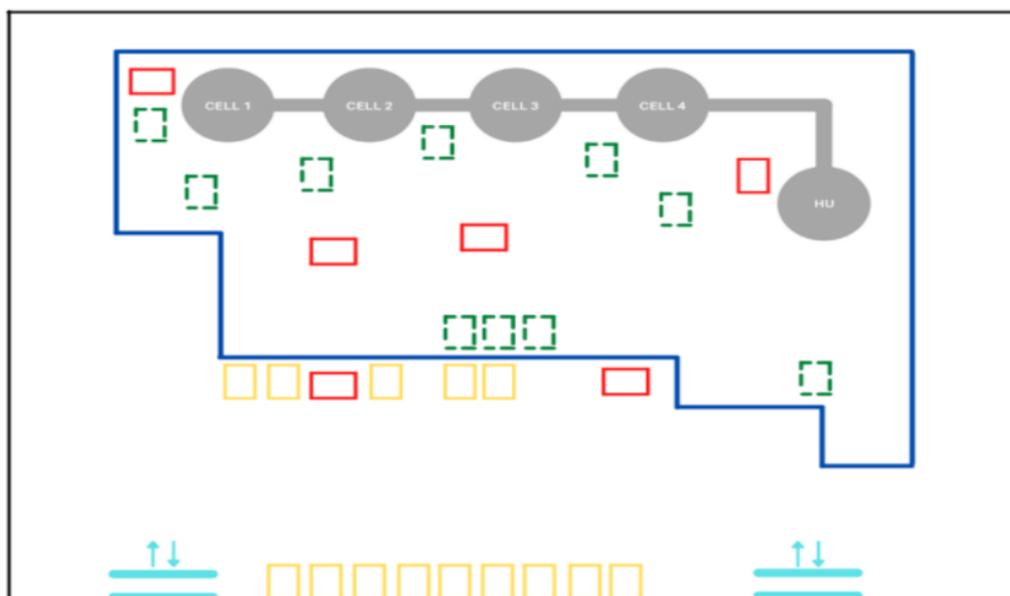


FIGURE 1.11 – Disposition des zones cLean et BPF au niveau de la ligne d’assemblage des Flexpen® et Pen Injector

Cette disposition est le résultat d’un chantier 5S inauguré par le département cLean au niveau de la ligne d’assemblage. Elle permet d’identifier la zone de production avec la ligne bleue comme l’exigent les BPF, la zone pour le stockage de la matière première hors production avec les rectangles en jaune, la zone des déchets en rouge, les autres zones en pointillé bleu, blanc et vert représentent les zones pour stocker les équipements de la ligne, pour la remise du matériel non consommé et pour le stockage du matériel dans la zone de production, le tableau suivant synthétise cette disposition :

TABLE 1.3 – Code couleur des marquages au sol de la ligne d'assemblage

Zone	Correspondance	Remarque
Zone bleue	La ligne relative à la zone de production	Conforme aux BPF
Zone jaune	Stockage de matériel hors ligne	Initiative Lean
Zone blanche	Remise de matériel	Initiative Lean
Zone rouge	Déchets	Conforme aux BPF
Pointillé bleu	Zone de mobilité d'équipement	Initiative Lean
Pointillé blanc	Remise de matériel	Initiative Lean
Pointillé vert	Stockage de matériel dans la zone bleue	Initiative Lean

Conditionnement

Le conditionnement représente l'ensemble des opérations utilisées pour conditionner le produit en vrac, comme les stylos, précédemment fabriqué dans le but de les protéger de l'environnement extérieur, créant ainsi un produit fini. Ce processus est essentiel pour garantir la qualité et la sécurité des produits avant qu'ils n'atteignent les consommateurs. C'est cette partie de la production qui est au cœur de notre projet.



FIGURE 1.12 – Les étapes clés du processus de conditionnement au niveau du site Flexpen

L'unité de conditionnement est l'espace dédié où la ligne de conditionnement est installée. Dans notre cas, cette unité est destinée à l'emballage de deux types de produits : le Flexpen® et le Pen Injector. Cette unité est soigneusement délimitée par des zones spécifiques dédiées aux matériaux d'emballage, qui sont distincts en fonction de leur usage.

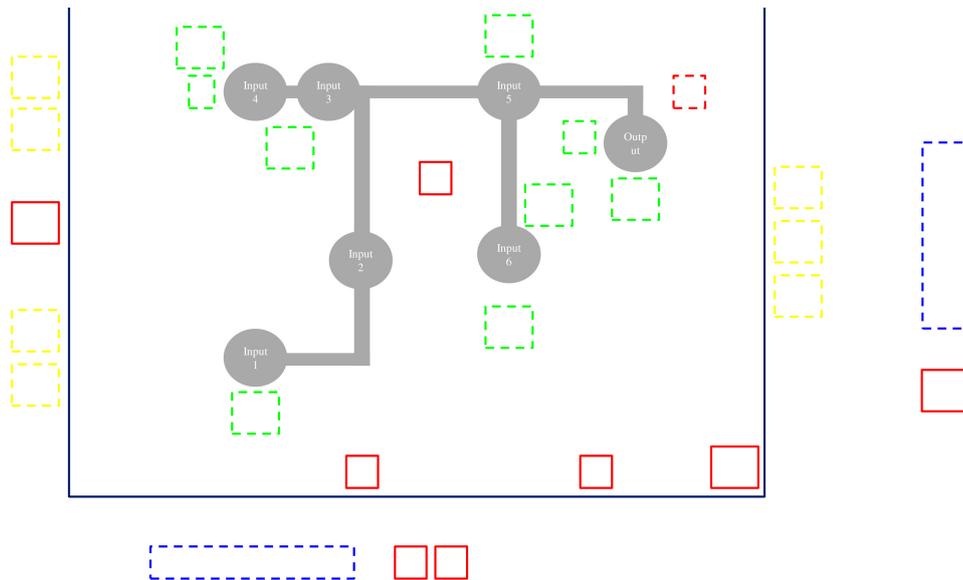


FIGURE 1.13 – Disposition des zones cLean et BPF au niveau des deux lignes de conditionnement des Flexpen® et Pen Injector

Cette figure permet d'identifier clairement les différentes zones conformément aux exigences des BPF. La zone de production est marquée par une ligne bleue, la zone de stockage des matières premières hors production est délimitée par des rectangles jaunes, et la zone des déchets est signalée en rouge. Les autres zones, indiquées par des pointillés bleus, blancs et verts, sont respectivement destinées au stockage des équipements de la ligne, au retour du matériel non consommé et au stockage du matériel dans la zone de production. Voici ce tableau qui présente les composants qui vont être implémenter à chaque input à chaque input :

TABLE 1.4 – Les inputs de la ligne de conditionnement

input	matière
1 Pens	
2 Label	
3 Leaflet	
4 Carton	
5 Shipper box	
6 Price stickers	

Au cœur de cette unité se trouve la machine de conditionnement, un équipement sophistiqué et central à notre processus.

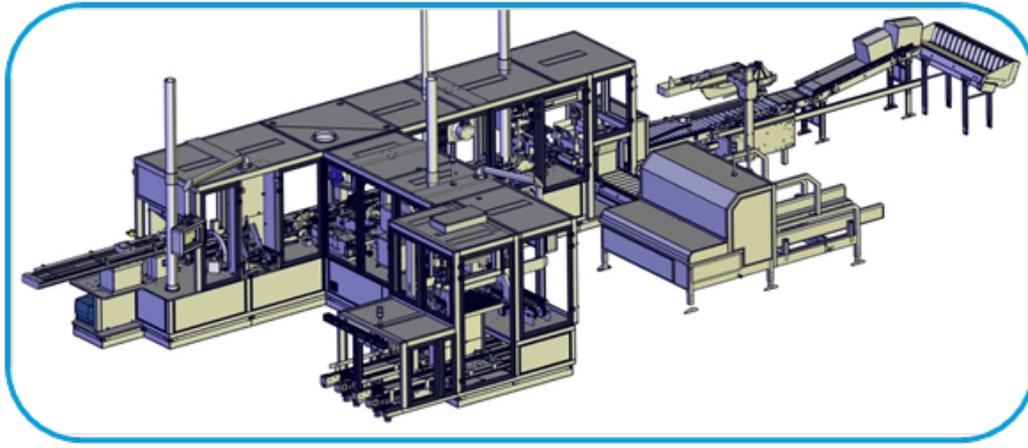


FIGURE 1.14 – la machine du conditionnement au niveau du site Flexpen

Cette machine est stratégiquement placée au milieu de la ligne et elle est divisée en plusieurs modules d'équipements, chacun ayant des fonctions spécifiques dans le processus d'emballage. Ces modules travaillent en synergie pour garantir que chaque étape de l'emballage est réalisée avec précision et efficacité.

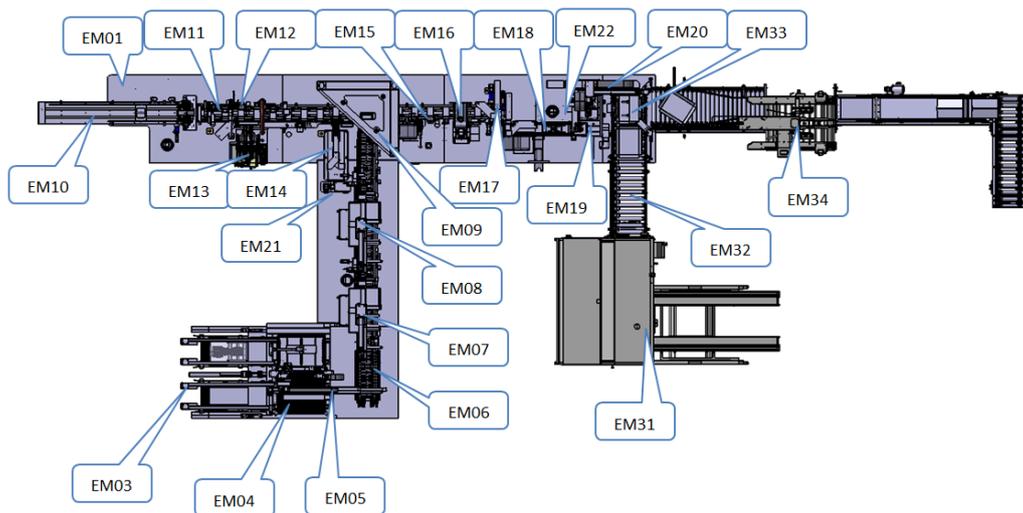


FIGURE 1.15 – les modules de la machine du conditionnement au niveau du site Flexpen

La nomination de chaque module est donnée par la figure suivante :

EM...	Module name	EM...	Module name
EM01	Base frame	EM14	Insertion
EM02	Top frame	EM15	Carton closer 2
EM03	TPU handling	EM16	Carton print
EM04	Tray handling for pen	EM17	Transfer & weight
EM05	P&P Pen module	EM18	Outlet conveyor
EM06	Pen conveyor	EM19	Carton formation
EM07	Pen labeller 1	EM20	PPU to shipper
EM08	Pen labeller 2	EM21	Check for button
EM09	PPU pen to insertion	EM22	Sticker module
EM10	Carton erector	EM31	Case erector
EM11	Carton conveyor	EM32	Case conveyor
EM12	Carton closer 1	EM33	Case fixation
EM13	Leaflet handling	EM34	Case sealing

FIGURE 1.16 – liste des modules de la machine du conditionnement au niveau du site Flexpen

1.4.2 diagnostic

Afin de mener à bien cette étape, nous avons structuré notre diagnostic en deux volets. Tout d'abord, une évaluation interne a été faite pour identifier les forces et les faiblesses de Novo Nordisk Algérie. Ensuite, une analyse externe a été effectuée pour évaluer les opportunités à saisir et les menaces à anticiper auxquelles l'entreprise pourrait être confrontée. Cette approche holistique vise à fournir une vision complète de la situation actuelle de Novo Nordisk Algérie.

diagnostic interne

- Forces
 - o Une excellente réputation de marque : LMA profite de l'image de Novo Nordisk qui lui permet de gagner la confiance du client.
 - o L'engagement du personnel : forte présence du mindset d'amélioration continue au sein du shopfloor et du management.
 - o L'accès au savoir-faire du groupe : l'attachement de LMA au sein du groupe
 - o La technologie avancée : l'utilisation des technologies avancées en matière d'équipements et de gestion des données
- Faiblesses
 - o Une grande volatilité de la supply : notamment en ce qui concerne la disponibilité du cartouche, vue la dépendance à l'importation.
 - o La capacité théorique maximale de la productivité n'est pas atteinte : le nombre et les durées d'arrêts de la ligne de l'assemblage ainsi que celle de conditionnement sont significatifs qui a induit donc un volume de production d'environ 17m stylos en 2023 contre un capacité théorique de plus de 30m stylos.

Diagnostic externe

- Opportunités
 - o L'expansion du marché : la demande croissante sur médicaments diabétiques et l'insulin précisément
 - o La politique de l'état algerien pour l'exportation : ce dernier encourage les entreprises à aller vers l'exportation
- Menaces
 - o L'encouragement de l'état algerien des investissement dans le secteur pharmaceutique : qui augmente le risque des nouveaux entrants au marché
 - o Le contrôle presque total du marché par l'état algerien : posant ainsi des contraintes concernant la cadence de la production et l'importation des matières premières

Synthèse SWOT

Afin de synthétiser l'analyse présentée ci-dessus, nous l'avons résumé dans la matrice SWOT comme suit :

TABLE 1.5 – Résumé de l'analyse SWOT

S : Strengths	W : Weaknesses
Une excellente réputation de marque L'engagement du personnel L'accès au savoir-faire du groupe La technologie avancée	Une grande volatilité de la supply La capacité théorique maximale de la productivité n'est pas atteint
O : Opportunities	T : Threats
L'expansion du marché La politique de l'état algérien pour l'exportation	L'encouragement de l'État algérien des investissements dans le secteur pharmaceutique Le contrôle presque total du marché par l'état algérien

A partir de ce diagnostic nous pouvons constaté que le site LMA Flexpen doit renforcer ses faiblesses notamment en matière de productivité pour pouvoir profiter des opportunités du marché et se protéger contre ses menaces.

Pour cela nous essayons de trouver des pistes d'amélioration de cette capacité de production en se référant aux processus d'assemblage (ligne NOR 12) et de conditionnement sur ses deux lignes (ligne S et ligne P).

Vue que deux projets d'amélioration continue ont été déjà lancé sur la ligne d'assemblage et sont toujours en cours, nous nous focaliserons sur les deux lignes de conditionnement.

diagnostic du processus du conditionnement

Comme nous l'avons déjà abordé auparavant, le processus du conditionnement repose sur 03 étapes : l'émission d'ordre de conditionnement, le conditionnement et le changement de lot (BCO). Pour aller plus en détail sur ce processus nous l'avons cartographié avec le VSM en annexe 1.1 nous pouvons constaté que la plus grande partie de ce processus est incluse dans la partie changement de lot. De plus, les deux premières étapes sont complètement automatisé, le changement de lot ne l'est pas ce qui nous pousse à mener un diagnostic de ce processus.

Changement de lot (BCO)

Comme le montre la figure, le changement de lot se divise en deux grandes parties : BCO End et BCO Start. La phase BCO End commence par l'arrêt de la machine, correspondant à la sortie du dernier produit conforme du lot en cours, et se termine avec la finalisation du dossier de lot actuel. L'entrée du nouveau dossier de lot marque le début de la phase BCO Start. La phase BCO Start se termine avec le démarrage de la machine, correspondant à la sortie du premier produit conforme du nouveau lot.

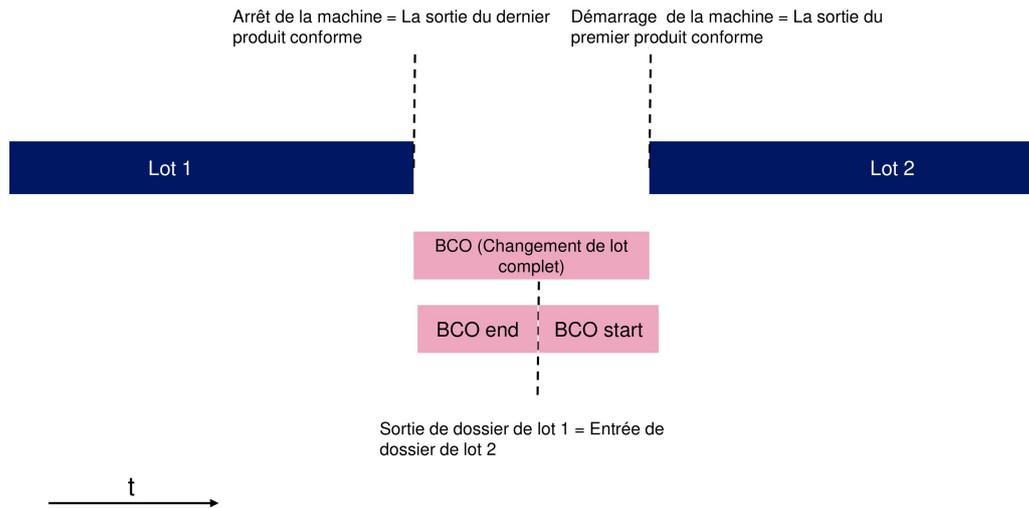


FIGURE 1.17 – Processus du changement de lot BCO

- **BCO End** : Il est composé d'une succession d'étapes qui sont résumés ici
 - o **ETAPE 01 : Empty line** : La première étape du processus consiste à retirer toutes les matières premières restantes dans la machine en vérifiant cette condition : si la quantité de matière première est inférieure à une quantité minimale spécifiée, elle doit être jetée en revanche, si la quantité restante est suffisante, il est nécessaire de la transférer vers l'entrepôt. Cela garantit que les ressources sont utilisées de manière optimale et que les matériaux ne sont pas gaspillés. Une fois les matières premières retirées, les différents éléments de conditionnement doivent être enlevés et, le plus souvent, jetés. Le label, bien que très difficile à enlever, doit être retiré et jeté. Le shipper box, le leaflet, et le carton, qui sont plus faciles à enlever, doivent également être enlevés et jetés. Les price stickers, qui posent également des difficultés lors de leur retrait, doivent être enlevés avec soin, et leur quantité doit être calculée pour assurer une gestion précise des stocks et des coûts.
 - o **ETAPE 02 : Retour all PPM (Label, Leaflet, Carton, Shipper box, Price stickers)** : Après avoir enlevé les matières de la machine et les éléments de conditionnement, il faut retirer les matières restantes de la ligne de production. Il est important de calculer avec précision la quantité de matières qui sera transférée à l'entrepôt, en incluant la quantité restante dans la machine et celle présente dans la ligne de production. Cela permet une gestion efficace des inventaires et assure que toutes les matières sont correctement comptabilisées.
 - o **ETAPE 03 : Double check Retour all PPM** : Une fois les matières retirées de la ligne, une double vérification du retour des éléments doit être effectuée. Cette étape consiste à recalculer les quantités pour s'assurer de leur exactitude.
 - o **ETAPE 04 : Palette build up** : La construction de la dernière palette implique la documentation de son architecture et le calcul précis de la quantité de produits sur cette palette. Le calcul précis de la quantité assure que toutes les unités sont correctement comptées et enregistrées.
 - o **ETAPE 05 : Réconciliation** : La réconciliation est une étape importante où deux formules distinctes sont utilisées pour vérifier que la quantité de matières premières et de produits utilisés correspond aux quantités initialement entrées dans la machine. Une formule spécifique est appliquée pour les stylos et une autre pour les price stickers. L'opérateur doit comparer les données obtenues de la machine avec celles enregistrées dans le dossier de lot. Pour les stylos, cette étape inclut également un calcul du rendement (yield), ce qui permet de mesurer l'efficacité de la production.

- **ETAPE 06 : Double check Reconciliation :** Après la réconciliation initiale, une double vérification est nécessaire pour s'assurer de la précision des calculs. Refaire tous les calculs permet de confirmer que toutes les quantités sont correctes et que la réconciliation est complète. Cette étape est essentielle pour garantir l'exactitude des données et la conformité des processus.
 - **ETAPE 07 : Cleaning :** Le nettoyage des composants intérieurs de la machine est une étape critique pour maintenir la propreté et le bon fonctionnement de l'équipement. Utiliser de l'alcool et des matériaux spécifiques assure que tous les résidus sont correctement éliminés. Ce nettoyage maintient la qualité des produits.
 - **ETAPE 08 : Line clearance :** Line clearance implique une inspection minutieuse des points morts de la machine à l'aide d'une torche pour s'assurer qu'aucun déchet ne reste. Cette étape est essentielle pour garantir que la machine est entièrement propre et prête pour le prochain lot de production. Line clearance doit être documenté dans le dossier de lot pour assurer la traçabilité.
 - **ETAPE 09 : Double check line clearance :** Comme le Line clearance est effectué par deux opérateurs, chacun doit vérifier le travail de l'autre. Cette double vérification assure que tous les déchets ont été correctement retirés et que la machine est complètement propre. Chaque opérateur documente leur vérification, renforçant ainsi la rigueur et la fiabilité du processus.
 - **ETAPE 10 : Finalisation de dossier de lot :** La finalisation du dossier de lot implique l'organisation de toutes les feuilles et la confirmation que le dossier est complet.
 - **ETAPE 11 : Logbook (documentation liée à la machine) :** Documenter le cleaning et tous les événements liés à la machine dans le logbook est essentiel pour maintenir un historique détaillé de l'utilisation de la machine. Cela inclut les interventions mécaniques, les ajustements et toute autre activité ayant un impact sur la machine pendant le BCO. Cette documentation aide à suivre l'état de la machine.
 - **ETAPE 12 : Batch log event (documentation liée au lot) :** Enfin, il est nécessaire de documenter tous les événements liés au lot dans le batch log event. Cela inclut le début et la fin du lot, les manques de matériel, les démarrages matinaux et les fermetures en soirée. Une documentation détaillée assure une traçabilité complète du lot, facilitant les audits et améliorant la gestion de la production.
- **BCO Start :** De même le BCO Start est composé des étapes suivantes :
- **Étape 01 : Collect BPR :** La première étape du processus de début de lot consiste à collecter le nouveau dossier de lot qui sera imprimé par le coordinateur SAP. Il est essentiel de confirmer que le dossier est complet, ce qui inclut la vérification de toutes les pages et sections nécessaires. Cette confirmation assure que toutes les informations requises pour la production sont disponibles et bien organisées dès le départ.
 - **ETAPE 02 : Organisation BPR :** Une fois le dossier de lot collecté, il doit être organisé dans un tableau (board) dédié. Ce tableau comporte des cases spécifiques pour chaque partie du dossier de lot, facilitant ainsi l'accès rapide aux différentes sections pendant la production. Une organisation claire et structurée du BPR permet d'éviter les erreurs et de rendre le travail plus efficace pour les opérateurs.
 - **ETAPE 03 : Cleaning, Line clearance et Double check line clearance :** Ces tâches seront effectuées comme dans la phase BCO End, mais uniquement lorsque nous ne sommes pas dans un cas de BtB, c'est-à-dire lorsque les opérateurs laissent la machine seule.
 - **ETAPE 04 : Entry control all PPM :** Avant de commencer la production, il est important de vérifier que la quantité de leaflets, labels, cartons, shipper boxes, et price

stickers entrée dans la ligne correspond à la quantité demandée. Cela implique de comparer la quantité indiquée dans le bon de commande avec la quantité réelle entrée. Cette vérification initiale garantit que les matériaux nécessaires sont disponibles en quantité suffisante.

- ETAPE 05 : Second entry control all PPM : Une deuxième vérification des quantités de toutes les matières premières doit être effectuée. Rechecker les quantités assure que toutes les matières sont correctement comptées et disponibles, évitant ainsi des interruptions potentielles lors de la production.
- ETAPE 06 : First enter data : Les informations relatives à la recette et les détails à imprimer sur les labels et price stickers, tels que le prix, la date, et les références du produit, doivent être entrées dans le système. Cette entrée de données initiale configure la machine pour la production et assure que tous les produits seront correctement étiquetés.
- ETAPE 07 : Second enter data : Pour garantir l'exactitude, un autre opérateur doit réentrer les mêmes informations dans le système. Cette redondance permet de vérifier et de valider les données, minimisant ainsi le risque d'erreurs d'impression sur les produits finaux.
- ETAPE 08 : Infeed all PPM : Les matières premières doivent ensuite être alimentées dans la machine. Les labels, bien que très difficiles à alimenter, doivent être insérés avec soin. Les shipper boxes, leaflets, cartons, et price stickers, bien que certains soient plus faciles à alimenter que d'autres, doivent également être insérés correctement.
- ETAPE 09 : Entry control stylos (pens) : Un contrôle d'entrée des stylos est nécessaire pour vérifier que la quantité entrée correspond à la quantité demandée dans le bon de commande. Cette vérification garantit que le nombre de stylos requis est disponible pour la production.
- ETAPE 10 : Second entry control stylos : Une deuxième vérification de la quantité de stylos doit être effectuée pour s'assurer de l'exactitude. Cette étape de double contrôle évite les interruptions potentielles dues à des quantités incorrectes de stylos.
- ETAPE 11 : Infeed stylos : Enfin, la machine doit être alimentée par les stylos, ce qui est relativement facile. Une alimentation correcte des stylos est essentielle pour maintenir la continuité de la production sans interruptions.
- ETAPE 12 : Archive sample : Un échantillon de produit doit être archivé à des fins de documentation et de contrôle qualité. Cet échantillon permet de conserver une référence de la production pour des audits futurs ou des vérifications de conformité. Documenter et conserver cet échantillon assure une traçabilité complète et une preuve de la qualité du lot produit.

Il existe trois types de changement de lot sur les lignes de production, chacun ayant des caractéristiques spécifiques et des implications distinctes pour les opérateurs et les processus :

- **Changement de lot avec le même produit** : Ce type de changement de lot se produit lorsque nous passons d'un lot de production d'un produit A à un autre lot du même produit A. Pour ce type de changement, nous distinguons deux cas :
 1. Back to back : dans ce cas, au moins un opérateur reste sur la ligne entre la fin du lot en cours (BCO End) et le début du nouveau lot (BCO Start).
 2. Not back to back : ici, tous les opérateurs quittent la ligne entre le BCO End et le BCO Start.
- **Changement de lot avec un changement de produit** : Ce type de changement

intervient lorsque nous passons d'un lot de production d'un produit A à un lot d'un autre produit B.

- **Changement de lot avec un changement de format** : Sur ce site de production, ils travaillent avec deux formats différents : 5 pièces par boîte et 2 pièces par boîte. Le passage d'un lot de production d'un format à un autre est considéré comme un changement de lot avec un changement de format.

Chaque type de changement présente des défis uniques et nécessite une préparation et une vigilance spécifiques de la part des opérateurs. En définissant clairement les procédures pour chaque scénario et en formant les opérateurs à ces tâches spécifiques, nous pouvons minimiser les temps d'arrêt et les erreurs. Les étapes permettent le passage d'un lot à l'autre, se diffère selon le cas exécuté de BCO. Les données ont été synthétisé dans l'annexe 1.2

Historique des BCO

Le processus du changement de lot a subi plusieurs modification vue les projets d'amélioration implémente depuis son lancement a l'instar du SMED qui a été implémente en Mai 2023 visant à optimiser ce processus. Cependant, ce processus dépasse toujours l'objectif fixé par la stratégie indiquant que ce dernier doit être exécuté en moins de 30 minutes. Pour décrire encore plus ce processus nous avons analysé son historique. Pour cela nous avons segmenté cette analyse selon les deux lignes du conditionnement.

Ligne S

Les deux histogrammes représentés dans la figure 1.18 montre la variation du temps de changement de lot par date et par lot pour la ligne S.

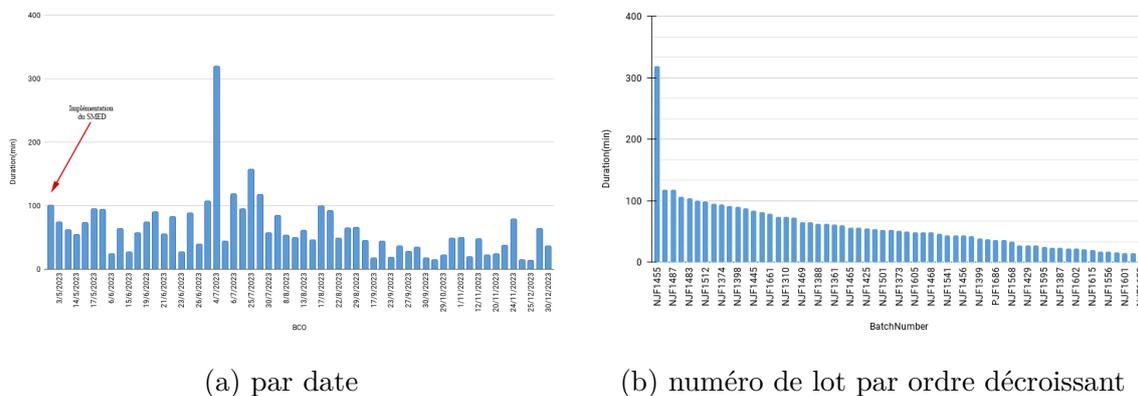


FIGURE 1.18 – Historique du BCO sur la ligne S par date et par numéro de lot.

Interprétation

- Il y a une grande variabilité dans les durées, avec des valeurs allant de très basses à des pics très élevés.
- Moyenne de la Durée : 58,69 minutes dépassant l'objectif fixé.
- Coefficient (moy/écart type) : 1,32 Un coefficient de variation de 1,32 reflète une instabilité significative vu qu'il dépasse la valeur 1, indiquant des processus irréguliers ou des interruptions fréquentes.

Ligne P

Les deux histogrammes représentés dans la figure 1.19 montre la variation du temps de changement de lot par date et par lot pour la ligne P.

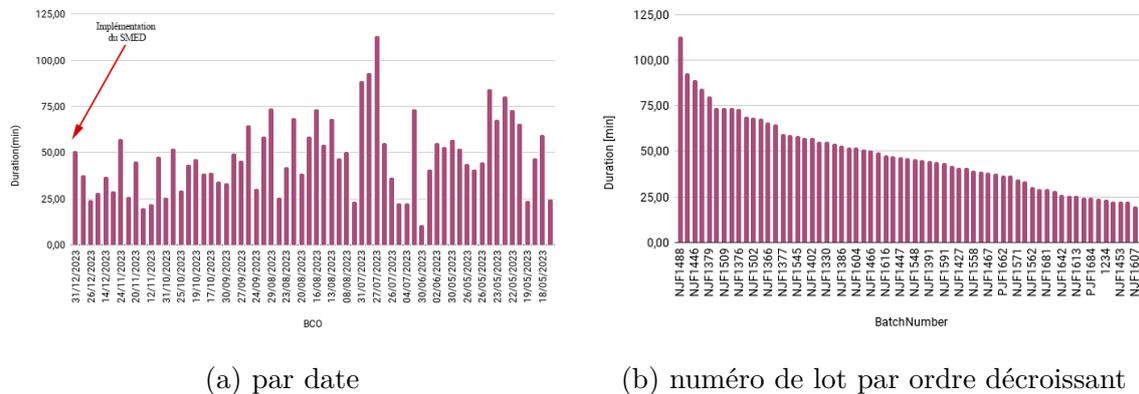


FIGURE 1.19 – Historique du BCO sur la ligne P par date et par numéro de lot

Interprétation

- Les durées varient également significativement selon les dates et les lots.
- Moyenne de la durée : 48,03 minutes dépassant l'objectif fixé.
- Coefficient (moy/écart type) : 2,36 ce qui reflète une instabilité significative. ce qui peut indiquer des processus irréguliers ou des interruptions fréquentes.

1.4.3 Énoncé de la problématique

Après le diagnostic mené sur les deux lignes du conditionnement, précisément sur le processus du conditionnement et celui du changement de lot nous avons constaté une grande variabilité du temps d'exécution de ce processus qui nous a mené à poser la question centrale suivante :

Comment peut on améliorer et standardiser le processus du changement de lot sur les deux lignes du conditionnement ?

Nous pouvons détailler en profondeur ce premier questionnement comme suit :

- Comment réduire continuellement le gaspillage afin de réduire le temps de changement de lot sur les deux lignes de conditionnement ?
- Comment réduire la variabilité du temps de changement de lot ?

La réponse à cette question fera l'objet de notre étude et sera présentée dans ce qui suit.

1.4.4 Méthodologie

Pour apporter une réponse à cette problématique, le lean management propose un éventail d'outils de rééquilibrage des lignes de production, à l'instar du SMED et du Yamazumi, qui figurent parmi les meilleures options pour ce type de problèmes. Cependant, comme mentionné auparavant, le SMED a déjà été implémenté comme une première action par l'équipe cLean. Par la suite, et après discussion avec les différentes parties prenantes, le choix s'est fixé sur l'utilisation du Yamazumi comme outil d'amélioration de processus.

Ce premier chapitre avait pour but de présenter le contexte et l'environnement de l'entreprise Novo Nordisk ou notre projet a eu lieu, ainsi que de donner une description des processus d'assemblage et de conditionnement. Par la suite, nous avons pu grâce au diagnostic, tirer la problématique qui serait traitée dans les prochaines parties de ce travail.

Chapitre 2

Etat de l'art

2.1 Introduction

Lors de ce chapitre, nous aborderons les notions liées à la problématique traitée dans ce projet. Nous allons tout d'abord introduire le Lean, le Lean management, le Lean Manufacturing ainsi que leurs outils. Ensuite, la méthodologie 8D qui sera utilisée dans ce projet sera abordée. Enfin, YAMAZUMI, sera expliquée en plusieurs points afin de pouvoir passer à son application.

2.2 Le Lean

Le Lean est un terme en anglais qui se traduit par rapide, agile, souple et vif. Il désigne un processus visant à accroître la valeur perçue par les clients, à améliorer les capacités des processus techniques et à favoriser l'émergence d'idées innovantes de la part des employés.

Lean est une philosophie de la gestion des opérations qui a pour objectif principal « éliminer le gaspillage en réduisant ou en minimisant simultanément la variabilité des fournisseurs, des clients et de l'entreprise » [25]

Ce serait une grande erreur de croire que Lean est synonyme de réduction de coûts et de suppression d'emplois. Il s'agit en réalité de créer de la valeur et de la croissance sans gaspiller inutilement les ressources disponibles et les efforts humains. Or, cela ne peut se faire que si chacun apprend à améliorer son travail et à résoudre les problèmes avec ses collègues, c'est-à-dire à apprendre à travailler ensemble autrement. Le Lean cherche à développer et faire progresser des êtres humains pour qu'ils apprennent à mieux travailler ensemble pour créer de meilleurs processus [17]

2.2.1 Origine et définition

La philosophie du « Lean Management » trouve son origine dans le Toyota Production System TPS, le système de production développé par l'entreprise Toyota, au début des années 1950, et rendu publique par ses ingénieurs Shigeo Shingo (1909–1990) et Ohno Taiichi (1912-1990) à travers la publication du livre « Toyota Production System :Beyond the large scale production» (Taiichi Ohno, 1978). Le concept Lean était exclusivement lié à Toyota jusqu'à la fin des années 1980, date à laquelle il a bénéficié des apports d'autres entreprises dans le monde entier,

échappant en cela à ses créateurs. Les principes de la méthode Lean furent popularisés pour la première fois dans un livre intitulé Lean Thinking (écrit par James P. Womack et Daniel T. Jones, en 1997) dans lequel le terme Lean est utilisé pour décrire essentiellement un processus de production industrielle.

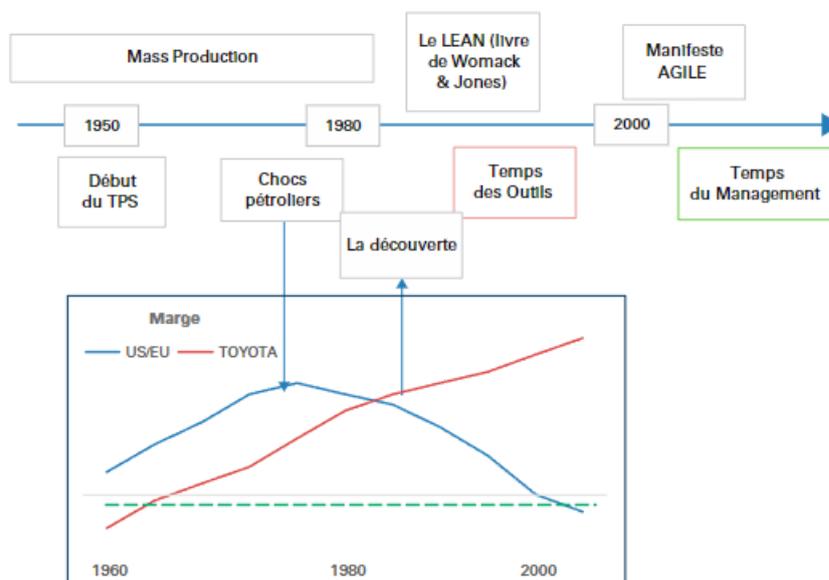


FIGURE 2.1 – Historique du Lean [9]

2.2.2 Les notions de base du lean

Les 05 principes du Lean

Les principes du Lean ne cessent d'évoluer, dans nos jours on compte déjà 14 principes dans la littérature mais seulement 5 sont les plus connus[5] :

- **Spécifier la valeur** : La valeur n'est définie que par le client final [17], la complexité de conception n'a lieu d'être que si elle ajoute de la valeur au client.
- **Identifier la chaîne de valeur** : La chaîne de valeur est toutes les actions nécessaires pour apporter un produit au client on distingue :
 - o Les activités à valeur ajoutée (VA) qui participent à la création de valeur
 - o Les activités à non-valeur ajoutée nécessaire (NVN) : il s'agit des tâches que le client ne veut pas payer mais qui demeurent néanmoins nécessaires à l'accomplissement d'une tâche à valeur ajoutée.
 - o Les activités à non-valeur ajoutée (NVA) : Qui ne créent pas de valeur et qui doivent être éliminées.

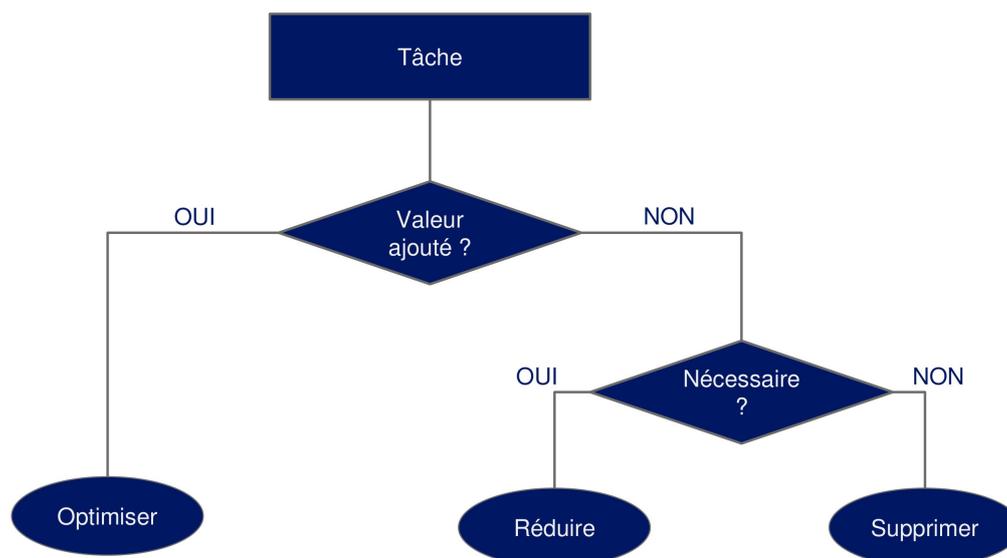


FIGURE 2.2 – Logigramme des classification des opérations

- **Favoriser l'écoulement du flux** : un flux de production ou un flux administratif s'écoule plus facilement dans un processus rectiligne où les opérations s'enchaînent sans perturbations et sans interruptions
- **Tirer le flux** : Mettre en place un système basé sur le tirage où le travail est déclenché par la demande du client pour éviter la surproduction.
- **Viser la perfection** : Rester dans la dynamique d'amélioration continue en cherchant de nouvelles idées d'amélioration et en pérennisant les progrès [12]

TPS : Toyota Production System

TPS est un système développé par le constructeur automobile Toyota pour organiser efficacement la fabrication et la logistique, y compris l'interaction avec les fournisseurs et les clients afin de minimiser les coûts et les gaspillages. Le système est également connu sous les termes plus génériques de "lean manufacturing" et "just-in-time production". Le système a été développé à partir de 1948 sous les influences majeures de Taiichi Ohno, Eiji Toyoda, Henry Ford et le Dr W. Edwards Deming.

Muda, Mura et Muri

Toyota a développé son système de production autour de l'élimination de trois ennemis du Lean qui sont : le Muda (gaspillages), le Muri (surcharge) et le Mura (irrégularités). [28]

Muda

Muda est un mot japonais qui se traduit par les gaspillages. Il décrit un concept d'être inutile ou inactif. Le concept selon lequel le Muda doit être éliminé dans un processus est un concept moteur du système de production Toyota et de la production au plus juste. Muda est une tâche

sans valeur ajoutée au sein d'un processus. Selon Taiicho Ohno, ingénieur en chef de Toyota, il existe sept Muda, ou ressources qui sont généralement mal utilisées et mal gérées :

- **Stocks** : c'est un mal nécessaire qui doit être réduit au plus près du néant sans affecter la précision de livraison du client. Dans les usines de production employant un flux « push », le gaspillage d'inventaire est un problème courant.
- **Transport** : ceci concerne tout déplacement de matériaux, de pièces, de produits, de documents, ou d'informations qui n'apportent pas de la valeur pour le client.
- **Mouvement inutile** : les opérateurs font des mouvements fatigants ou inutiles, comme chercher des pièces, des outils, des documents, etc. [21] Ils sont causés par une mauvaise ergonomie au poste de travail, de mauvais rangements, des désordres, une désorganisation dans le processus de fabrication.
- **Le temps d'attente** : concerne les personnes qui doivent attendre entre deux tâches ou deux étapes.
- **Traitement inutile** : est le fait d'effectuer des opérations qui n'apportent pas de valeur au produit ou qui ne sont pas demandées par le client.
- **La Surproduction** : c'est ce qui consiste à produire plus tôt, plus rapidement ou en plus grande quantité que ne le demande le client.
- **Erreurs** : est le fait de produire des pièces non conformes aux spécifications du client ou aux normes internes.
- **Non utilisation des talents** : est de ne pas utiliser pleinement les compétences et les talents des employés. Ce gaspillage est souvent négligé, mais peut être très coûteux en termes de motivation, d'idées et de créativité perdus.

Mura

Mura est un mot japonais qui signifie le type de gaspillage qui accompagne un flux de travail irrégulier, ce qui peut entraîner une perte de temps ou une diminution de l'efficacité lors de l'utilisation maximale des ressources humaines. Une seule tâche peut retarder l'ensemble d'un processus lorsque d'autres postes de travail attendent qu'une tâche soit terminée. Une situation quotidienne avec Mura est le coaching d'un nouvel employé. Chaque nouvel employé devrait se voir donner une période de test ou une formation adaptée pour son travail. Cependant, cela est souvent négligé dans les entreprises, car considéré comme une tâche moins importante.

Muri

Muri signifie un travail trop stressant ou épuisant qui finira par entraîner une perte d'équipement ou de ressources humaines. Un travail trop laborieux usera les machines plus rapidement que prévu. Un travail trop stressant a des conséquences similaires sur les gens. Une personne peut prendre une charge de travail plus élevée occasionnellement, mais ne peut pas continuer à cette cadence trop longtemps. Le stress est un bon facteur de motivation, mais il a un effet négatif sur une personne lorsqu'il persiste trop longtemps. Pour une entreprise, il est plus rentable d'employer suffisamment de personnes que de risquer de perdre du personnel qualifié pour un travail trop stressant.

2.2.3 Le Lean management et le Lean Manufacturing

Lean Management

Pour gérer une entreprise de manière efficace en améliorant progressivement certains processus, en maximisant la valeur et en réduisant les gaspillages, il existe une approche simple qui s'appelle Lean Management.

Le Lean Management est un concept auquel l'industrie manufacturière s'est familiarisée grâce aux travaux de Taiichi Ohno (« Toyota Production System », 1988) et de Womack, James et Roos (« La machine qui a changé le monde », 1990), tous deux cités dans le compte rendu historique de la gestion de la production Lean de Holweg (2007), et presque dans toute la littérature détaillant les aspects théoriques et pratiques du Lean. Depuis lors, le Lean a donné naissance à un nouvel ensemble de terminologies (principalement japonaises) qui sont maintenant courantes dans le secteur de la fabrication et des services, en tant que boîte à outils pour augmenter la productivité et la qualité tout en mettant l'accent sur la satisfaction du client.

Lean Manufacturing

La philosophie du Lean Manufacturing est également connue sous le nom de Lean Production. C'est un système d'organisation du travail qui se concentre sur l'amélioration du système de production. Cette méthode repose sur l'élimination des activités qui n'apportent pas de valeur ajoutée au processus ou au client. Ce gaspillage s'apparente aux tâches qui entraînent une surproduction, des temps d'attente élevés ou des défauts de produit

La différence entre le Lean management et le Lean Manufacturing

Le Lean Manufacturing se situe autour de la chaîne de production et vise à optimiser les méthodes de production. Il s'adresse donc aux opérationnels et aux ouvriers. Une optimisation Lean Manufacturing améliore la capacité de production.

Le Lean management se positionne sur les zones managériales. Il s'adresse principalement aux managers, au comité de direction. Une optimisation Lean management a donc pour rôle d'optimiser la stratégie commerciale et de fluidifier les méthodes de gestion de l'entreprise.

2.2.4 Le Lean laboratoire

L'approche du Lean Laboratoire vise à optimiser la performance des laboratoires impliqués dans le développement et le contrôle des produits, notamment dans le secteur pharmaceutique. Elle se concentre sur la réduction des tâches sans valeur ajoutée pour améliorer la qualité des médicaments, réduire les délais de développement et minimiser les coûts liés aux gaspillages. Cette méthode prend en compte trois paramètres essentiels pour satisfaire les besoins du client la qualité des produits et analyses, le temps de développement et le coût généré par les opérations de laboratoire. Qui sont représentés dans cette figure :

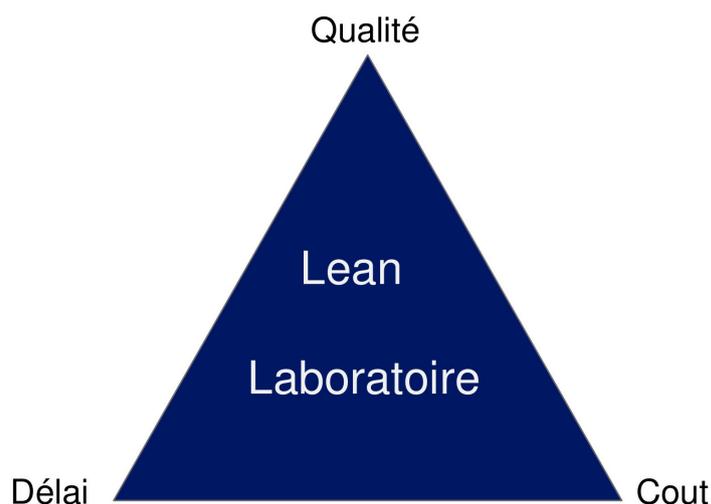


FIGURE 2.3 – Triangle de la performance

Les activités dans les laboratoires de contrôle sont très variées, un bon suivi de ces activités nécessite l'implémentation des bons KPI qui reflètent la performance du laboratoire. Un tableau de bord est une manière pratique pour le suivi de ces indicateurs en un coup d'œil. (Studer)

2.2.5 les outils du Lean

Les outils du Lean sont impliqués dans la dynamique du changement et dans sa conduite. Ces outils n'en demeurent pas moins des outils efficaces de conduite du changement durable avec des évolutions obtenues par paliers pouvant parfois donner lieu à des remises en cause profondes de l'organisation existante. Ils ont été conçus pour contribuer tous à l'amélioration continue. Ils ne constituent pas un modèle statique et universel. Ils forment plutôt un cadre général d'analyse qui permet d'appréhender le système de gestion de l'entreprise dans un contexte de plus en plus concurrentiel.

Les outils de productivité

PDCA

Cette méthode présente les 4 phases à enchaîner successivement afin de s'inscrire assurément dans une logique d'amélioration continue. L'idée étant de répéter les 4 phases : Plan, Do, Check, Act tant que le niveau attendu n'est pas atteint [3] Le PDCA a été inventé par un statisticien américain Walter A. Shewhart. Dans son livre « Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control », il précise que le processus de contrôle statistique est identique au processus de connaissances scientifiques et repose sur trois étapes : concevoir une hypothèse, mener une expérience, tester l'hypothèse pour atteindre une stabilisation. Ces trois étapes constituent un processus dynamique dans l'acquisition des connaissances scientifiques. Pour Shewhart, ces trois étapes servent aussi de base dans les processus d'amélioration continue des industries. En 1950, William Edwards Deming, également statisticien américain, a popularisé le principe de Shewhart, en présentant le cycle de Shewhart, désigné plus tard sous le nom de roue de Deming,

à l'organisation patronale japonaise. La roue de Deming appelée aussi PDCA est une théorie organisationnelle utilisée dans de nombreux domaines : sciences, management, qualité etc. C'est un cycle vertueux composé de quatre étapes :

- **Plan (Planifier)** : Dans cette étape, il s'agit de définir les objectifs à atteindre et de planifier la mise en œuvre d'actions. Préparer ce qui va être réalisé en identifiant les problèmes, en définissant les causes et en établissant un planning.
- **Do (Mettre en place)** : Dans cette étape, il s'agit de la mise en œuvre des actions correctives c'est-à-dire réaliser les actions planifiées en respectant les dispositions définies dans la première étape.
- **Check (Contrôler)** : Cette phase consiste à étudier les résultats en utilisant les indicateurs de performance. Et de vérifier l'atteinte des objectifs fixés lors de la première étape "Plan".
- **Act (Agir)** : Cette dernière étape consiste à standardiser ce qui a été mis en place et en fonction des résultats de la phase précédente prendre des mesures préventives

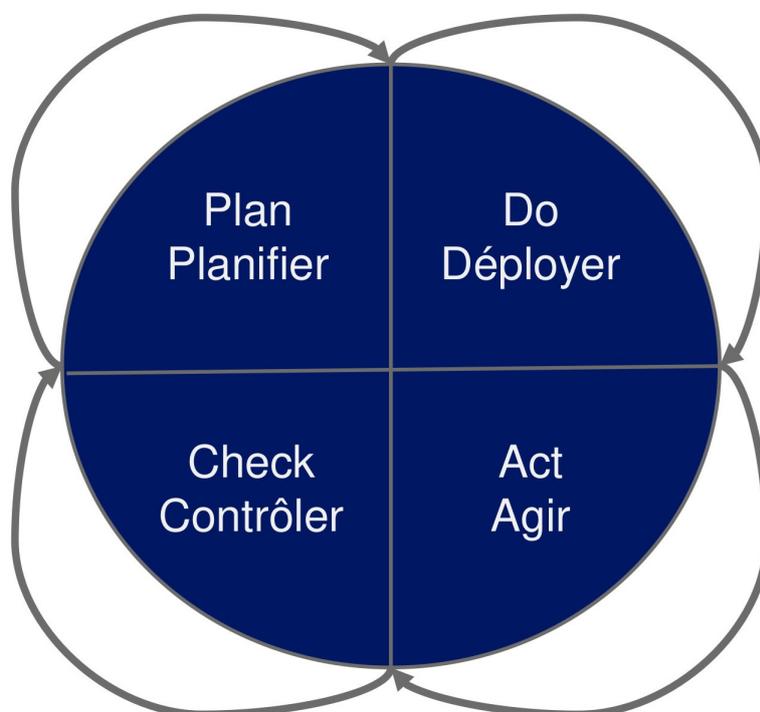


FIGURE 2.4 – la roue PDCA

5S

La méthode 5S tient son origine du Japon, et plus précisément des usines Toyota. Il s'agit d'une pratique managériale qui consiste à renforcer la démarche qualité de l'entreprise. Ainsi, la méthode 5S vise à améliorer les conditions de travail (organisation, sécurité, propreté, etc.) tout en économisant du temps [11]. Les 5 opérations fondamentales sont identifiées ainsi :

- **Seiri (Trier)** : Aussi nommée « supprimer l'inutile », cette étape complémentaire du nettoyage consiste à vider de l'environnement tous les éléments sans aucune plus-value. Tout ce qui gêne ou qui n'a aucun intérêt trouvera une meilleure place ailleurs. Il ne s'agit

pas non plus d'ôter toute touche artistique ou personnelle pour évoluer dans une sorte de prison. Les éléments artistiques et personnels représentent au contraire une plus-value car ils créent un environnement de travail plaisant et agréable. En revanche, la pile de carton près du mur à laquelle plus personne ne fait attention depuis 6 mois trouvera peut-être une destinée méritée ailleurs.

- **Seiton (Redresser)** : Chaque chose à sa place et une place pour chaque chose. Tous les outillages, objets, classeurs, ustensiles doivent avoir une place attitrée. Il peut d'agir d'une délimitation au sol, d'une panoplie détournée, d'armoires identifiées, de bureaux, de crochets au mur, etc. Encore une fois, il ne s'agit pas de se montrer extrémiste jusqu'à définir sur son bureau un emplacement unique pour la gomme. Il est question de pouvoir trouver rapidement les outils, classeurs d'usage courant, et surtout de ne pas laisser traîner ou oublier un objet dans un endroit indésirable (dans un appareil en maintenance ou chez un client par exemple). C'est de plus l'occasion de trouver une place adaptée et ergonomique pour les objets courants. Et éventuellement profiter d'adapter un système visuel permettant de lire facilement les prochains pas de maintenance ou les péremptions.
- **Seiso (Nettoyer)** : Il est toujours plus agréable de travailler dans un environnement propre. D'une part, on se sent mieux. D'autre part, un endroit propre appelle à rester propre, de la même façon qu'un endroit sale aura tendance à se dégrader car personne ne fera d'effort pour l'améliorer. Dernier avantage : un endroit propre est beaucoup plus « lisible » car on identifie plus facilement les modifications à apporter ou les défauts à corriger. Il est courant qu'une approche 5S commence par un grand nettoyage. La difficulté repose souvent dans la poursuite des étapes suivantes.
- **Seiketsu (Standardiser)** : Pour éviter que la nature reprenne ses droits, il est question ici de créer des standards, c'est-à-dire des plans, photos, procédures écrites ou visuelles pour officialiser les améliorations trouvées. Ces standards seront affichés au plus près des endroits concernés et connus de tous, de façon à maintenir la bonne organisation élaborée. Ces standards pourront bien entendu évoluer au fil du temps.
- **Shitsuke (Vérifier)** : Le dernier S prévoit des vérifications régulières du respect des standards et des principes édictés. Il peut s'agir d'une visite d'opportunité ou d'un audit périodique. L'objectif de cette étape est de garder l'esprit d'excellence et d'amélioration toujours vivant et le suivre.

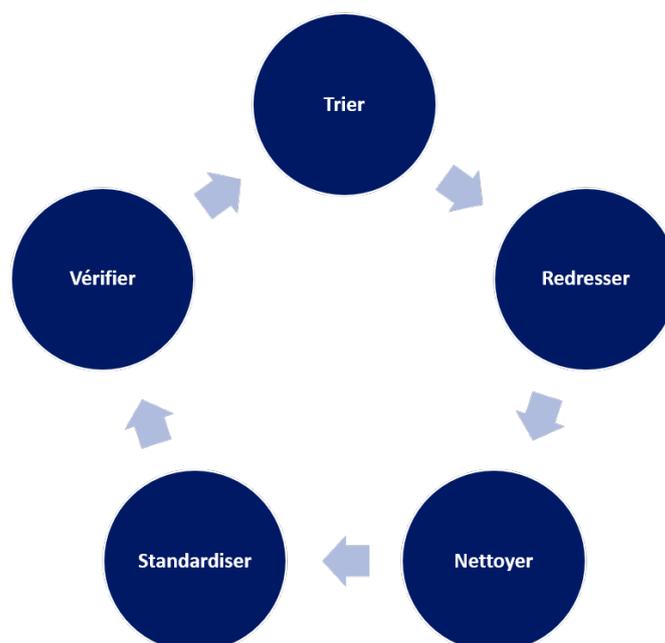


FIGURE 2.5 – les étapes du 5S

Single Minute Exchange Die (SMED)

Cet outil du Lean, d'abord utilisé pour réduire les temps de changement d'outillage, peut être employé pour flexibiliser tout processus productif ou administratif[8]. L'objectif est l'élimination progressive des stocks et l'amélioration de la productivité grâce à la mise en place d'une organisation réactive et flexible. L'objectif du changement rapide d'outillage est de réduire le temps de ce changement d'outillage à moins de dix minutes tels que Le temps de changement d'outillage est le temps écoulé entre la dernière bonne pièce d'une série et la bonne première pièce de la série suivante. Lors d'un changement d'outillage, on peut différencier deux types d'opérations :

- Les opérations internes sont impérativement effectuées machine arrêtée (monter et démonter les outillages, par exemple).
- Les opérations externes peuvent être effectuées pendant que la machine fonctionne (par exemple, sortir les outillages et les réintégrer au magasin).
- Les pertes doivent être éliminées

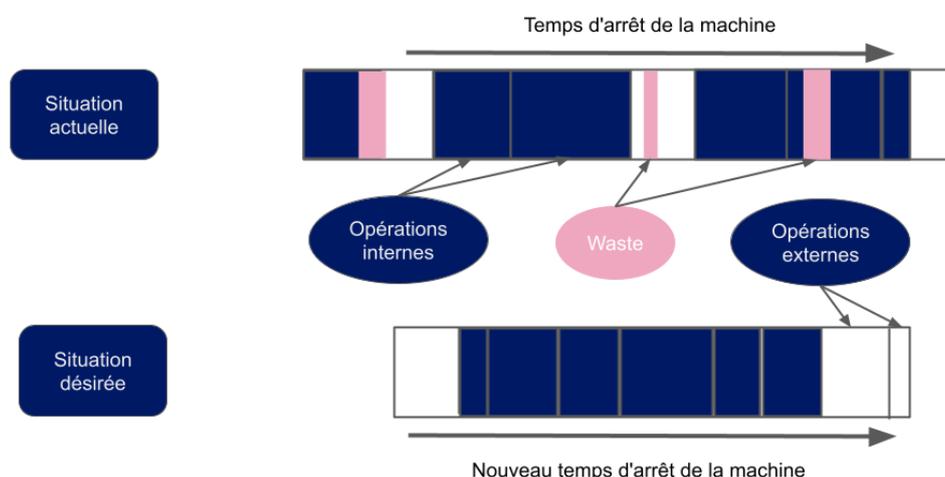


FIGURE 2.6 – SMED

La préparation d'un chantier SMED implique l'engagement de la direction, la mise en place de solutions rentables, et l'anticipation des changements organisationnels. Une personne est désignée pour superviser les plans d'amélioration. La préparation du matériel, telle que la mise à disposition d'équipements vidéo, est essentielle.

La mise en œuvre réussie du SMED se décline en plusieurs étapes clés :

1. Identifier les opérations du changement de format.
2. Analyser le temps de changement de format.
3. Extraire les opérations externes.
4. Convertir les opérations internes en opérations externes.
5. Rationaliser les opérations internes.
6. Rationaliser les opérations externes.
7. Le pilotage du plan d'action. [27]

Les outils du Management

La matrice R&R

La matrice des rôles et responsabilités (R&R) est un outil de gestion utilisé pour identifier les différentes parties prenantes impliquées dans un projet, ainsi que pour attribuer leurs rôles et responsabilités respectifs. Elle est représentée sous forme d'un tableau à deux colonnes : fonction, R&R.

TABLE 2.1 – Matrice R&R

Fonction	R&R
Partie prenante 1	Rôle et responsabilité
Partie prenante 2	Rôle et responsabilité
Partie prenante n	Rôle et responsabilité

QQOQCCP

C'est un outil qui cherche à rendre factuelle et exhaustive la description d'un problème. Il est simple et compréhensible de tous et permet sur toutes les dimensions du problème d'analyser une activité, de décrire une situation en adoptant une attitude interrogative systématique en posant les questions : Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Chaque réponse à chacune de ces questions peut être soumise à l'interrogation supplémentaire. Pourquoi ? Ces questions élémentaires sont très commodes pour mettre de l'ordre dans les idées. Elles sont utilisées à différents moments dans la démarche de résolution de problème. [13]

TABLE 2.2 – QQOQCCP

Question	Finalité
Quoi ?	Description du problème
Qui ?	Identification des parties prenantes (actrices et impactées)
Où ?	Identification du lieu d'occurrence
Quand ?	Spécification du moment d'occurrence, durée et fréquence
Comment ?	Analyse des procédures et des pratiques
Combien ?	Description des moyens et ressources engagées
Pourquoi ?	Description des causes sous-jacentes

Les 5 pourquoi

Lorsqu'on cherche à résoudre un problème, il est utile de commencer par le résultat final, de réfléchir à la cause de cela et de remettre en question la réponse cinq fois. Cette approche élémentaire et souvent efficace pour la résolution de problèmes favorise une réflexion approfondie par le questionnement, et peut être adaptée rapidement et appliquée à la plupart des problèmes. De la manière la plus évidente et la plus directe, la technique des 5 Pourquoi se rapporte au principe de la résolution systématique des problèmes. La technique a été développée par Sakichi Toyoda pour Toyota Industries Corporation[20]. Il existe trois éléments clés pour une utilisation efficace de la technique des 5 Pourquoi :

- Un énoncé précis et complet du problème.
- Une honnêteté totale dans les réponses aux questions.
- La détermination à aller au fond des problèmes et les résoudre.

Dans certains cas, la réponse au problème survient au bout de moins de 5 Pourquoi, dans d'autres, l'aboutissement à cette solution demande plus de questionnement.

Diagramme d'Ishikawa (5M)

La méthode 5M se présente sous la forme d'un diagramme dit « en arêtes de poisson » ou de « causes à effets ». Elle a été créée par K. Ishikawa en 1943. Cet outil permet de prendre en compte toutes les causes possibles d'un problème afin d'en tirer des conclusions. Il n'apporte pas de solutions, mais il permet d'ordonner le raisonnement[24] . Les causes sont classées en cinq familles :

- Matière : matières concernées, matières premières, articles de conditionnement, fournitures. . .
- Matériel : moyens, réglages, outillages, disponibilité machine, capacité machine. . .
- Main d'œuvre : ressources disponibles, formations, compétences. . .
- Milieu : perturbations liées à l'environnement telles que le bruit, la poussière, l'éclairage, la température, l'hygrométrie. . .
- Méthode : procédures, modes opératoires, consignes, communications. . .

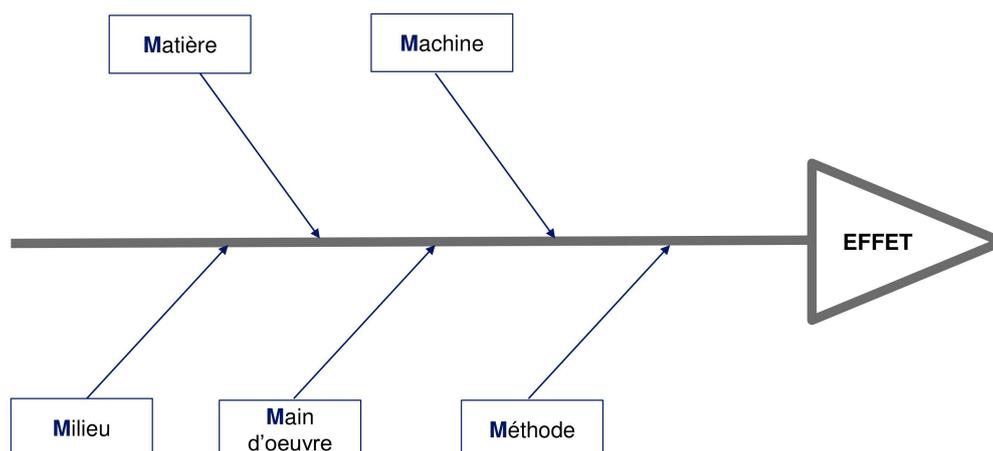


FIGURE 2.7 – Diagramme Ishikawa

Enfin, la hiérarchisation des causes est faite, grâce à des outils tels que le diagramme de Pareto, permettant de prioriser certains par rapport à d'autres.

Diagramme de Pareto

Cet outil permet de répertorier les causes d'un problème sous la forme d'un histogramme. Elles sont classées dans l'ordre décroissant en fonction de leur occurrence ou risque d'apparition. Par conséquent, à gauche sont présentées les causes avec les plus grandes fréquences de survenue et à droite celles avec les plus faibles occurrences.

Sur l'histogramme une ligne de cumul des pourcentages indique l'importance relative cumulée des colonnes. Cette ligne permet de prioriser les actions et montre l'intérêt de ne traiter que deux ou trois actions plutôt que la totalité. Ainsi, on estime que 80% des effets sont dus à 20% des causes : on parle de la loi des 80-20. C'est pourquoi, il suffirait de traiter ces 20% de causes pour obtenir une diminution significative du problème observé.[26]

1. La création d'un diagramme de Pareto suit plusieurs étapes :
2. La collecte des données existantes.
3. La classification de celles-ci par catégories.
4. Le calcul du pourcentage de chacune des données par rapport au total.
5. Le calcul des pourcentages cumulés de celles-ci.
6. L'élaboration du diagramme en ajoutant la courbe des pourcentages cumulés.
7. La priorisation des 20% de causes entraînant 80% des conséquences.

Brainstorming

Cet outil correspond à une méthode de résolution de problème participative s'appuyant sur la réflexion partagée entre les collaborateurs d'un projet et sur leur créativité. Le principe de cette démarche consiste à noter toutes les idées pour ensuite ne garder que les meilleures.[19]

L'utilisation de l'outil se découpe en quatre étapes :

1. Expliquer le processus et les règles à respecter aux participants. Notamment, il est nécessaire de préciser que les collaborateurs respectent les idées de chacun, qu'ils doivent laisser à leur imagination et qu'ils aient une ouverture d'esprit.
2. S'assurer que tous les participants aient compris le sujet à traiter. Le problème doit être expliqué de manière claire et précise.
3. Ecrire toutes les idées, idéalement, sur un tableau blanc à la vue de l'ensemble des participants. Ces propositions sont ensuite triées et celles similaires sont regroupées afin d'éliminer les doublons.
4. Conserver les meilleures idées, c'est-à-dire les plus pertinentes, celles ayant le plus fort impact ou celles étant les plus réalisables.

Toutes les idées proposées par les participants peuvent être ordonnées grâce, notamment, au diagramme d'Ishikawa.

Gemba walk

Le terme japonais Gemba se traduit par "le terrain réel" ou "la véritable place". Dans le contexte des méthodes de Lean et Six Sigma, la pratique de Gemba consiste en un outil commun visant à se rendre sur le lieu où la valeur est créée, c'est-à-dire sur le terrain. Cette pratique implique l'observation du processus, l'inspection de l'atelier et la communication avec les personnes impliquées afin de mieux comprendre les opérations en cours[7].

Lorsque vous effectuez des interviews en Gemba, il est essentiel d'aborder la situation sans préjugés et de poser des questions ouvertes pour permettre aux personnes interrogées de s'exprimer librement. Il est important de continuer à poser des questions jusqu'à ce que tout soit clair et de documenter les observations et les points clés en prenant des photos et des vidéos.

SIPOC

Acronyme de Supplier Input Process Output Customer est un outil couramment utilisé qui permet à travers une macro-description de comprendre le périmètre d'une investigation. C'est ce qui fait de lui un excellent préalable à la VSM [14]

Il évolue par une approche basée sur des questions et adopte la forme d'un tableau progressivement complété selon les étapes suivantes :

1. Compléter la case correspondante au processus P dans le tableau.
2. Enumérer les produits générés par chaque processus dans la case O.
3. Énumérer les clients et bénéficiaires dans la colonne C.
4. Recenser les intrants nécessaires à chaque processus dans la colonne I.
5. Indiquer les fournisseurs associés à chaque intrant dans la colonne S.

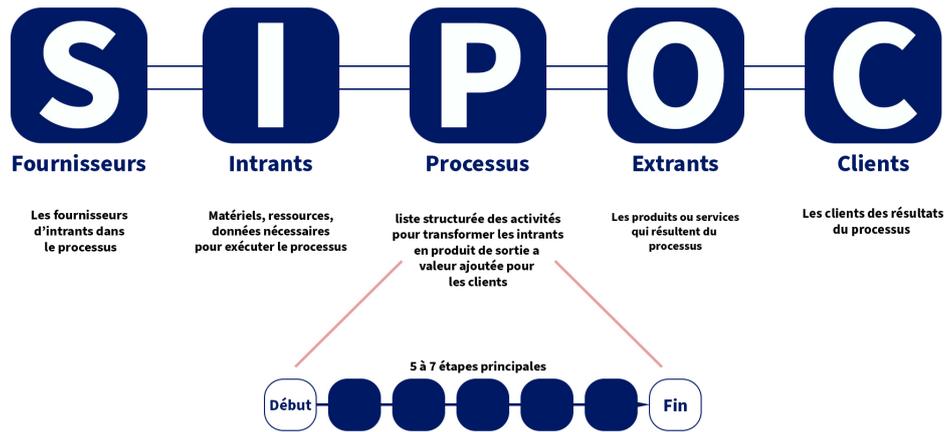


FIGURE 2.8 – SIPOC

VSM

Il s'agit d'un outil descriptif permettant d'analyser l'état actuel d'une chaîne de valeur à différentes échelles de perception. Une VSM consiste à retracer le flux physique des matières ou du produit tel qu'il est et non pas comme le prévoient les procédures. Cette schématisation s'accompagne systématiquement du flux d'informations correspondant afin de révéler les dysfonctionnements ou les goulots d'étranglement, et de ce fait désigner les gisements d'amélioration.

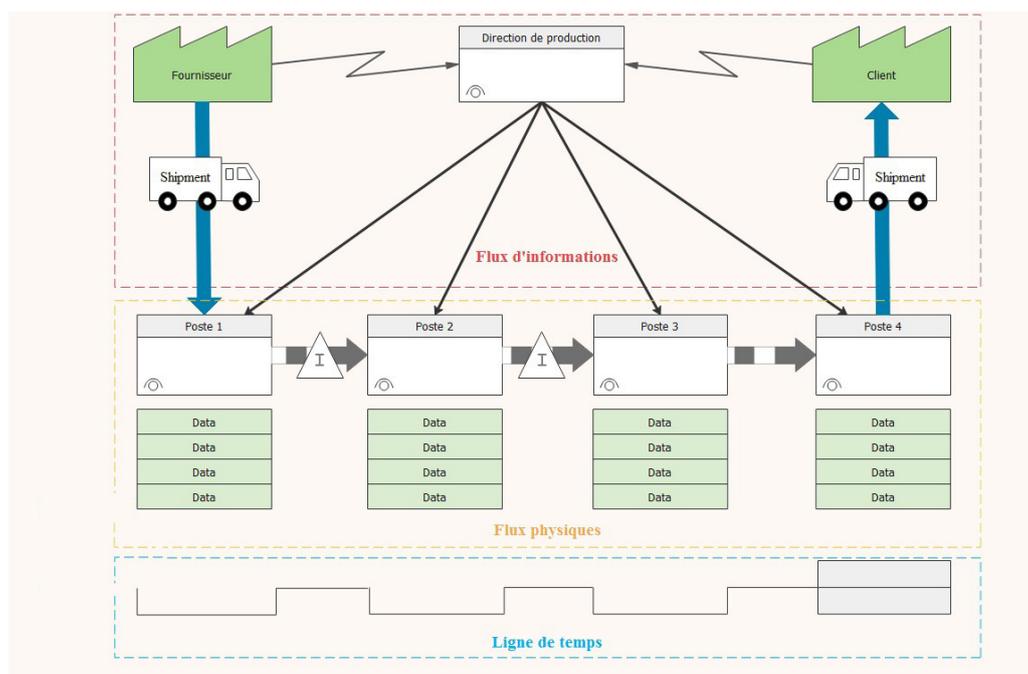


FIGURE 2.9 – VSM

Management visuel

Le management visuel, aussi appelé « Gestion et organisation par la vue », est une démarche du Lean Management reposant sur un ensemble de techniques de communication. L'objectif est de faciliter la transmission d'informations entre toutes les parties prenantes et pour chaque niveau hiérarchique. Ce concept permet de stimuler l'efficacité de l'entreprise et de ce fait améliorer la satisfaction client. Son efficacité opérationnelle est renforcée, son organisation est plus réactive, plus flexible, plus agile.

2.3 La méthodologie 8D

2.3.1 Définition de la méthode

La méthode 8D, appelée Eight Disciplines en Anglais, est un processus de 8 étapes à mener afin de résoudre les problèmes au sein d'une entreprise. Cette méthode constitue une démarche complète qui aide à trouver des solutions efficaces à tous les types de questions ainsi qu'à faciliter la prise de décision au sein d'une entreprise. Elle a pour but de standardiser et formaliser les procédures de gestion des problèmes inattendus au sein d'une organisation. C'est une méthode de réaction rapide face à un problème, qui s'applique dans le double objectif : d'assurer la continuité des flux et de trouver en même temps des solutions pour éliminer les causes racines du problème. Elle demande un travail collaboratif entre différentes équipes des fonctions logistiques[15]. Les solutions trouvées aux problèmes ponctuels sont continuellement améliorées et conservées en tant que modèle. Développée par Ford Motor Company (1987), la méthode 8D est performante car :

- C'est une démarche collaborative
- Elle s'appuie sur l'expérience des acteurs concernés.
- Elle fournit un cadre standard de résolution de problème
- Elle permet de remonter jusqu'aux causes profondes pour éviter que les problèmes ne réapparaissent
- C'est une méthode à mettre en œuvre dans tous les secteurs d'activité.

2.3.2 Les étapes de la méthode

Les 8 actions à entreprendre en cas de problème ponctuel sont les suivantes :

- **Action 1 : Préparation du processus 8D**

Il s'agit de mettre en place une équipe possédant les conditions suivantes : la connaissance, le temps, l'autorité et les compétences adaptées au problème : Les ressources à mettre en place dépendent de l'impact du problème sur l'entreprise.

L'équipe doit être pluridisciplinaire : ingénierie, méthodes, qualité, fabrication, achats, logistique, fournisseur, client, ...

L'équipe désigne un pilote, et on clarifie les objectifs et les responsabilités.

- **Action 2 : Description du problème**

Il est conseillé d'utiliser tous les outils et toutes les méthodes d'analyses disponibles, tant que le problème n'est pas complètement identifié :

- Qui, Quoi, Où, Quand, Comment, Combien et Pourquoi (QQOQCCP).
- Préciser les enjeux.
- Identifier les contraintes.
- Les cinq pourquoi (5P).
- Le diagramme d'Ishikawa (arête de poisson, 5M).
- Brainstorming
- Le diagramme de Pareto.
- Données statistiques.
- Données d'archives

En fin d'Action 2, le problème étant validé, il est nécessaire de confirmer la composition du groupe de résolution. La composition de ce groupe est un facteur essentiel au succès du 8D.

- Action 3 : Identification et mise en place des actions immédiates

L'objectif de cette étape est de définir les actions pour stopper le problème afin de satisfaire le client, en attendant la mise en place de solutions plus abouties. En cas d'urgence, cette action peut se faire préalablement à la constitution d'une équipe pluridisciplinaire. Elle consiste à :

- Définir des actions curatives (correction immédiate du problème).
- Implémenter les actions.
- Mesurer l'efficacité du plan d'actions mis en place. Quelques exemples d'actions immédiates :

Tris à 100%, inventaires, isollements, contrôles renforcés, aides visuelles, contrôle final.

- Action 4 : Identification des vraies causes du problème

Cette étape se fait de manière répétitive en émettant des hypothèses qui sont validées ou infirmées. Le point de départ est la définition du problème identifié à l'étape 2 ci-dessus. Il s'agit de :

- Identifier toutes les causes potentielles.
- Identifier les causes probables.
- Identifier les causes racines : vérifier les causes probables au regard des données disponibles sur le problème ou à l'aide de tests.
- Identifier les solutions possibles

Afin d'identifier les causes potentielles, différentes méthodes peuvent être appliquées :

- Brainstorming
- Diagramme d'Ishikawa
- Les "5 pourquoi ?"
- Etc.

- Action 5 : Validation des actions correctives permanentes

Cette action permet d'assurer que les actions correctives sélectionnées résolvent le problème et ne créent pas d'effets secondaires indésirables. Il est rare de pouvoir éliminer les causes d'un problème avec une seule action. Dans la plupart des cas, plusieurs actions devront être planifiées et coordonnées pour corriger les causes du problème et éviter ainsi sa récurrence. Pour ce faire, il faut :

- Identifier les délais et responsabilités du traitement
- Définir des critères permettant d'attester l'efficacité des actions correctives entreprises

- Action 6 : Implémentation des actions correctives permanentes

C'est l'étape qui aboutira à la mise en application des actions correctives suivant le plan et les orientations de l'équipe 8D. Elle contient les principaux points suivants :

- Révision de la composition de l'équipe afin de l'adapter aux compétences nécessaires.
- Planification de la mise en place des actions et suivi.
- Choix des critères de validation des solutions.
- Détermination des critères de choix pour valider les solutions :
 1. Coût
 2. Facilité de mise en œuvre
 3. Délai de mise en œuvre
 4. Participation des personnes concernées au choix de l'action
 5. Contraintes pour les personnes concernées
 6. Portée de l'action (nombre de problèmes résolus)
 7. Efficacité de l'action (suppression ou diminution du problème)

Après l'implémentation, suivi de l'évolution du problème afin de mettre en œuvre d'éventuelles actions supplémentaires. Après validation des actions correctives permanentes, suppression des actions immédiates.

- Action 7 : Prévention contre toute récurrence

Dans cette étape, on met à profit l'expérience accumulée pour vérifier si les mêmes actions pourraient générer des effets similaires sur des machines, processus, ateliers, produits, etc. Il s'agit de :

- Identification des possibilités de renouvellement du problème dans le futur ou à d'autres applications
- Recherche de l'existence de situations similaires dans d'autres systèmes, produits, processus, activités
- Définition des actions qui permettront au problème de ne pas se renouveler sur des produits ou opérations similaires
- Étude et choix des actions préventives pour les systèmes identifiés
- Actualisation de la documentation (procédures, instructions, modes opératoires, plans, formations, organigrammes).

- Action 8 : Félicitation des équipes de travail déployées

Dans cette dernière étape, on établit un bilan factuel sur un périmètre significatif et on présente ce bilan. Les efforts collectifs de l'équipe qui a participé au projet doivent être félicités. Il convient de clôturer la démarche en rappelant les principaux points de l'analyse :

- Les bonnes pratiques mises en œuvre et les moins bonnes
- Les résultats obtenus
- Les difficultés rencontrées

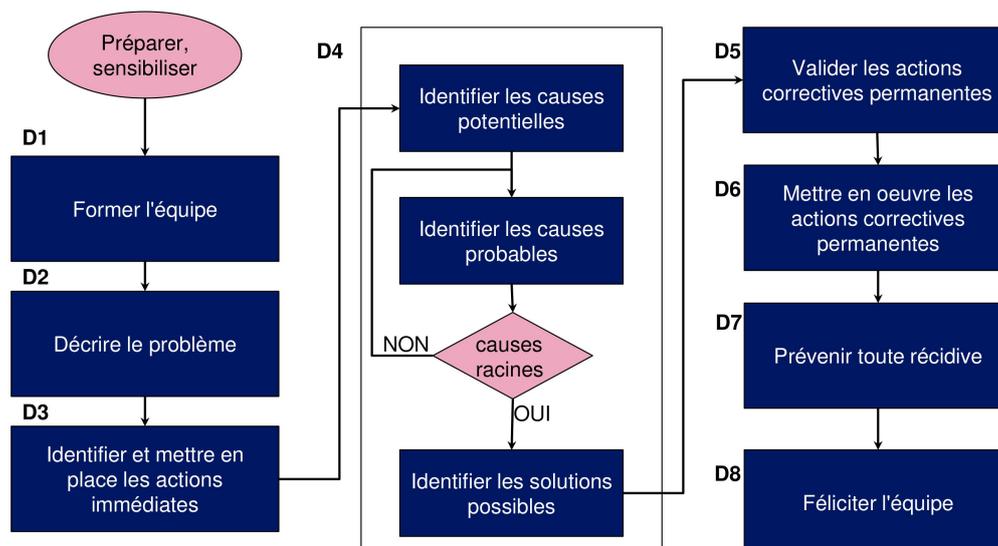


FIGURE 2.10 – La méthodologie 8D

2.4 Le Yamazumi

2.4.1 Définition

YAMAZUMI est un terme japonais qui désigne une technique de nivellement de la production utilisée dans le cadre de la production allégée. Il s'agit d'un outil de gestion visuelle qui permet d'équilibrer les charges de travail et d'optimiser la productivité dans un processus de fabrication.

Le mot YAMAZUMI signifie empiler, et c'est littéralement le principe de la méthode YAMAZUMI. Afin de faciliter la visualisation d'un processus de production, les tâches des opérateurs sont représentées les unes empilées sur les autres.

Le diagramme YAMAZUMI est un outil utilisé dans le cadre du Lean manufacturing, qui a été utilisé dès les années 1950 par les entreprises japonaises de fabrication automobile, comme Toyota, pour leurs activités d'équilibrage des lignes et d'optimisation des flux de travail. Il s'agit d'une approche visant à réduire les gaspillages et à maximiser la valeur ajoutée pour le client. Il permet de comparer le temps nécessaire pour accomplir chaque opération avec le rythme auquel un produit doit être fabriqué pour répondre à la demande du client, afin de repérer les écarts qui pourraient compromettre la performance du processus. En identifiant ces écarts, on peut prendre des mesures pour améliorer l'efficacité et la productivité de la chaîne de production[23].

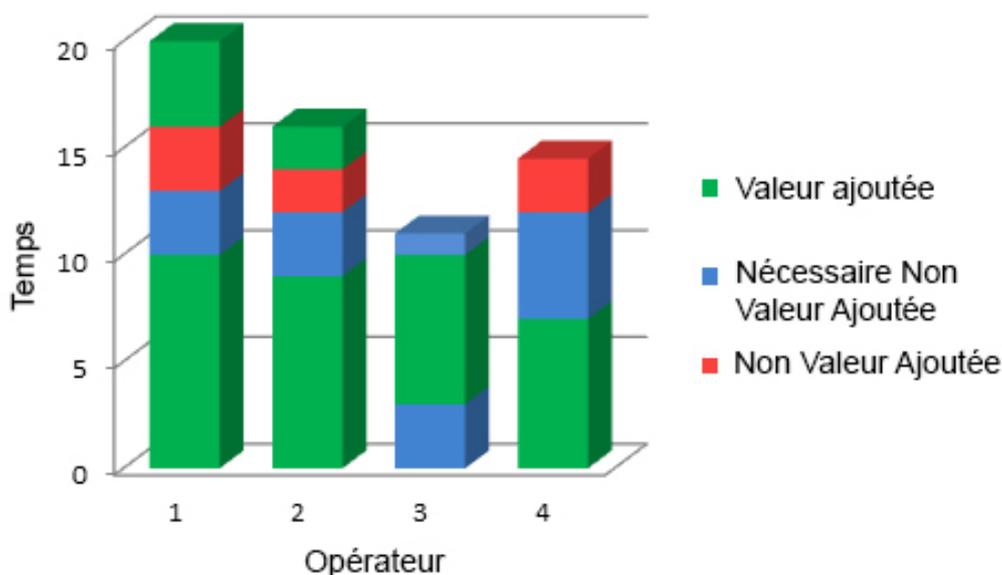


FIGURE 2.11 – Le diagramme Yamazumi

Donc un diagramme YAMAZUMI se présente sous la forme d'un graphique à barres empilées, où l'axe des abscisses représente les postes de travail ou les opérateurs, et l'axe des ordonnées représente le temps de cycle par poste ou par opérateur. Chaque bloc dans une pile représente une tâche dans ce poste ou par cet opérateur. Les tâches sont généralement codées par couleur pour indiquer si elles sont à valeur ajoutée ou sans valeur ajoutée :

- Vert pour les tâches à valeur ajoutée ;
- Rouge pour les tâches sans valeur ajoutée ;
- Bleu pour les tâches sans valeur ajoutée mais non supprimables, car nécessaires.

Les diagrammes Yamazumi sont utilisés pour cartographier le contenu du travail et les temps de cycle de chaque étape du processus, et pour identifier les domaines dans lesquels des améliorations peuvent être apportées afin d'éliminer les gaspillages et d'améliorer l'efficacité.

2.4.2 Les variables de l'outil

Lead Time

Le Lead Time est un indicateur de performance global qui indique le temps qui s'écoule entre le démarrage et la fin d'un processus, en prenant en compte tous les temps intermédiaires de stockage, de retouches ou d'attente. Il peut être divisé en plusieurs composants : le prétraitement, le traitement et le post-traitement. Cet indicateur est souvent utilisé dans les processus de production ou de logistique : pour prévoir et anticiper les délais de production ou de livraison [10]

La formule générale pour calculer le délai est la suivante :

$$LT = \text{Temps de prétraitement} + \text{Temps de traitement} + \text{Temps de posttraitement}$$

Cycle Time

En production, le temps de cycle désigne le temps qu'une équipe passe à travailler réellement à la production d'un article. En général, il désigne le temps moyen nécessaire pour terminer une unité dans un processus donné. Il est aussi défini comme temps nécessaire à la répétition d'une opération donnée [22]

La formule de calcul est donnée comme suit :

$$CT = \frac{\text{Temps disponible}}{\text{Nombre d'unités produites.}}$$

Takt Time

Takt de l'allemand désigne le rythme, le concept de Takt Time est utilisé dans la production Lean, il désigne le rythme que doit suivre le processus de production pour satisfaire toute la demande prévisionnelle [18]

Sa formule de calcul est la suivante :

$$TT = \frac{\text{Temps disponible}}{\text{Demande client.}}$$

Ces trois indicateurs sont utilisés pour déterminer le nombre d'opérateurs adéquat pour chaque processus en suivant cette formule :

$$\text{Nbr d'opérateur} = \frac{\text{Total process task time}}{\text{Takt time of the process} * 0.9}$$

L'interprétation des résultats de cette variable est donnée par le tableau suivant :

TABLE 2.3 – Interprétation des résultats de la variable Nbr d'opérateurs du Yamazumi

Résultat	Suggestion
<0.3	N'ajoute pas d'opérateur
[0.3 ; 0.5]	Réétudier le processus et l'améliorer par le biais de Kaizen dans le but d'éliminer les gaspillages.
>0.3	Ajouter si nécessaire, puis améliorer

2.4.3 Les étapes de mise en place

Dans le but d'entamer le projet YAMAZUMI, il est nécessaire de passer par plusieurs étapes :

1. Comprendre le processus : Acquérir une compréhension approfondie du processus pour identifier les problèmes potentiels.
2. Engager la communication avec l'atelier de production : échanger des idées avec les opérateurs et les ingénieurs pour recueillir leurs perspectives.
3. Déterminer le temps idéal : Identifier le temps optimal où chaque opérateur travaille avec une charge équilibrée, en tenant compte des déséquilibres actuels.
4. Collecter des données : Mesurer le temps de cycle et créer un diagramme pour visualiser le processus.

5. Analyser les pertes : Identifier les pertes en utilisant les concepts de valeur ajoutée (VA), non-valeur ajoutée (NVA) et bénéfique non-valeur ajoutée (BNVA).
6. Rassembler le personnel : organiser une réunion avec l'ensemble du personnel, y compris les responsables, pour partager les résultats et discuter des solutions potentielles.
7. Rééquilibrer les tâches et standardiser : ajuster la répartition du travail selon le plan établi et le standardiser pour une efficacité accrue.

Il est essentiel de faire la différence entre les étapes de préparation du projet YAMAZUMI et celles nécessaires à la création du diagramme YAMAZUMI. Pour créer un diagramme YAMAZUMI Il faut suivre toute une série d'étapes de préparation :

1. Définir l'objectif et le périmètre du diagramme YAMAZUMI.
2. Impliquer les parties prenantes du projet (les opérateurs, les ingénieurs. . .)
3. Déterminer le temps idéal du processus.
4. Collecter les données sur le temps de cycle des postes ou des opérateurs.
5. Classer les tâches en fonction de leur valeur ajoutée.

2.4.4 Du SMED vers YAMAZUMI :

Le SMED et le YAMAZUMI sont deux outils de Lean manufacturing, chacun avec un focus distinct pour optimiser les processus de production. Le SMED vise à réduire les temps de changement de lot de façon globale, permettant ainsi une production plus flexible et une réduction des stocks en diminuant les temps de préparation. Après avoir appliqué le SMED, le YAMAZUMI est souvent utilisé pour affiner l'analyse en détaillant les tâches individuelles au sein des processus. Cet outil aide à visualiser et à équilibrer la charge de travail entre les postes, identifiant précisément où les ressources sont nécessaires et où les goulots d'étranglement se produisent. En pratique, le SMED simplifie et rationalise les changements de lot, tandis que le YAMAZUMI permet une analyse plus détaillée pour optimiser chaque étape du processus de production.

2.4.5 Les avantages

L'outil YAMAZUMI est très plébiscité, au vu des nombreux avantages qu'il permet d'obtenir :

- Optimiser les processus de fabrication : Les responsables peuvent identifier quelles étapes d'un processus de fabrication prennent trop de temps ou de ressources, et ainsi apporter les changements nécessaires pour réduire les coûts et augmenter l'efficacité et la qualité.
- Améliorer les échanges : Les membres de l'équipe peuvent voir facilement quelles tâches prennent trop de temps ou d'énergie, l'information circule mieux au sein de l'entreprise.
- Planification de projet : Dans le cadre de la gestion de projet, les responsables peuvent utiliser le diagramme YAMAZUMI pour planifier chaque étape du processus et anticiper les problèmes potentiels.
- Suivi des performances : Cette méthode permet de mesurer les performances de différents processus ou tâches au fil du temps : un suivi nécessaire pour pouvoir apporter des améliorations et continuer à viser l'excellence opérationnelle.

2.5 Conclusion

Identifier les pistes d'amélioration de la productivité est donc devenu un enjeu stratégique pour les entreprises. Véritable différenciation concurrentielle, les lignes de production doivent être capables de répondre aux objectifs stratégiques en termes de productivité.

Ce chapitre nous a permis de présenter les outils conçus ou adaptés à l'amélioration de la productivité, en l'occurrence, le Yamazumi, que nous allons appliquer pour l'optimisation du temps de changement de lot, la méthodologie 8D pour piloter ce projet. Afin d'asseoir les concepts déjà exposés, nous proposons d'étudier dans le troisième chapitre « Contribution à la résolution de la problématique » et d'appliquer les outils développés dans ce chapitre.

Chapitre 3

Contribution à la résolution de la problématique

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous avons abordé les problèmes de gaspillage dans les deux lignes de conditionnement en formant un groupe de travail composé d'experts et d'opérateurs pour diagnostiquer l'état actuel des lignes. Ensuite, une analyse approfondie a été réalisée en utilisant le diagramme Yamazumi pour visualiser les étapes du processus afin d'identifier les pertes et les tâches non optimisées. Nous avons également exploré les ressources existantes et les technologies applicables pour améliorer le processus de conditionnement. Enfin, des recommandations ont été formulées pour optimiser l'efficacité et la productivité, avec des indicateurs de performance pour suivre les progrès réalisés.

Comme mentionné précédemment, ce projet a été piloté en suivant la démarche 8D.

3.2 D1 : Préparation du processus

La première étape de la démarche 8D consistait à constituer le groupe de travail. Le choix des membres du groupe projet était un élément critique pour la suite du projet. En effet, un mauvais choix d'équipe aurait pu retarder, bloquer ou même arrêter le projet. Le choix des membres de l'équipe s'est basé sur 3 critères :

- La motivation pour la réussite du projet
- L'apport technique et scientifique
- L'autorité décisionnelle

Le groupe projet était composé de six équipes, chacune étant représentée dans un tableau décrivant les rôles et les responsabilités de chaque équipe :

TABLE 3.1 – Matrice R&R

Fonction	R&R
Management	L'approbation du projet
Departement cLean	L'animation et le support du projet
Nous les stagiaires	L'implémentation et le suivi du projet
Opérateurs	Suggestion d'amélioration et l'exécution de changement de lot
Responsable de la production	Approuver les changements et assurer l'avancement des phases du projet
QA	Approuver les changements si nécessaire

3.3 D2 : Description du problème

Dans cette étape, nous nous sommes intéressés au cadrage de la problématique afin de bien cerner le projet.

3.3.1 Identification du projet

QQOQCCP

Une première identification du projet a été réalisée en utilisant le questionnaire QQOQCCP, qui est présenté dans le tableau. 3.2 :

TABLE 3.2 – Le questionnaire QQOQCCP

Questions	Réponses
Qui sont les personnes concernées par ce projet ?	les opérateurs de la ligne du conditionnement ainsi que l'équipe cLean.
De quoi s'agit-il ?	Amélioration et standardisation du temps de changement de lot .
Où cela se passe-t-il ?	Au niveau des deux lignes de conditionnement S et P au sein du site Flexpen Novo Nordisk Algérie.
Quand le problème a-t-il été identifié ?	Après que NOVO Nordisk ait décidé de réduire le temps de changement de lot dans les deux lignes de conditionnement.
Comment le problème a-t-il été identifié ?	Il a été remarqué lors des différents BCO que le temps diffère d'un changement de lot à un autre.
Pourquoi ?	Améliorer le fonctionnement de la ligne et la cadence de production en conséquence.

Les 05 pourquoi

Une deuxième étape d'identification a été réalisée grâce au questionnement avec l'outil des 5 Pourquoi, comme illustré dans le tableau 3.3 :

TABLE 3.3 – Les 05 pourquoi

Questions	Réponses
Pourquoi ?	L'objectif fixé par la stratégie n'est pas atteint
Pourquoi ?	La productivité des deux lignes de conditionnement n'est pas optimale
Pourquoi ?	Le temps total d'arrêts entre les lots est long
Pourquoi ?	La méthode d'exécution du changement de lot n'est pas standardisé
Pourquoi ?	Aucun projet de standardisation n'a été mis en place

Ce questionnaire, utilisant l'outil des 5 Pourquoi, nous a permis de conclure que l'absence de standardisation du processus de changement de lot est à l'origine du problème. Par la suite, nous avons formulé des hypothèses concernant les solutions potentielles.

Les hypothèses

La performance des deux lignes de conditionnement ne permet pas d'atteindre l'objectif qui leur est assigné, à savoir exécuter le temps de changement de lot en 30 minutes pour l'année 2024. Cette performance est entravée par une mauvaise organisation, exécution et ordonnancement des différentes tâches entre les opérateurs lors du processus de BCO. Les hypothèses suivantes ont été formulées pour gagner du temps :

- Standardiser le travail.
- Ordonnancer les différentes tâches du changement de lot.
- Simplifier les tâches complexes.

Cela implique l'élimination des gaspillages rencontrés pendant l'exécution et un meilleur contrôle global du processus.

Périmètre du projet

Le périmètre de ce projet est délimité par la zone de conditionnement dans ces deux lignes, à savoir la ligne S et la ligne P.

Voix du client VDC

Dans cette partie, le problème est exposé à l'aide de la VDC (Voix du Client). En effet, comparer la situation souhaitée par le client à la situation réelle permettra une analyse approfondie du

problème. Des entretiens avec les clients ayant le plus d'interactions avec la ligne de conditionnement ont permis de recueillir leurs attentes, exigences, ainsi que les problèmes rencontrés et les pistes d'amélioration. La VDC est présentée sous forme de tableau avec plusieurs colonnes. La première colonne répertorie tous les clients de cette ligne, qui sont des services recevant une information ou un produit, ayant pour origine l'une des deux lignes de conditionnement (comme des échantillons pour analyse ou des dossiers de lot, par exemple) ou demandant une certaine performance. Chaque client a des besoins traduits en exigences mesurables, détaillées dans l'annexe 1.3.

Identification des besoins clients

Grâce au CTQ, nous avons identifié les besoins des clients et les avons déclinés en termes de besoins, exigences et caractéristiques concernant le délai, la communication, l'efficacité et la qualité. Cela nous permet de bien comprendre les attentes des clients pour ce processus. Le tableau résumant cette identification se trouve en annexe 1.4.

Identification des causes potentielles

Pour analyser et catégoriser les dysfonctionnements détectés dans notre processus de changement de lot, nous avons eu recours au diagramme d'Ishikawa, aussi connu sous le nom de diagramme de causes à effet. Cet outil nous a permis de visualiser et d'organiser les causes potentielles de problèmes en les classant selon les 5M : Matière, Méthode, Milieu, Machine et Main d'œuvre. Ceci était présenté sur la figure.3.1 :

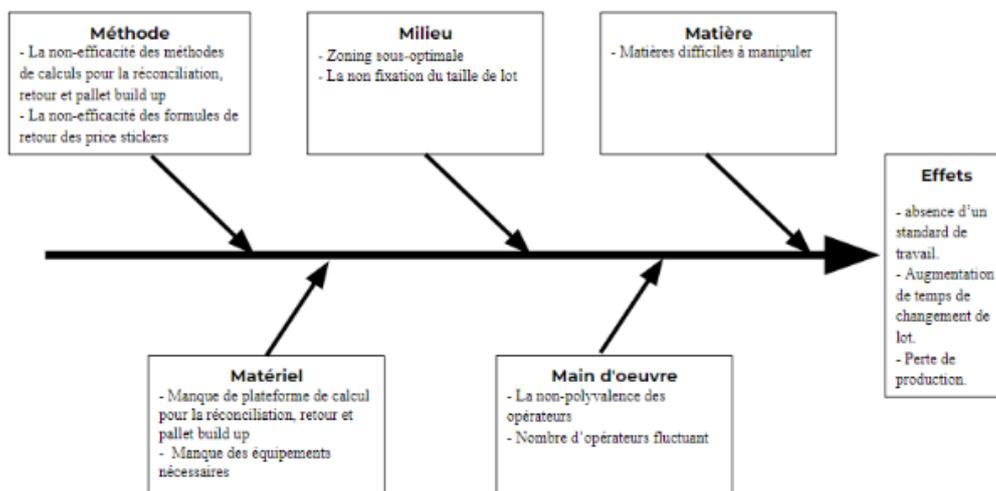


FIGURE 3.1 – Diagramme d'Ishikawa

De cette analyse, nous n'avons retenu que les causes profondes des retards durant les changements de lot sont :

1. La non efficacité des méthodes de calcul pour la réconciliation : les méthodes actuelles de calcul utilisées pour la réconciliation des stylos et des vignette sont inefficaces. Ces calculs sont souvent réalisés manuellement, ce qui les rend sujets à des erreurs humaines et prend un temps considérable.

2. La non standardisation des formules de retour et la non efficacité de celle de vignette : les formules utilisées pour le retour des matières, notamment les vignette, ne sont pas standardisées. Cela entraîne des incohérences et des retards, car les opérateurs rencontrent des difficultés avec les formules. De plus, les formules actuelles pour les vignette ne sont pas suffisamment efficaces, conduisant à des erreurs et à des pertes de temps.
3. La non polyvalence des opérateurs : les opérateurs manquent de polyvalence, ce qui limite leur capacité à effectuer différentes tâches de manière efficace. Cela peut entraîner des goulets d'étranglement lorsque certains opérateurs sont indisponibles ou surchargés, augmentant ainsi le temps de changement de lot.
4. La fluctuation du nombre d'opérateurs : Cette fluctuation cause des problèmes importants dans le processus de production. Lorsque le nombre d'opérateurs disponibles varie, cela peut entraîner des déséquilibres dans la répartition des tâches et affecter l'efficacité globale. Par exemple, un nombre insuffisant d'opérateurs peut ralentir le processus de changement de lot, augmenter la charge de travail individuelle et provoquer des retards. Inversement, un excès d'opérateurs peut entraîner une surallocation des ressources humaines, générer des périodes d'inactivité et réduire l'efficacité opérationnelle.
5. Manque d'équipement nécessaire sur la ligne durant le changement de lot : Il y a un manque d'équipement adéquat sur la ligne de production, notamment pour le cleaning, le line clearance, et l'activité de pallet build up. L'absence de ces équipements entraîne des temps d'attente et des inefficacités pendant les changements de lot.
6. Zonning non optimal : le zonage de la ligne de production n'est pas optimisé, ce qui entraîne des déplacements inutiles et une mauvaise organisation des espaces de travail. Cela cause des retards et une inefficacité pendant les changements de lot, car les opérateurs passent plus de temps à se déplacer et à chercher des outils ou des matériaux.
7. Matières difficiles à manipuler pour les opérateurs : Les matières difficiles à manipuler pour les opérateurs représentent un retard et une inefficacité sur la ligne de production, ils augmentent la complexité et le temps nécessaire pour effectuer chaque tâche. Les opérateurs peuvent avoir du mal à saisir, déplacer ou positionner correctement ces matériaux, ce qui peut entraîner des pauses fréquentes, des erreurs et une fatigue accrue. En conséquence, le flux de travail est perturbé, la productivité diminue et la qualité des produits peut être compromise.
8. La variation du taille de lot : les fluctuations dans la taille des lots, entraînent une série de complications. Par exemple, des lots plus petits peuvent ne pas justifier le temps et les ressources nécessaires pour effectuer un changement de lot complet, ce qui peut entraîner une utilisation inefficace du temps et des équipements. D'un autre côté, des lots plus grands peuvent exercer une pression excessive sur les ressources disponibles et les capacités, nécessitant des ajustements fréquents et imprévus dans la planification et l'exécution des tâches.

3.3.2 Management du projet

Risques et contraintes

Lors du déroulement de ce projet, il peut y avoir des risques et des contraintes qui ont le potentiel d'importuner le projet. L'ensemble des risques qui ont été identifiés est le suivant :

- La maîtrise du processus
- Adhérence aux deadlines
- Disponibilité de l'équipe de projet

Ces risques sont représentés selon les deux axes de la matrice des risques : l'axe des "x" représente la probabilité d'occurrence et l'axe des "y" représente la gravité de ces risques.

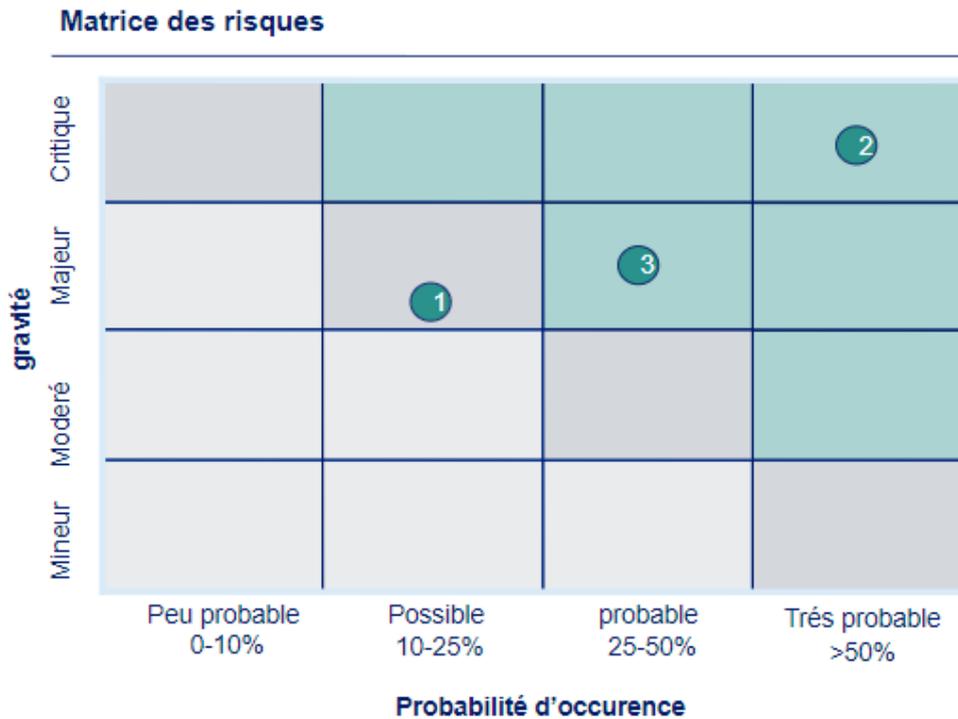


FIGURE 3.2 – Matrice des risques

Pour y faire face, un ensemble d'actions a été élaboré pour atténuer ces risques, listées ci-dessous :

1. assurer une très bonne introduction au processus
2. aligner le calendrier avec le propriétaire du projet
3. aligner l'allocation des ressources avec le propriétaire du projet

Ces actions vont influencer la gravité des risques identifiés précédemment. La figure 3.3 met en avant l'importance de ces actions.

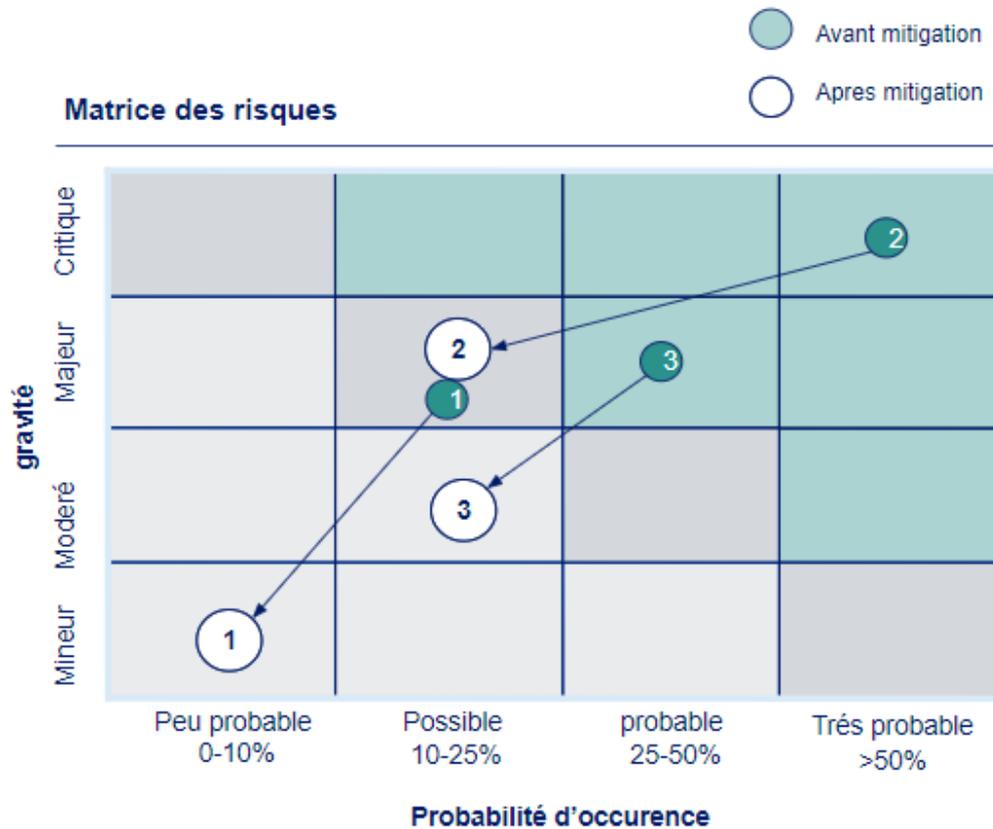


FIGURE 3.3 – Matrice des risques après mitigation

Charte de projet

Les informations récoltées lors de cette étape ainsi que celles sont consolidées dans la charte de projet. La direction a défini l'objectif principal de ce projet : réduire et stabiliser le temps de changement de lot sur les deux lignes du conditionnement au-dessous de l'objectif défini. La charte de projet a pour but de positionner le projet par rapport à ce qui est demandé. Elle contient une description précise du problème, des clients, de leurs besoins, et des caractéristiques mesurables, ainsi que des éléments relevant du management de projet comme les contraintes, le périmètre du projet et le planning de son exécution, ces informations sont résumés dans l'annexe 1.5

3.3.3 Cartographie du processus

Diagramme SIPOC

L'outil SIPOC a été réalisé afin de cartographier le processus de conditionnement au sein Flexpen, et de déterminer l'ensemble des intrants et des extrants ainsi que les clients et les fournisseurs de ce processus. Une représentation holistique de ce dernier sous forme de diagramme est présentée dans l'annexe 1.6.

BPMN

Le processus de changement de lot est cartographié de manière globale à travers un modèle BPMN suivant la norme représentée dans l'annexe 1.7, illustrant les interactions entre les divers intervenants impliqués dans ce processus. Les parties prenantes incluent :

- Les 3 opérateurs impliqués dans le changement de lot.
- Les techniciens et l'ingénieur IT.
- Le coordinateur SAP.

Le BPMN du processus de changement de lot est représenté dans l'annexe 1.8.

3.4 D3 : Identification et mise en place des actions immédiates

La troisième action dans la méthodologie 8D consiste à identifier des actions curatives immédiates qui peuvent diminuer le temps de changement de lot et qui sont urgentes. Elle est structurée comme suit :

3.4.1 Définir des actions curatives (correction immédiate du problème)

Durant notre présence dans les deux lignes, nous avons remarqué que pour le calcul de la réconciliation des vignettes, les opérateurs devaient :

- Faire sortir l'ensemble des boîtes rejetées qui se trouvent dans la cage des déchets.
- Séparer les boîtes avec des vignettes et celles sans vignettes de prix.
- Calculer les boîtes avec vignette une par une.

Face à cette situation, nous avons identifié deux actions correctives.

3.4.2 Implémenter les actions

Action 01 : Chantier 5S

Pour remédier au problème de séparation des boîtes, nous avons mis en place un bin dédié aux boîtes avec une séparation entre les boîtes avec et sans vignette, comme le montre la figure 3.5 :



FIGURE 3.4 – Bin dédié aux boîtes avec et sans vignette

Cette action a généré une nouvelle organisation de la ligne du conditionnement comme suit :

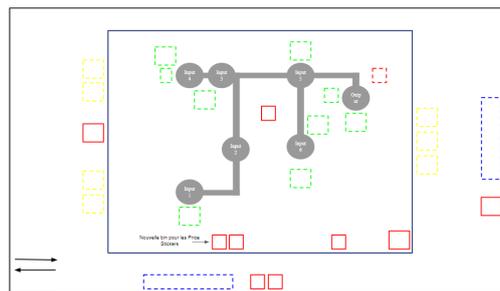


FIGURE 3.5 – Nouveau zonning des lignes après la mise en place du bin

Cette action immédiate a permis d'éliminer les deux premières tâches relatives à la réconciliation des vignettes. Cependant, la troisième tâche qui est le calcul de ces vignettes reste toujours un problème à régler, et pour cela une autre action a été prise.

Action 02 : Mise en place d'un tableau facilitant le calcul des vignettes

Face au problème de calcul, nous avons mis en place une solution immédiate permettant de calculer le nombre de vignettes au cours de la production sans attendre l'arrêt de la ligne pour le faire, et ce en installant un tableau dans la ligne contenant les informations suivantes :

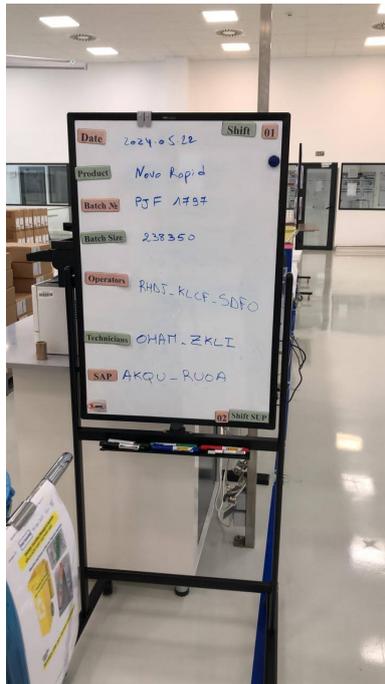


FIGURE 3.6 – Tableau des informations du lot

Les informations dans ce tableau sont :

- Date : la date d'aujourd'hui
- Produit : Identifier le type de produit en cours de conditionnement pour shift (équipe) actuel.
- Batch N : le numéro de lot en cours de conditionnement pour le shift actuel
- Batch Size : la taille du lot en cours de conditionnement pour le shift actuel
- Opérateurs : le numéro et les initiales des opérateurs du shift présent dans la ligne du conditionnement
- Techniciens : le numéro et les initiales des techniciens dans la ligne du conditionnement
- SAP : le coordinateur SAP présent dans la ligne
- **Quantité de vignettes rejetées** : La quantité de vignettes rejetés pour le shift actuel.

Après la mise en place de ce tableau, au cours de la production et à la fin de chaque shift (Handover) :

- L'opérateur retire les boîtes rejetées du bin dédié.
- L'opérateur vérifie si cette boite est avec vignettes ou non.
- Si la boîte ne contient pas un vignettes imprimé, il la mettra dans le bin dédié aux boites sans vignettes directement.
- Si la boîte contient un vignettes imprimé, l'opérateur met à jour le compteur des boîtes sur le tableau et renseigne l'heure.
- À la fin du lot, l'opérateur lit directement le nombre des boîtes avec vignettes rejetés pour calculer la réconciliation, comme mentionné dans le processus du changement de lot.

3.4.3 Mesurer l'efficacité du plan d'actions mis en place

L'ensemble de ces deux actions a permis de résoudre temporairement le problème de réconciliation des vignettes et de réduire la durée du changement de lot d'environ 4 minutes. En attendant de trouver les causes profondes à l'étape suivante.

3.5 D4 : Identification des vraies causes du problème

Pour pouvoir bien mener cette partie nous procédons à une analyse approfondie du processus BCO sur ses deux parties BCO Start et BCO End, nous avons structuré cette démarche comme suivant :



FIGURE 3.7 – La démarche d’analyse

3.5.1 Chronométrage des tâches :

Le chronométrage constitue une étape essentielle dans l’analyse des processus de changement de lot. Il s’agit de mesurer les durées des opérations élémentaires effectuées à chaque étape du processus. Les informations recueillies grâce au chronométrage fournissent des critères quantitatifs qui sont fondamentaux pour évaluer les performances actuelles, identifier les goulots d’étranglement et les sources de gaspillage, et ainsi un appui pour formuler des recommandations d’amélioration. Il s’agit d’un outil pour améliorer la performance opérationnelle.

Pour accomplir cette tâche de manière efficace et structurée, nous avons recours à un outil indispensable : le Process Chart

Process Chart

Date: Total: Batch nbr: Batch size:
 line: Operateur: Same product: Special case:

Step #	Activity description	Time total (seconds)	Operation	Transport	Inspection	Delay	Storage	VA, ENVA, NVA	
			i	ð	**	D	S	Value Category	Inputs, outputs, rejection points, remarks, ...
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Count:			0	0	0	0	0		
Time per process step:			0	0	0	0	0		
Total VA			Total NVA		Total ENVA		0		
VA Time			NVA Time		ENVA Time		0		
Distance traveled			Lead Time		VS Ratio		0		

Guidelines:
 A Process Chart is a table illustrating the sequence of actions within a process.
 1st: List all activities within the process.
 2nd: Identify the type of activities (operation, transport, inspection, delay or storage). Use only the character "X" under the symbols to identify the type of activity.
 3rd: Classify each activity into value added, non-value added or essential non-value added (ENVA).

FIGURE 3.8 – l’outil Process Chart utilisé pour le chronométrage

Le Process Chart est un document de suivi détaillé utilisé directement sur le terrain pour chronométrer chaque étape des opérations de production. Il permet de recueillir des données de manière systématique et organisée, facilitant ainsi l’analyse des temps d’exécution. Grâce à cet outil, nous pouvons identifier les sources de gaspillage, évaluer la performance des différentes étapes.

Nous avons ensuite collecté les données chronométrées des différents changements de lot et les avons regroupées dans le tableau figurant dans l'annexe 1.9

3.5.2 Diagrammes YAMAZUMI et interprétation :

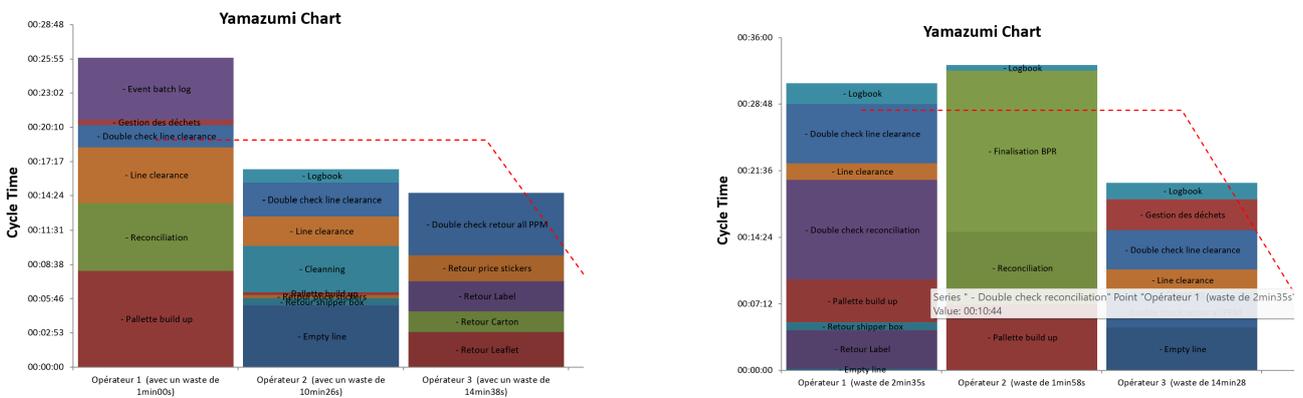
Afin de visualiser l'ensemble des données collectées et classifiées nous avons fait recours au diagramme YAMAZUMI. De ce fait, pour chaque BCO End (Start) nous représentons les tâches effectuées par chaque opérateur avec leurs classifications, nous mentionnons ainsi la perte de temps engendrée par chaque opérateur à côté de son identifiant. L'ensemble des diagrammes sont regroupés par BCO End et Start comme le montre les figures. Ces diagrammes sont représentés et interprétés dans la partie suivante.

3.5.3 Interprétations et remarques :

Afin d'analyser les dysfonctionnements nous avons analysé les BCO un par un, nous regroupons ces remarques par partie du BCO c-à-d BCO End et BCO START.

BCO End

Les figures suivante representes les diagrammes YAMAZUMI pour les BCO End.



(a) S 24/04/2024

(b) S 20/05/2024

FIGURE 3.9 – Diagrammes Yamazumi des BCO End ligne S

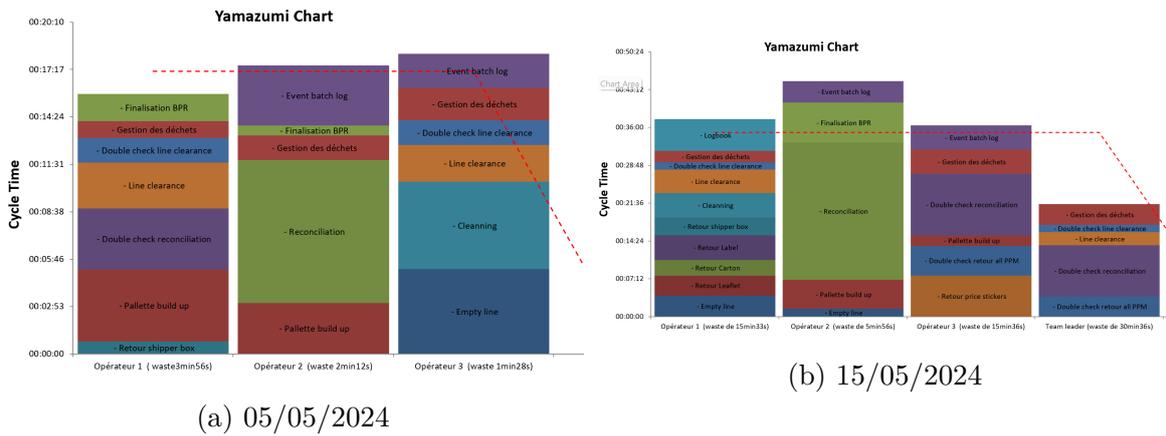


FIGURE 3.10 – Diagrammes Yamazumi des BCO End ligne P

Pour l'ensemble de ces BCO, nous avons pu relever plusieurs remarques.

BCO End 24/04 sur la ligne S :

- Le BCO a duré 27 minutes
- Une disparité significative dans le temps de gaspillage a été observée entre les trois opérateurs.
- Les activités de réconciliation, de pallet build up, de retour des matières et de double check retour étaient chronophages.
- Un déséquilibre dans la répartition des tâches a été constaté, engendrant une surcharge de travail pour certains opérateurs.
- L'exécution des tâches manquait de coordination et se déroulait de manière désorganisée.
- Des écarts de durée ont été relevés dans la réalisation du line clearance et du double check line clearance entre l'opérateur 1 et l'opérateur 2.
- Les role cards n'ont pas été respectées de manière rigoureuse.
- Certaines tâches ont été exécutées en dehors du BCO, alors qu'elles auraient dû être intégrées à ce processus.

BCO End 05/05 sur la ligne P :

- Le BCO a duré 19 minutes.
- Une disparité dans le temps de gaspillage a été constatée entre les trois opérateurs.
- Les activités de réconciliation, de pallet build up, Empty line et de cleaning se sont révélées particulièrement chronophages.
- Le calcul de retour des matières n'a pas été effectué en raison de la nature "BCO Same product" de l'opération.
- L'exécution des tâches manquait de coordination et de synchronisation, notamment pour le pallet build up et les finalisations BRP, réalisés par deux opérateurs différents.
- Des écarts de durée ont été observés dans la réalisation du line clearance et du double check line clearance entre les opérateurs 1 et 3.
- Les role cards n'ont pas été suivies conformément aux consignes.
- Certaines tâches ont été exécutées en dehors du BCO, alors qu'elles auraient dû être intégrées à ce processus

BCO End 15/05 sur la ligne P :

- Le BCO a duré 53 minutes
- Le BCO était réalisé par 3 opérateurs, avec la participation active du team leader collaborant avec son équipe.
- Une disparité significative dans le temps de gaspillage a été observée entre les opérateurs.
- Les activités de réconciliation et de pallet build up se sont révélées particulièrement chronophages.
- La répartition déséquilibrée des tâches a engendré une surcharge de travail pour certains opérateurs.
- Certaines activités, notamment le pallet build up et la réconciliation, ont été exécutées de manière désorganisée et non synchronisée, impliquant plusieurs opérateurs simultanément.
- Des écarts de durée ont été constatés dans la réalisation du line clearance et du double check line clearance entre l'opérateur 1 et le team leader.
- Les role cards n'ont pas été respectées conformément aux consignes établies.
- L'ensemble des tâches a été effectué dans le cadre du BCO.

BCO End 20/05 sur la ligne S :

- Le BCO a duré 34 minutes
- Une disparité significative dans le temps de gaspillage a été constatée entre les opérateurs.
- Les activités de réconciliation, de pallet build up et de finalisation du BPR se sont révélées particulièrement chronophages.
- La répartition déséquilibrée des tâches a engendré une surcharge de travail pour certains opérateurs.
- Certaines activités, notamment le pallet build up et la réconciliation, ont été exécutées de manière désorganisée et non synchronisée, impliquant simultanément plusieurs opérateurs.
- Des écarts de durée ont été observés dans la réalisation du line clearance et du double check line clearance entre les opérateurs 1 et 3.
- Les role cards n'ont pas été respectées conformément aux consignes établies.
- Certaines tâches ont été effectuées en dehors du cadre du BCO, alors qu'elles auraient dû être intégrées à ce processus.

Synthèse des remarques pour les BCO End

En moyenne le BCO End se fait en 33 minutes, et pour ces BCO nous avons regroupés les remarques relevés sur les BCO End dans le tableau 3.4

TABLE 3.4 – Synthèse des remarques des BCO End

Catégorie	Observations
1. Structure du BCO	- BCO réalisé par 3 opérateurs avec participation active du shift leader dans quelques cas, qui induit un déséquilibre
2. Gaspillage de temps	- Disparité significative dans le temps de gaspillage entre les opérateurs
3. Activités chronophages	- Réconciliation, Pallet build, Retour des matières, Double check retour, Empty line, Cleaning, Finalisation du BPR
4. Répartition des tâches	- Déséquilibre constaté, Surcharge de travail pour certains opérateurs
5. Coordination et synchronisation	- Manque de coordination, Exécution désorganisée (notamment pallet build up, réconciliation, finalisations BRP)
6. Écarts de durée	- Différences observées dans la réalisation du line clearance et du double check line clearance entre opérateurs et team leader
7. Respect des role cards	- Non-respect des consignes établies
8. Exécution des tâches	- Certaines tâches exécutées hors BCO - Dans un cas, toutes les tâches effectuées dans le cadre du BCO
9. Cas particulier	- Absence de calcul de retour des matières pour "BCO Same product"

BCO START

Les figures suivante representes les diagrammes YAMAZUMI pour les BCO End.

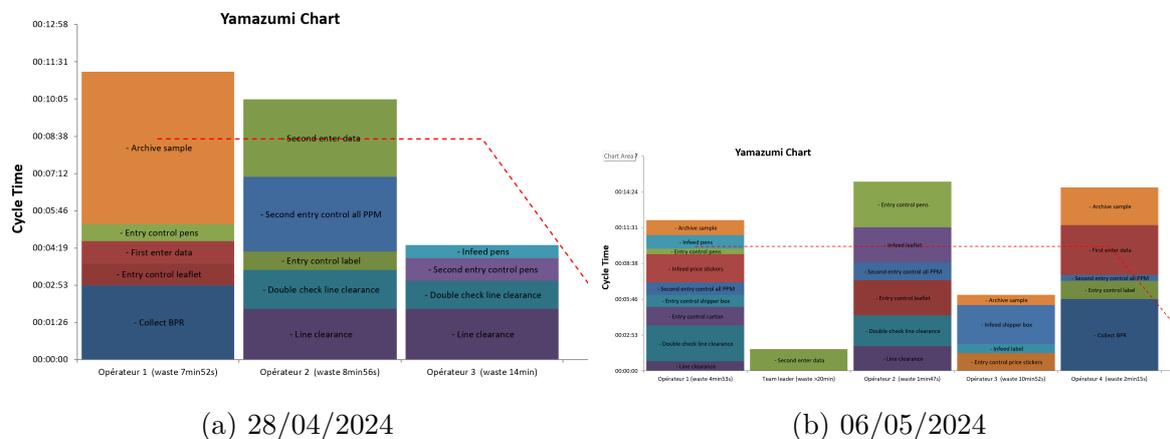
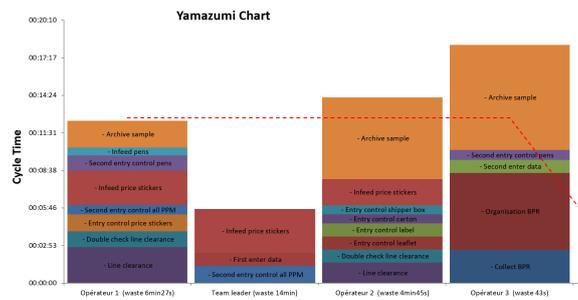


FIGURE 3.11 – Diagrammes Yamazumi des BCO Start ligne S



(a) 05/05/2024

FIGURE 3.12 – Diagramme Yamazumi des BCO Start ligne p

Pour l'ensemble de ces BCO, nous avons pu relever plusieurs remarques.

BCO Start 28/04 sur la ligne S :

- Le BCO a duré 19 minutes
- Une disparité significative dans le temps de gaspillage a été observée entre les trois opérateurs.
- Les activités : Archive Sample, de collecte des BRP et d'entry control des matières se sont révélées particulièrement chronophages.
- La répartition déséquilibrée des tâches a engendré une surcharge de travail pour certains opérateurs.
- L'exécution des tâches s'est déroulée de manière désorganisée et non synchronisée.
- Un écart notable de temps d'exécution a été constaté entre le first enter data et le second enter data parmi les opérateurs, malgré la similarité de ces tâches.
- Les role cards n'ont pas été respectées conformément aux consignes établies.
- Certaines tâches ont été effectuées en dehors du cadre du BCO, alors qu'elles auraient dû être intégrées à ce processus.

BCO Start 05/05 sur la ligne P :

- Le BCO a duré 19 minutes
- Une disparité notable dans le gaspillage de temps a été observée entre les trois opérateurs, avec l'intervention du team leader collaborant avec ses opérateurs.
- Les activités telles que l'archive sample, la collecte et l'organisation des BPR, ainsi que l'entry contrôle des matières, se sont révélées particulièrement chronophages.
- Un déséquilibre des tâches a été constaté, entraînant une surcharge de travail pour certains opérateurs.
- L'exécution de certaines tâches, comme l'archive sample, s'est déroulée de manière désorganisée et non synchronisée.
- Il y avait une différence significative dans les temps d'exécution du line clearance et du double check line clearance entre l'opérateur 1 et l'opérateur 2.
- Les role cards n'ont pas été respectées conformément aux consignes établies.
- Certaines tâches ont été effectuées en dehors du cadre du BCO, alors qu'elles auraient dû être intégrées à ce processus.

BCO Start 06/05 sur la ligne S :

- Le BCO a duré 18 minutes
- Une disparité notable dans le gaspillage de temps a été observée entre les quatre opérateurs, avec l'intervention du shift leader collaborant avec ses opérateurs.
- Les activités telles que l'archive sample, la collecte et l'organisation du BPR, ainsi que l'entry contrôle des matières, se sont révélées particulièrement chronophages.
- Un déséquilibre des tâches a été observé, entraînant une surcharge de travail pour certains opérateurs.
- L'exécution de certaines tâches, comme l'archive sample et l'entry control, s'est déroulée de manière désorganisée et non synchronisée.
- Des différences de temps ont été relevées dans l'exécution du line clearance et du double check line clearance entre l'opérateur 1 et l'opérateur 2.
- Une différence notable dans le temps d'exécution entre le first enter data et le second enter data a été observée entre les opérateurs, bien qu'il s'agisse de la même tâche.
- Les role cards n'ont pas été respectées conformément aux consignes établies.
- Toutes les tâches ont été effectuées pendant le BCO.

Synthèse des remarques pour les BCO Start

En moyenne le BCO End se fait en 18 minutes, et pour ces BCO nous avons regroupés les remarques relevés sur les BCO Start dans le tableau 3.5

TABLE 3.5 – Synthèse des remarques des BCO Start

Catégorie	Observations
1. Structure du BCO	- BCO réalisé par 3 ou 4 opérateurs avec participation active du team leader ou shift leader, entraînant parfois un déséquilibre
2. Gaspillage de temps	- Disparité significative dans le gaspillage de temps entre les opérateurs
3. Activités chronophages	- Les activités telles que l'archive sample, la collecte et l'organisation des BPR, ainsi que l'entry contrôle des matières se sont révélées particulièrement chronophages
4. Répartition des tâches	- Déséquilibre des tâches constaté, entraînant une surcharge de travail pour certains opérateurs
5. Coordination et synchronisation	- Manque de coordination, exécution désorganisée et non synchronisée de certaines tâches comme l'archive sample et l'entry control
6. Écarts de durée	- Différences de temps observées dans l'exécution du line clearance et du double check line clearance entre les opérateurs, et également entre le first enter data et le second enter data, bien qu'il s'agisse de la même tâche
7. Respect des role cards	- Non-respect des consignes établies concernant les role cards
8. Exécution des tâches	- Certaines tâches exécutées hors BCO, tandis que dans un cas, toutes les tâches ont été effectuées dans le cadre du BCO

3.5.4 Diagramme Pareto :

Après l'analyse des différents BCO, nous avons donc fait une analyse Pareto sur les différents tâches pour tirer les classes des tâches qui influent le plus sur la durée du BCO.

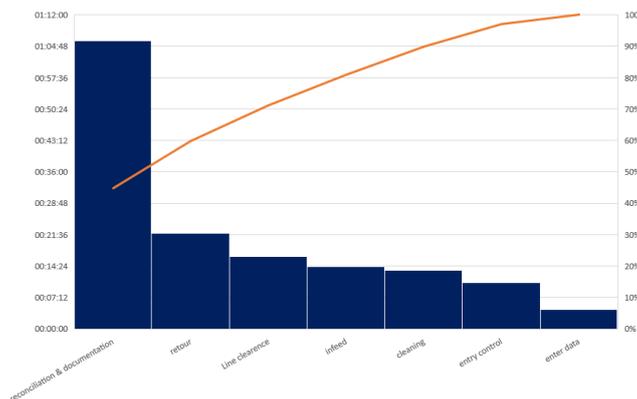


FIGURE 3.13 – Diagramme Pareto des classes des tâches

L'analyse Pareto nous a permis de déduire que les tâches : réconciliation et documentation, calcul de retour, Line Clearance et l'Infeed représentent 80% du temps total des BCO nous allons donc les prioriser dans ce qui suit.

Par la suite, une séance de travail a été organisée avec les parties prenantes pour tout d'abord discuter les constatations relevées et sur l'ensemble des tâches et leurs dysfonctionnements pour les valider afin de proposer des solutions.

Nous avons synthétisé le résultat de cette séance dans l'annexe 1.10

3.5.5 Identification des gaspillages et proposition des solutions

Nous avons procédé à une classification systématique des différents problèmes détectés selon les 8 types de muda identifiés dans le lean management. Pour chaque problème, nous avons proposé des solutions spécifiques et adaptées afin de minimiser ces gaspillages et d'optimiser le processus. La classification ainsi que l'ensemble des solutions sont résumées dans le tableau 3.6 :

TABLE 3.6 – Listes des solutions proposées

Problèmes	Type de gaspillage	Solutions proposée
Déplacement vers la case des consommables Déplacement des déchets vers le warehouse	Mouvement inutile	réorganisation de la ligne
Calcul du retour des vignettes	Traitement inutile	Développer une formule adapté pour ce calcul
Over processing des différents calculs Le temps d'attente entre les différentes tâches des calcul	Traitement inutile Temps d'attente	automatisation des calculs
Mauvaise organisation du travail	Mouvement inutile	L'affectation des tâches par zone et la création de la notion du poste et des Role Cards
Processus peu maîtrisé par certains opérateurs	Non utilisation des talents	Proposer un plan de formation sur les tâches peu maîtrisées

3.6 D5 : Validation des actions correctives permanentes

Nous avons discuté avec l'équipe projet pour leur présenter notre plan d'actions, qu'ils ont validé et jugé opérationnel pour l'exécution des prochains changements de lots.

3.7 D6 : implémentation des actions correctives permanentes

3.7.1 Développement et mise en place des solutions proposées

Réorganisation de la ligne

Nous avons pu classer les différents déplacements et mouvements comme suit :

- Déplacement vers la case des consommables.
- Déplacement de la cage des déchets vers le warehouse
- Mouvement d'une zone à une autre pour effectuer une tâche.
- Mouvement pour effectuer la documentation

Pour éliminer ou diminuer ces déplacements et mouvements, nous proposons une nouvelle organisation de la ligne :

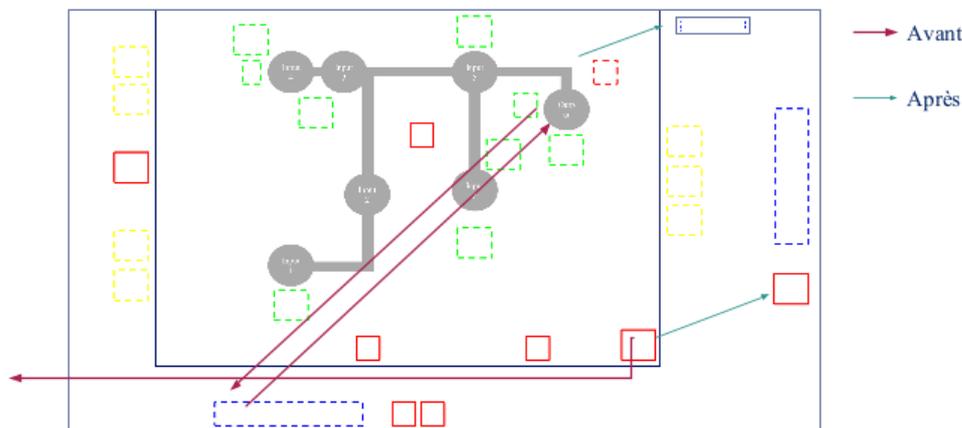


FIGURE 3.14 – Nouvelle organisation de la ligne

- Approcher la case des consommables à la zone
- Création d'une zone dédiée aux déchets en dehors de la ligne et affectation de la tâche du déplacement aux opérateurs de warehouse.

Développement d'une formule adéquate pour le calcul du retour

Lors de notre présence dans la ligne, nous avons remarqué que le calcul de la quantité restante des vignettes dans la ligne se fait d'une manière compliquée et qui a causé à la fois un overprocessing et déclenché des discussions entre les opérateurs pour valider les calculs. Pour remédier à cela, nous faisons appel au calcul d'intégrale et précisément à la formule de la spirale d'Archimède (annexe 1.11) qui peut être utilisée dans notre cas pour effectuer ce calcul, vu que les vignettes sont emballés dans des bobines qui peuvent être assimilées à des spirales, comme le montre la figure 3.15 :

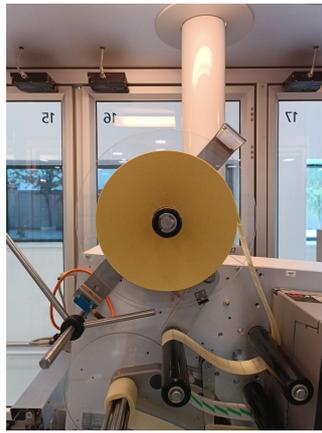


FIGURE 3.15 – Une bobine des vignettes

De l'autre côté, nous pouvons dire que ce même rouleau est composé de n vignettes de longueur m et $n+1$ espace (e) entre ces mêmes vignettes, donc : $L = n * m + (n + 1) * e$ sachant que la longueur d'un seule vignette est de 2 cm et l'espace entre deux vignettes est de 0,2 cm et ces deux paramètres sont fixes. Faisons l'égalité entre les deux formules développées auparavant nous pouvons donc calculer le nombre des vignettes restants dans la bobine qui est donné par :

$$n = \frac{L - e}{m + e}$$

Avec L calculé par la formule d'Archimède. La figure 3.16 décrit les caractéristiques technique de ces vignettes

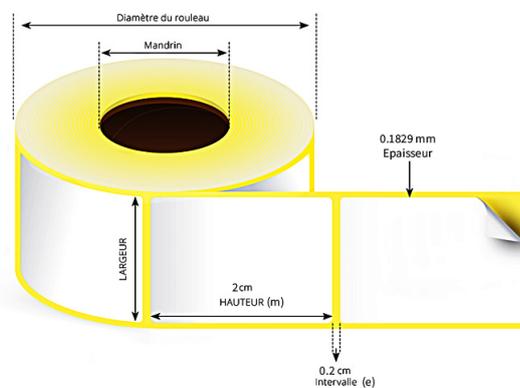


FIGURE 3.16 – fiche technique des vignettes

Pour simplifier ce calcul, nous avons proposé 03 solutions donnant ainsi aux décideurs le choix entre la performance opérationnelle et la précision, utiliser un outil calculateur pour calculer la quantité en fonction du diamètre, utiliser la réalité mixte (ces deux proposition seront discutées dans les prochaines parties). La troisième proposition est de calculer les différentes quantités des vignettes pour les différents diamètres de la bobine et par la suite de renseigner ces quantités sur une règle, comme le montre la figure 3.17 :

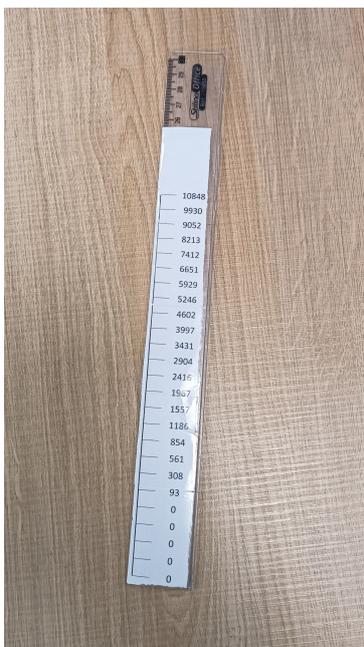


FIGURE 3.17 – La règle mise en place pour le calcul de la quantité restante des vignettes

Par conséquent, pour savoir la quantité restante des vignettes, l'opérateur devra :

- Placer la règle sur la bobine des vignettes.
- Lire la quantité correspondante au diamètre.

En mettant en place cette action, nous avons pu éliminer une grande partie de l'étape « Retour vignettes » et optimiser sa durée.

En plus de l'aspect optimisation de cette action, la formule nous a donné une meilleure précision (un taux d'erreur de 0.2% inférieur au seuil fixé par l'ingénieur process à 1%) que la méthode utilisé au paravent, et elle nous a permit de standardiser la méthode de calcul de toutes les matière première qui se présentent sous la forme du ruban comme la Label.

Automatisation des calculs

Liste des différents calculs

Pour cela, nous avons listé dans un premier temps les différents calculs qui se font durant le changement de lot :

- Pallet Build Up : calcul de la quantité totale de produits finis produite pour le lot clôturé
- Réconciliation des stylos : calcul de l'écart entre la quantité planifiée et la quantité produite avec un seuil d'erreur égal à zéro.
- Réconciliation des prices stickers : calcul de l'écart entre les prices stickers imprimés et la quantité consommée avec un seuil d'erreur égal à zéro.
- Retour des prices stickers : calcul de la quantité restante des prices stickers dans la ligne avec un seuil d'erreur de 1 % de la quantité consommée.
- Retour du label : calcul de la quantité restante des labels dans la ligne avec un seuil d'erreur de 1 % de la quantité consommée.

Proposition des solutions

Comme montré dans l'analyse des causes, nous avons identifié un problème majeur lié aux calculs des différentes entités durant le changement de lot. Ce problème engendre des inefficacités et des erreurs qui impactent la performance globale de notre production. Afin de résoudre ce problème, il est nécessaire d'implémenter un outil qui permet l'automatisation de ces calculs. L'implémentation de cet outil d'automatisation nous permettra de :

- Éliminer les erreurs Humaines : En automatisant les calculs, nous réduisons considérablement les erreurs humaines qui peuvent survenir lors des processus manuels. Cela garantira une plus grande précision.
- Gagner du Temps : L'automatisation permettra d'accélérer les différentes étapes de calcul et de faciliter le travail des opérateurs. Au lieu d'effectuer les calculs manuellement, les opérateurs pourront simplement entrer les données nécessaires et recevoir immédiatement les résultats. Cela réduira le temps total nécessaire pour effectuer un changement de lot, augmentant ainsi l'efficacité et la productivité de nos opérateurs.
- Standardiser les Processus : L'outil offrira une méthode standardisée pour effectuer les calculs, assurant une cohérence dans les résultats et facilitant la formation des nouveaux opérateurs.

Solution 1

Dans un premier temps, nous avons envisagé de créer un fichier Excel pour automatiser les différents calculs, évitant ainsi de les effectuer manuellement. Nous avons donc préparé un fichier Excel qui répond aux exigences de l'entreprise, à savoir :

- Protection des Formules : Les formules utilisées doivent être protégées pour que les opérateurs ne puissent pas les modifier durant le changement de lot.
- Non-sauvegardabilité : Les fichiers Excel ne doivent pas être sauvegardables pour éviter toute altération des données originales.
- Accessibilité : Les fichiers doivent être accessibles aux opérateurs sur différentes plateformes pour garantir une utilisation pratique et efficace.

Pour satisfaire ces exigences, nous avons opté pour la réalisation d'un fichier Excel utilisant VBA (Visual Basic for Applications).



FIGURE 3.18 – Interface de l'outil calculateur sur Excel VBA

L'utilisation de VBA nous permet d'introduire des codes spécifiques pour répondre aux besoins de l'entreprise de manière efficace. Voici comment nous allons procéder :

1. Pour la protection des formules : nous allons utiliser VBA pour protéger les formules dans le fichier Excel. En verrouillant les cellules contenant les formules, nous nous assurons que les opérateurs ne pourront pas les modifier accidentellement ou intentionnellement. Le VBA permettra de verrouiller uniquement les cellules nécessaires, tout en laissant les cellules d'entrée accessibles pour les opérateurs. Cela garantit que seules les valeurs d'entrée peuvent être modifiées.
2. Pour la non-sauvegardabilité : nous utilisons des scripts VBA pour désactiver les options de sauvegarde du fichier.
3. Accessibilité : L'utilisation de VBA n'est pas accessible sur téléphone portable et Ipad, qui sont les outils les plus utilisés par les opérateurs sur la ligne et durant le changement de lot. Cela pose des problèmes pour répondre à cette exigence, d'où la nécessité de trouver une autre solution.

Solution 2

Après avoir tenté avec un fichier Excel comme présenté dans la première solution, nous avons passé à une solution alternative qui consiste à l'élaboration d'une application via Power Apps. Pour cela, on doit commencer par présenter l'outil Power Apps.

Microsoft Power Apps est une plate-forme qui permet de mettre en place des applications métiers sur mesure.

De plus de ces qualités, la plateforme Powerapps répond parfaitement aux exigences mentionnées auparavant et donc nous avons procédé à son implémentation. L'application se présente comme le montre la figure 3.19 :

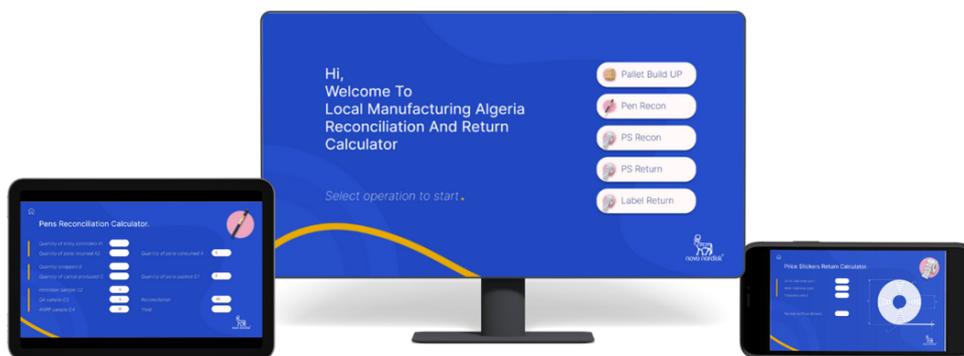


FIGURE 3.19 – Interface de l'application powerapps

L'application contient plusieurs pages, à savoir :

- Page d'accueil : c'est la première page à laquelle l'utilisateur fait face lorsqu'il ouvre l'application, avec cinq boutons disponibles, chacun lui permettant de se diriger vers d'autres pages.
- Pallet Build Up : cette page permet à l'utilisateur de calculer le nombre total des stylos conditionnés, elle prend en charge les différentes situations du lot :
 - o Toutes les palettes sont complètes.
 - o La dernière palette n'est pas complète, mais tous les shipper box sont complets.
 - o La dernière palette n'est pas complète, et le dernier shipper box n'est pas complet.
- Pen Reconciliation : cette page est dédiée à la vérification que la quantité produite des

cartons est égale à la quantité planifiée en soustrayant les rejets. L'opérateur doit donc entrer trois paramètres. :

- La quantité reçue des stylos à conditionner A1 se trouve dans le dossier de lot.
- La quantité retournée des stylos au stock sans avoir été conditionnée (A2) : calculer manuellement.
- La quantité rejetée B : calculée manuellement.

Après l'introduction de ces paramètres, l'opérateur obtiendra directement les deux résultats souhaités : la Réconciliation et le Yield.

- PS Réconciliation : comme pour les stylos, cette partie consiste à vérifier que la quantité des vignettes consommée correspond à la quantité reçue en soustrayant les rejets.
- PS Return : pour calculer la quantité restante des vignettes, en appliquant la formule d'Archimède mentionnée précédemment, l'opérateur doit introduire le diamètre de la bobine restante dans la machine et obtiendra comme résultat la quantité de vignettes restante.
- Label return : de même que pour les vignettes, pour calculer la quantité restante des étiquettes (Labels), l'opérateur mesure avec une règle spéciale un chiffre correspondant au rayon de la bobine. Ensuite, il l'introduit dans l'application qui lui donne la quantité restante des étiquettes.

En utilisant cette plate-forme, nous avons pu optimiser les différentes tâches comprenant des calculs en éliminant le sur-traitement et le temps d'attente entre les tâches, tout en assurant de répondre aux exigences du département QA. De plus, cette plate-forme nous a permis de standardiser le mode de calcul pour le processus BCO.

Plan de formation pour les opérateurs

Pour remédier au problème de la non-utilisation efficace des talents, nous avons élaboré une grille de compétences détaillée, conçue grâce à de nombreuses observations réalisées durant les changements de lot, ainsi qu'à des entretiens semi-directifs avec les opérateurs. Cette grille nous permet d'évaluer précisément le niveau de maîtrise de chaque opérateur pour chaque tâche. Elle constitue un outil stratégique pour identifier les lacunes et les forces individuelles. Sur la base de cette analyse, nous pourrions établir un plan de formation ciblé, destiné à renforcer les compétences là où c'est nécessaire et à maximiser l'efficacité opérationnelle. Dans ce qui suit, nous allons examiner en détail les résultats de cette grille de compétences et proposer des actions concrètes pour notre plan de formation.

Grille de compétence														
	Empty line	Retour PPM	Cleaning	Line clearance	Reconciliation	Palette build up	Gestion des déchets	Finalisation BFR	Collect and organisation BFR	Entry control PPM and Pens	Infeed PPM and Pens	Archive sample	Documentation	Observation
OP1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
OP2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
OP3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	a
OP4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	a
OP5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	a
OP6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	a
OP7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	b
OP8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
OP10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
OP11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	a et b
OP12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
■ Pratique courante maîtrisée ■ Pratique occasionnelle ou non entièrement maîtrisée □ Connaissance des bases sans pratique														

FIGURE 3.20 – La grille des compétences pour les opérateurs des deux lignes de conditionnement

Note :

Pour les observations :

1. Les activités : Empty line, Cleaning et Infeed ne sont ni pratiqués ni maîtrisés par les femmes à cause d'un soucis de santé.
2. Faible expérience de quelques opérateurs en raison de leur recrutement récent.

Pour analyser cette grille, nous allons adopter une approche basée sur deux méthodes d'interprétation : une par colonnes et une par lignes.

Lecture par colonnes :

Dans un premier temps, nous avons analysé les différentes étapes du processus de changement de lot afin d'identifier celles qui sont maîtrisées et celles qui nécessitent des améliorations. Pour ce faire, nous allons examiner la grille par colonnes

En analysant cette grille, nous avons rapidement constaté que la majorité des étapes sont maîtrisées par au moins un opérateur. Cependant, il y a une exception notable : les tâches liées à la documentation qui ne sont pas maîtrisés par les opérateurs. Cette observation met en évidence la nécessité de former les opérateurs sur la documentation des différentes étapes du changement de lot. Une formation externe ciblée permettra aux opérateurs de mémoriser et d'appliquer correctement les différents détails nécessaires pour chaque documentation.

Il est remarquable aussi que les activités Retour PPM et Entry Control PPM et Pens sont presque entièrement maîtrisées par tous les opérateurs, ce qui signifie qu'il n'est pas nécessaire d'organiser des sessions de formation supplémentaires pour ces tâches mais plutôt d'établir des systèmes de rotation entre les opérateurs afin qu'ils puissent acquérir de l'expérience pratique en les exécutant. En revanche, les trois activités Empty Line, Cleaning et Infeed présentent des défis particuliers. Elles ne peuvent pas être maîtrisées par certains opérateurs en raison de problèmes de santé, ce qui limite leur capacité à les effectuer de manière efficace et sécuritaire. Ces contraintes nécessitent des ajustements dans l'attribution des tâches pour garantir la sécurité et le bien-être de tous les opérateurs.

D'après cette analyse par colonne, nous pouvons même organiser des sessions de formation internes entre opérateurs. Un opérateur maîtrisant une tâche spécifique formera un collègue ayant des difficultés avec cette tâche. Ces formations visent non seulement à apprendre aux opérateurs comment réaliser les tâches, mais surtout à les exécuter de manière efficace, répondant ainsi aux exigences de performance en termes de temps d'exécution.

Lecture par lignes :

Maintenant, nous allons nous intéresser à la vue par ligne, c'est-à-dire que nous allons nous concentrer sur le degré de compétence de chaque opérateur. Cette approche nous permettra d'évaluer individuellement les compétences de chaque opérateur dans les différentes étapes du processus de changement de lot. En analysant les compétences par ligne, nous pourrions identifier non seulement les points forts de chaque opérateur mais aussi les domaines où ils rencontrent des difficultés. De plus, nous pourrions détecter les opérateurs qui peuvent être sous pression durant le processus, afin de régler ce problème. Cela nous aidera à personnaliser les formations et les initiatives de développement, en ciblant spécifiquement les besoins de chaque opérateur pour maximiser leur efficacité et leur performance.

Après une première lecture du grille, nous constatons que les opérateurs 1 et 9 sont les seuls qui maîtrisent et réalisent presque toutes les activités durant le changement de lot. Leur polyvalence et leur expertise couvrent l'ensemble du processus, ce qui en fait des éléments clés de l'équipe.

Nous remarquons également la présence de deux nouveaux opérateurs, les opérateurs 8 et 11. Étant donné leur récente intégration, il est logique que leur degré de compétence soit inférieur à celui des autres opérateurs plus expérimentés. En outre, il est important de noter que les opérateurs 3, 4, 5, 7 et 11 rencontrent des problèmes de santé pour certaines activités. Il est significatif de mentionner que ces opérateurs sont des femmes, ce qui peut limiter leur capacité à effectuer certaines tâches physiquement exigeantes, telles que l'Empty Line, le Cleaning et l'Infeed. Ces activités peuvent nécessiter une force physique ou des mouvements répétitifs qui peuvent ne pas être adaptés à leur condition.

Résultats :

En conclusion, compte tenu de notre analyse, il apparaît clairement que nous n'avons pas besoin de recruter de nouveaux opérateurs ni de faire appel à des consultants externes. Nous pouvons dire que l'effectif est suffisant en termes de compétence.

Pour le plan de formation, nous avons proposé deux types de formation :

- **Formation interne** : Ce sont des sessions où un opérateur qui maîtrise une tâche spécifique forme ses collègues.
- **Formation externe** : Lorsque aucun opérateur ne maîtrise une tâche donnée, un membre d'un autre département (principalement un membre QA ou un ingénieur process) compétent dans cette tâche forme les opérateurs.

Et nous pouvons proposer les sessions suivantes :

TABLE 3.7 – Classification des différentes formations en externes ou internes

Formation Externes	Formation Internes
Formation sur la documentation sur le dossier de lot, le logbook et le batch log event.	Formation sur les différentes parties du dossier de lot, sa finalisation, collecte et organisation.
	Formation sur l'archive sample.
	Formation sur le line clearance.
	Formation sur la réconciliation.
	Formation sur la palette Build Up.

Une formation sur la documentation sur le dossier de lot, le logbook et le batch log event pour tous les opérateurs animée par un membre de département QA ou un ingénieur process.

- Une formation sur les différentes parties du dossier de lot, sa finalisation, collecte et organisation, animée par l'un des opérateurs 1, 4, 5 ou 7. Cette formation sera destinée aux opérateurs 2, 3, 6, 8, 10, 11, 12.
- Une formation sur l'archive sample, animée par l'un des opérateurs 4, 5 ou 6, spécifiquement pour l'opérateur 8.
- Une formation sur le line clearance pour les opérateurs 3, 4 et 7, animée par l'un des opérateurs 1, 2, 5, 6, 8, 9, 10 ou 12.
- Une formation sur la réconciliation, animée par l'un des opérateurs 1, 4, 5 ou 7, destinée aux opérateurs 8 et 10.
- Une formation sur la palette Build Up pour les opérateurs 6, 8 et 10, animée par l'un des opérateurs 1, 4, 5 ou 7.

Note : Il est essentiel de choisir soigneusement les animateurs des formations afin de garantir qu'aucun opérateur ne se sente sous pression.

Création de la notion du poste par zone et des rôles cards

Comme dernière action, nous avons proposé de définir des postes dans la zone de conditionnement. Chaque poste aura des tâches prédéfinies. Durant le changement de lot, chaque opérateur n'aura qu'à exécuter les tâches qui lui sont assignées.

Étant donné que le nombre d'opérateurs présents sur chaque ligne durant le changement de lot est de trois, nous avons proposé de diviser la ligne de conditionnement en trois postes distincts, chacun dédié à un opérateur, comme illustré dans la figure 3.21.

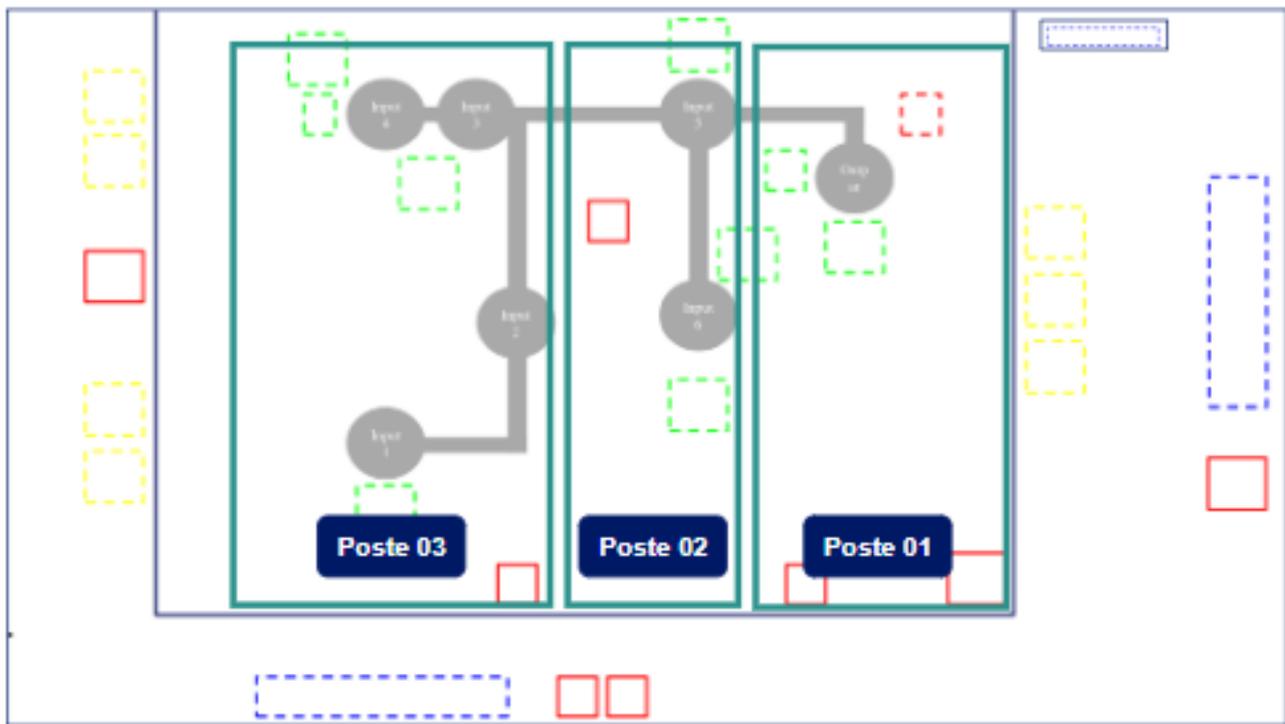


FIGURE 3.21 – Définition des postes par zone

Afin de minimiser les mouvements inutiles durant l'exécution du changement de lot, nous avons affecté ces tâches par zone, obligeant ainsi les opérateurs à rester dans leur zone prédéfinie.

Poste 1 :

TABLE 3.8 – Rôle card pour Poste 1

Taches pour BCO End	Taches pour BCO Start
1.Pallet build up	1.Cleaning
2.Cleaning	2.Line clearance de la surface exterieur
3.Line clearance de la surface exterieur	3.Double check line clearance de la surface interieur
4.Double check line clearance de la surface interieur	4.Second entry control shipper box et price stickers
5.Double check reconciliation	5.Second enter data
6.Finalisation BPR	6.Entry control pens

Poste 2 :

TABLE 3.9 – Rôle card pour Poste 2

Taches pour BCO End	Taches pour BCO Start
1.Empty line des shipper box et price stickers	1.Collecte et organisation BPR
2.Retour price stickers	2.Entry control shipper box et price stickers
3.Double check retour label	3.Infeed shipper box et price stickers
4.Reconciliation	4.First enter data
5.Gestion des déchets	5.Archive label, leaflet, carton, price stickers et shipper box
6.Finalisation BPR	

Poste 3 :

TABLE 3.10 – Rôle card pour Poste 3

Taches pour BCO End	Taches pour BCO Start
1.Empty line des label, leaflet et carton	1.Entry control label, leaflet et carton
2.Retour label	2.Line clearance de la surface interieur
3.Line clearance de la surface interieur	3.Double check line clearance de la surface exterieur
4.Double check line clearance de la surface exterieur	4.Infeed label, leaflet et carton
5.Double check retour price stickers	5.Second entry control pens
6.Finalisation BPR	6.Infeed pens

Et voici l’ordonnancement des différentes tâches pour chaque poste selon la nouvelle répartition :

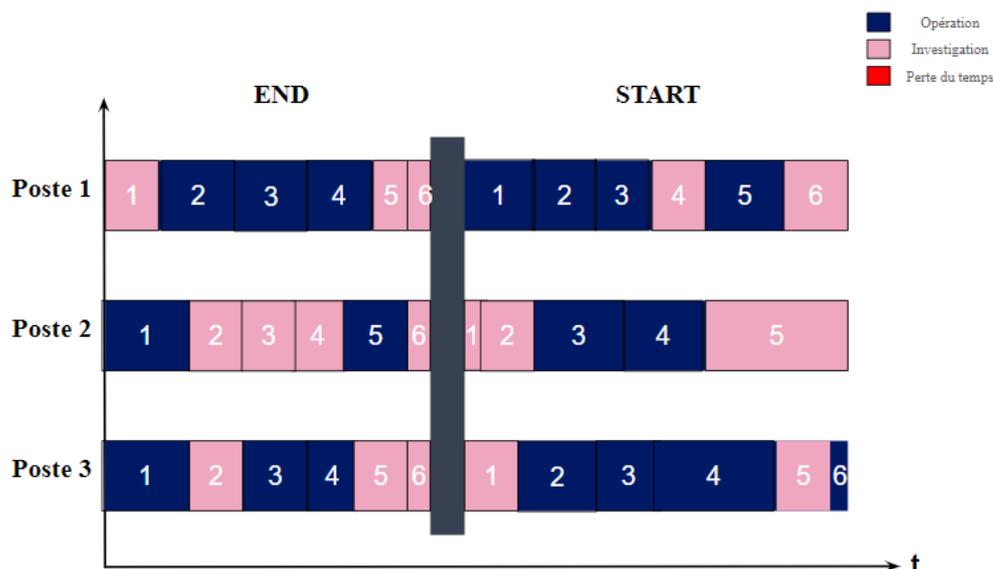


FIGURE 3.22 – Représentation de la nouvelle répartition des taches selon les Rôles Card

Dans les nouveaux roles cards quelques tâches ont été supprimées contrairement aux anciens roles cards. Ces tâches sont :

- Retour et double check retour shipper box.
- Retour et double check retour carton.
- Retour et double check retour Leaflet.

Comme il est possible de calculer la quantité restante sur la ligne pour ces PPM, ces tâches peuvent être exécutées en dehors du processus de changement de lot et cela en calculant :

1. La quantité restante en dehors de la ligne.
2. La quantité restante sur la ligne.
3. La quantité qui va être produite dans le temps restant.

Et le retour = la quantité restante en dehors de la ligne + (la quantité restante sur la ligne - la quantité qui va être produite dans le temps restant).

Cette modification vise à déplacer certaines tâches en dehors du contexte du changement de lot, permettant ainsi une concentration maximale sur les activités qui ne peuvent pas être externalisées en dehors du processus de changement de lot.

Pour maintenir l'efficacité des rôles définis, un suivi régulier évalue la performance des opérateurs, avec des ajustements pour optimiser les compétences et s'adapter aux évolutions du processus.

3.7.2 Estimation des gains en minutes, en quantité produite et en termes financiers

Après avoir développé et proposé les différentes solutions d'amélioration, nous avons procédé à une estimation de la nouvelle durée de changement de lot. Cette estimation a été réalisée en se basant à la fois sur des simulations et des tests réels, avec la participation active des ingénieurs process et des opérateurs de production. L'objectif était de déterminer et d'estimer le gain en minutes pour un BCO avant l'implémentation des solutions. Cette approche nous a permis de valider l'efficacité des solutions proposées et de garantir qu'elles apporteraient des améliorations tangibles.

Les tests et les simulations ont été soigneusement planifiés pour refléter les conditions réelles de production, incluant toutes les variables pertinentes et les contraintes opérationnelles. Le tableau 3.11 la différence de temps avant et après l'implémentation des solutions.

TABLE 3.11 – Tableau comparatif entre l'état actuel et l'état de futur

Tâches	Durée Moyenne	Nouvelle Durée
Réconciliation (Pens + Price stickers)	00 :12 :05	00 :00 :30
Double check reconciliation (pens and price stickers)	00 :11 :58	00 :00 :30
Palette Build up	00 :08 :47	00 :01 :32
Retour Price Stickers	00 :05 :25	00 :00 :17
Retour Leaflet	00 :03 :23	00 :00 :00
Retour Shipper Box	00 :01 :24	00 :00 :00
Retour Carton	00 :02 :22	00 :00 :00
Retour Label	00 :03 :38	00 :00 :17
Double check retour PPM	00 :05 :59	00 :00 :24
Empty line	00 :05 :08	moins de 00 :05 :08
Cleaning	00 :03 :37	moins de 00 :03 :37
Line clearance	00 :05 :34	moins de 00 :05 :37
Double check line clearance=	00 :05 :13	moins de 00 :05 :13
Gestion des déchets	00 :04 :44	00 :03 :37
Event batch log	00 :06 :35	moins de 00 :06 :35
Logbook	00 :03 :55	moins de 00 :03 :55
Finalisation BPR	00 :09 :06	moins de 00 :09 :06

Pour les tâches spécifiques telles que l'Empty line, le Cleaning, le Line clearance, le Double check line clearance, l'Event batch log, le Logbook, et la Finalisation BPR, il n'est malheureusement pas possible de simuler ou d'estimer avec précision la nouvelle durée d'exécution. La raison en est que la durée de ces tâches dépend de plusieurs facteurs : les formations programmées, l'efficacité avec laquelle ces formations sont assimilées, la réaction des opérateurs face à ces formations, et l'application des nouveaux rôles cards proposés.

Comme montré dans l'étape D4, la moyenne de BCO End est considérée comme étant de 33 minutes, et la moyenne de BCO Start est de 18 minutes. Par conséquent, un BCO complet prend actuellement 51 minutes.

Après les simulations et les tests effectués, nos estimations indiquent qu'un BCO complet pourra prochainement être réalisé en 18 minutes.

Étant donné que la cadence des lignes de conditionnement de l'entreprise est de 121 stylos d'insuline par minute, la réduction du temps de BCO complet de 51 minutes à 18 minutes permettrait de gagner 33 minutes par BCO. Cela se traduit par une augmentation de la production de 3 993 stylos d'insuline par BCO. En termes financiers, avec un gain net de 768,11 DZD par stylo, cela représenterait un gain financier supplémentaire de 3 066 271,83 DZD par BCO.

Ces gains significatifs démontrent l'impact potentiel de l'optimisation des processus de changement de lot sur la productivité et la rentabilité de l'entreprise.

3.8 D7 : Prévention contre toute récurrence

Afin d'éviter toute récurrence, de maîtriser le temps au maximum, et d'assurer que nous ne sortirons pas de notre objectif qui est de 30min dans le changement de lot, nous avons proposé plusieurs actions innovantes pour améliorer le processus.

3.8.1 Mise à jour de l'indicateur de performance journalier dédié pour suivre le temps de changements de lot

Bien que ce tableau de bord existe déjà, il n'était efficace, parce qu'il ne permettait pas de distinguer entre un BCO Start, un BCO End et un BCO complet. Nous avons donc décidé de le mettre à jour pour améliorer sa fonctionnalité et son utilité, incluant désormais cette distinction . Comme le montre la figure 3.23

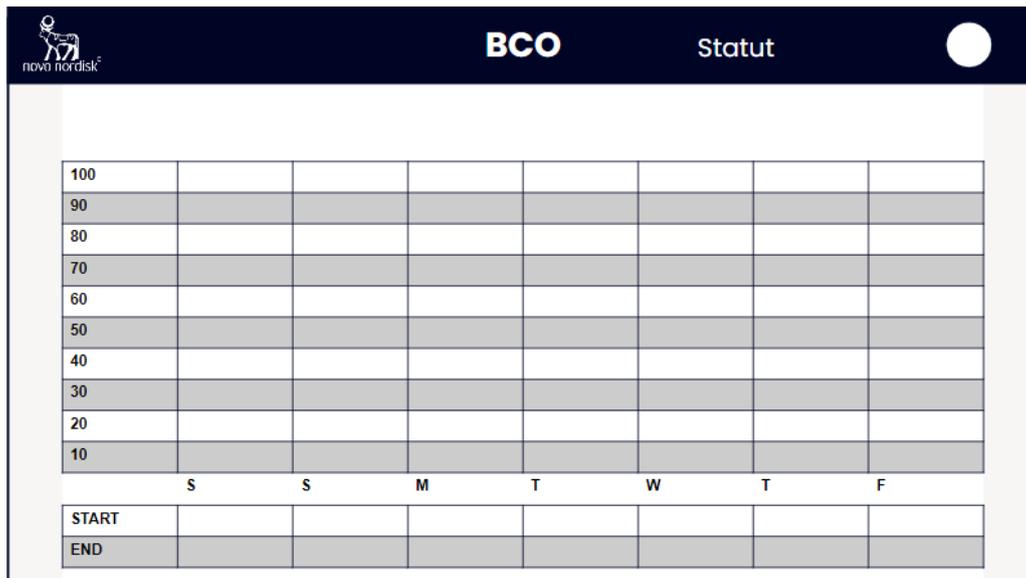


FIGURE 3.23 – Nouvel indicateur de performance journalière

Cet indicateur mis à jour permettra de surveiller en temps réel les performances et les écarts par rapport à l'objectif de 30 minutes. En affichant les données de manière visible pour toute l'équipe. Les superviseurs pourront ainsi suivre leurs progrès et ajuster leurs pratiques pour rester alignés avec les objectifs fixés.

3.8.2 Mise en place d'un dispositif d'amélioration continue : l'arbre Kaizen et le Board Kaizen

Arbre Kaizen

Un arbre Kaizen sera mis à disposition de toutes les personnes des différents départements afin qu'elles puissent proposer des améliorations pour le processus de changement de lot ainsi que d'autres processus. Cet outil collaboratif permettra de recueillir des idées innovantes et des suggestions pratiques directement des équipes travaillant sur le terrain. En impliquant l'ensemble des collaborateurs, nous pourrions bénéficier de leur expertise et de leur expérience pour identifier les opportunités d'optimisation et mettre en œuvre des solutions concrètes. La figure 3.24 montre l'arbre Kaizen mis en place.



FIGURE 3.24 – L'arbre Kaizen

Board Kaizen

Pour pouvoir implémenter les idées d'amélioration continue recueillies à travers l'arbre Kaizen, nous avons par la suite proposé un board Kaizen basé sur le principe de la roue PDCA. Ce board comme le montre la figure 3.25 permettra d'implémenter les actions d'amélioration continue et suivre leur état d'avancement.



FIGURE 3.25 – Le Kaizen Board

3.8.3 La numérisation du dossier de lot :

En complément de ces initiatives, nous avons proposé la numérisation des dossiers de lot. La numérisation des dossiers de lot consiste à convertir les documents papier liés à la production, au contrôle de qualité et à la traçabilité des lots en fichiers numériques. Cette transformation implique l'utilisation de technologies telles que les systèmes de gestion électronique des documents (GED), les scanners haute résolution, et les logiciels de gestion de flux de travail. Le processus comprend l'indexation, l'archivage et la sécurisation des données, garantissant ainsi l'intégrité et la disponibilité des informations tout au long du cycle de vie des produits.

Cette transition apporte ainsi plusieurs avantages pour l'optimisation de changement de lot :

- Réduction des erreurs humaines : la numérisation permet de minimiser les erreurs courantes associées à la manipulation et à la saisie manuelle des données ainsi que tout ce qui est en relation avec la collecte et l'organisation des dossiers de lot.
- Amélioration de la productivité : en automatisant les tâches répétitives et chronophages, les opérateurs peuvent se concentrer sur des activités à plus forte valeur ajoutée.
- Réduction des coûts : bien que la mise en place d'un système numérique nécessite un investissement initial, les économies réalisées à long terme peuvent être substantielles. Moins de papier, moins de stockage physique, et une réduction du temps passé à gérer les documents peuvent tous contribuer à une baisse des coûts opérationnels.
- Accès rapide et centralisé aux données : les dossiers numériques sont accessibles en temps réel par tous les membres autorisés de l'équipe, indépendamment de leur emplacement. Cela améliore la collaboration et permet de prendre des décisions plus rapides et plus informées.

La numérisation des dossiers de lot sera grandement améliorée par l'application que nous avons développée pour automatiser les calculs nécessaires lors des changements de lot. Cette application repose sur deux innovations majeures : l'utilisation de la réalité mixte pour des mesures

précises et l'intégration de scanners pour la saisie des données automatisée. En combinant ces deux technologies innovantes, la numérisation des dossiers de lot devient non seulement plus efficace, mais aussi plus fiable. L'application optimise les opérations de changement de lot en réduisant les erreurs humaines, en augmentant la vitesse de traitement des données et en fournissant des mesures précises. Cela garantit une gestion optimale des ressources et une amélioration continue des processus de production, tout en assurant la pérennité des améliorations apportées.

3.8.4 Utilisation de la réalité mixte pour des mesures plus rapide

Grâce à la technologie de la réalité mixte, notre application peut calculer avec précision et dans quelques instants la longueur du ruban utilisé dans la nouvelle formule de retour des price stickers ainsi que pour les labels. Comme le montre la figure 3.26



FIGURE 3.26 – Fonctionnalité de la réalité mixte

En utilisant la caméra intégrée des appareils mobiles ou des tablettes, les opérateurs peuvent simplement scanner le ruban. La réalité mixte permet de superposer des informations digitales sur le monde réel, ce qui facilite la mesure de la longueur du ruban directement à partir de la caméra .



FIGURE 3.27 – Mesure du diamètre avec la fonctionnalité de la réalité mixte

Cette méthode élimine les approximations et les erreurs humaines, assurant ainsi des calculs précis et fiables. De plus, cette technologie simplifie et accélère le processus de mesure, réduisant considérablement le temps nécessaire pour effectuer ces tâches et augmentant l'efficacité globale des opérations de changement de lot.

3.8.5 Intégration de scanners pour la saisie de données automatisée

L'application utilise également des scanners pour capturer les chiffres directement à partir des documents physiques, éliminant la nécessité de saisie manuelle de données. Les opérateurs peuvent scanner les quantités et autres données pertinentes depuis les documents papier, et ces informations sont automatiquement intégrées dans l'application. Cette fonctionnalité réduit non seulement les risques d'erreurs de saisie, mais accélère également le processus de collecte de données. En automatisant cette étape, nous garantissons une précision accrue des informations et une meilleure traçabilité des données de production. Les opérateurs peuvent ainsi se concentrer sur des tâches plus critiques, sachant que les données sont correctement capturées et traitées par le système.

3.9 D8 : Félicitation des équipes de travail déployées

Une fois le projet finalisé, nous avons organisé une réunion avec l'équipe de projet pour aborder le travail effectué :

- La nouvelle formule de calcul de retour de price stickers
- L'application d'automatisation des calculs
- La réorganisation de la ligne
- Le plan de formation des opérateurs
- La mise à jour des roles cards
- La numérisation du dossier de lot

Les managers de la production ont exprimé leur satisfaction avec notre travail et nous ont félicités pour les solutions innovantes proposées. Ils ont promis que nos propositions seraient mises en œuvre le plus tôt possible, reconnaissant l'impact positif que ces améliorations auraient sur l'efficacité et la productivité de la production.

3.10 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons utilisé la méthode de résolution de problème 8D, nous avons déroulés ses 8 étapes, étape par étape pour pouvoir apporter une réponse efficace pour la problématique susmentionnée.

Conclusion générale

L'innovation a toujours été un pilier du succès pour les entreprises pharmaceutiques. Face à une concurrence acharnée, chaque firme s'efforce de commercialiser des produits de plus en plus efficaces, de haute qualité et à des prix compétitifs. Pour atteindre ces objectifs, les entreprises doivent maintenir un stock constant de médicaments, réduire les coûts, économiser du temps et optimiser le travail du personnel. Ces impératifs incitent les industries pharmaceutiques à innover et à se renouveler constamment. De nombreuses entreprises adoptent la démarche d'Excellence Opérationnelle pour réduire leurs coûts de production tout en maintenant un niveau de qualité élevé, conforme aux attentes des clients et aux exigences réglementaires. Cette démarche permet aux entreprises de rester compétitives tout en développant les compétences et les connaissances de leurs collaborateurs. Cependant, l'utilisation extensive d'outils et d'informations inhérentes à cette approche comporte le risque crucial de mal cibler le problème à résoudre. Dans ce contexte, l'optimisation des temps de changement de lot sur les lignes de conditionnement de Novo Nordisk Algérie constitue une initiative stratégique essentielle. Pour répondre à cette problématique, notre projet de fin d'études s'est concentré sur l'application de la méthode 8D afin de structurer une démarche d'amélioration continue, s'inscrivant ainsi dans la philosophie Lean adoptée par l'équipe cLean de Novo Nordisk.

Le projet a mobilisé une équipe pluridisciplinaire composée de membres de team management, l'équipe cLean, les opérateurs des deux lignes de conditionnement, les responsables de la production et l'équipe QA de Novo Nordisk Algérie. Les parties prenantes ont été impliquées dès le début pour garantir une collaboration efficace et un alignement sur les objectifs du projet.

Nous avons commencé par organiser des réunions de communication avec toutes les parties prenantes pour annoncer le projet et clarifier ses objectifs. Ces réunions ont permis de s'assurer que tous les acteurs impliqués comprenaient l'importance de l'initiative et étaient prêts à y contribuer activement. Cela a également servi à définir les rôles et les responsabilités de chaque membre de l'équipe, assurant une coordination fluide tout au long du projet.

Ensuite, nous sommes passés à la phase de compréhension du processus. Pour cela, nous avons été présents lors de plusieurs BCO pour observer et modéliser le processus en temps réel. Cette étape a été essentielle pour identifier les points de friction et les inefficacités. Nous avons également étudié les SOP en vigueur, ce qui nous a permis d'avoir une vue d'ensemble claire et détaillée des opérations de la ligne de conditionnement.

À partir de nos observations, nous avons pu tirer quelques constatations initiales et déterminer des pistes d'amélioration. Nous avons identifié des problèmes, des goulots d'étranglement, des étapes redondantes, et des variations dans les pratiques opératoires. Ces premières idées ont servi de base pour des analyses plus approfondies et ont guidé la direction de nos efforts d'amélioration.

Nous avons ensuite commencé le tracking des différents BCO pour réaliser le diagramme Yamazumi. Cet outil visuel nous a permis de décomposer le processus en étapes distinctes et de quantifier le temps et les ressources alloués à chacune d'elles. Le diagramme Yamazumi a été essentiel pour déterminer les causes racines des inefficacités, en identifiant clairement les goulots

d'étranglement et les tâches non optimisées. Cette analyse a révélé les domaines nécessitant des interventions spécifiques et a orienté nos efforts vers les améliorations les plus impactantes. À partir des causes racines identifiées, nous avons énuméré tous les problèmes et commencé à travailler sur eux en proposant des solutions spécifiques. Chaque solution visait à minimiser les gaspillages et à optimiser les étapes du processus. Nous avons envisagé des améliorations telles que la réallocation des tâches, la standardisation des pratiques, et l'introduction de nouvelles technologies pour automatiser certaines étapes. Ces solutions ont été conçues pour être pragmatiques et directement applicables sur le terrain.

Nous avons testé les solutions proposées et mesuré les gains réalisés en comparant le temps de changement de lot avant et après l'implémentation. Les résultats des simulations et des tests réels ont montré que le temps de BCO complet pourrait passer de 51 minutes à 18 minutes. Cette réduction significative du temps de changement de lot se traduit par une augmentation de la productivité et une meilleure utilisation des ressources.

Ces changements ont été validés avec les responsables pour garantir leur pertinence et leur alignement avec les objectifs de l'entreprise. Nous avons organisé des réunions de validation avec les responsables pour discuter des résultats, ajuster les solutions si nécessaire et s'assurer que les nouvelles pratiques seraient adoptées de manière durable.

Enfin, nous avons assuré un suivi du projet pour prévenir toute récurrence des inefficacités et faciliter la mise en œuvre continue des améliorations par les équipes. Un suivi régulier et un soutien constant sont essentiels pour maintenir les gains réalisés et encourager une culture d'amélioration continue.

Les résultats de notre projet montrent une voie claire vers l'optimisation des processus de conditionnement chez Novo Nordisk Algérie, avec des implications positives sur la productivité et la compétitivité de l'entreprise. En réduisant les temps de changement de lot, nous avons démontré qu'il est possible de minimiser les pertes financières et d'accroître la capacité de production, répondant ainsi aux impératifs économiques et stratégiques de l'entreprise. Cette étude se conclut par une réflexion sur l'importance d'une démarche d'amélioration continue et l'intégration des outils Lean pour soutenir les ambitions de croissance et d'efficacité opérationnelle de Novo Nordisk Algérie. Les propositions formulées, validées par l'équipe projet et les managers, sont prêtes à être mises en œuvre, ouvrant la voie à une transformation bénéfique pour l'ensemble de l'organisation.

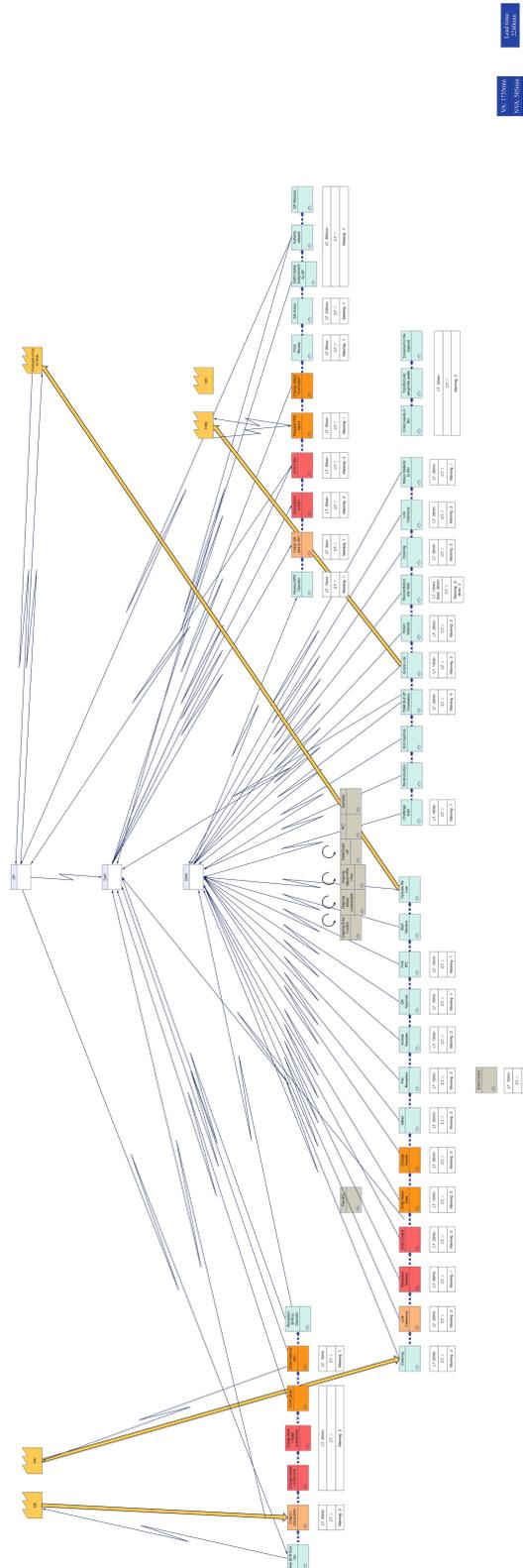
Bibliographie

- [1] Novo nordisk official website. <https://www.novonordisk.com>. Accessed Mars 21, 2024.
- [2] Chiffre d'affaires du marché pharmaceutique mondial de 2001 à 2023. <https://fr.statista.com/statistiques/564968/marche-pharmaceutique-chiffre-d-affaires-mondial/>, 2023. Retrieved from Statista.
- [3] Roue de deming pdca, n.d. Retrieved Mai 30, 2024, from Piloter.org.
- [4] ALGÉRIE PRESS SERVICE. Production de l'insuline : le laboratoire novo nordisk a failli à ses engagements, May 2022.
- [5] AROSIO, J.-L. *Du lean à l'excellence opérationnelle : TPS, résolution de problème, coaching et animation d'équipe pour une performance globale de l'entreprise*. 2020.
- [6] AZIB, S., AND TOUATI, K. Les investissements directs Étrangers et le commerce extérieur des produits pharmaceutiques en algérie.
- [7] BABIC, M. *Lean Office - Lean Administration, L'application du Lean Management aux services*. 2019.
- [8] COLIN, R. *Le SMED*. AFNOR, 2003.
- [9] DUFLOT, J. *Lean management : bien le comprendre pour bien le déployer*. Eyrolles, 2020.
- [10] GRANTE, P. Définition du lead time et comment l'optimiser, 2023. Retrieved from Packhelp.
- [11] HOHMANN, C. *Guide pratique des 5s et du management visuel*. 2010.
- [12] HOHMANN, C. Lead time, cycle time, value added time, 2012. Retrieved from Christian Hohmann's website.
- [13] HOHMANN, C. *Lean management : Outils - Méthodes - Retours d'expériences - Questions/réponses*. 2012.
- [14] HOHMANN, C. Sipoc, 2012. Retrieved from Christian Hohmann's website.
- [15] HUTIN, S. *Aide mémoire de la méthode 8D : La résolution des problèmes techniques dans l'industrie (Méthodes et outils de la qualité t. 1)*. 2019.
- [16] JEUNEFRIQUE. Diabète : l'algérie, un marché stratégique pour les laboratoires.
- [17] JONES, D. T., AND WOMACK, J. P. *Lean thinking : Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster, 1996.
- [18] KOO, J. Temps de cycle, délai d'exécution et temps de takt - les principales mesures de production expliquées, 2020. Retrieved from Tulip.
- [19] LANORE, P. *La méthode brainstorming, Libérer le potentiel de l'esprit créatif de chacun pour générer des idées brillantes*. 2023.
- [20] LANORE, P. *La Méthode Des 5 Pourquoi : Résoudre les problèmes efficacement en posant les bonnes questions*. 2023.
- [21] LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. *Lean lexicon : A graphical glossary for lean thinkers*, 5th ed. 2014.
- [22] PANNEMAN. Takt-, cycle-, process-, and lead time, 2017. Retrieved from MudaMasters.
- [23] SABADKA, D., MOLNÁR, V., FEDORKO, G., AND JACHOWICZ, T. Optimization of production processes using the yamazumi method. *Advances in Science and Technology* (2023).

- [24] SAEGER, A. D. *Le diagramme d'ishikawa, Les liens de cause à effet*. 2015.
- [25] SHAH, R., AND WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management* (2007).
- [26] SÉGOT, J., RAYMOND, J., AND FAVIER, L. *Management de la qualité et de la performance, Construire un cadre de référence pour de nouvelles pratiques de management*. 2011.
- [27] THIERRY, L. *La pratique du SMED*. Organisation Eds D', 2008.
- [28] VOEHL, F., HARRINGTON, H. J., MIGNOSA, C., AND CHARRON, R. *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook : Tools and Methods for Process Acceleration*. CRC Press, 2013.

Annexes

1.1 Annexe 1 : Le VSM du processus conditionnement



1.2 Annexe 2 : Synthèse des étapes du BCO selon son type

	Meme produit		changement de	
	BtoB	Not BtoB	produit	format
Empty line	✓	✓	✓	✓
Retour PPM	X	X	✓	✓
Double check retour PPM	X	X	✓	✓
Palette build up	✓	✓	✓	✓
Réconciliation	✓	✓	✓	✓
Double check Reconciliation	✓	✓	✓	✓
Cleaning 1	✓	✓	✓	✓
Line clearance 1	✓	✓	✓	✓
Double check line clearance 1	✓	✓	✓	✓
Finalisation de dossier de lot	✓	✓	✓	✓
Logbook (documentation liée à la machine)	✓	✓	✓	✓
Batch log event (documentation liée au lot)	X	✓	✓	✓
Collect BPR	X	✓	✓	✓
Organisation BPR	✓	✓	✓	✓
Cleaning 2	✓	✓	✓	✓
Line clearance 2	✓	✓	✓	✓
Double check line clearance 2	✓	✓	✓	✓

Entry control all PPM	✓	X	X	✓
Second entry control all PPM	✓	X	X	✓
First enter data	✓	✓	✓	✓
Second enter data	✓	✓	✓	✓
Infeed all PPM	✓	✓	✓	✓
Entry control stylos	✓	✓	✓	✓
Second entry control stylos	✓	✓	✓	✓
Infeed stylos	✓	✓	✓	✓
Archive sample	✓	✓	✓	✓

1.3 Annexe 3 : La voix du client VDC

	Échanges avec les deux lignes du conditionnement	Problèmes rencontrés	Pistes d'amélioration
Production	Le département de production représenté par les opérateurs, le SAP coordinateur et le team leader est le responsable sur toutes les activités dans les deux lignes de conditionnement	- Les opérateurs passent trop de temps à effectuer les changements de lot, ce qui augmente le temps.	- Offrir des formations régulières et standardiser les procédures pour s'assurer que tous les opérateurs suivent les mêmes étapes.
cLean	L'équipe Clean consiste à collaborer étroitement pour identifier et mettre en œuvre des opportunités d'amélioration tout au long des processus de production.	- La communication et la coordination entre les opérateurs, le SAP coordinateur et le team leader ne sont pas toujours optimales, ce qui entraîne des inefficacités.	- Introduire des outils automatisés pour les calculs afin de réduire le temps de changement de lot et minimiser les erreurs humaines.
QA	Le dossier de lot doit être vérifié par le département QA pour sa conformité.	- L'existence des inefficacités dans les processus de production qui ne sont pas toujours repérées ou corrigées.	- Effectuer des audits réguliers des processus et Encourager une collaboration étroite entre les équipes en offrant des formations sur les meilleures pratiques de production et les techniques Lean.

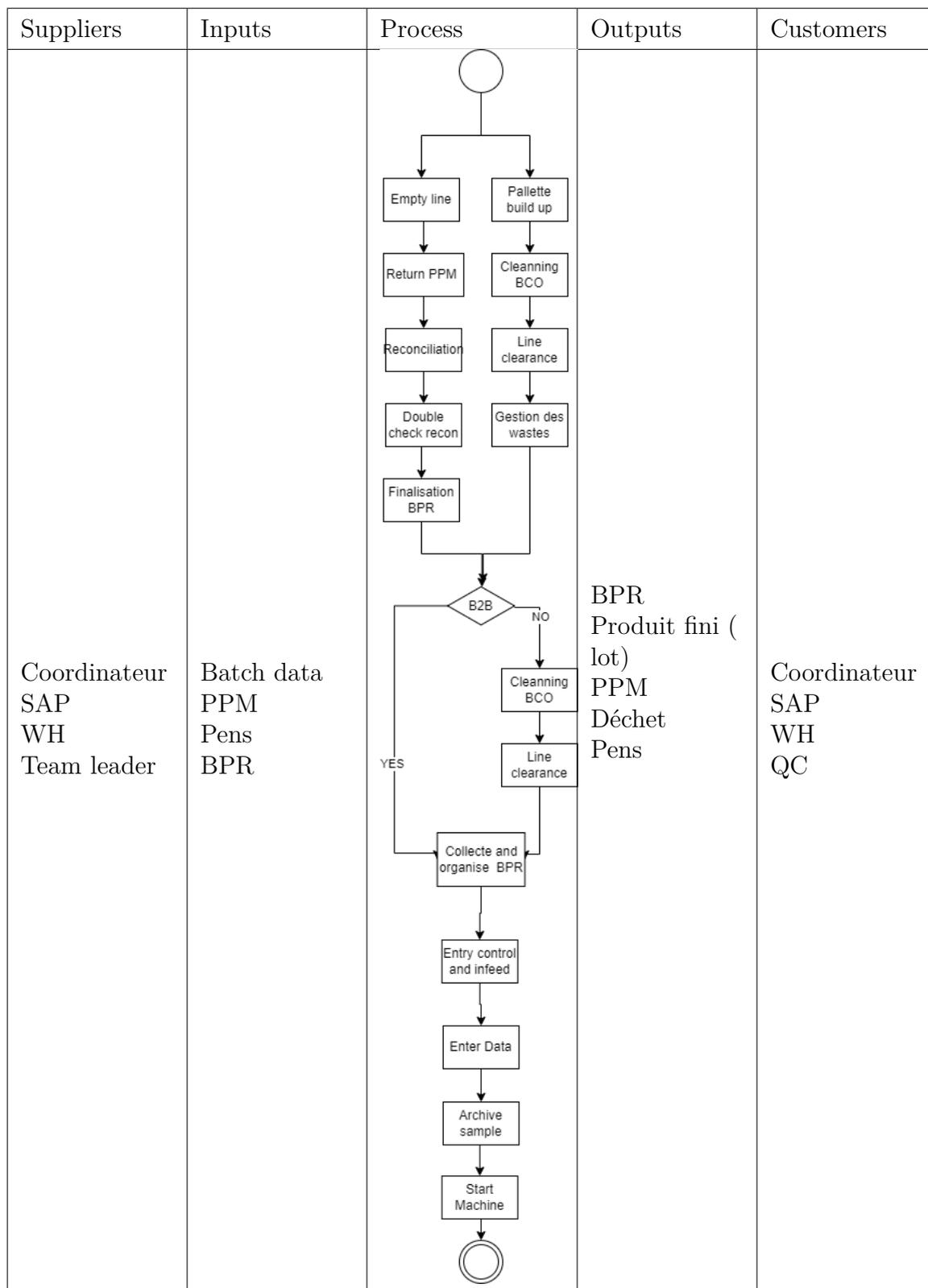
1.4 Annexe 4 : Identification des besoins client

Besoins	Exigences	Caractéristiques
Délai	- Effectuer le changement de lot en moins de 30 minutes.	- Le lead time de processus de conditionnement. - Le cycle time des opérateurs. - le takt time correspondant
Communication	- Assurer une bonne communication entre les opérateurs, le SAP coordinateur et les techniciens. - Partager les informations en temps réel (planification et réalisation).	- Planification des BCO et lui communiquer à ses différents acteurs . - Bonne circulation et accessibilité à l'information.
Efficacité	- Standardiser les différentes tâches en essayant de les automatiser. - Assurer le bon déroulement du processus et anticipation des obstacles.	- Temps de changement de lot. - Nombre d'erreurs et conformité aux normes. - Nombre d'opérateurs impliqués dans le BCO.
Qualité	- Assurer que le processus de changement de lot respecte toutes les normes et réglementations	- Le temps nécessaire pour détecter et signaler un défaut ou une non-conformité pendant le processus de changement de lot.

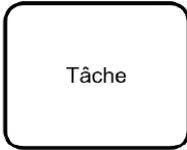
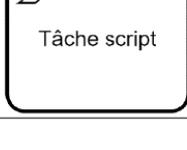
1.5 Annexe 5 : Charte de projet

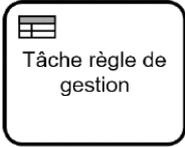
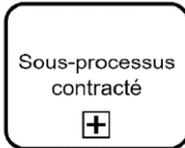
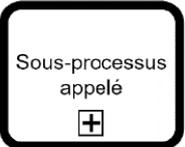
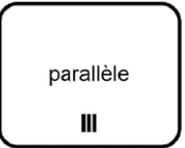
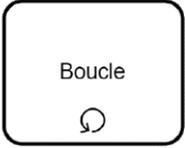
Titre du projet	Améliorer l'efficacité des changements de lot en adoptant les principes du Lean et en mettant en œuvre l'approche 8D		
Problème	Le non-stabilisation du temps de changement de lot peut résulter d'un manque de standardisation des activités. En d'autres termes, lorsque les processus ne sont pas uniformisés ou ne suivent pas de protocoles établis, cela peut entraîner des variations dans la manière dont les tâches sont accomplies. Cette absence de standardisation peut se traduire par des temps de changement de lot irréguliers, car chaque équipe ou opérateur peut avoir sa propre façon de réaliser les étapes nécessaires. Par conséquent, cela peut causer des retards, des inefficacités et une instabilité dans la planification et l'exécution des opérations de production.		
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> - Optimiser les opérations de fabrication, notamment le changement de lot, en identifiant et en réduisant les étapes inefficaces. - Identifier les opportunités d'amélioration continue et maintenir un niveau d'excellence opérationnelle. - Favoriser une circulation fluide de l'information en améliorant la communication et la visibilité des tâches au sein de l'équipe. 		
Clients	<ul style="list-style-type: none"> - Production - Clean - QA 		
Besoins des clients	Exigences	Caractéristiques mesurable	Outils de mesures
<ul style="list-style-type: none"> - Réduction du temps de changement de lot. - Minimisation des erreurs humaines. - Identification et mise en œuvre des opportunités d'amélioration. - Suivi des progrès et des impacts des améliorations. 	<ul style="list-style-type: none"> - Outils d'automatisation pour les calculs et la documentation. - Formation continue et standardisation des procédures. - Collaboration étroite entre les équipes de cLean et de production. - Indicateurs de performance pour suivre les améliorations. 	<ul style="list-style-type: none"> - Temps moyen de changement de lot. - Nombre d'erreurs humaines par lot. - Nombre d'opportunités d'amélioration identifiées. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chronomètre et enregistrements de temps. - Audit de qualité et rapports d'erreur. - Tableaux de bord de suivi des projets Lean. - Analyse des temps de cycle avant et après amélioration.
États actuels		États souhaités	
<ul style="list-style-type: none"> - Temps de changement de lot plus de 30 minutes. - Grande variation de temps de changement de lot - La non existence d'un standard de travail dans les changements de lots. 		<ul style="list-style-type: none"> - Stabilité des temps de changement de lot - Temps de changement de lot moins de 30 minutes. - Existence d'un standard de travail pour le changement de lot. 	
Périmètre	Le périmètre de ce projet est délimité par la zone de packaging dans ces deux lignes, à savoir la ligne S et la ligne P.	Contraintes	<ul style="list-style-type: none"> - la maîtrise du processus - adhérence aux deadlines - disponibilité de l'équipe de projet
Planification du projet			
Etape	Date de début	Date de fin	
D1	17 Février	24 Février	
D2	24 Février	24 Mars	
D3	24 Mars	1 Avril	
D4	13 Avril	21 Mai	
D5	21 Mai	1 Juin	
D6	1 Juin	7 Juin	
D7	7 Juin	14 Juin	
D8	14 Juin	15 Juin	

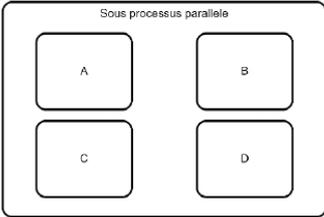
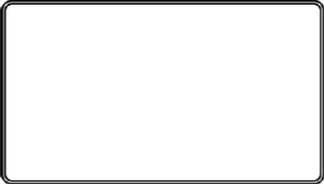
1.6 Annexe 6 : Le diagramme SIPOC pour le processus du BCO

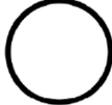


1.7 Annexe 7 : Les éléments clés du BPMN

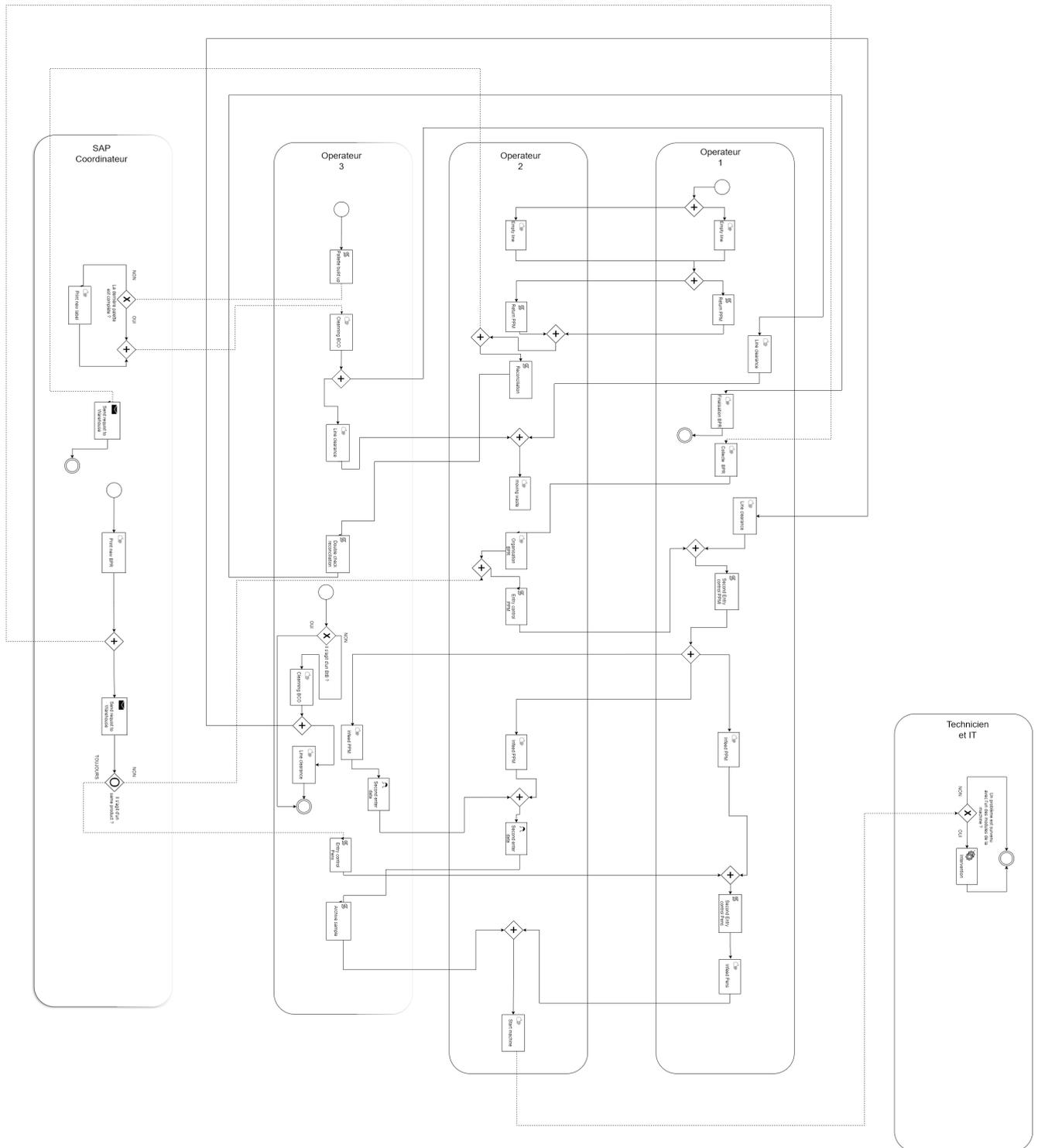
Type d'objet	Élément	Description	Type d'élément
Objet flux	Activité	Tâche : activité unitaire	 Tâche
		Tâche d'envoi : permet l'envoi d'un message aux participants externes	 Tâche d'envoi
		Tâche de réception : Permet la réception d'un message venu d'un participant Externe	 Tâche de réception
		Tâche utilisateur : opération humaine via un système	 Tâche utilisateur
		Tâche manuelle : opération humaine purement manuelle	 Tâche manuelle
		Tâche de service : opération effectuée à travers un système externe	 Tâche service
		Tâche script : opération exécutée par un système conçu spécifiquement a elle	 Tâche script

Objet flux	Activité	Tâche règle de gestion : opération gérée par système de gestion de règles métier.	 Tâche règle de gestion
		Sous-processus contracté : activité avec un ensemble de tâches (forme contractée)	 Sous-processus contracté
		Sous-processus appelé : un sous-processus intervenant dans plusieurs processus	 Sous-processus appelé
		Activité parallèle : une activité exécutée parallèlement par plusieurs instances	 parallèle
		Activité séquentielle : une activité exécutée séquentiellement par plusieurs instances	 Séquentiel
		Activité boucle : une activité exécutée de façon répétée.	 Boucle
		Sous processus Ad-hoc : un Sous-processus parallèle qui se termine selon le Process-owner	 Ad-hoc
		Sous-processus étendu : activité avec un ensemble de tâches (forme contractée)	 Sous-processus étendu

		<p>Sous-processus parallèle : un sous- processus composé de tâches indépendantes</p>	
		<p>Sous-processus événementiels : Constitué de tâches qui dépendent d'un événement</p>	
		<p>Sous-processus transactionnel : Constitué de tâches qui dépendent d'un protocole transactionnel</p>	
	Passerelle	<p>Exclusive (XOR)</p>	
		<p>Inclusive (OR)</p>	
		<p>Parallèle (AND)</p>	
		<p>Basé sur événements (Event-Based)</p>	

		Complexe	
		Début (Start-Evet)	

1.8 Annexe 8 : Le BPMN pour le processus du BCO



1.9 Annexe 9 : Synthèse du chronométrage des différents BCO

Activity description	Time "S" BCO end 24-04" (secondes)	Time "S" BCO start 28-04" (secondes)	Time "P BCO complet 21-04" (secondes)	Time "S BCO complet 21-04" (secondes)	Time "P BCO end 05-05" (secondes)	Time "P BCO start 05-05" (secondes)	Time "S BCO start 06-05" (secondes)	Time "P BCO end 15-05" (secondes)	Time "S BCO end 20-05" (secondes)		
Réconciliation (pens + price stickers)	342	/	On a juste observé		522	/	/	1560	473		
Palette build up	468	/			360	/	/				
Checking palette build up	14	/			88	/	/	450		708	
Retour leaflet		/			0	/	/	228			
Retour carton		/			0	/	/	178			
Retour label		/			0	/	/	282		246	
Retour shipper box	120	/			45	/	/	204		50	
Retour price stickers	16	/			0	/	/	469			
Double check retour all PPM	473	/			0	/	/	568		196	
Double check reconciliation (pens and price stickers)		/								644	
Cleaning	383	0					223	/	/	1287	
Line clearance	554	118					316	/	/	276	41
Double check line clearance	170	90					300	260	166	210	240
Finalisation de dossier de lot	0	/					180	134	322	166	642
Empty line	239	/					136	/	/	457	1045
Gestion des déchets	47	/					311	/	/	331	294
Collecte BPR	/	173					267	/	/	643	198
Organisation BPR	/	0					/				/
Entry control leaflet	/						/				/
Entry control label	/						/				/
Entry control carton	/						/				/
Entry control shipper box	/	50					/	559			/
Entry control price stickers	/						/	76	433	/	/
Second entry control all PPM	/	208					/	125	162	/	/
First enter data	/	56					/	60	240	/	/
Second enter data	/	180					/	60	105	/	/

Infeed leaflet	/	0			/	0		/	/
Infeed label	/	0			/	0		/	/
Infeed carton	/	0			/	0		/	/
Infeed shipper box	/	0			/	0		/	/
Infeed price stickers	/	0			/	158		/	/
Entry control pens	/	40			/	70		/	/
Second entry control pens	/	0			/	46		/	/
Infeed pens	/	30			/	36		/	/
Archive sample	/	353			/	960		/	/
Batch log event						344		/	/
Total Time BCO	27 min	19 min	51 min	38 min	19 min	19 min	27 min avec intervention		35 min

Yamazumi Process Modeling Tool					
batch name	PJF 1809	batch size	214365	Date:	24/04/2024
total	27min	Same product	OUI	Process	BCO end Sline

Task	Work Type	Opérateur 1 (waste 1min00s)	Opérateur 2 (waste 10min26s)	Opérateur 3 (waste 14min38s)
Empty line	<Select>		00:05:12	
Retour Leaflet	<Select>			00:02:57
Retour Carton	<Select>			00:01:45
Retour Label	<Select>			00:02:33
Retour shipper box	<Select>		00:00:37	
Retour price stickers	<Select>		00:00:16	00:02:10
Double check retour all PPM	<Select>			00:05:13
Palette build up	<Select>	00:08:06	00:00:14	
Reconciliation	<Select>	00:05:42		
Double check reconciliation	<Select>			
Cleaning	<Select>		00:03:54	
Line clearance	<Select>	00:04:41	00:02:28	
Double check line clearance	<Select>	00:01:52	00:02:50	

Gestion des déchets	<Select>	00:00:27		
Finalisation BPR	<Select>			
Event batch log	<Select>	00:05:13		
Logbook	<Select>		00:01:06	

Yamazumi Process Modeling Tool					
batch name	PJF 1824	batch size	223475	Date:	28/04/2024
total	19min	Same product	oui	Process	BCO start Sline

Time Unit	mins	Station		
Task	Work Type	Opérateur 1(waste 7min52s)	Opérateur 2(waste 8min56s)	Opérateur 3(waste 14min)
Collect BPR	<Select>	00:02:53		
Organisation BPR	<Select>			
Cleaning	<Select>			
Line clearance	<Select>		00:01:58	00:01:58
Double check line clearance	<Select>		00:01:30	00:01:05
Event batch log	<Select>			
Logbook	<Select>			
Entry control leaflet	<Select>	00:00:50		
Entry control label	<Select>		00:00:43	
Entry control carton	<Select>			
Entry control shipper box	<Select>			
Entry control price stickers	<Select>			
Second entry control all PPM	<Select>		00:02:53	
First enter data	<Select>	00:00:52		
Second enter data	<Select>		00:03:00	
Infeed leaflet	<Select>			
Infeed label	<Select>			
Infeed carton	<Select>			
Infeed shipper box	<Select>			
Infeed price stickers	<Select>			
Entry control pens	<Select>	00:00:40		
Second entry control	<Select>			00:00:53

pens				
Infeed pens	<Select>			00:00:30
Archive sample	<Select>	00:05:53		

Yamazumi Process Modeling Tool					
batch name	PJF 1820	batch size	206340	Date:	5/5/2024
total	18min	Same product	OUI	Process	BCO end Pline

Time Unit	mins	Station		
Task	Work Type	Opérateur 1 (waste 3min56s)	Opérateur 2 (waste 2min12s)	Opérateur 3 (waste 1min28s)
Empty line	<Select>			00:05:11
Retour Leaflet	<Select>			
Retour Carton	<Select>			
Retour Label	<Select>			
Retour shipper box	<Select>	00:00:45		
Retour price stickers	<Select>			
Double check retour all PPM	<Select>			
Palette build up	<Select>	00:04:24	00:03:06	
Reconciliation	<Select>		00:08:40	
Double check reconciliation	<Select>	00:03:43		
Cleaning	<Select>			00:05:16
Line clearance	<Select>	00:02:45		00:02:15
Double check line clearance	<Select>	00:01:30		00:01:30
Gestion des déchets	<Select>	00:01:01	00:01:30	00:01:57
Finalisation BPR	<Select>	00:01:39	00:00:37	
Event batch log	<Select>		00:03:38	00:02:06
Logbook	<Select>			

Yamazumi Process Modeling Tool					
batch name	PJF 1842	batch size	121875	Date:	5/5/2024
total	19min	Same product	OUI	Process	BCO start Pline

Time Unit	mins	Station			
Task	Work Type	Opérateur 1(waste 6min27s)	team leader (waste 14min)	Opérateur 3(waste 4min45s)	Opérateur 4 (waste 43s)
Collect BPR	<Select>				00:02:33
Organisation BPR	<Select>				00:05:54
Cleaning	<Select>				
Line clearance	<Select>	00:02:45		00:01:35	
Double check line clearance	<Select>	00:01:14		00:01:00	
Event batch log	<Select>				
Logbook	<Select>				
Entry control leaflet	<Select>			00:01:00	
Entry control label	<Select>			00:01:00	
Entry control carton	<Select>			00:00:42	
Entry control shipper box	<Select>			00:00:42	
Entry control price stickers	<Select>	00:01:16			
Second entry control all PPM	<Select>	00:00:45	00:01:20		
First enter data	<Select>		00:01:00		
Second enter data	<Select>				00:01:00
Infeed leaflet	<Select>				
Infeed label	<Select>				
Infeed carton	<Select>				
Infeed shipper box	<Select>				
Infeed price stickers	<Select>	00:02:38	00:03:21	00:02:00	
Entry control pens	<Select>				
Second entry control pens	<Select>	00:01:10			00:00:46
Infeed pens	<Select>	00:00:36			
Archive sample	<Select>	00:02:03		00:06:16	00:08:04

Yamazumi Process Modeling Tool					
batch name	PJF 1844	batch size	213160	Date:	5/6/2024
total	27min (-10)	Same product	OUI	Process	BCO start Sline

Time Unit	mins	Station				
Task	Work Type	Opérateur 1(waste 4min53s)	Team leader (waste >20min)	Opérateur 2(waste 1min47s)	Opérateur 3(waste 10min52s)	Opérateur 4(waste 2min15s)
Collect BPR	<Select>					00:05:47
Organisation BPR	<Select>					
Cleaning	<Select>					
Line clearance	<Select>	00:00:46		00:01:59		
Double check line clearance	<Select>	00:02:53		00:02:29		
Event batch log	<Select>					
Logbook	<Select>					
Entry control leaflet	<Select>			00:02:50		
Entry control label	<Select>					00:01:28
Entry control carton	<Select>	00:01:30				
Entry control shipper box	<Select>	00:00:59				
Entry control price stickers	<Select>				00:01:26	
Second entry control all PPM	<Select>	00:00:59		00:01:25		00:00:28
First enter data	<Select>					00:04:00
Second enter data	<Select>		00:01:45			
Infeed leaflet	<Select>			00:02:50		
Infeed label	<Select>				00:00:43	
Infeed carton	<Select>					
Infeed shipper box	<Select>				00:03:09	
Infeed price stickers	<Select>	00:02:16				
Entry control pens	<Select>	00:00:26		00:03:40		
Second entry control pens	<Select>					
Infeed pens	<Select>	00:01:06				
Archive sample	<Select>	00:01:12			00:00:50	00:03:02

Yamazumi Process Modeling Tool					
batch name	PJF 1826	batch size	152200	Date:	15/05/2024

total	51min	Same product	OUI	Process	BCO end Pline
-------	-------	--------------	-----	---------	---------------

Time Unit	mins	Station			
Task	Work Type	Opérateur 1(waste 15min33)	Opérateur 2(waste 5min56s)	Opérateur 3(waste 15min36)	Team leader(waste 30min36)
Empty line	<Select>	00:04:01	00:01:30		
Retour Leaflet	<Select>	00:03:48			
Retour Carton	<Select>	00:02:58			
Retour Label	<Select>	00:04:42			
Retour shipper box	<Select>	00:03:24			
Retour price stickers	<Select>			00:07:49	
Double check retour all PPM	<Select>			00:05:38	00:03:50
Palette build up	<Select>		00:05:30	00:02:00	
Reconciliation	<Select>		00:26:06		
Double check reconciliation	<Select>			00:11:43	00:09:44
Cleaning	<Select>	00:04:36			
Line clearance	<Select>	00:04:29			00:02:31
Double check line clearance	<Select>	00:01:23			00:01:23
Gestion des déchets	<Select>	00:02:11		00:04:36	00:03:56
Finalisation BPR	<Select>		00:07:37		
Event batch log	<Select>		00:04:06	00:04:38	
Logbook	<Select>	00:06:01			

Yamazumi Process Modeling Tool					
batch name	PJF 1836	batch size	150000	Date:	5/20/2024
total	35min	Same product	NON	Process	BCO end Sline

Time Unit	mins	Station			
Task	Work Type	Opérateur 1(waste 2min35s)	Opérateur 2(waste 1min58s)	Opérateur 3(waste 14min28)	

Empty line	<Select>	00:00:15		00:04:39
Retour Leaflet	<Select>			
Retour Carton	<Select>			
Retour Label	<Select>	00:04:06		
Retour shipper box	<Select>	00:00:50		
Retour price stickers	<Select>			
Double check retour all PPM	<Select>			00:03:16
Palette build up	<Select>	00:04:40	00:07:08	
Reconciliation	<Select>		00:07:53	
Double check reconciliation	<Select>	00:10:44		
Cleaning	<Select>			00:00:41
Line clearance	<Select>	00:01:49		00:02:19
Double check line clearance	<Select>	00:06:25		00:04:17
Gestion des déchets	<Select>			00:03:18
Finalisation BPR	<Select>		00:17:25	
Event batch log	<Select>			
Logbook	<Select>	00:02:15	00:00:35	00:01:47

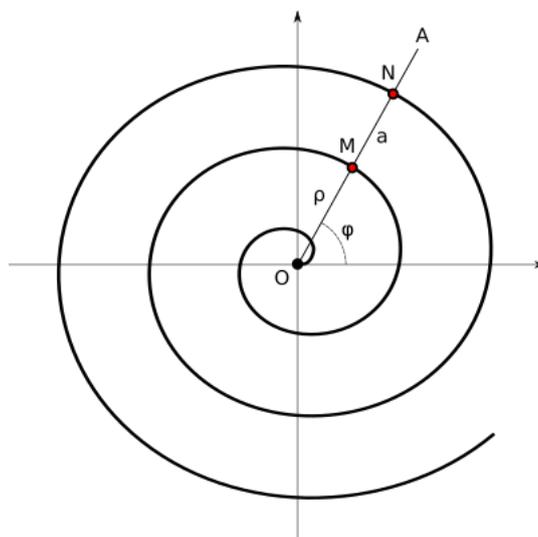
1.10 Annexe 10 : Synthèse des causes du retard par tâche

Tâche	Cause de retard
Pallet Build Up	- Complexité du méthode de calcul de la quantité des stylos dans la dernière palette : Premièrement, la nécessité de vérifier manuellement chaque étape du calcul ajoute une charge cognitive importante pour les opérateurs. Ils doivent s'assurer de la précision des données initiales, appliquer correctement les formules de calcul, et vérifier plusieurs fois le résultat pour éviter toute erreur. Cette procédure peut être particulièrement difficile en cas de variation dans les quantités produites ou si des ajustements sont nécessaires en raison de changements dans la production.
Réconciliation	- Complexité du méthode de calcul de la réconciliation des stylos et des vignettess : les opérateurs utilisent des calculatrices basiques pour effectuer ces calculs, ce qui introduit plusieurs défis. La méthode de réconciliation implique de multiples variables, telles que les quantités initiales, les quantités utilisées, les pertes et les quantités finales. Chaque variable doit être précisément mesurée et enregistrée, et la moindre erreur peut entraîner des incohérences nécessitant des recalculs. La complexité des formules de réconciliation, impliquant des calculs de pourcentages et des ajustements pour les pertes, ajoute une couche supplémentaire de difficulté. De plus, les processus manuels de saisie et de vérification des données sont non seulement chronophages mais aussi sujets à des erreurs humaines. La nécessité de double vérification pour garantir l'exactitude des résultats ajoute encore au temps requis pour cette tâche. Ces facteurs combinés entraînent des retards significatifs, des tensions parmi les opérateurs et des risques de non-conformité.
Retour PPM	- Formule de calcul de retour des vignettess trop compliqué et n'est pas optimisé en terme de temps d'exécution : cette formule est trop complexe, nécessitant plusieurs étapes et de nombreuses variables à considérer. Les opérateurs doivent prendre en compte les quantités initiales de stickers, les quantités utilisées durant le lot, les pertes éventuelles, et les stickers restants. Chaque de ces étapes nécessite des calculs précis, souvent réalisés manuellement avec des calculatrices basiques. Cette complexité augmente le risque d'erreurs et nécessite une double vérification, ce qui prolonge encore davantage le temps d'exécution. - Retour des shipper box, leaflet et carton pendant le changement de lot : Il est possible d'effectuer ce calcul de retour en dehors du changement de lot, ce qui permettrait de réduire les interruptions et d'optimiser le temps d'exécution. En réalisant le retour de ces matériaux avant le changement de lot, les opérateurs pourraient se concentrer sur d'autres tâches pendant le changement, améliorant ainsi l'efficacité et réduisant le temps total nécessaire pour compléter le processus.

Cleaning, Line clearance	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de matériel pour effectuer efficacement le vide et le nettoyage de ligne : les opérateurs doivent souvent partager ou attendre l'accès aux équipements nécessaires, tels que les torches, les produits de nettoyage spécifiques et les outils de désinfection. Cette insuffisance de matériel entraîne des temps d'attente et des interruptions fréquentes, ce qui prolonge considérablement le temps total requis pour terminer le changement de lot. - La non existence d'un standard de travail pour le nettoyage de ligne : sans directives claires et uniformes, chaque opérateur peut aborder le nettoyage de manière différente, ce qui entraîne des variations dans la qualité et le temps nécessaire pour accomplir cette tâche.
Gestion des déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Le mouvement inutile des opérateurs dans la gestion des déchets : Lorsqu'ils doivent se déplacer fréquemment et sur de longues distances pour éliminer les déchets en raison d'un placement non stratégique des poubelles et des points de collecte. Ces déplacements non optimisés non seulement interrompent le flux de travail, mais contribuent également à la fatigue des opérateurs,
Documentation	<ul style="list-style-type: none"> - La non formation des opérateurs sur la documentation : La documentation précise et complète est essentielle pour assurer la traçabilité, la conformité réglementaire, et le bon déroulement des opérations de production. Cependant, lorsque les opérateurs ne sont pas formés de manière adéquate, plusieurs problèmes peuvent survenir.

1.11 Annexe 11 : La spirale d'archimède

Selon la formule d'Archimède, il est possible de calculer la longueur du ruban en ayant le diamètre intérieur, le diamètre extérieur et son épaisseur, sachant que le diamètre intérieur et l'épaisseur sont fixes et communiqués par le fournisseur. Cependant, le diamètre extérieur change au cours de la production et doit être mesuré par l'opérateur à travers une règle ou piacolise. Nous nous appuyons sur la formule développée par Archimède qui décrit la localisation au cours du temps d'un point M s'éloignant d'un point central O avec une vitesse constante le long de la ligne OA qui tourne autour du point central O avec une vitesse angulaire constante.



Si nous désignons la distance de O à M comme ρ , et l'angle de rotation comme ϕ , alors nous

pouvons décrire une spirale avec l'équation polaire :

$$\rho = k\phi$$

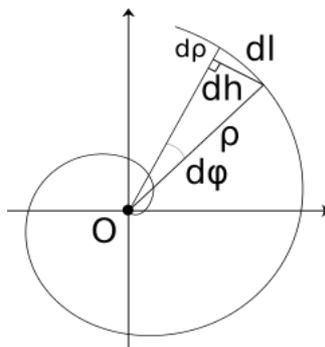
où k est le paramètre taille, qui est égal au changement de distance lorsque l'angle pivote de 1 radian. Après un tour (un angle augmente de 2π), la distance augmente de $2\pi * k$.

$$a = 2\pi k$$

Cette augmentation est la distance entre deux bras d'une spirale, la distance de séparation ou l'épaisseur de la spirale. Nous pouvons réécrire notre équation initiale en utilisant a :

$$\rho = \frac{a}{2\pi}\phi$$

Comme l'épaisseur est constante, plus le point M s'éloigne du centre, plus la spirale ressemble au cercle. Pour dériver la formule de la longueur de la spirale, nous examinerons le changement infinitésimal de la longueur.



Un segment infinitésimal de la spirale dl peut être vu comme l'hypoténuse du triangle dl , $d\rho$, et dh . Ainsi :

$$dl = \sqrt{d\rho^2 + dh^2}$$

En utilisant l'équation polaire d'une spirale, nous pouvons remplacer ρ par $k\phi$, et $d\rho$ par $kd\phi$:

$$dl = \sqrt{k^2 d\phi^2 + k^2 \phi^2 d\phi^2} = kd\phi \sqrt{1 + \phi^2} = \frac{a}{2\pi} \sqrt{1 + \phi^2} d\phi$$

Nous avons désormais la dépendance de la longueur dl par rapport à l'angle $d\phi$. Pour trouver la longueur, nous devons intégrer l'angle initial à l'angle final.

$$L = \int_{\phi_0}^{\phi_1} \frac{a}{2\pi} \sqrt{1 + \phi^2} d\phi$$

Pour abrégé, l'intégration finale est :

$$L = \frac{a}{2\pi} \left(\frac{\phi_1}{2} \sqrt{\phi_1^2 + 1} + \frac{1}{2} \ln(\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 + 1}) - \frac{\phi_0}{2} \sqrt{\phi_0^2 + 1} - \frac{1}{2} \ln(\phi_0 + \sqrt{\phi_0^2 + 1}) \right)$$

Et voici comment les diamètres sont corrélés aux angles (ceci découle directement de l'équation polaire de la spirale) avec D (d) diamètre extérieur (intérieur) du rouleau.

$$D = \frac{a}{\pi} \phi_1$$

$$d = \frac{a}{\pi} \phi_0$$