

Année Universitaire : 2020-2021
Filière ingénieurs
Industries Agro-Alimentaires



Rapport de stage de fin d'études

Réduction des écarts des matières premières et
optimisation du processus des pâtes à pizza selon la
démarche DMAIC

Réalisé par l'élève-ingénieur:

M^{lle}. Nohaila EL BANNAY

Encadré par:

- Mr. Al Mehdi Rotbi Entreprise : Bimbo Maroc-Meknès
- Mr. ZAITAN Hicham FST Fès

Présenté le 15 Juillet 2021 devant le jury composé de:

- M^r. CHAKROUNE Said
- M^r. ZEROUALE Abdelaziz
- M^r. ZAITAN Hicham

Stage effectué à: Grupo Bimbo Maroc-Meknès.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail avec le plus grand plaisir,

À mes parents ;

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour notre éducation et notre bien-être. Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis dès notre naissance jusqu'aujourd'hui. Je vous dédie cet humble travail en témoignage de ma profonde gratitude. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

À mon Frère Adil et ma Sœur Imane ;

En témoignage de mes sentiments de fraternité et d'amour, je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite. Je vous remercie pour vos encouragements permanents, et votre soutien.

À mes meilleurs amis et surtout à CHARLOU Marieme et EL MJIHED Mahjouba ;

Pour tous les moments de joie et de tristesse que nous avons partagée ensemble, votre soutien et votre amitié m'ont toujours encouragé. Que ces quelques mots vous témoignent toute ma reconnaissance.

À mes chers professeurs ;

Pour leur soutien, leurs conseils et leur orientation et pour m'avoir fourni une formation de qualité, m'avoir accompagné tout au long mon parcours.

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

EL BANNAY
Nohaïla



Remerciement

A l'issue de ce travail, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon tuteur **Al Mehdi ROTBI**, Responsable Usine Bimbo Maroc Meknès, d'abord pour m'avoir donné l'opportunité de rejoindre la société, je le remercie également pour l'intérêt et les efforts d'encadrement qu'il a consacrés pour la réalisation de ce travail, pour ses fructueuses directives, ses encouragements prodigués, pour ses conseils avisés ainsi que ses critiques constructives....

Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Je transmets également ma gratitude aux superviseurs de production, avec qui j'ai travaillé pour leur aide et leur disponibilité. Aussi mes remerciements sont adressés au personnel de Bimbo Maroc-Meknès pour sa gentillesse et son soutien qui m'ont permis de travailler dans les meilleures conditions.

Que **Pr. ZAITAN Hicham** mon encadrant pédagogique trouve ici le témoignage de ma profonde gratitude pour ses conseils constructifs, pour sa disponibilité, pour son orientation et pour ses remarques pertinentes.

Mes remerciements les plus chaleureux, mes hommages et mon profond respect s'adressent aux membres du jury **le Pr. ZEROUALE Abdelaziz** et **le Pr. CHAKROUNE Said** qui ont accepté de bien vouloir évaluer ce travail et l'enrichir par leurs remarques et critiques.

Mes sincères remerciements sont également adressés à **Pr. HAZM Jamal Eddine** coordonnateur de la Filière Ingénieur Industries en Agroalimentaires et à tout le corps professoral de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, pour la qualité de la formation, la disponibilité et l'encadrement tout au long du cursus académique.

Finalement je tiens à remercier toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Liste des tableaux

Tableau 1: Gamme de produits du site Bimbo Meknès.	7
Tableau 2: Charte du projet.....	23
Tableau 3: Pertes de farine pendant une année	25
Tableau 4: Pertes du papier kraft pendant une année.	26
Tableau 5: Pertes de bobine CDP Ronde pendant une année.	26
Tableau 6: Quantité journalière des pertes de papier kraft pendant un mois. (Extrait annexe 1)	27
Tableau 7: Quantité journalière des pertes de farine pendant un mois. (Extrait annexe 2). ...	29
Tableau 8: Quantité des pertes d’emballage du CDP Ronde par semaine. (Extrait annexe 3).	30
Tableau 9: Quantité des pertes d’emballage du Pizza Nature Ronde EKMEK par semaine. (Extrait annexe 4).	31
Tableau 10: Quantité des pertes d’emballage du CDP carrée par semaine. (Extrait annexe 5).	31
Tableau 11: Quantité des pertes du papier kraft/jour pour chaque cause.	35
Tableau 12: Quantité des pertes du papier kraft par cause racine.....	37
Tableau 13: Quantité réelle de farine de saupoudrage par pièce. (Extrait annexe 6).	40
Tableau 14: Quantité des pertes de farine par jour pour chaque cause.....	40
Tableau 15: Echelle de gravité.....	43
Tableau 16: Echelle de fréquence d’apparition.....	43
Tableau 17: Echelle de non détection.	43
Tableau 18: Echelle de criticité.....	44
Tableau 19: Hiérarchisation des causes selon la valeur de leur criticité.....	45
Tableau 20: Plan d’amélioration des causes des pertes du papier kraft.....	46
Tableau 21: Niveaux choisis par facteur.....	48
Tableau 22: Matrice du plan d'expériences.....	49
Tableau 23: Coefficients de corrélation	50
Tableau 24: Plan d’amélioration des causes des pertes de farine.	52
Tableau 25: Plan d’amélioration des causes des pertes d’emballage.....	52
Tableau 26: Quantité des pertes d’emballage du CDP carrée par semaine après l’application du plan d’action.	54
Tableau 27: Quantité des pertes d’emballage du CDP Ronde par semaine après l’application du plan d’action.	55
Tableau 28: Quantité des pertes d’emballage du Pizza Nature Ronde EKMEK par semaine après l’application du plan d’action.	55

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de la société.	6
Figure 2: Diagramme de fabrication de la pâte à pizza.....	13
Figure 3: Diagramme SIPOC	24
Figure 4: Ecarts journaliers entre la quantité réelle et théorique du papier kraft.	28
Figure 5 : Ecarts journaliers entre la quantité réelle et théorique de farine.....	29
Figure 6: Ecarts entre la quantité réelle et théorique d'emballage CDP Rond.....	30
Figure 7 : Ecarts entre la quantité réelle et théorique d'emballage Pizza Nature Ronde EKMEK.....	31
Figure 8: Ecarts entre la quantité réelle et théorique d'emballage CDP carrée.	32
Figure 9: Diagramme Ishikawa des pertes du papier kraft.....	34
Figure 10: Diagramme Pareto des causes génératrices des pertes du papier kraft.....	35
Figure 11: Méthode 5P pour les pertes du papier kraft.	36
Figure 12: Diagramme Pareto des causes racines de perte du papier kraft.	37
Figure 13: Les causes racines de non maîtrise du poids.....	38
Figure 14: Diagramme Ishikawa des pertes de farine.	39
Figure 15: Diagramme Pareto des causes des pertes de farine.	41
Figure 16: Ensacheuse des pâtes à pizza Ronde et Carré.....	42
Figure 17: Diagramme de Pareto AMDEC.....	45
Figure 18: Répartition des résidus sur la droite d'Henry.	50
Figure 19: Courbe d'isoréponses des résultats obtenus.....	51
Figure 20: Surface de répons des résultats obtenus.....	51
Figure 21: Variation de la désirabilité dans le plan.	51
Figure 22: Ecarts entre la quantité réelle et théorique d'emballage CDP carrée après le plan d'action.	54
Figure 23: Ecarts entre la quantité réelle et théorique d'emballage CDP Ronde après le plan d'action.	55
Figure 24: Ecarts entre la quantité réelle et théorique d'emballage Pizza Nature Ronde EKMEK après le plan d'action.	56

Liste des annexes

Annexe 1 : Plan de collecte des données pour papier kraft ;

Annexe 2 : Plan de collecte des données pour la farine ;

Annexe 3 : Plan de collecte des données pour CDP Ronde ;

Annexe 4 : Plan de collecte des données pour EKMEK ;

Annexe 5 : Plan de collecte des données pour CDP Carrée ;

Annexe 6 : Analyse AMDEC de la machine d'emballage ;

Annexe 7 : Calcul des quantités utilisées réellement du papier kraft et farine de saupoudrage par pièce.

Liste des abréviations

BPF : bonne pratique de fabrication.

MP : matière première.

DMAIC : Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler.

SIPOC: Supplier, Input, Process, Output, Customer.

5P: 5 Pourquoi.

AMDEC: Analyse des modes de défaillance et de leurs effets et de leur criticité.

QQOQCP : Qui ? Quand ? Où ? Quoi ? Comment ? Pourquoi ?

CDP : Chef Du Pain.

NPR : Niveau de Priorité de Risq

Table des matières

Introduction générale.....	1
Partie 1 : Synthèse bibliographique.....	3
Chapitre I : Présentation de la société d'accueil	4
I. Historique du Grupo Bimbo.....	4
II. Chronologie de création du Grupo Bimbo	5
III. Bimbo Maroc.....	6
1. Bimbo Meknès	6
2. Organigramme de la société	6
3. Gamme de produits	7
Chapitre II : Procédé de fabrication de la pâte à pizza.....	8
I. Généralités : composition et ingrédients.....	8
II. Etapes de fabrication.....	10
Chapitre III: Matériels et méthodes.....	14
I. Introduction.....	14
II. Généralités sur la démarche DMAIC.....	14
1. Phase Définir	15
2. Phase Mesurer	16
3. Phase Analyser	16
4. Phase Innover (améliorer)	18
5. Phase Contrôler	19
Partie 2 : Partie expérimentale.....	20
Introduction	21
I. Phase « définir ».....	21
1. Présentation du projet par l'outil QQQQCP	21
2. Charte du projet.....	22
3. Diagramme SIPOC.....	24
4. Limitations du projet	24
II. Phase Mesurer.....	25
1. Historique des pertes	25
2. Démarche adoptée pour calculer les pertes	26
2.1 Pertes du papier kraft	27
2.2 Pertes de farine.....	28

2.3	Perte de Bobine d’emballage	30
III.	Phase Analyser	32
1.	Analyse des causes des pertes du papier kraft.....	33
1.1	Technique de Brainstorming	33
1.2	Diagramme Ishikawa des pertes du papier kraft.....	33
1.3	Diagramme Pareto du papier kraft	35
1.4	Méthode 5P	36
2.	Analyse des causes des pertes de farine	38
2.1	Technique de Brainstorming	38
2.2	Diagramme Ishikawa des pertes de farine	39
2.3	Diagramme Pareto de farine	40
3.	Analyse des causes des pertes d’emballage	41
3.1	Analyse AMDEC de la machine d’emballage	41
IV.	Phase Innover « Améliorer ».....	46
1.	Solutions proposées pour réduire les pertes du papier kraft.....	46
1.1	Maîtrise de la consistance de la pâte par le plan d’expérience	47
2.	Solutions proposées pour réduire les pertes de farine	52
3.	Solutions proposées pour réduire les pertes d’emballages.....	52
V.	Phase « Contrôler »	53
	Conclusion générale	57
	Références Webographies	58
	Références Bibliographiques.....	58
	Annexes	59

Introduction générale

Depuis le début du vingt et unième siècle, l'industrie agroalimentaire a accompli un progrès considérable. En effet, les progrès de l'industrie, ont contribué à l'amélioration des processus de production et à la diversité des produits. Et en parallèle de ces avancées, les exigences dans le domaine de la qualité deviennent de plus en plus rigoureuses et la santé des consommateurs devient la priorité absolue. C'est la même chose pour la boulangerie industrielle qui est en progrès continu, elle est apparue avec la mécanisation de la production, à partir des années 1950. Elle se caractérise par un volume de production important qui est lié à l'augmentation des rendements agricoles et au changement des modes alimentaires.

Le secteur de la boulangerie-pâtisserie est un secteur qui joue un rôle non négligeable dans l'économie marocaine et mondiale. Ces produits occupent une place très importante dans la culture gastronomique et tiennent une place prédominante dans l'alimentation surtout chez les marocains. Cette population reste très attachée aux traditions, c'est pourquoi la production artisanale est plus importante que la boulangerie industrielle et c'est pour cela ce secteur est peu structuré, mais cela n'empêche pas qu'il est en développement, il se modernise, ce qui justifie l'apparition de plusieurs sociétés concurrentielles dans ce secteur, et parmi ces entreprises, on trouve le leader mondial de la boulangerie industrielle « Grupo Bimbo-Maroc ».

En tant qu'entreprise industrielle leader dans son secteur et pour rester compétitive, Grupo Bimbo Maroc ne peut se permettre ou tolérer un gaspillage et doit par contre bien gérer son budget et optimiser ses dépenses, elle cherche toujours à augmenter sa productivité et veille à mieux gérer ses coûts à travers l'élimination des pertes qui sont apparues sous forme des écarts d'inventaire et qui auront un effet égal, mais négatif. Ces écarts ne doivent pas être pris à la légère, car ils freinent la progression des industries, et peuvent entraîner des pertes de profits et une augmentation des coûts pour l'entreprise. Les pertes sont de plusieurs types et on peut les trouver dans tous les stades de la transformation ainsi qu'elles peuvent affecter toutes les composantes de la production (matière première, produit fini, produit de nettoyage, matériel et pièces de rechanges...etc.).

Comme toutes les industries, la société **Bimbo Maroc Meknès** souffre aussi d'un problème de pertes, notamment au niveau des matières premières (papier kraft, farine, emballage). C'est dans ce contexte, se situe la présente étude du projet de fin d'études, en traitant le problème «des pertes au niveau de la matière première » par l'interprétation des différentes causes et la suggestion des mesures correctives adéquates.

Le présent rapport est divisé en deux grandes parties :

Partie I : Synthèse bibliographique composée de trois chapitres

- nous donnerons dans le premier chapitre un aperçu sur l'entreprise « Grupo Bimbo » à l'échelle internationale et nationale,
- le deuxième chapitre est consacré pour une présentation sur le produit fabriqué, ses ingrédients et les différentes étapes de fabrication,
- le dernier présente les différents outils de travail.

Ensuite la partie expérimentale décrira le cas pratique de réduction des pertes des matières premières au niveau de la ligne de production, en appliquant la démarche DMAIC.

Partie 1 : Synthèse bibliographique

« Cette partie est divisée en trois chapitres, le 1er sera consacré à la présentation de l'entreprise d'accueil, le 2ème va définir les principales étapes de la fabrication des pâtes à pizza et le dernier va décrire les outils et méthodes exploités pour atteindre les objectifs du projet »

—— Chapitre I : Présentation de la société d'accueil ——

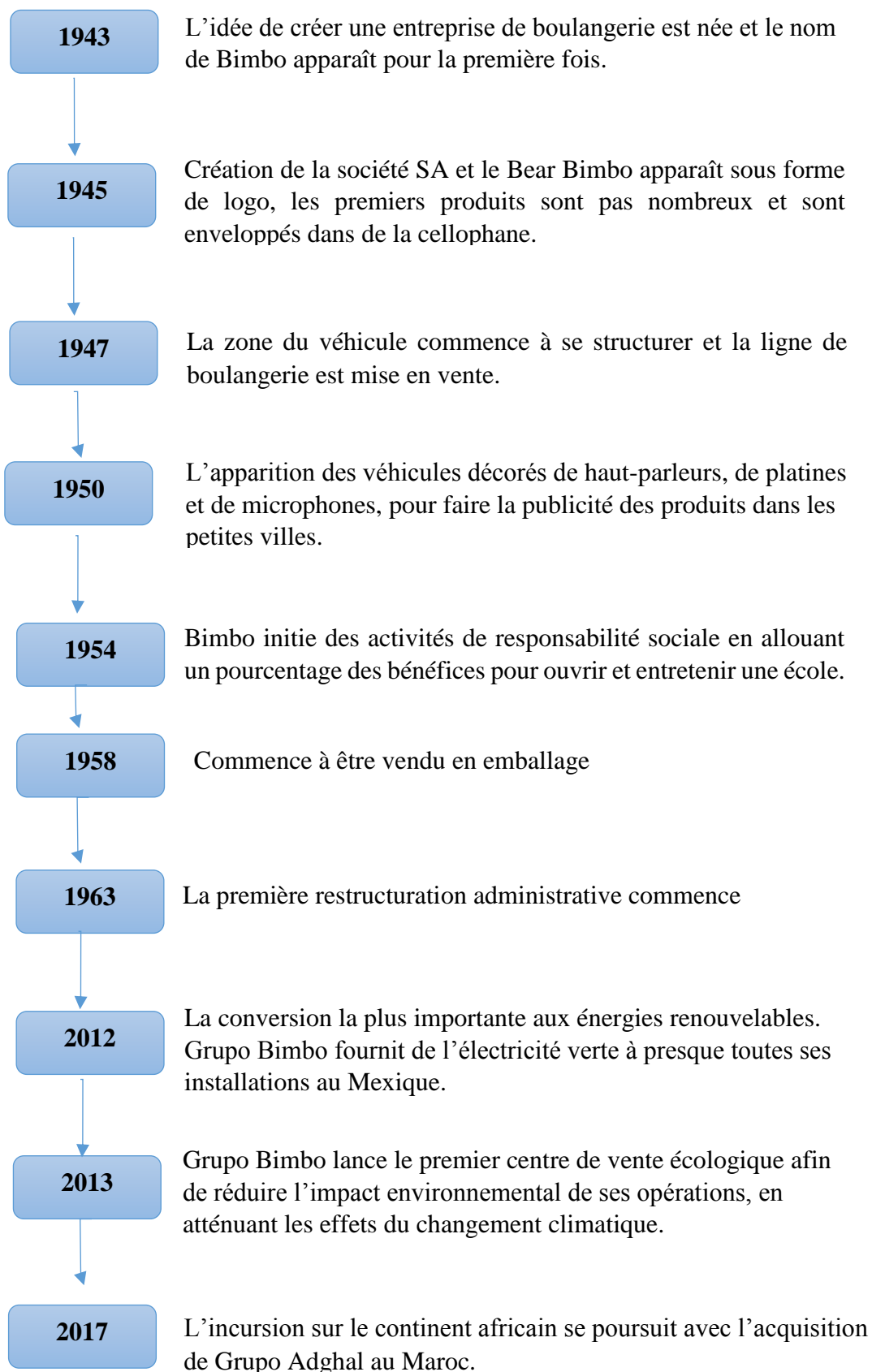
Grupo Bimbo est la plus grande entreprise mexicaine active dans le secteur de la transformation alimentaire, fondée en 1945, elle est l'un ou le plus grand producteur mondial. Les principales activités de la Société comprennent la production, la distribution et la vente d'une variété de produits de boulangerie, tels que du pain, des petits pains, des biscuits, des gâteaux, des bonbons, des chocolats, des collations et des tortillas, ainsi que des aliments transformés. Bimbo offre plus de 13 000 produits sous plus de cent marques connues, Elle possède 169 usines (39 au Mexique et 130 à l'étranger), trois organismes commerciaux et huit coentreprises. Les produits de Grupo Bimbo sont vendus dans plus de 2,2 millions de points de vente [1].

I. Historique du Grupo Bimbo

«Panification Bimbo» a commencé ses activités le 2 décembre 1945, avec seulement 34 personnes travaillant dans une petite usine de Mexico située dans le quartier Insurgentes de Santa María au 11758 Calle Norte. Ses fondateurs avaient la vision de «faire du pain qui était très bon, nutritif, savoureux, frais ... bien cuit: avec la propreté et la plus haute perfection, avec l'intention de plaire et de nourrir, atteignant ainsi chaque foyer au Mexique». Les fondateurs de la société étaient: **Lorenzo Servitje, Jaime Jorba, Jaime Sendra, José T. Mata, Alfonso Velasco et Roberto Servitje**. Au bout de quelques années, la boulangerie a reçu ses nouveaux collaborateurs avec une brochure «Bienvenue chez Bimbo» dans laquelle, outre une explication de l'histoire de Bimbo et de ses réglementations, ont exprimé le souhait qu'ils trouveraient dans Bimbo «non seulement un moyen de gagner sa vie, mais aussi un lieu de travail agréable, équitable et sûr» [2].

II. Chronologie de création du Grupo Bimbo

Pour être le leader dans la boulangerie et la panification, et réaliser beaucoup de succès jusqu'aujourd'hui, la société Bimbo a passé par plusieurs étapes depuis la création de l'idée, ces étapes sont citées en dessous :



- **Principale évolution du groupe Bimbo**

1948 : il y avait 9 produits Bimbo sur le marché avec 34 salariés ;

1955 : c'est le deuxième anniversaire de Bimbo, avec 700 travailleurs et 140 véhicules ;

1979 : Bimbo se trouve avec 3 entreprises, 12 usines et 15000 salariés ;

Aujourd'hui : Bimbo se localise en 33 pays, produit plus de 13000 produits, elle a plus que 100 marques, faire travailler plus de 130000 salariés ;

III. Bimbo Maroc

La principale entreprise du secteur agroalimentaire du Mexique, a annoncé l'acquisition de quelques groupes au Maroc. C'est sa première percée sur le continent africain qui permet à cette entreprise mexicaine d'étendre ses activités. L'objectif de cet apport est d'accompagner les projets de développement des différentes entités opérationnelles acquises en 2017 auprès du groupe marocain Adghal, notamment Yamuzar à Meknès, La Belle Pâtisserie à Kenitra et Ferghal à Nador qui sont spécialisés dans le pain frais et les pâtisseries [1].

1. Bimbo Meknès

Basée alors au Maroc, la nouvelle filiale de Bimbo compte trois unités industrielles. La première se situe au niveau de Casablanca et qui est spécialisée dans la production des différents types du pain, le deuxième site se trouve à Kenitra et qui fabrique les différents produits de pâtisserie et le plus grand site qui est basée à Meknès qui fabrique principalement les différentes catégories de la pâte à pizza et quelques types des produits de pâtisserie, c'est au niveau de ce dernier où le stage de fin d'études a été effectué pendant une durée de quatre mois.

2. Organigramme de la société

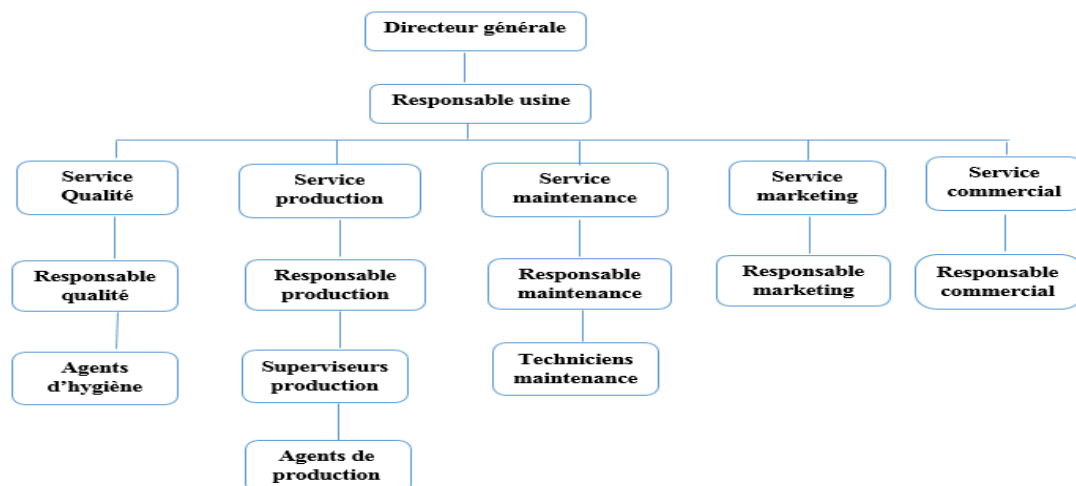


Figure 1: Organigramme de la société.

3. Gamme de produits

Le tableau 1 résume les différents produits fabriqués par la société Bimbo Maroc Meknès :

Tableau 1: Gamme de produits du site Bimbo Meknès.

Catégorie	Article	Description
Ronde	Chef du pain pizza pâte ronde nature (CDP nature)	3 pièces rondes dans un emballage de type flow pack rouge, goût nature
	Bimbo Pizza pâte ronde nature	3 pièces rondes dans un emballage sachet bleu, goût nature
	Bimbo Pizza pâte ronde aromatisée	3 pièces rondes dans un emballage sachet vert, goût aromatisé saveur oignon et ail.
	Bimbo pizza pâte ronde aromatisée : nouveau produit	3 pièces rondes dans un emballage flow pack violet, goût aromatisé saveur oignon et ail.
	EKMEK pâte à pizza ronde	3 pièces rondes dans un emballage flow pack rouge, goût nature.
	Bimbo pâte à pizza ronde (huile d'olive)	3 pièces rondes dans un emballage flow pack vert, goût aromatisé saveur huile d'olive
Carrée	Chef du pain pizza pâte carrée nature	3 pièces carrées dans un emballage de type flow pack rouge, goût nature
	EKMEK pâte à pizza feuilletée carrée	3 pièces, grand format carré feuilleté dans un emballage flow pack vert, goût nature.
Mini pizza	Bimbo mini pizza nature	12 petites pièces rondes dans un emballage flow pack bleu, goût nature
	Bimbo mini pizza aromatisée	12 petites pièces rondes dans un emballage flow pack vert, goût aromatisé, saveur oignon et ail.
	Bimbo mini pizza aromatisée : nouveau produit	12 petites pièces rondes dans un emballage flow pack violet, goût aromatisé saveur oignon et ail.
Génoise	Génoise belle	Produit de pâtisserie avec une couche de chocolat

— Chapitre II : Procédé de fabrication de la pâte à pizza —

I. Généralités : composition et ingrédients

La pizza est bien plus qu'un plat, elle est à la fois signe et forme, elle appartient à différents niveaux mythiques.

La réalisation d'une pizza de qualité est conditionnée par la fabrication d'une pâte de qualité et c'est plus complexe qu'il n'y paraît, car c'est un produit difficile à être maîtrisé. Une bonne pâte à pizza doit être légère, croustillante et digeste. Chaque détail compte, depuis le choix des ingrédients jusqu'à la méthode de fabrication, pour cela les entreprises, pendant toute les phases de fabrication essaient d'assurer le déroulement correct et la succession correcte de ces phases; en contrôlant attentivement les points critiques; en vérifiant la conformité des matières premières avec celles qui sont prévues dans le cahier des charges d'exécution; en vérifiant la conservation parfaite et le stockage de ces matière et en s'assurant que les caractéristiques du produit final soient conformes à ce qui est prévu par le présent cahier des charges de production[3].

En commençant par le premier secret de réussite de la pâte à pizza qui est le choix des ingrédients, la pâte est composé alors de :

La farine de blé : est l'élément essentiel puisqu'elle représente le premier ingrédient en poids dans le pâton. On utilise plus précisément la farine de blé tendre c'est la plus idéal pour l'élaboration de la pizza en raison de sa teneur en protéines insolubles, en eau, gluténine et gliadine; ces dernières avec l'eau lors du pétrissage vont former le gluten, substance essentielle à la constitution de la pâte [3].

La farine est composée de :

- Hydrates de carbone : 64-74% principalement amidon puis pentose, cellulose, sucres réducteurs ;
- Protéines solubles : 1-2% albumine et globuline ;
- Protéines insolubles : 8-16% gliadine et gluténine ;
- Graisses : 1-1,5% influent davantage sur la valeur nutritionnelle que sur le produit ;
- Humidité ou eau : 11-15,50% ;
- Sels minéraux (ou cendres) : 0,30-1,60% en relation avec le classement de la farine ;

L'Eau : L'eau potable est parmi les meilleures eaux utilisées, mais si l'eau est calcaire, elle doit être traitée ou adoucie, car la dureté d'eau (teneur en sels de Calcium et de Magnésium) est importante et elle a une grande influence sur la consistance de la pâte.

Une eau trop douce va donner lieu à un mélange collant, difficile à travailler par contre une eau trop dure allonge notablement le temps de levage de la pâte, ce qui influe sur la maturation, avec comme conséquence une maille glutinique qui acquiert trop de force [3].

Le sel (chlorure de sodium NaCl) : Indispensable dans la réalisation d'une pâte de qualité, il a une action sur le goût car il contribue à l'apparition des arômes de la pâte. Il joue également un rôle fonctionnel important dans la pâte lorsqu'il interagit avec les protéines de la farine, en particulier la gliadine, pour former une plus grande quantité de Gluten, renforçant la maille glutinique et donnant ainsi une meilleure tenue et élasticité à la pâte. Ainsi le sel est un élément hygroscopique (il absorbe et retient l'humidité) et donc en milieu sec, retenant l'humidité de la pâte, il favorise sa conservation en la maintenant fraîche, et Grâce à ses propriétés antiseptiques, le sel ralentit la croissance des moisissures et bactéries [3].

Sucre : Le sucre est bien plus qu'un édulcorant. En jouant avec les ratios, permet de maîtriser à la fois le processus de levée, il est utilisé pour nourrir la levure pour faire gonfler la pâte, et agit aussi sur la couleur et la texture de la pâte à pizza. la levure, il permet de donner une couleur désirable à la pâte.

Huile végétale ou matière grasse : L'huile est à peu près le lubrifiant du processus de mélange. En tant que graisse, elle a un pouvoir émulsionnant et, ajoutée à la pâte, elle aidera à lier plus facilement la maille de gluten permettant d'atteindre plus de volume. Elle permet une meilleure rétention et distribution du CO₂ responsable du levage. Donc elle donne à notre pâte à pizza une structure magnifiquement uniforme et retient également l'eau, de sorte que la pâte reste lisse et élastique en évitant le dessèchement. [3]. On peut parfois utiliser l'huile d'olive qui a une fonction gustative et qui permet d'aromatiser la pâte.

Levure : La levure est un microorganisme cellulaire de la famille des champignons « *saccharomyces cerevisiae* » utilisé dans la panification pour faire "lever" ou "gonfler" la pâte à travers la transformation des sucres et la production d'alcool et CO₂ [4]. Les levures se nourrissent des sucres dérivant de l'amidon de la farine, et produisent du CO₂, cause de l'expansion des protéines du gluten responsable de la croissance du volume de la pâte production d'alcool et CO₂, grâce à cela, le produit acquiert légèreté, est plus facile à digérer.

Acides : relève le goût, a un rôle de conservateur, il corrige le pH. Potentialise l'activité des antioxydants, C'est aussi un agent levant.

II. Etapes de fabrication

En parlant de la fabrication de la pâte à pizza c'est une activité n'est plus artisanale mais devient industrielle importante qui a permis un développement de la consommation des plats livrés à domicile. Dans les méthodes industrielles, la pâte est souvent précuite et passée dans des fours quelques secondes avant d'être prêtes à être livrées et avant la cuisson, la pâte passe par plusieurs étapes, sont les suivantes :

- **Réception et stockage des matières premières**

La réception et le stockage des différentes matières premières est une étape préliminaire avant leur consommation sur les lignes de production. Durant cette étape, il est important de s'assurer de la conformité de ces ingrédients avant l'acceptation des lots.

- **Préparation**

Dans cette étape, le pesage des ingrédients est effectué et la prise des températures de chaque ingrédients en respectant les valeurs mentionnées dans les standards afin d'assurer une bonne qualité de la pâte.

- **Pétrissage**

Cette étape consiste à mélanger les différents ingrédients d'une manière successive et les malaxer dans un pétrin pendant 17 minutes afin d'obtenir une pâte cohérente et homogène.

Cette étape est importante et déterminante pour la qualité de la pâte et donc la qualité du produit fini, car il joue un rôle technologique essentiel dans la texturation du réseau de gluten de la pâte et dans le développement des saveurs et des arômes. Pour cela, il faut respecter les BPF afin d'atteindre l'objectif.

- **Temps de repos**

Avant de passer aux autres étapes de fabrication, faut laisser la pâte pendant une courte durée qui ne doit pas dépasser les 10 minutes, c'est le temps de repos qui permet aux produits de gagner en volume et saveurs. Les levures introduites au pétrissage vont dégager des gaz fermentaires qui vont être retenus par le réseau gluténique de la pâte et permettre à celle-ci de gonfler.

- **Division et pressage de la pâte en pâtons**

Pour vider le pétrin, on divise la quantité de pâte en petites quantités qui vont être par la suite transformées en pâtons avec le poids désiré qui varie entre 5-8 kg en se basant sur la division manuelle qui est effectuée à l'aide d'un coupe-pâte et d'une balance. Les pâtons sont pressés

dans une presse sous forme carrée. L'avantage principal de la cuve carrée est que tous les pâtons ont la même forme (forme rectangulaire en général pour faciliter les étapes ultérieures) et pour avoir des pâtons larges.

- **Laminage**

Cette étape consiste à compresser ou aplatir la pâte d'une manière continue par passage entre deux cylindres contrarotatifs (tournant en sens inverse l'un de l'autre) d'une machine appelée laminoir, ainsi durant cette étape une opération de saupoudrage est réalisée et qui consiste à ajouter de la farine sur chaque pâton afin d'ajuster la consistance de la pâte. Cette étape est caractérisée par la migration des gaz dans et à l'extérieur de la pâte ce qui induit à une réduction de l'épaisseur jusqu'à 4 à mm et un resserrement de la structure de la pâte.

- **Découpe et mise en forme**

Une fois la pâte laminée, celle-ci est convoyée vers une autre machine, la mise en forme et la découpe est réalisée par un matériel appelé formadora qui a pour objectif de plus réduire l'épaisseur de la pâte entre deux cylindres contrarotatifs, puis la pâte est transportée dans la même machine vers un matériel qui va la perforer et après le moule permet la découpe du pâton afin d'obtenir le format désiré en fonction de l'article demandé par les clients.

Les trous sur la pâte permettent l'élimination de l'humidité résiduelle et permettent une très bonne cuisson pour obtenir une pâte particulièrement croustillante.

Durant cette étape une opération du contrôle du poids des pièces est effectuée afin d'assurer la conformité du produit.

- **Cuisson**

La cuisson se fait dans des fours industriels gazeux, c'est à ce stade qu'apparaît l'odeur tellement savoureuse des pâtes, C'est ici que les effets thermiques et les processus fermentaires donnent au produit son volume définitif. Les paramètres du temps de passages, de températures et d'humidité mais aussi les modes de transferts thermiques sont maniés avec précision pour une qualité optimale et une régularité parfaite des productions.

- **Refroidissement**

Cette étape consiste à baisser la température des produits précuits à l'air ambiant en captant la chaleur des pâtes et les refroidir, en utilisant une spirale tournante pendant une durée de 30 min, il est essentiel que les produits redescendent en température en vue des opérations de conditionnement et d'emballage auquel cas le risque de dégrader la qualité finale du produit serait très élevé.

- **Conditionnement**

Ce stade appelé aussi packaging a pour objectif de mettre le produit fini dans son emballage final. Les pâtes à pizza sont mises d'abord dans des alvéoles en plastique qui servent à protéger le produit pour ne pas être brisée lors du chargement et le transport, et ensuite sont emballées dans un emballage plastique flow pack à l'aide d'une ensacheuse automatique.

Cette étape est une étape clé en termes de traçabilité et de données logistiques, l'étiquetage sur les emballages et la gestion de flux des produits sont de mises pour parfaitement maîtriser cet aspect de supply chain.

- **Distribution**

Le produit achève son processus industriel de fabrication. Alors les produits emballés sont mis dans des Tenas pour les transporter directement après la fin de fabrication.

Les pâtes précuites ne sont pas stockées au niveau de l'industrie, elles sont distribuées directement après le conditionnement afin d'être commercialisées en bon état et bonne qualité.

La figure 2 résume les étapes de fabrication des pâtes à pizza citées en dessus :

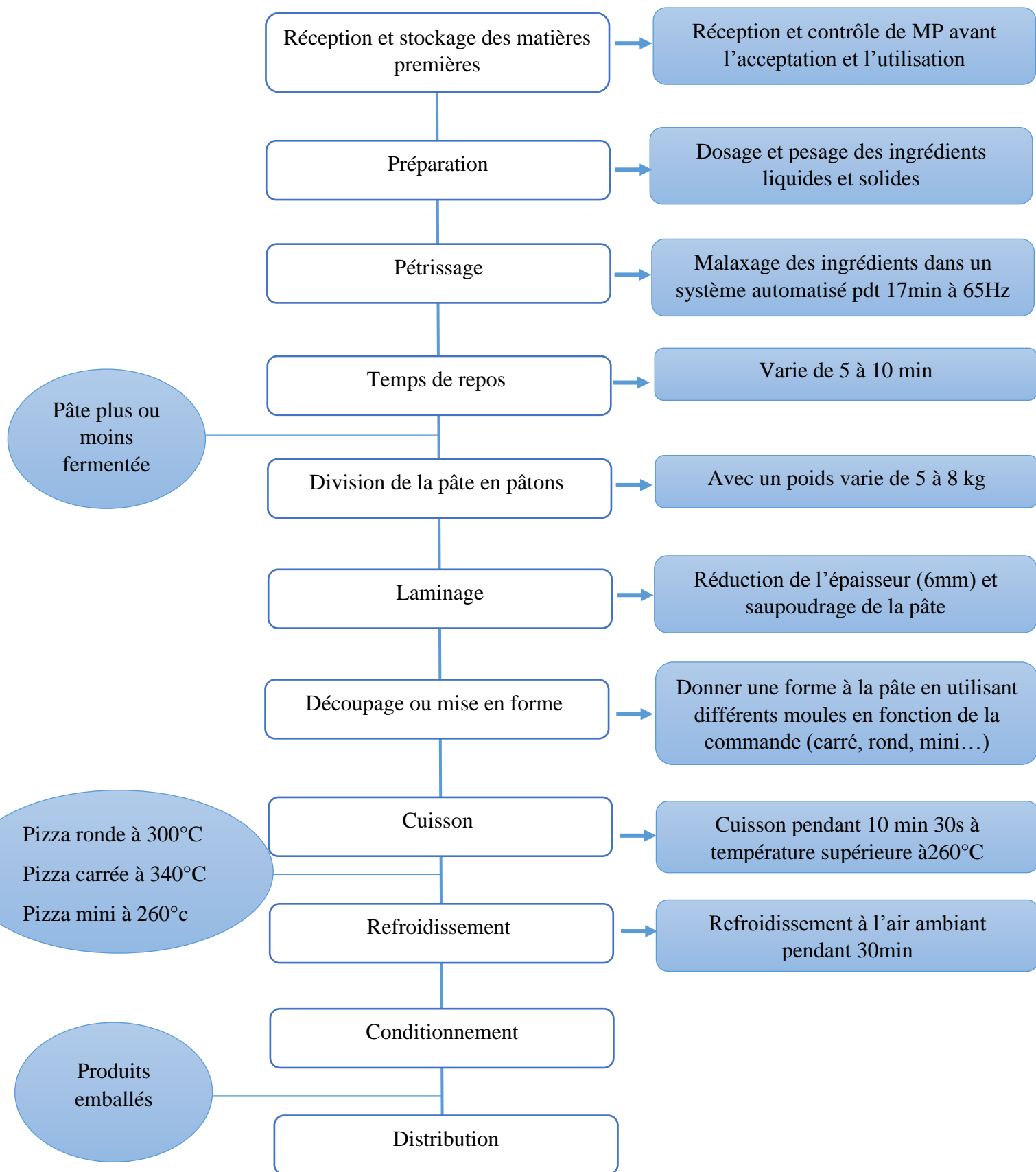


Figure 2: Diagramme de fabrication de la pâte à pizza.

I. Introduction

En tant que système productif, et pour rester compétitive, améliorer la productivité et inscrire dans une réelle dynamique d'amélioration continue, l'entreprise Bimbo Maroc-Meknès utilise des méthodes et des outils adaptés à la situation et à la mobilisation des ressources de l'entreprise afin d'atteindre les objectifs recherchés.

Pour chaque situation, il existe un ou plusieurs outils facilitant l'atteinte des objectifs, car ils permettent de canaliser les efforts de tous afin d'éviter toute dispersion contre-productive.

Alors durant la réalisation du projet, les méthodes déployées sont fortement liés à la nature du problème pour permettre l'optimisation et l'amélioration du processus et la résolution du problème traité. Elles sont basées sur une logique structurée et bien orientée pour déterminer les grandes lignes du projet, pour cela nous avons utilisé plusieurs outils dont nous présenterons dans ce chapitre, en commençant par la démarche DMAIC, ainsi d'autres outils tel que le diagramme Ishikawa, 5P, le diagramme Pareto, diagramme SIPOC, l'AMDEC et le plan d'expérience.

II. Généralités sur la démarche DMAIC

La méthode DMAIC est un outil puissant qui découle naturellement du Lean Six Sigma et qui fournit le guide méthodologique permettant de trouver le chemin de la réduction de variabilité afin d'atteindre ses objectifs de satisfaction client, d'économie de moyens, de protection de l'environnement ou encore d'amélioration des conditions de travail, il faut en amont connaître et résoudre les problèmes rencontrés. C'est là que le DMAIC intervient : en analysant précisément le problème à régler et en identifiant la solution la plus efficace pour le résoudre[5].

La méthode D.M.A.I.C. se base sur quatre grands principes :

- La rigueur des actions et la mise en œuvre d'outils efficaces ;
- Une prise de décision basée sur des mesures précises et non sur des impressions ou de simples opinions ;
- L'implication de l'ensemble de l'équipe de travail concernée ;
- La concentration de l'activité toute entière sur la résolution des problèmes et la satisfaction des clients ;

Alors DMAIC est une approche en cinq étapes qui composent la trousse d'outils Six Sigma. Elle offre des performances sans défaut soutenu et des coûts de qualité très compétitifs sur le long terme. Cette méthode n'est pas exclusive à Six Sigma et peut être utilisée comme cadre pour d'autres applications de la résolution des problèmes [5].

Les cinq étapes DMAIC sont : **Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer et Contrôler.**

1. Phase Définir

C'est la première étape de la démarche DMAIC et sa maîtrise est importante pour cela tout projet doit démarrer avec la rédaction d'un mandat du projet ou charte du projet qui permet de déterminer les différents éléments : la problématique soulevée, les personnes concernées, les indicateurs clés et les objectifs à atteindre, le périmètre, le planning et l'équipe, sans oublier les gains attendus du projet.[5] Pour apporter des éléments de réponse, nous avons utilisé la méthode QQQQCP (Qui ? Quand ? Où ? Quoi ? Comment ? Pourquoi ?), ainsi des autres méthodes tels que le diagramme SIPOC.

➤ **Méthode QQQQCP**

Également connu sous le sigle mnémotechnique QQQQCP, est une méthode empirique qui propose à tout analyste une démarche de travail fondée sur un questionnement systématique (Qui ? Quand ? Où ? Quoi ? Comment ? Pourquoi ?).

Ceci en vue de collecter les données nécessaires et suffisantes pour analyser et rendre compte d'une situation, d'un problème, d'un processus [5].

➤ **Le diagramme SIPOC**

Utiliser SIPOC, c'est un moyen pratique et intuitif d'obtenir une vue d'ensemble clair des principales étapes du processus et des autres points importants qui le composent, tels que sa portée, les points de départ et d'arrivée et ses activités. Le sigle SIPOC correspond aux cinq éléments :

- **Sorties du processus (outputs) :** les sorties sont les résultats d'un processus, ce qu'un client s'attend à recevoir.
- **Clients du processus (customers) :** la personne, le groupe de personnes ou le processus qui reçoit le produit final.
- **Entrées du processus (inputs) :** ce sont les éléments nécessaires pour que le processus se déroule. Pour qu'un rapport soit créé, il faut que des informations soient reçues.

- **Fournisseurs du processus (suppliers) :** toutes les entrées ont une source. Quelles sont-elles ? Il peut s'agir de personnes, de départements, d'entreprises ou d'autres processus.

Le processus (process) : il s'agit du flux des tâches qui sont cartographiées. Avec la méthode SIPOC, chaque étape du processus sera indiquée et un nom doit être donné au processus [5].

2. Phase Mesurer

Cette étape consiste à mettre en place un moyen de mesure qui permet d'évaluer la situation actuelle pour connaître parfaitement le processus de référence et l'ampleur du problème à résoudre afin d'avoir des données suffisamment fiables pour pouvoir les exploiter pour l'amélioration [6]. Les données collectées sont ensuite traitées et préparées pour être analysées dans l'étape suivante.

Donc il est important à ce stade de se baser sur des variables et des données fiables, qui permettront ensuite d'obtenir des indications pertinentes. Pour cela l'observation se fait sur le terrain en réalisant un plan de collecte pour faire par la suite une estimation de l'indicateur dont on cherche à améliorer.

Après avoir obtenu les données nécessaires, ces dernières vont être traitées et hiérarchisées pour cibler les problèmes sur lesquels nous devons agir. L'outil le plus utilisé pour cette fin est le diagramme de Pareto.

➤ **Diagramme de Pareto**

Le diagramme Pareto est outil d'analyse utilisé pour établir graphiquement une hiérarchisation des actions à mener pour concentrer ses efforts sur les 20% des causes produisant 80% des effets. Autrement dit c'est un outil simple à construire qui permet de cibler facilement les causes prioritaires pour gagner en efficacité dans la résolution des problèmes à causes multiples, il joue le rôle d'un filtre qui permet de cibler ses actions sur les problèmes essentiels pour en maximiser l'impact au moindre coût [7].

3. Phase Analyser

Elle s'agit d'un pur traitement dont le but est d'identifier clairement la ou les causes du problème à résoudre. Cette 3ème phase est essentielle. Elle a pour objectif d'augmenter la connaissance du processus et d'analyser l'écart existant entre la situation réelle et les objectifs fixés afin d'identifier la cause initiale et racine du problème, et par la suite cerner la solution à apporter [5].

Divers outils d'analyse peuvent être utilisés pour cette étape à savoir, le Brainstorming, Diagramme d'Ishikawa, Diagramme de Pareto, 5 pourquoi, AMDEC...

➤ **Le Brainstorming**

Le « remue-méninges » ou brainstorming est une méthode de travail en groupe inventée par Alexander Osborn et qui a pour but d'obtenir un nombre important d'idée, de propositions et de solutions. S'appuyant sur la créativité spontanée des participants [7].

L'ensemble des idées émises, seront par la suite, analysées, classées et éventuellement approfondies afin de déterminer la racine du problème et par la suite de proposer la meilleure solution pour le résoudre.

➤ **Diagramme d'Ishikawa**

Le diagramme d'Ishikawa, aussi appelé diagramme de causes et effets, diagramme 5M ou encore diagramme en arêtes de poisson, est un outil de résolution du problème d'entreprise. Conçu par Kaoru Ishikawa. Ce diagramme prend la forme d'un arbre avec plusieurs branches (ou d'une arête de poisson). Les causes identifiées sont ensuite hiérarchisées, permettant à l'entreprise de prioriser les efforts à mener pour résoudre le problème.

Le principal intérêt du diagramme d'Ishikawa est d'identifier l'ensemble des causes qui ont une influence, plus ou moins directe, sur le problème observé. La force de cet outil est d'être très visuel, une représentation graphique facilite grandement la communication autour du problème[7].

➤ **Méthode 5 pourquoi**

L'outil des 5 pourquoi est aussi appelé « arbre des causes » est un outil simple, il est usité en démarche qualité et en Lean management permet de clarifier un problème pour engager ensuite une étape d'idéation. Il consiste à se poser plusieurs fois la question « pourquoi » afin de remonter à la cause profonde qui explique l'apparition du problème. L'outil permet de creuser la réflexion grâce à un questionnement approfondi, en ne se contentant pas de la première explication qui relève souvent d'un symptôme. Il suffit généralement de 5 itérations « 5 pourquoi » pour identifier la cause primaire qui permettra dans un second temps de traiter le problème de ces racines.

➤ AMDEC

L'association française de normalisation (AFNOR) définit l'AMDEC comme étant « une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité et la sécurité d'un système ». La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles des systèmes (analyse des modes de défaillance), leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble. Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies [8].

Autrement dit cette technique a pour but d'étudier, d'identifier, de prévenir ou au moins de réduire les risques de défaillances d'un système, du processus, ou d'un produit.

4. Phase Innover (améliorer)

Les améliorations à apporter au processus ou au projet vont être mises en place lors de cette étape. Un inventaire le plus exhaustif possible des solutions à apporter pour éliminer les causes des problèmes identifiées dans l'étape précédente doit être fait. Un arbitrage doit être fait à partir de cette liste de solutions afin de déterminer lesquelles sont prioritaires en termes d'efficacité et d'urgence [5].

Les solutions retenues doivent être viables économiquement et techniquement, et s'intégrer dans le processus actuel, ne nécessitant pas de lourds investissements pour leur mise en place mais surtout, ces améliorations doivent générer des gains financiers et une amélioration significative de la satisfaction des parties prenantes. Le but de la créativité et de la proposition des idées est l'atteinte de la cible de l'entreprise.

Alors dans le contexte de cette étape, on a utilisé un plan d'expérience afin de résoudre un problème parmi ceux qui sont détectés.

➤ **Plan d'expérience**

Les plans d'expériences permettent d'organiser au mieux les essais qui accompagnent une recherche scientifique ou des études industrielles. Ils sont applicables à de nombreuses disciplines et à toutes les industries à partir du moment où l'on recherche le lien qui existe entre une grandeur d'intérêt, y , et des variables, x_i . Il faut penser aux plans d'expériences si l'on s'intéresse à une fonction du type :

$$Y = f(X)$$

Avec les plans d'expériences on obtient le maximum de renseignements avec le minimum d'expériences. Pour cela, il faut suivre des règles mathématiques et adopter une démarche rigoureuse[9].

5. Phase Contrôler

Cette dernière étape de la démarche DMAIC va permettre la mise en place du contrôle de la solution choisie à partir d'indicateurs pertinents. Il s'agit de faire en sorte que les actions mises en place le soient de façon pérenne sans qu'aucune dégradation de performances ne soit constatée. L'objectif de la procédure de contrôle mise en place dans la méthode DMAIC est de se donner la possibilité de rectifier les améliorations apportées si l'on n'obtient pas les résultats escomptés, et de se donner les moyens de mettre sous contrôle le processus afin de s'assurer de la stabilité de la solution trouvée [5].

Partie 2 : Partie expérimentale

Cette partie décrit la démarche DMAIC appliquée au projet de réduction du taux des pertes des matières premières (papier kraft, farine, emballage), en précisant le travail effectué à chaque étape et les résultats obtenus.

Introduction

Au cours du processus de fabrication il y a des pertes des matières premières comme déjà cité auparavant, ces pertes ont des répercussions sur la productivité et l'efficacité de la performance dans la ligne de production. Pour cela nous choisissons de traiter ce problème de la manière suivante :

I. Phase « définir »

C'est la première étape de la démarche DMAIC, où on va déterminer le cadre du projet, dessiner plus précisément ces contours, connaître ces différentes limites,

1. Présentation du projet par l'outil QQQQCP

Pour mieux comprendre le problème et bien identifier les différents éléments du projet, il est essentiel de poser quelques questions qui nous permettront d'aborder la situation de la meilleure façon possible. Pour cela nous avons fait appel à l'outil QQQQCP.

Qui est concerné ?

C'est le service production qui s'occupe de la gestion et le bon fonctionnement des différentes étapes de la fabrication, il doit garantir aussi la bonne gestion de flux des matières premières utilisées dans les différentes étapes de la production.

De Quoi s'agit-il ?

Après chaque inventaire hebdomadaire effectué des matières premières, la différence entre l'inventaire réel et les données enregistrés par le système, est non négligeable surtout pour les trois matières : papier kraft, farine et emballage.

Alors l'objectif de ce projet est d'améliorer le processus par la réduction des écarts des matières premières (différence entre la quantité consommée théoriquement et celle consommée réellement) notamment le papier kraft, la farine et les bobines d'emballages, et donc réduire les pertes financières engendrées par ces écarts qui restent plus ou moins non négligeable.

Les pertes financières représentent un indicateur clé qui influence négativement la performance du fonctionnement du processus, pour cela il est nécessaire de trouver une solution pour résoudre ce problème et avoir une égalité ou au moins un écart négligeable entre les quantités théoriques et réelles, ensuite élaborer des standards pour réduire et stabiliser ces pertes.

Où se situe le problème ?

Le problème de perte des matières étudiées se situe au niveau de trois étapes du procédé de fabrication :

- Au niveau du laminoir, la quantité de farine de saupoudrage utilisée réellement est très élevée par rapport aux quantités théoriques enregistrées dans le système.
- Au niveau de formadora, les pertes du papier kraft sont excessives et cela dû à plusieurs causes.
- Au niveau d'emballage et plus précisément l'emballage des articles pizza ronde (CDP et EKMEK) et carrée (CDP carrée), on remarque des pertes considérables de matière première.

Quand cela arrive-t-il ?

Les pertes sont engendrées à chaque production et pour toutes les catégories de pizza au niveau des trois étapes citées précédemment, parce que les trois matières qui sont le sujet des pertes, sont des éléments essentiels à la production.

Combien ?

La valeur des pertes varie en fonction de la production, plus la charge de production est élevée plus les pertes sont importantes.

Comment cela se passe-t-il ?

Les pertes dues aux trois opérations au niveau de trois étapes du procédé, alors l'analyse est effectuée sur ces étapes afin d'agir et de déterminer la meilleure solution pour résoudre le problème.

Pourquoi résoudre ce problème ?

L'objectif est de réduire le taux des pertes des MP et par conséquent réduire les pertes financières qui en résultent. Et déterminer des standards pour améliorer le processus.

2. Charte du projet

A l'aide de la charte du projet, nous avons essayé de matérialiser l'ensemble des éléments de la phase « Définir » afin de poser des bases solides pour la suite du projet. Sur sa base se déroulera notre projet, que nous pourrions modifier si son évolution l'exige. Alors ce formulaire résume tout ce qui doit être réalisé lors du projet, par qui cela doit être fait, les jalons et délais d'exécution des tâches, les contraintes, les objectifs du projet et les gains.

Tableau 2: Charte du projet.

Charte du projet																
Nom du Projet	Amélioration continue : Réduction des écarts d'inventaire des matières premières et optimisation du processus selon la démarche DMAIC															
Produit concerné	Matières premières entrant dans la fabrication des Pâtes à Pizza															
Equipe du travail	Mr. Al Mehdi Rotbi	Responsable Usine														
	M ^{lle} . EL BANNAY Nohaila	Stagiaire														
	Equipe du travail	Chefs et agents de production														
Date de début	08/03/2021															
Date de fin prévue	08/07/2021															
Présentation du projet	C'est un projet qui s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'études, et qui vise particulièrement l'optimisation et réduction des pertes des matières premières															
Objectifs du Projet	Optimiser et réduire les pertes en papier kraft, farine et emballages															
Champs du Projet	Le projet a lieu au sein de la ligne de production et plus précisément au niveau trois étape du procédé : laminage, mise en forme et découpe dans la formadora et au niveau d'emballage.															
Budget Nécessaire	Non estimé à l'état actuel															
Contraintes du Projet	Les contraintes que le projet est susceptible de rencontrer sont : - L'impossibilité d'assister à la totalité de la production et donc c'est difficile de visualiser toutes les pertes, vu que la production se déroule 24/24 - fiabilité des données : la grande part du travail est effectuée avec un seul groupe sachant qu'il y a trois shifts, alors l'estimation est se fait selon la méthode du travail de ce groupe. Plus l'intensité élevée de production, et donc c'est difficile d'arrêter la production à chaque fois pour les mesures.															
Planning du projet	Semaine															
Durée de chaque étape de la démarche DMAIC	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16															
	D															
	M															
	A															
	I															
	C															
	D : Définir, M : Mesure, A : Analyser, I : Innover, C : Contrôler.															
Autres Parties Prenantes et zones affectées par le projet	Service Maintenance, Service Commercial															
Résultats attendus	Réduction permanente en perte des matières premières															

3. Diagramme SIPOC

Le diagramme SIPOC présenté dans la figure 3 nous a permis de décrire le processus en partant du fournisseur (entrées) jusqu'aux clients (Sorties) en mettant l'accent sur les étapes qui génèrent les pertes.

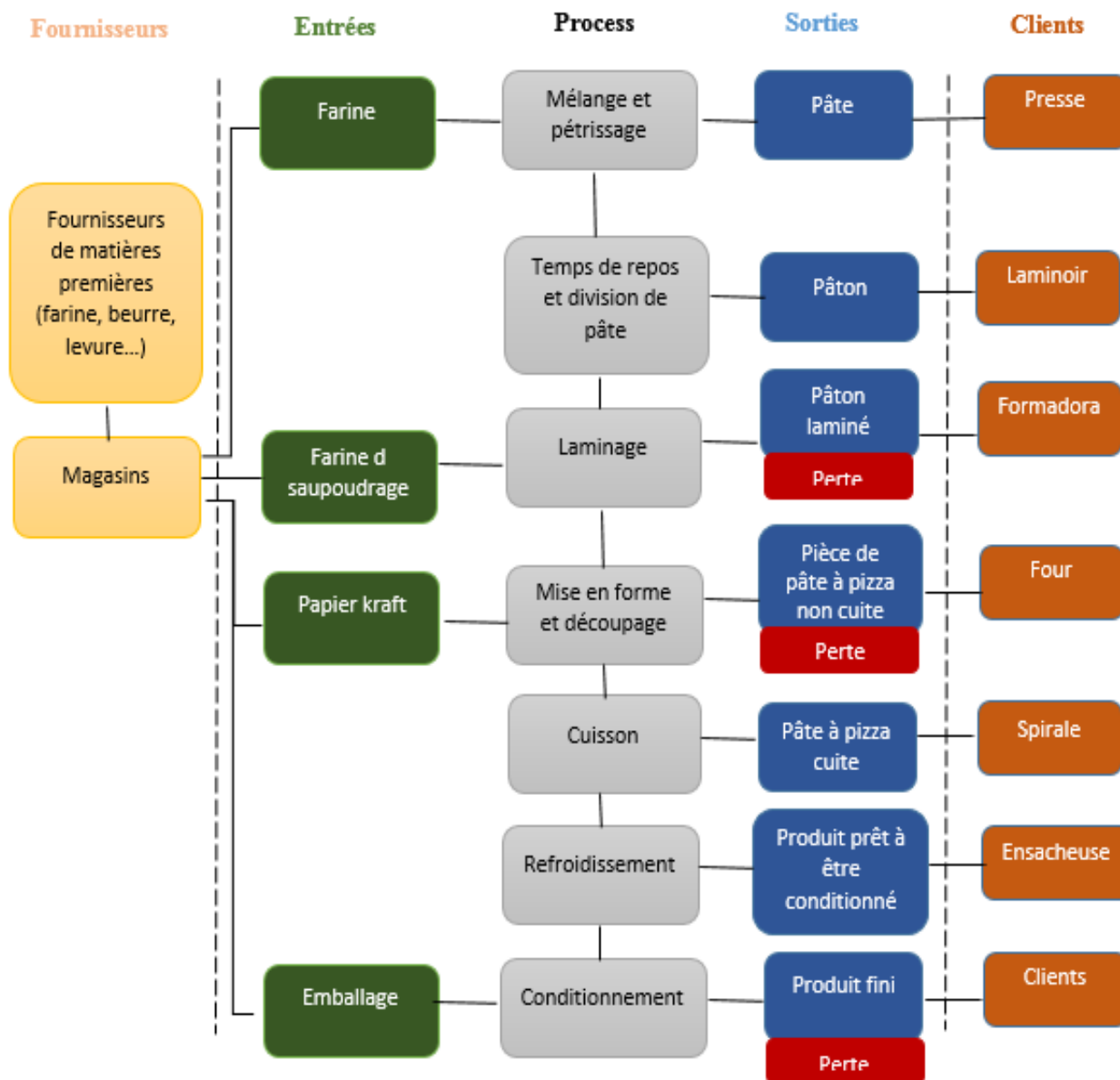


Figure 3: Diagramme SIPOC

4. Limitations du projet

Réduire les coûts des pertes en matières premières est un problème assez vague. Pour diminuer l'étendue du projet, quelques limitations sont à prendre en considération :

- Ce projet se limite donc uniquement aux pertes de trois matières premières (papier kraft, farine, emballage) qui présentent la cause des écarts conclus dans le système.

De plus, plusieurs contraintes sont à prendre en compte lors du développement d'un tel projet :

- Les solutions techniques envisagées ne doivent pas demander un gros investissement.
- Le travail réalisé ne doit pas perturber outre mesure le fonctionnement de la ligne de production. Si des tests sont effectués, ils doivent être calibrés de manière à minimiser toute baisse de productivité.

II. Phase Mesurer

Il est maintenant nécessaire de se pencher sur la quantification du problème. Alors au cours de cette phase en procédant à une collecte de toutes les informations de la situation courante, pour obtenir les données de base sur la performance actuelle du procédé. Par la suite, les relations de cause à effet basées sur les données relevées seront exposées dans la phase «Analyser ». Alors au cours de cette phase, les informations sont collectées sur les éléments et les lignes de base de l'état actuel, en déterminant les pertes en matière à l'aide d'une démarche du travail.

1. Historique des pertes

Pour obtenir des données de base et savoir l'ampleur du problème, nous nous sommes basée d'abord sur l'historique des pertes de la société, ces pertes sont calculées à partir de la différence entre les données du système informatique et les inventaires qui sont effectués chaque semaine, les résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 3: Pertes de farine pendant une année

Farine	
Mois	écart entre le système et l'inventaire réel en kg
janv-20	-122,78
févr-20	-235,718
mars-20	-584,5
avr-20	-1483,85
mai-20	-1335,524
juin-20	-510,099
juil-20	-376,99
août-20	-403,76
sept-20	-138,38
oct-20	370,63
nov-20	-154,97
déc-20	1202,33
Total	-3773,611
Coût des pertes en Dh	13207,6385

Tableau 4: Pertes du papier kraft pendant une année.

Papier kraft	
Mois	écart entre le système et l'inventaire réel en kg
janv-20	192,55
févr-20	155,59
mars-20	57,1
avr-20	-326,88
mai-20	-247,17
juin-20	169,52
juil-20	20,42
août-20	-43,75
sept-20	-218,23
oct-20	-485,66
nov-20	-195,87
déc-20	-436,38
Total	-784,71
Coût des pertes en Dh	13677,58

Tableau 5: Pertes de bobine CDP Ronde pendant une année.

Bobine Ronde CDP	
Mois	écart entre le système et l'inventaire réel en kg
sept-20	-80,291
oct-20	-82,764
nov-20	-30,304
déc-20	-85,71
janv-21	-32,798
févr-21	-44,203
Total	-356,07
Coût des pertes en Dh	4628,91

En remarquant à partir des tableaux, qu'il y a des quantités des pertes qui sont importantes pour les trois matières et qui engendrent un coût financier innécessaire pour l'entreprise, estimé de **40771.9485** Dh qui doit être éliminé, c'est un chiffre variable en fonction de la charge de production.

2. Démarche adoptée pour calculer les pertes

Avant de travailler sur des solutions techniques permettant de réduire le taux des pertes, il est nécessaire d'avoir des données complètes et plus fiables. Pour atteindre cet objectif, nous ne sommes pas limités aux résultats du système. Une nouvelle méthode d'estimation des écarts des matières premières (papier kraft, farine, emballage) a été adoptée sur la ligne de production.

Donc afin de prendre en compte l'ensemble des pertes et de permettre une finesse d'analyse suffisante, la solution optimale consiste à faire un suivi direct sur terrain et consulter la ligne de

production chaque jour. Pour réaliser un inventaire pendant une durée de quatre semaines en déterminant les écarts journaliers au lieu des hebdomadaires ainsi les causes possibles pour chaque matière.

Cette démarche est adoptée pour la détermination des pertes des trois matières présentant ce problème.

2.1 Pertes du papier kraft

Le papier kraft est un matériel utilisé pour porter les pâtes à pizza au niveau de formadora et les protéger lors de la cuisson. Cette matière est utilisée fréquemment dans la production, elle représente le pourcentage le plus grand des pertes, les résultats obtenus après un mois de suivi sont représentés dans le tableau 6 (annexe 1):

Tableau 6: Quantité journalière des pertes de papier kraft pendant un mois. (Extrait annexe 1)

Date	Quantité consommée selon système de la société en kg	Quantité consommée selon l'inventaire journalier en kg	écart journalier en kg	Coût des pertes en Dh
11/03/2021	68,624532	92,25	-23,625468	165.37
12/03/2021	35,07105	42,86	-7,78895	54.52
15/03/2021	44,177394	54,64	-10,462606	73.23
16/03/2021	71,192014	86,4	-15,207986	106.45
17/03/2021	105,90725	134,77	-28,862753	202.038
18/03/2021	116,3514	151,827	-35,475602	248.329
19/03/2021	74,191894	119,923	-45,731105	320.117
22/03/2021	98,442373	46,424	52,0183725	364.126
23/03/2021	104,28806	330,56	-226,27194	244.44
24/03/2021	291,63479	100,28	191,354788	0
25/03/2021	84,905682	296,06	-211,15431	1478.08
26/03/2021	85,24617	106,19	-20,94383	146.601
29/03/2021	153,00698	100	53,006984	371.048
30/03/2021	94,367366	117	-22,632634	158.41

Les pertes sont calculées d'après la différence entre la consommation réelle déduite à partir d'inventaire journalier effectué et la consommation théorique déclarée dans le système informatique de la société. Pour mieux visualiser cette différence les résultats sont présentés dans la figure 4 :

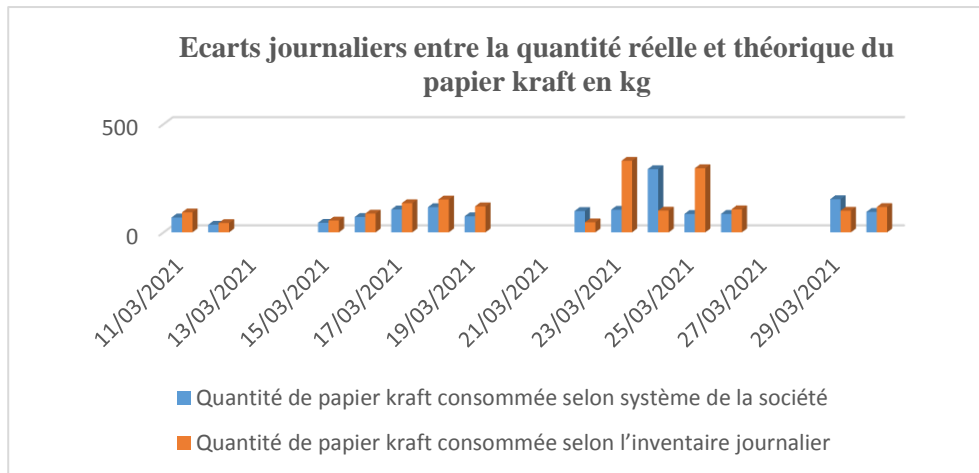


Figure 4: Ecart journaliers entre la quantité réelle et théorique du papier kraft.

D'après la figure 4 et le tableau 6, nous constatons qu'il y a une grande différence entre ce qui doit être consommé par jour et ce qui est réellement consommée. Cette différence est estimée par **351.77kg** du papier perdu pendant la durée allant de 11/03w à 30/03/2021 ce qui génère un surcoût important de 2462.39Dh innécessaire pour l'entreprise.

Le papier kraft est consommé seulement au niveau de l'étape de la mise en forme et la découpe des pâtes à pizza au niveau de formadora, donc les pertes du papier sont dues principalement à cette étape, essayant de plus préciser les causes de ces pertes dans la phase suivante « analyser ».

2.2 Pertes de farine

La farine représente la matière de base pour la fabrication des pâtes à pizza, elle est consommée avec des grandes quantités soit dans le mélange ou dans les étapes qui suivent, et donc les quantités des pertes seront aussi importantes.

Après le suivi effectué, nous avons déterminé les écarts qui sont présentés dans le tableau 7 :

Tableau 7: Quantité journalière des pertes de farine pendant un mois. (Extrait annexe 2).

Date	Quantité consommée selon système de la société en kg	Quantité consommée selon l'inventaire journalier en kg	écart journalier en kg	Coût des pertes en Dh
18/03/2021	2765,785858	3827,377	-1061,591142	3715.565
19/03/2021	1648,797681	625,832	1022,965681	0
22/03/2021	2252,064345	2249,84	2,224345	0
23/03/2021	2414,078136	1478,5	935,578136	0
24/03/2021	1749,253718	2666,82	-917,566282	3211.481

Les écarts sont conclus à partir la différence entre la quantité consommée réellement et celle consommée théoriquement, et pour mieux visualiser les écarts, en les représentant dans la figure 5 comme suit:

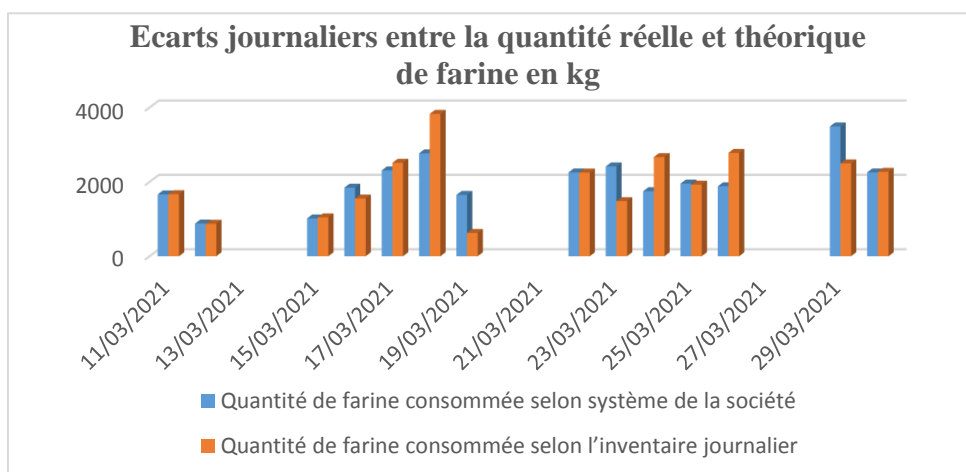


Figure 5 : Ecart journaliers entre la quantité réelle et théorique de farine.

D'après les résultats obtenus, en remarquant que les quantités consommées de farine dans la production journalière sont supérieures à celles qui doivent être consommées théoriquement. Cette différence est estimée de **18.38 kg** de farines manquée génère **64.38 Dh** pendant la semaine de 18/03 à 24/03/2021. Il faut prendre en compte que cette valeur est variable selon l'intensité de production.

Sachant que la farine est utilisée dans la première étape lors du mélange, et dans d'autres étapes ultérieures notamment le laminage et la mise en forme, mais durant la préparation les pertes de matière sont négligeables, tandis que dans les autres opérations, les grandes quantités de pertes sont remarquables. Pour cela il est obligatoire de faire une analyse profonde afin de déterminer les causes du problème.

2.3 Perte de Bobine d'emballage

Les bobines d'emballage sont les rouleaux d'emballage utilisés pour conditionner les pâtes à pizza produites. Durant cette phase de mesure, les pertes d'emballage ne sont pas remarquables pour toutes les catégories. Ils sont constatés que pour les emballages des grandes pizzas carrées et rondes, qui sont l'objectif de l'étude. Pour les emballages des pizzas mini les pertes ne sont pas significatives. Afin d'estimer la quantité de ces pertes en effectuant un suivi, les résultats sont présentés ci-dessous dans des tableaux 8, 9 et 10 et schématisés dans les figures 6, 7,8 afin de mieux visualiser les écarts pour chaque article de pâte à pizza :

- **Résultat du suivi pour CDP Ronde**

Tableau 8: Quantité des pertes d'emballage du CDP Ronde par semaine. (Extrait annexe 3).

Date	Quantité consommée selon le système de la société en kg	Quantité consommée selon l'inventaire journalier en kg	Ecart en kg	Coût des pertes en Dh
11-18/mars	20,141661	33,38	-13,238339	172.09
18-25/mars	22,315382	14,499562	7,81582	0
25mars-1avr	9,493905	29,43	-19,936095	259.16
1-8/avr	30,61095	51,852	-21,24105	276.12
8-15/avr	37,83798	58,9	-21,06202	273.7
15-22/avr	34,561962	34,49	0,071962	0

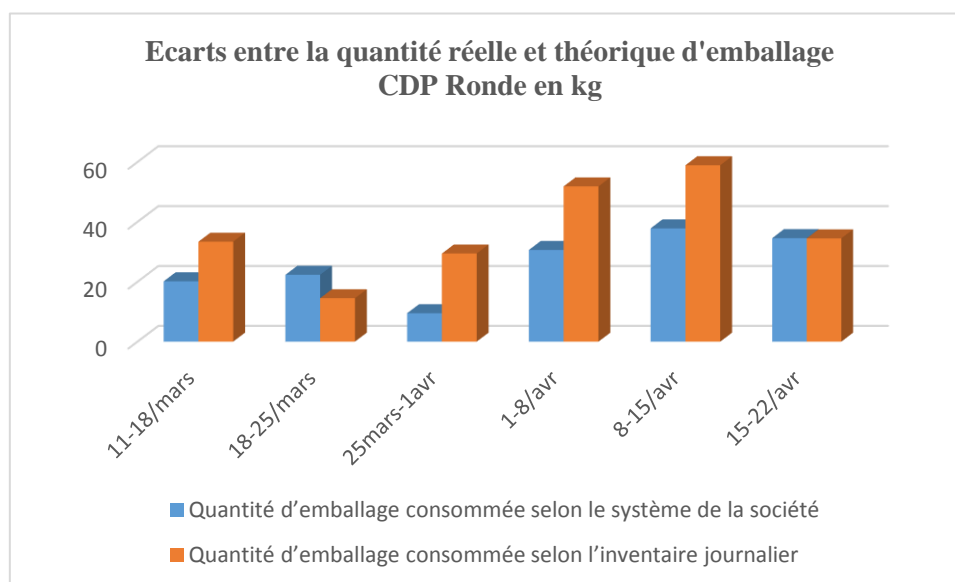


Figure 6: Ecart entre la quantité réelle et théorique d'emballage CDP Rond.

D'après les résultats obtenus, la différence entre la quantité consommée réellement dans la production et celle qui est calculée théoriquement pour l'article Chef Du Pain Ronde est remarquable. Elle est estimée de **67.58 kg** de perte engendre **878.54 Dh** pendant la durée allant de 11/03/2021 au 22 /04/2021.

- **Résultat du suivi pour EKMEK**

Tableau 9: Quantité des pertes d’emballage du Pizza Nature Ronde EKMEK par semaine. (Extrait annexe 4).

Date	Quantité consommée selon le système de la société en kg	Quantité consommée selon l’inventaire journalier en kg	Ecart en kg	Coût des pertes en Dh
11-18/mars	58,85	66,99	-8,14	105.82
18-25/mars	64,86	88,16	-23,3	302.9
1-8/avr	77,203	127,84	-50,637	658.19
8-15/avr	213,74	246,89	-33,15	430.95
15-22/avr	239,56	318,075	-78,515	1020.63

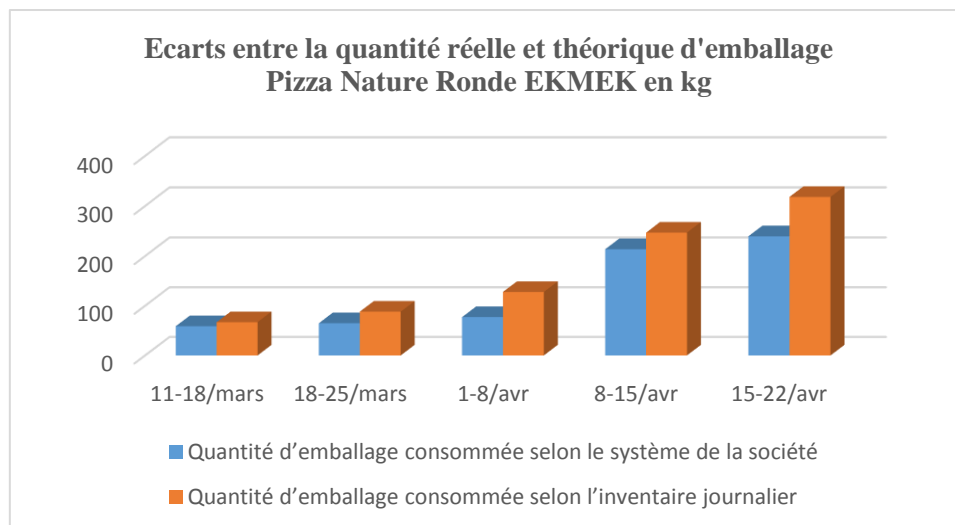


Figure 7 : Ecart entre la quantité réelle et théorique d'emballage Pizza Nature Ronde EKMEK

Aussi pour la catégorie Pizza Nature Ronde EKMEK, les pertes sont estimées de **193.74 kg** génère **2518.62 Dh** pendant la durée de 11/03/2021 jusqu’au 22/4/2021. Cette valeur est plus importante par rapport aux pertes des autres catégories parce que c’est l’article le plus produit et le plus commercialisé, donc une production intense engendre automatiquement une quantité de perte élevée.

- **Résultat du suivi pour Chef Du Pain Carrée**

Tableau 10: Quantité des pertes d’emballage du CDP carrée par semaine. (Extrait annexe 5).

Date	Quantité consommée selon le système de la société en kg	Quantité consommée selon l’inventaire journalier en kg	Ecart en kg	Valeur coût des pertes en Dh
25mars-1avr	11,532	14,959	-3,427	44.55
1-8/avr	16,4202	41,669	-25,2488	328.12
8-15/avr	9,6672	11,589	-1,9218	24.96

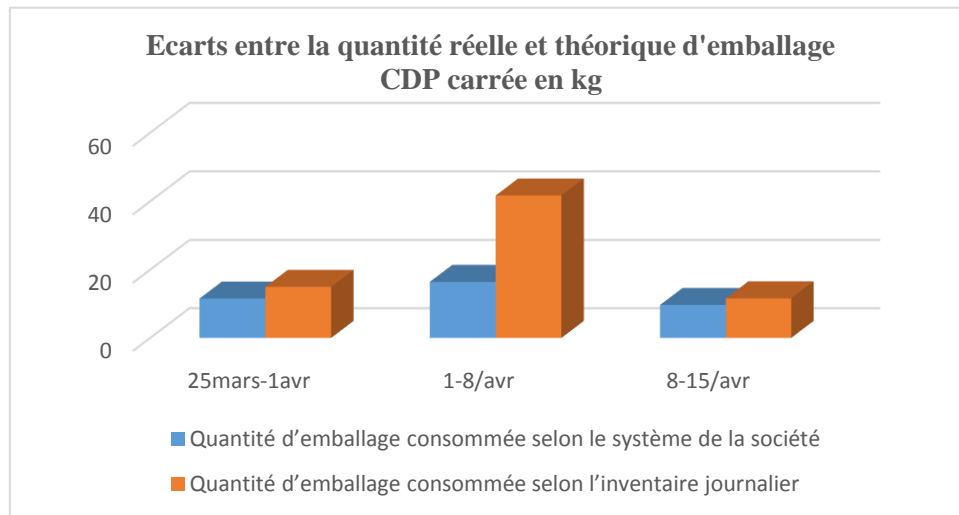


Figure 8: Ecart entre la quantité réelle et théorique d'emballage CDP carrée.

Après le calcul de différence entre les quantités réelles et théoriques consommées d'emballage du Chef Du Pain Carrée pendant la période allant de 25/03/2021 jusqu'au 15/04/2021, la quantité de perte est estimée de **30.59 kg** génère **397.67 Dh**.

Prenant compte que l'emballage de toutes les catégories, grandes (Carrées et Rondes) ou mini est traité dans les mêmes conditions de stockage et d'utilisation sauf que la machine utilisée pour emballer les grands articles n'est pas la même pour les mini pâtes, et sachant qu'au niveau d'emballage des mini pizza, on a pas des pertes significative, par contre on a des pertes importantes au niveau des grands articles. Concluant alors que ces pertes sont à cause de la machine ensacheuse qui permet d'emballer les trois catégories étudiée (CDP Ronde, CDP Carrée, et Ronde Nature EKMEK) et qui engendre ces pertes, et qui doit être analysée d'une manière plus détaillée dans la phase suivante « Analyser ».

III. Phase Analyser

Après avoir accompli les étapes « Définir » et « Mesurer », la démarche DMAIC se poursuit avec l'étape « Analyser » qui permet de traiter les données collectées dans l'étape précédente et de tirer les causes génératrices et racines de la problématique étudiée.

Alors pour la réalisation de cette phase nous avons traité chaque matière séparément et pour compléter l'étude nous avons essayé d'abord de collecter le maximum d'information en utilisant un brainstorming avec tous les membres de l'équipe pour trouver les causes potentielles associées à ce problème. Ensuite nous les avons organisés sur le diagramme d'Ishikawa qui permet de représenter de façon structurée ces causes. Pour les analyser et savoir la cause la plus influente, nous avons adopté une démarche pour estimer le pourcentage de perte engendré par chaque cause séparément et les classer en utilisant le diagramme de Pareto. Puis

nous avons utilisé la méthode des 5P pour celle qui a plus d'impact afin de déterminer les causes profondes pour objectif d'agir sur et résoudre le problème une fois pour toute.

1. Analyse des causes des pertes du papier kraft

Comme déjà spécifié dans la phase « Mesurer » que les pertes du papier kraft se localisent au niveau de l'étape de la mise en forme et la découpe des pâtes à pizza, et pour mieux préciser la source du problème, nous avons suivi la démarche du travail comme ci-dessous :

1.1 Technique de Brainstorming

Pour diagnostiquer l'étape concernée, nous choisissons alors la technique de brainstorming afin de produire un maximum d'idées en groupe et de faire sortir les différentes causes qui peuvent être à l'origine des pertes du papier kraft. En procédant par poser des questions aux différents opérateurs et intervenants dans cette étape. Nous avons pu relever les causes suivantes :

- Reste non réutilisable du papier sur les bobines ;
- Maitrise des dimensions en fonction de la consistance de la pâte au niveau de formadora ;
- Méthode d'élimination des extrémités de la pâte ;
- Quantité réelle utilisée par pièce supérieure à celle théorique ;
- Produit déformé ;
- largeur réduite du pâton ;
- assemblage de deux pâtons ;
- Désorganisation de gestion de stock du papier kraft ;
- Déchirure de papier ;
- Qualité de papier kraft : présence des tâches et points colorés ;
- Réglage manuel d'épaisseur des cylindres de formadora ;
- Arrêt de machine ;

1.2 Diagramme Ishikawa des pertes du papier kraft

Pour objectif de mieux structurer et visualiser les causes, il faut les organiser en utilisant le diagramme causes-effet ou diagramme des 5M (milieu, méthode, matériel, main d'œuvre, matière première), les causes sont présentées dans la figure 9 :

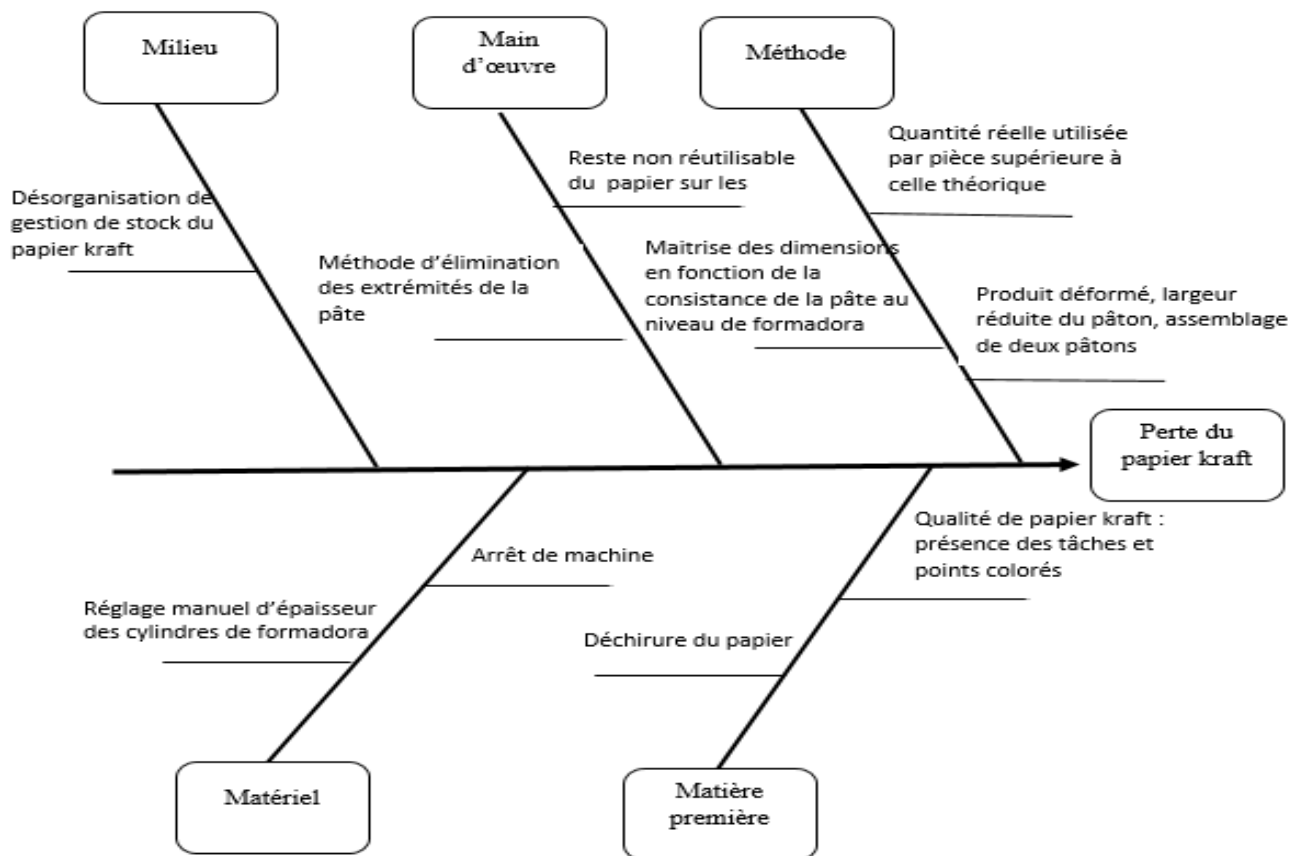


Figure 9: Diagramme Ishikawa des pertes du papier kraft.

Après le classement des causes détectées, en constatant qu'il y a des causes qui sont plus ou moins négligeables et qui n'ont pas un impact direct, tandis qu'il y a d'autres qui impactent d'une manière directe la quantité des pertes engendrée, pour cela il est nécessaire d'estimer le pourcentage des pertes produit par les causes dite significatives pour les classer par la suite et se focaliser sur la ou les causes principales qui présente la source du problème. Alors afin d'atteindre cet objectif nous avons travaillé pendant un mois sur terrain en calculant la quantité des pertes de chaque cause séparément de la manière suivante :

- Rejet de la pâte au niveau de formadora : le rejet de la pâte est parmi les causes les plus influentes qui provoquent le rejet des grandes quantités du papier kraft, alors pour donner une estimation fiable et par heure de cette quantité, nous avons mesuré la quantité du papier kraft rejetée pendant un nombre d'heure qui dépasse les 100 heures.
- Reste non réutilisable du papier sur les bobines : après l'utilisation de la bobine du papier kraft, une quantité reste sur les rouleaux non réutilisables, alors elle est considérée comme consommée réellement mais dans le système le calcul se fait en fonction du nombre de

mélange et du nombre de pièces produites ce qui induit à une quantité théorique inférieure à celle réelle et par la suite à un écart.

- Existe aussi d'autres utilisations du papier kraft qui provoque des pertes.

1.3 Diagramme Pareto du papier kraft

Après la détermination des quantités engendrées par chaque cause, il est nécessaire de les classer en utilisant le diagramme de Pareto pour déterminer la cause responsable de 80% du problème, les résultats des estimations qui permettent de tracer le diagramme de Pareto, sont présentés dans le tableau 11 :

Tableau 11: Quantité des pertes du papier kraft/jour pour chaque cause.

Cause des pertes	Quantité des pertes/jour	pourcentage des pertes %	cumulé
Rejet du papier kraft au niveau de formadora	54,58	98.55	98.55
Reste non réutilisable du papier sur les bobines	0,70	0.012	99.81
autre utilisation du papier kraft	0,10	0.0018	100
Total	55.38	100	

En se basant sur ce tableau pour avoir le diagramme suivant :

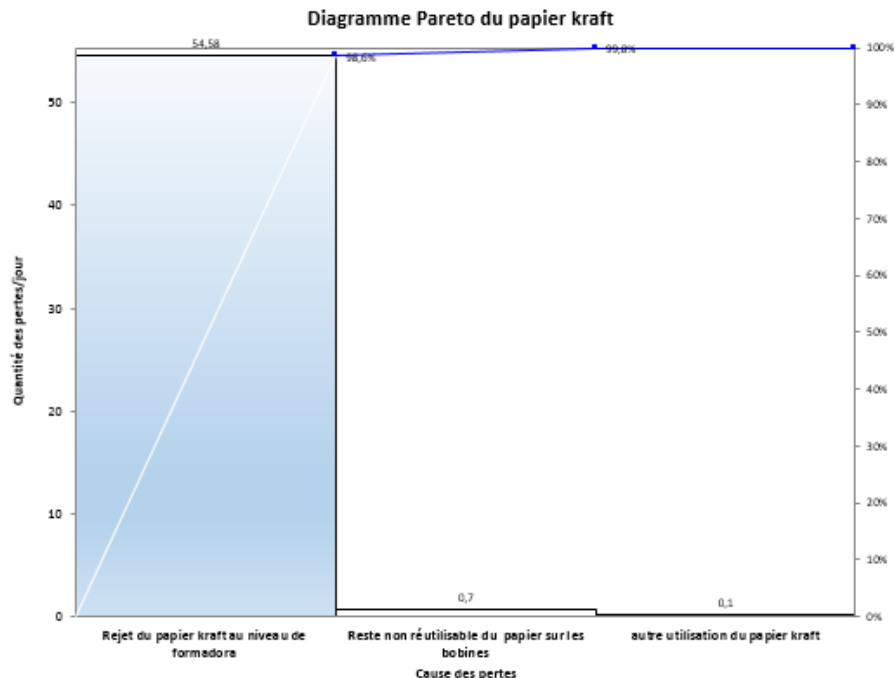


Figure 10: Diagramme Pareto des causes génératrices des pertes du papier kraft.

D'après le diagramme de Pareto, la cause majeure qui engendre les pertes du papier kraft c'est le rejet excessif du papier au niveau de formadora lors de la mise en forme et la découpe de la

pâte, elle engendre 98.5% des pertes, alors pour réagir correctement, il faut d'abord mieux comprendre cette cause et approfondir plus pour savoir les causes racines du problème.

1.4 Méthode 5P

On fait appel à l'outil 5P qui consiste à poser la question « pourquoi » 5 fois pour déterminer le fond du problème, et savoir la ou les causes racines qui causent précisément le problème étudié, le résultat est présenté dans la figure 11 :

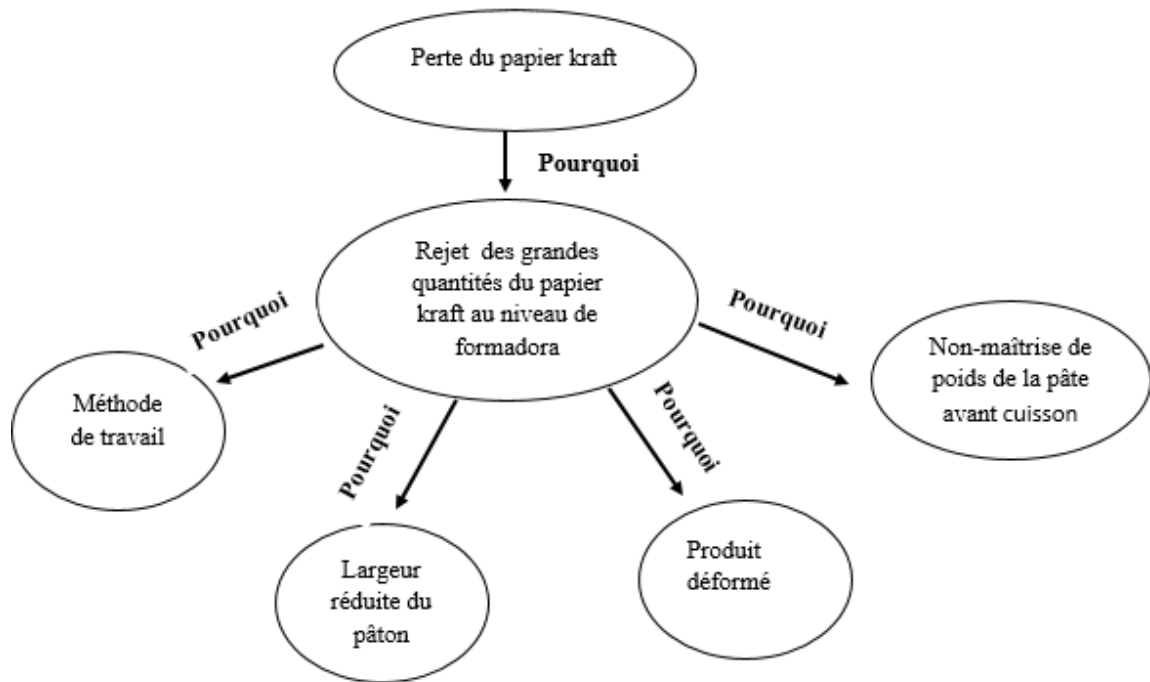


Figure 11: Méthode 5P pour les pertes du papier kraft.

Alors à partir des réponses obtenus, nous avons remarqué qu'il y a des causes racines qui provoquent le rejet des grandes quantités au niveau de formadora en commençant par :

- La méthode de travail : cette cause rassemble les pertes produites par la méthode avec laquelle les collaborateurs travaillent, par exemple la méthode d'élimination des extrémités de la pâte ce qui donne un papier vide et à rejeter, ou aussi le décalage ou le retard entre les pâtons transformés ce qui induit au rejet des grandes quantités du papier.
- Largeur réduite du pâton : un pâton avec une largeur réduite donne un nombre minime et insuffisant des pièces sur le papier kraft qui ne va pas transféré au four, et donc dans ce cas la pâte est retravaillée et le papier est rejeté.
- Produit déformé : comme toutes les entreprises, Bimbo Maroc donne une grande importance à la qualité de ses produits et respecte les exigences de ses clients, pour cela après

découpage, tout produit déformé ou non conforme est jeté et par conséquent on assiste à une augmentation de la quantité des pertes du papier.

- Non-maîtrise du poids de la pâte avant cuisson : comme déjà cité, la qualité de ses produits et la satisfaction de ses clients sont les principaux objectifs de l'entreprise, alors tout produit avec un sur ou sous poids est à éliminer et donc génère une quantité du papier kraft jetée.

Alors pour savoir parmi ces quatre causes racines, qu'elle est laquelle ou lesquelles qui ont plus d'influence, nous avons calculé le pourcentage de perte par heure engendré par chaque cause après un suivi de 20h. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 12:

Tableau 12: Quantité des pertes du papier kraft par cause racine.

Cause	Quantité de perte/ heure	pourcentages pertes	Cumulé
Poids	1,2097	35.7215977	35.7215977
méthode	0,96266667	28.42687567	64.14847337
Largeur	0,754	22.35368228	86.50215565
Forme	0,4601	13.58643226	100
Total	3,38646667	100	

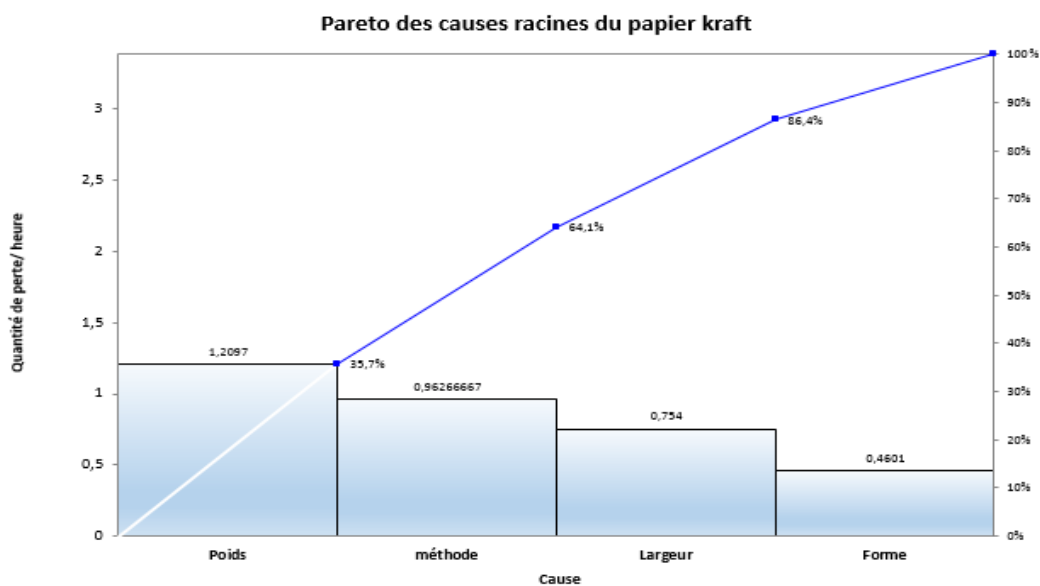


Figure 12: Diagramme Pareto des causes racines de perte du papier kraft en kg.

D'après le Diagramme, la non maîtrise du poids des pâtes au niveau de formadora, la méthode avec laquelle les collaborateurs travaillent et la largeur des pâtons, représentent les 80% des pertes et qu'il faut agir sur afin de résoudre le problème.

Pour mieux comprendre la cause de non maîtrise du poids au niveau de formadora, on fait appel à l'outil 5P pour préciser plus le fond du problème :

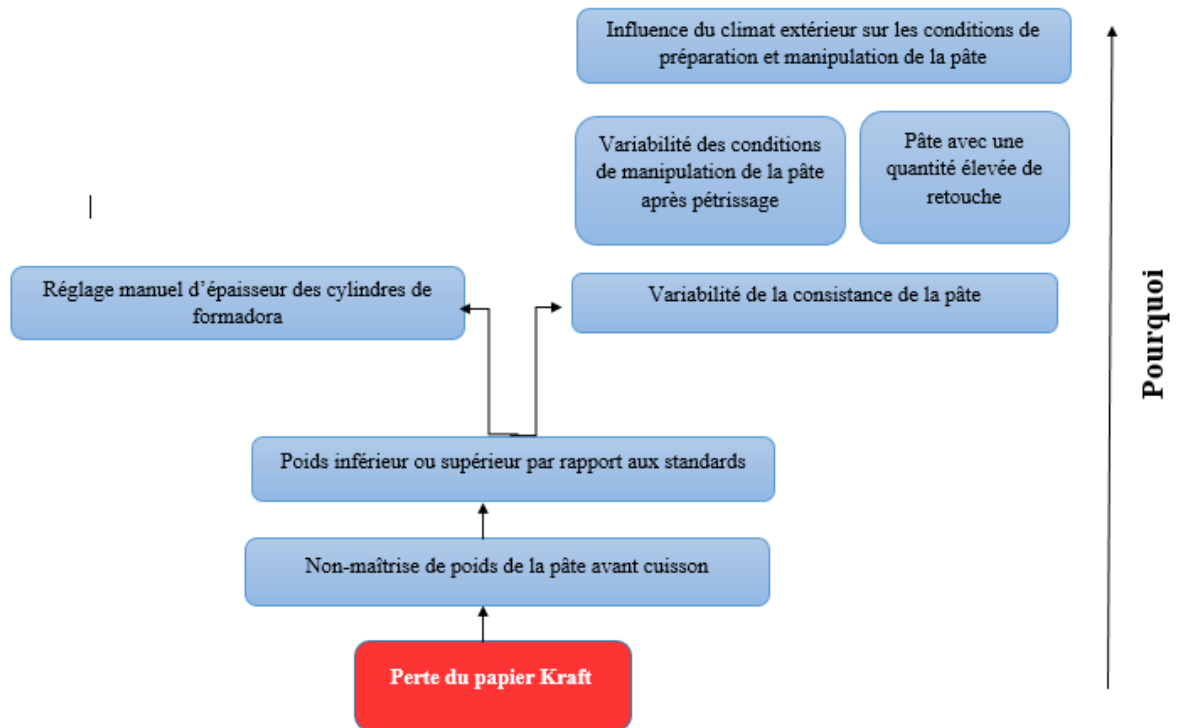


Figure 13: Les causes racines de non maîtrise du poids.

En concluant d'après la figure 13 que le réglage manuel des cylindres de formadora et la variabilité de la consistance de la pâte sont les causes provoquant la non maîtrise du poids des pièces avant cuisson.

2. Analyse des causes des pertes de farine

La farine est l'ingrédient principal, utilisé dans la préparation mais aussi dans les étapes du laminage et la mise en forme dans la formadora, les pertes sont produites essentiellement lors du laminage de la pâte, pour mieux comprendre et maîtriser le problème, en procédant comme suit :

2.1 Technique de Brainstorming

Nous avons posé des questions aux différents opérateurs et intervenants dans cette étape, les causes révélées sont les suivantes :

- Pas de précision lors du saupoudrage ;
- Perte de farine sur terre ;
- Saupoudrage manuel ;
- Consistance de la pâte : Conditions de manipulation : (T° , durée de fermentation...) ;
- Quantité réelle supérieure à celle théorique ;
- Disfonctionnement de saupoudreur automatique ;
- Farine sous le laminoir non réutilisable ;
- Qualité du papier kraft ;

2.2 Diagramme Ishikawa des pertes de farine

Les causes révélées sont organisées dans le diagramme d'Ishikawa présenté dans la figure 14 :

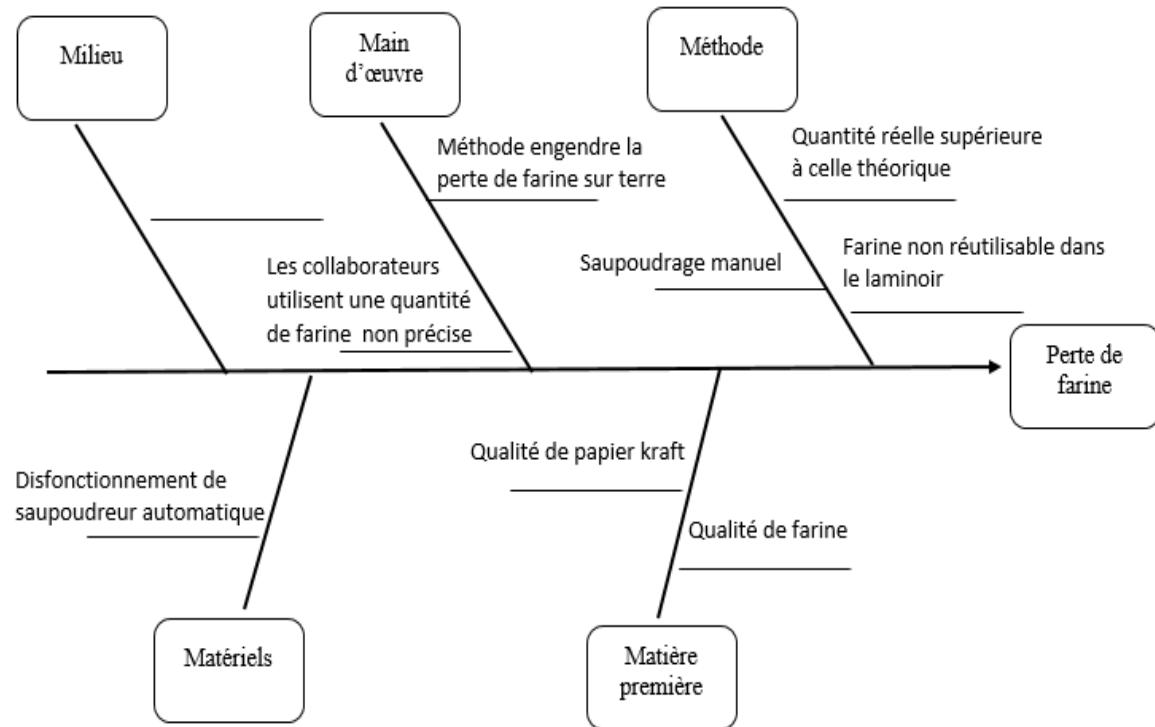


Figure 14: Diagramme Ishikawa des pertes de farine.

Comme précédemment il y a des causes qui ont un impact direct sur la quantité des pertes de farine et d'autres indirect, alors on peut citer les plus importantes ci-dessous :

- Farine non réutilisable sous le laminoir : pendant l'étape du laminage, une grande quantité de farine est récupérée sous le laminoir, mais elle n'est pas réutilisée sachant que les laminoirs sont bien nettoyés.
- Perte de farine sur terre : c'est à cause de la méthode avec laquelle les opérateurs travaillent, ils saupoudrent les pâtons manuellement, ce qui induit à des pertes sur terre.
- Quantité réelle utilisée supérieure à celle théorique : puisque le saupoudrage est manuel, les collaborateurs utilisent des quantités non précises pour chaque pâton, en plus la consistance de pâte est variable ce qui nécessite des quantités de farine importantes lors du saupoudrage pour ajuster cette consistance.

Pour savoir la différence entre les quantités réelles et théoriques, nous avons essayé de préciser la quantité de farine de saupoudrage utilisée par pièce et pour chaque article en production afin de calculer l'écart, les résultats sont présentés dans le tableau 13: (Annexe6)

Tableau 13: Quantité réelle de farine de saupoudrage par pièce. (Extrait annexe 6).

Article		Quantité de farine de saupoudrage/p en kg
Pizza Ronde	Ekmek	5,31*10 ⁻³
	chef du pain ronde (CDPR)	1*10 ⁻²
	Pizza ronde aromatisée	6,12*10 ⁻³
Pizza Carrée	Chef du pain carrée (CDPC)	
	Ekmek pâte à pizza feuilletée carrée	1,256*10 ⁻²
mini pizza	mini pizza nature	5,58*10 ⁻⁴
	mini pizza arôme	1,02*10 ⁻³

2.3 Diagramme Pareto de farine

Après détermination des causes, il faut les classer pour savoir qui a plus d'effet sur la quantité des pertes, et donc il est nécessaire de calculer le pourcentage des pertes générées par chaque cause. Nous avons travaillé pendant un nombre d'heures important en déterminant : l'écart entre la quantité utilisée par pièce réellement et théoriquement, la quantité de farine perdue sous le laminoir et la quantité de farine perdue sur terre. À partir de ces estimations, on trace le diagramme Pareto qui nous permet de savoir quelle cause engendre les 80% du problème, les résultats sont présentés dans le tableau 14 :

Tableau 14: Quantité des pertes de farine par jour pour chaque cause.

cause de perte	Quantité des pertes/jour	pourcentage de perte %	Cumulé
Farine non réutilisable sous le laminoir	15,38	52.83	52.83
Quantité réelle supérieure à celle théorique	8	27.48	80.31
Perte de farine sur terre	5.73	19.68	100
Total	29.11	100	

La figure 15 représente le diagramme Pareto des causes des pertes de farine :

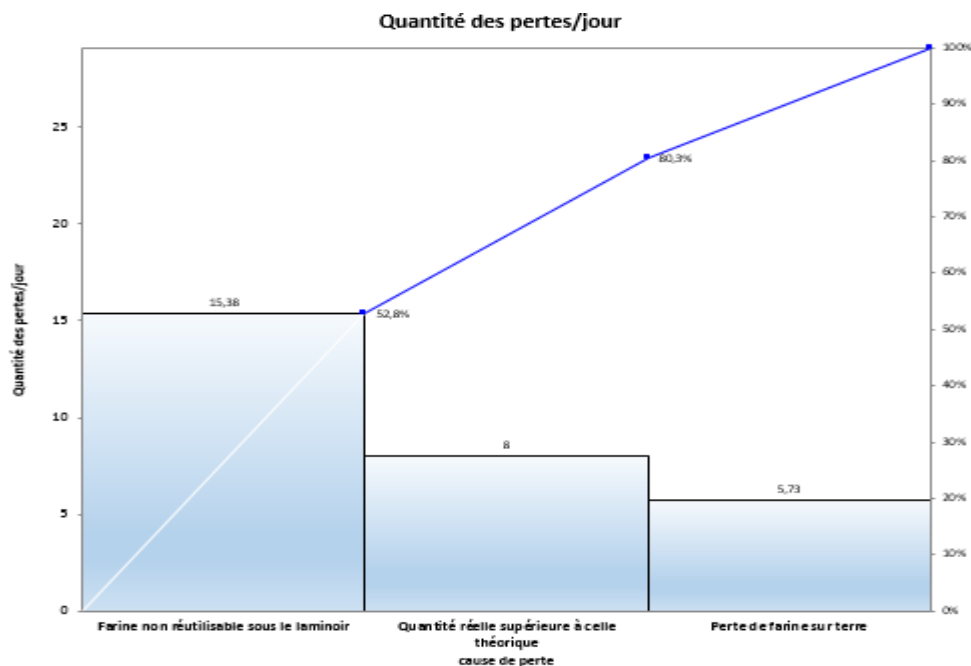


Figure 15: Diagramme Pareto des causes des pertes de farine en kg.

A partir des résultats obtenus, la farine qui est non réutilisable récupérée sous le laminoir et l'utilisation des grandes quantités de farine en production sont les deux causes qui engendrent les 80% des pertes de farine, et qu'il faut agir sur pour résoudre le problème.

3. Analyse des causes des pertes d'emballage

L'emballage est une matière essentielle qui assure la protection du produit, mais cette dernière présente une source de charges supplémentaires et inutile pour l'entreprise à cause des pertes, alors pour détecter ces causes, on a recouru à un brainstorming qui nous a permis d'avoir plus d'idées sur le problème, les causes relevées sont les suivantes :

- Reste non réutilisable d'emballage sur les bobines ;
- Emballage non conforme à cause de la machine ;
- Mal fonctionnement de machine : Machine non adaptative aux différents types d'emballage ;

En constatant après une analyse des causes, que les pertes d'emballage sont essentiellement dues à la machine utilisée pour emballer les produits, afin de mieux comprendre le problème, une analyse des modes de défaillance (AMDEC machine) a été effectuée pour cette ensacheuse.

3.1 Analyse AMDEC de la machine d'emballage

La quantité des pâtes à pizza produite est importante, ce qui nécessite le fonctionnement de la machine d'emballage pendant une longue durée de 7j/7j et 24h/24h, ce qu'explique la pression journalière exercée sur cette machine provoquant son mal fonctionnement et par la suite

l'obtention des produits mal emballés avec des emballages non conformes : image non centrée, produits non étanches, emballage non soudé, emballage serré, emballage brûlé... C'est à cause de ces emballages non conformes, la machine « ensacheuse » génère des grandes quantités des pertes et présente la cause principale.

- **Description de la machine**

La machine d'emballage utilisée décrite dans la figure 16, est une ensacheuse horizontale qui a été conçue normalement pour emballer les produits de génoise, mais elle a été subi une modification pour l'adapter afin d'emballer les produits de pizza, soit les pizzas rondes ou carrés.

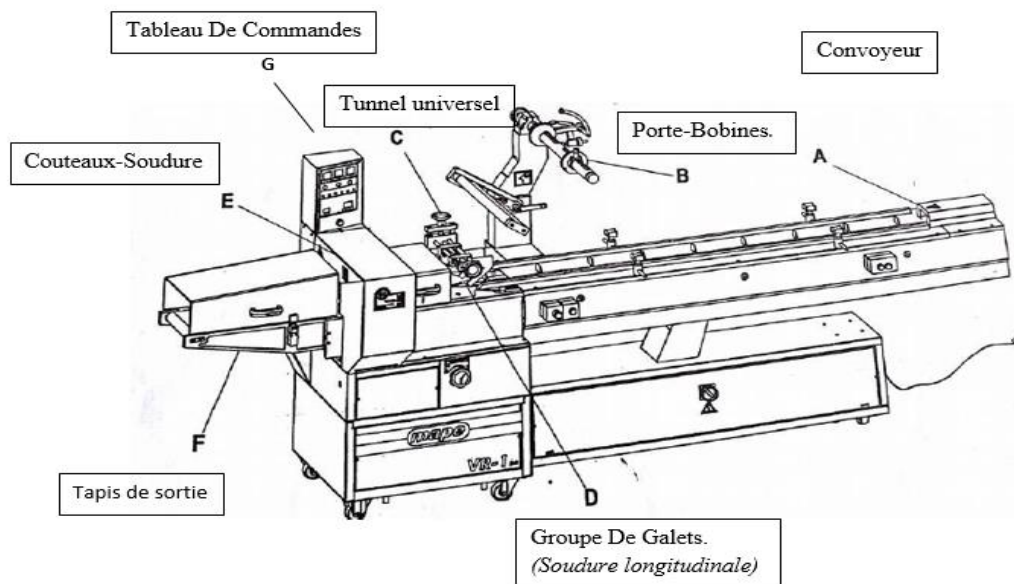


Figure 16: Ensacheuse des pâtes à pizza Ronde et Carré.

- **Analyse des défaillances**

Grilles des échelles de cotation :

Pour rendre l'étude homogène, la criticité des défaillances de tous les équipements sera évaluée suivant une même échelle de cotation, à partir de trois critères indépendants :

La gravité (G), la probabilité d'occurrence ou la fréquence d'apparition (O) et la probabilité de non détection (ND). A chaque critère on associe une échelle de cotation définie, en s'appuyant sur : l'historique des arrêts et l'expérience du personnel. L'échelle de cotation est aussi le fruit de nombreuses discussions menées avec le personnel du service maintenance. Ce qui nous a permis de tracer les tableaux suivants :

➤ **Gravite (G)**

Tableau 15: Echelle de gravité.

Niveau de gravité	Indice	Définition
Mineure	1	Sans dommage : défaillance mineure ne provoquant pas d'arrêt de production et aucune dégradation notable du matériel
Significative	2	Défaillance moyenne provoquant un arrêt significatif et nécessitent une petite intervention.
Moyenne	3	Important : défaillance provoquant un arrêt significatif et nécessitent une intervention importante
Majeure	4	Défaillance catastrophique provoquant un arrêt impliquant des problèmes graves

➤ **Fréquence d'apparition (F) ou Occurrence (O)**

Tableau 16: Echelle de fréquence d'apparition.

Niveau de fréquence	Indice	Définition
Pratiquement Inexistante	1	Défaillance pratiquement inexistante sur la ligne. A titre indicatif, un défaut par an au maximum
Occasionnelle	2	Défaillance occasionnellement apparue sur la ligne. A titre indicatif, un défaut par 2 semaines au maximum
Fréquente	3	Défaillance apparue fréquemment sur le circuit du traitement. A titre indicatif, un défaut par 3 jours au maximum
Très Fréquente	4	Défaillance apparue très fréquemment sur le circuit du traitement A titre indicatif, un défaut par jour au maximum

➤ **Non détection (ND)**

Tableau 17: Echelle de non détection.

Niveau de ND	Indice	Définition
Détection facile	1	La cause ou le mode de défaillance sont facilement détectables à l'œil nu
Détection exploitable	2	La cause ou le mode de défaillance sont détectables par un examen simple ou à l'œil de l'expérimenté
Détection difficile	3	La cause ou le mode de défaillance sont détectables par un examen détaillé
Sans détection	4	Rien ne permet de détecter la cause ou le mode de défaillance

Après la détermination des échelles de cotation, faut calculer la criticité de chaque élément, pour savoir qui a plus d'impact.

La criticité (C) : dite aussi NPR (niveau de priorité de risque) est le produit :

$C = F \times G \times ND$, avec :

- F : fréquence d'apparition de la défaillance ;
- G : gravité perçue du produit fini ;
- ND : Non détection ;

Tableau 18: Echelle de criticité.

Niveau de criticité	Indice	Définition
$1 \leq C < 6$ Criticité négligeable	1	Aucune modification de conception Maintenance corrective
$6 \leq C < 12$ Criticité moyenne	2	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique.
$12 \leq C < 16$ Criticité élevée	3	Révision de la conception de sous-ensemble et du choix des éléments Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle/prévisionnelle
$C \geq 16$ Criticité interdite	4	Remise en cause complète de la conception

Après la précision de toutes les échelles avec lesquelles nous travaillerons, l'étude AMDEC de la machine d'emballage est détaillée dans le tableau présenté ci-dessous dans l'annexe 7, en illustrant tous les modes de défaillance de chaque élément.

Après l'application de l'analyse AMDEC sur la machine d'emballage, qui nous a permis de déterminer tous les modes de défaillance, leurs causes et leurs conséquences, ainsi que leur criticité et pour compléter l'étude, nous devons faire une hiérarchisation qui permet de les classer et d'organiser leurs traitements par ordre d'importance (faut noter que pour chaque élément il existe plusieurs mode de défaillance mais en se basant sur celui qui a la plus grande criticité). Le tableau 19 montre le calcul de cumul de la criticité et son pourcentage :

Tableau 19: Hiérarchisation des causes selon la valeur de leur criticité.

Élément	Coefficient de criticité	Cumul de la criticité	Cumul en %
Moteur	16	16	16.1%
Mâchoire	16	32	32.3%
Arbres	16	48	48.4%
Embrayage Magnétique	12	60	60.6%
Porte bobine de film Alimentaire	12	72	72.7%
Résistances électrode de soudure	9	81	81.8%
Molettes	6	87	87.8%
Convoyeur à chaîne	4	91	91.9%
Tapis de sortie	4	95	95.9%
Dateur	4	99	100%

En se basant sur les résultats du tableau pour tracer le diagramme Pareto comme suit :

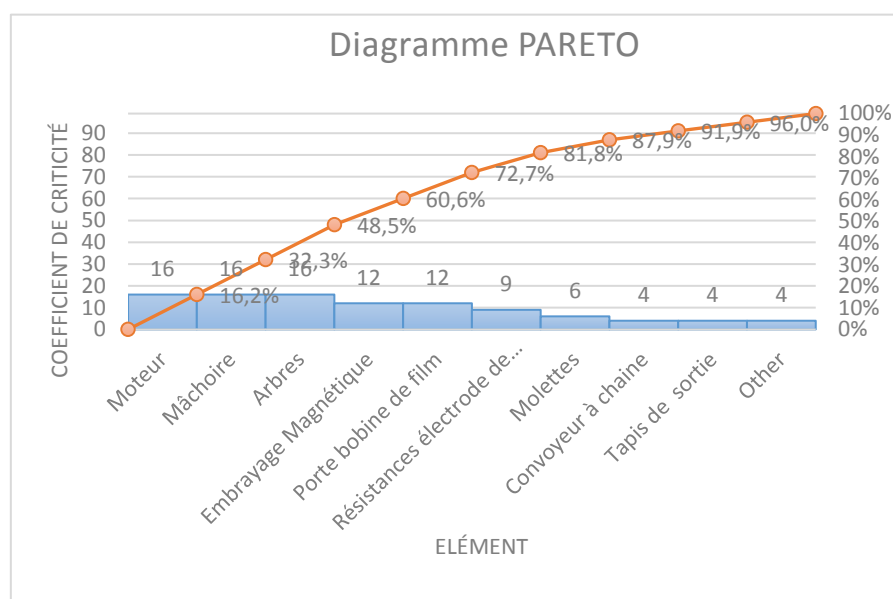


Figure 17: Diagramme de Pareto AMDEC.

Après avoir hiérarchisé les causes qui interviennent dans l'apparition des emballages non-conformes aux exigences clients, on a constaté que les éléments suivants sont les responsables de différents modes de défaillance de machine et qui représentent les 80% du problème:

- Moteur ;
- Mâchoire ;
- Arbres ;
- Embrayage magnétique ;
- Porte bobine de film ;
- Résistance d'électrode de soudure ;

IV. Phase Innover « Améliorer »

Les trois premières étapes de l'application de la méthode DMAIC nous ont permis de connaître les facteurs responsables des pertes. Durant ces trois premières étapes, nous n'avons pas modifié le processus. C'est le temps alors de passer de la théorie à l'application et de mettre en place des solutions et des améliorations des causes détectées précédemment.

A partir des causes racines trouvées, nous avons proposé les actions correctives qu'il faut apporter sur les points qui provoquent l'augmentation du taux des pertes.

1. Solutions proposées pour réduire les pertes du papier kraft

D'après les résultats de la phase précédente «Analyser », on a constaté qu'il y a des causes qui engendrent les pertes du papier kraft mais la cause majeure c'est le rejet excessif au niveau de formadora lors de la mise en forme et la découpe et après une analyse profonde on a relevé les causes racines de ce problème.

Pour pallier à ce problème, on a proposé des plans d'action pour les cause significatives, sont présentés dans le tableau 20 ci-dessous :

Tableau 20: Plan d'amélioration des causes des pertes du papier kraft.

Cause	Action d'amélioration
Reste du papier kraft sur les bobines	Compléter toutes les bobines à chaque utilisation.
Espace entre les pièces	Augmenter le nombre de pièce par morceau du papier kraft, en travaillant avec un moule contient 30 pièce au lieu de 25 pour la pâte à pizza mini.

Rejet du papier au niveau de formadora	Poids	Pour mieux maîtriser le poids, il faut : -maîtriser le réglage de la distance entre les deux cylindre de formadora, afin d’avoir la bonne épaisseur et le poids conforme en utilisant une nouvelle formadora avec un pied à coulisse intégré et automatique. -maîtriser les conditions de manipulation de la pâte qui influencent sa consistance et donc influencent sur le poids. (voir les résultats du plan d’expérience).
	Méthode	Formation du personnel pour : -améliorer la méthode d’élimination des extrémités de la pâte pour ne pas générer des vides sur le papier kraft. -optimiser le temps de décalage entre les pâtons transformés, afin d’éviter le passage du papier vide sue la formadora.
	Largeur	Augmenter la largeur des pâtons : -Travailler avec des pâtons de poids élevé qui dépasse 7kg. -modification de la méthode du laminage afin d’obtenir des pâtons avec la largeur souhaitée qui ne doit pas être < 58.5 cm en procédant à une formation du personnel.
	Forme	Pour avoir la bonne forme : -maîtriser la consistance de la pâte. -travailler avec des moules non déformés.

1.1 Maîtrise de la consistance de la pâte par le plan d’expérience

La pâte à pizza est un produit fermenté qui est difficile à être maîtrisé, il contient comme ingrédient : sucre, sel, acide, et la levure qui est le micro-organisme (*Saccharomyces Cerevisiae*) assurant la fermentation bien sûr. Toute modification dans ces ingrédients, dans la formule ou dans les conditions de manipulation va influencer sur l’activité de la levure et par conséquence influencer la consistance de la pâte.

La variabilité de la consistance provoque la variabilité du poids des pièces après la découpe (plus la pâte est fermentée plus le poids des pièces est inférieur aux standards), donc c’est une source non négligeable du problème qui génère les pertes.

Alors notre travail consiste à réduire les pertes du papier kraft en optimisant les conditions de travail de la pâte. Afin d’atteindre cet objectif, on a choisi de travailler avec un plan de surface de réponse et plus précisément travailler avec le plan composite centré, avec deux facteurs et deux niveaux qui nous a permis de trouver les conditions expérimentales optimales et déterminer la zone de compromis acceptable qu’on cherche.

- **Choix des facteurs**

La consistance de la pâte varie en fonction de plusieurs paramètres, trouvant parmi eux la quantité de levure, le temps et la vitesse de malaxage, la qualité de la farine, la température du mélange, le temps et la température de fermentation... La majorité de ces facteurs sont contrôlables et restent plus ou moins fixes, ils sont respectés lors de la préparation mais le problème se situe après le malaxage, au niveau des conditions de circulation et de manipulation de la pâte où nous remarquons des changements de sa consistance. Pour cela les facteurs qui seront l'objet de notre plan d'expérience sont ceux qui semblent influents : **la température** et **le temps** de manipulation de la pâte avant cuisson. [9]

- **Choix des niveaux d'études des facteurs**

Un niveau correspond à une valeur ou à un état que l'on donne au facteur, pour notre cas les valeurs des deux niveaux (-1 et +1) sont déterminées à partir d'un suivi des standards processus, donc ils représentent ce qui existe réellement dans le processus, les valeurs attribuées aux deux niveaux sont dans le tableau 21 comme suit :

Tableau 21: Niveaux choisis par facteur.

Facteurs	Unité	Niveau -1	Niveau +1	Centre
Température	°C	19	34	26.5
Temps	Min	5	15	10

- **Réalisation des essais**

Après l'établissement du plan d'expérience correspond à notre étude d'optimisation (plan composite centré). Nous commençons la réalisation des essais dans l'ordre en notant les valeurs de la réponse pour chaque expérience toute en respectant les conditions expérimentales de la réalisation de ces essais.

Pour notre cas, prenant le poids des pièces des pâtes à pizza avant cuisson comme réponse qu'on cherche à l'optimiser.

Faut prendre en compte que le choix du plan d'expérience et le choix du logiciel ainsi sa maîtrise sont très déterminant pour la précision et l'interprétation des résultats statistiques obtenus.

Les essais effectués ainsi que les réponses de chaque essai sont présentés dans le tableau 22 :

Tableau 22: Matrice du plan d'expériences.

N° d'essai	Température (°C)	Temps (min)	Poids des pièces(g)
1	19	5	26,77
2	34	5	22,1
3	19	15	28,05
4	34	15	21,8
5	15,9	10	28,61
6	37,1	10	21,2
7	26,5	3	25,84
8	26,5	17,1	24,3
9	26,5	10	22,7
10	26,5	10	25,2
11	26,5	10	25,3

Visuellement, d'après les résultats des essais effectués, on remarque l'influence des deux facteurs sur le poids des pièces. Le poids diminue avec l'augmentation de température et du temps.

Alors pour le traitement des résultats, nous choisissons le logiciel **NEMRODW**. Après insertion des résultats, ce dernier nous donne les informations suivantes :

- **Modélisation de poids des pièces**

Le poids des pièces est un paramètre important car il présente la cause racine majeure qui engendre les pertes du papier kraft, Le plan d'expérience nous a permis alors de modéliser ce paramètre par l'équation suivante :

$$Y_2 = 24.401 - 2.679X_1 - 0.149X_2 + 0.175X_1^2 + 0.258X_2^2 - 0.395X_1X_2$$

- **Analyse de la variance**

Passant à une analyse de variance, pour la validation du modèle

Le test de signification de l'ANOVA, (Régression) est inférieur à la valeur théorique :

$$(P = 1.20 < 5\%).$$

Donc l'analyse de la variance montre clairement que le modèle élaboré pour le poids des pièces est **descriptif**.

- **Coefficients de corrélation**

Après avoir vérifié la validité du modèle par l'analyse de la variance, nous devons vérifier que les coefficients de corrélation **R²** et **R²_A** sont validés (Tableau23).

Du tableau ci-dessous en concluant :

- Le test statistique R^2 est significatif ($R^2 = 0.910 > 0.8$), donc on peut conclure que notre modèle postulé permet d'expliquer 91% du phénomène étudié, le reste est dû aux résidus.
- Le test statistique R^2_A est significatif ($R^2_A = 0.820 > 0.7$), donc nous avons une idée sur l'ajustement du modèle qui est de 82%.

Tableau 23: Coefficients de corrélation

R2	0.910
R2A	0.820

- **Etude graphique des résidus**

Pour plus s'assurer, nous avons étudié graphiquement les résidus selon la droite d'Henry présenté dans la figure 18:

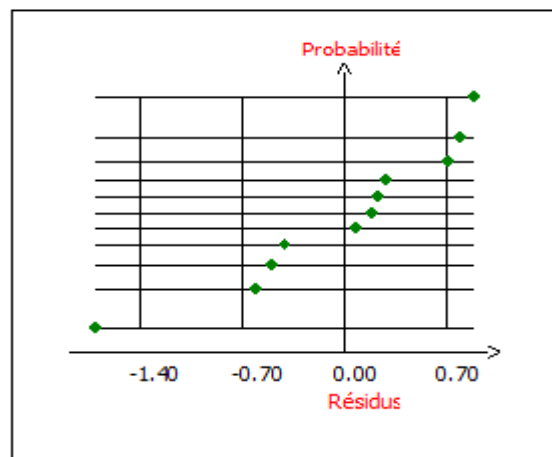


Figure 18:Répartition des résidus sur la droite d'Henry.

D'après le graphe ci-dessus, nous remarquons que la majorité des valeurs des résidus s'alignent sur la droite d'Henry et suivent une distribution normale, la distribution des valeurs des résidus autour de la droite d'Henry semble bonne.

- **Etude graphique des résultats obtenus**

Après ces tests de validation, pouvant conclure que le modèle obtenu est un modèle descriptif. En présentant alors le domaine de réponse dans les figures 19 et 20 :

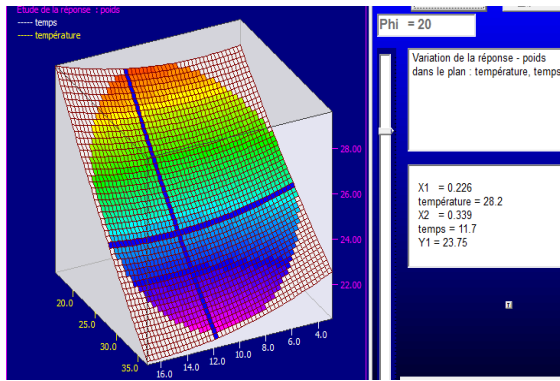


Figure 20: Surface de répons des résultats obtenus.

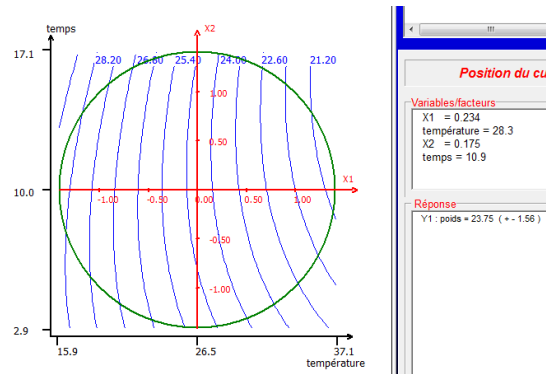


Figure 19: Courbe d'isoréponses des résultats obtenus

Pour avoir le poids désirable qui est fixé dans notre cas à 23.75 g et d'après les résultats obtenus en dessus, nous devons travailler dans les conditions suivantes :

Température : qui est dans les alentours de **28°C**.

Temps : qui ne doit pas dépasser **10-12 min**.

A l'aide de la fonction de désirabilité, on a cherché les conditions optimales des facteurs X1 (température) et X2 (temps). La figure 21 montre le domaine qui permet d'atteindre la spécification donnée ($22.5g < Y < 25g$).

La zone blanche présente le domaine d'acceptation :

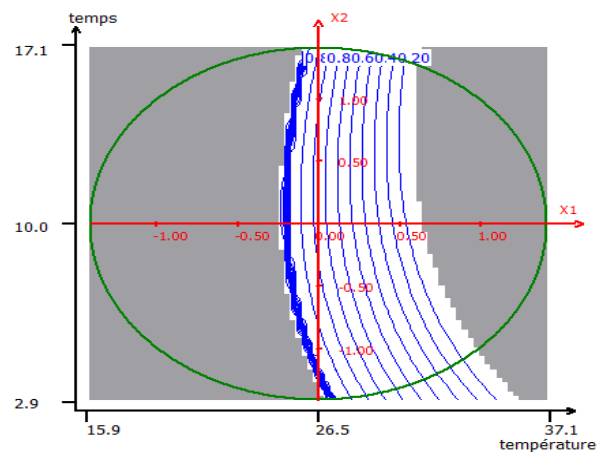


Figure 21: Variation de la désirabilité dans le plan.

Nous avons passé à la fonction de désirabilité pour mieux visualiser le domaine d'acceptation (avec une réponse une réponse $22.5g < Y < 25g$) qui est la zone blanche, tandis que la zone grise, est la zone où le poids des pièces est non acceptable.

La modélisation qui nous avons fait, va permettre d'optimiser les conditions de manipulation de la pâte, et elle va permettre aussi en cas de validation du modèle (ANOVA) de prédire les réponses en n'importe quel point du domaine expérimentale pour des niveaux des facteurs désirés ou bien de prédire les niveaux des facteurs pour une réponse désirée.

2. Solutions proposées pour réduire les pertes de farine

Puisque les pertes de farines sont détectées majoritairement au niveau du laminage, et après l'analyse des causes racines effectuée, en proposant des plans d'actions cités dans le tableau 24 :

Tableau 24: Plan d'amélioration des causes des pertes de farine.

Cause	Action d'amélioration
Farine non réutilisable sous le laminoir	Réutiliser la farine récupérée sous le laminoir, procédant au tamisage de cette farine avant la réutilisation.
Perte de farine sur terre	Améliorer la méthode du travail : Saupoudrer la pâte en essayant de réduire les pertes sur terre. Utiliser le saupoudreur automatique.
Quantité réelle supérieure à celle théorique	fixer plus ou moins la quantité de farine à utiliser lors du saupoudrage pour chaque pâton en maîtrisant la consistance de la pâte.

3. Solutions proposées pour réduire les pertes d'emballages

Après l'analyse AMDEC de la machine d'emballage effectuée dans la phase précédente, nous avons conclu que les pertes sont à cause de plusieurs éléments de la machine. Alors cette étape consiste à mettre en place des actions correctives et préventives adéquates à ces problèmes. Pour cela en suggérant d'appliquer le plan d'action suivant (tableau25):

Tableau 25: Plan d'amélioration des causes des pertes d'emballage.

Elément	Plan d'action
Moteur	- nettoyage des ailettes de refroidissement -Vérification de l'absence de vibrations -Vérification de la ventilation -Contrôle général -Contrôle des fixations
Mâchoire	-lubrification des roulements -nettoyage des lames -Affutage des lames de coupe -nettoyage des mâchoires

Arbres	-lubrification de l'arbre
Embrayage Magnétique	-vérifier que la photo cellule lit correctement le spot du film -changement du disque Feredo -graissage des chaines de transmission -lubrification des roulements -changement de l'électroaimant -vérification de tension
Porte bobine de film Alimentaire	-Centrage du film -ajustement du rouleau -serrage des vis
Résistances électrode de soudure	-changement des résistances -vérification de la sonde

Puisque la fréquence d'apparition des défaillances de la machine est élevée, et engendre des grandes quantités des produits avec emballages non conformes, c'est difficile d'appliquer tous les plans d'action. Malgré l'application de ces plans la quantité des pertes reste toujours importante. **Pour cela la machine d'emballage est remplacée totalement par une nouvelle machine** qui permet d'avoir un emballage conforme et de réduire d'une manière significative la quantité des pertes.

V. Phase « Contrôler »

La dernière phase de la démarche DMAIC est la phase de contrôle. L'objectif de cette étape est de s'assurer que les éléments d'action créés dans la phase d'amélioration sont bien mis en œuvre, maintenu et vérifier la bonne exécution de ces actions. En se basant sur les données informatiques du système de l'entreprise et sur les résultats d'inventaire réel effectué chaque semaine afin d'évaluer le taux de réduction des pertes des matières étudiées et de s'assurer de l'efficacité des plans mis en œuvre.

Alors puisque nous avons commencé par la résolution du problème d'emballage, ce qui nous a permis de faire un suivi afin d'évaluer le taux de réduction des pertes en matière, tandis que les deux autres matières qui restent (papier kraft et farine), nous n'avons pas encore terminé l'application des plans d'actions proposées vu que la durée de stage n'est pas encore terminée et vu la charge de production qui est élevée qui nous empêche d'avancer pour ne pas arrêter la production.

Alors les tableaux 26, 27,28 présentent les résultats du nouveau suivi après l'application des plans d'actions pour l'emballage des trois articles (CDP Ronde, CDP Carrée, EKMEK) :

- **Résultat pour Chef Du Pain Carrée**

Tableau 26: Quantité des pertes d'emballage du CDP carrée par semaine après l'application du plan d'action.

Date	Quantité consommée selon le système de la société en kg	Quantité consommée selon l'inventaire réel en kg	Ecart en kg
3-10juin/2021	5,432	7,999	-2,567
10-17juin/2021	17,41	17,46	-0,05
17-24juin/2021	8,051	8,439	-0,388
Total			-3.005

En constatant qu'après le changement de la machine, le taux des pertes d'emballage est réduit d'une manière significative avec un taux de réduction estimé de **88%**, en remarquant que pendant trois semaines on a seulement 3.005 kg de pertes.

Et pour mieux visualiser que les quantités consommées réellement et théoriquement sont presque égaux, on représente les résultats dans la figure 22 suivant :

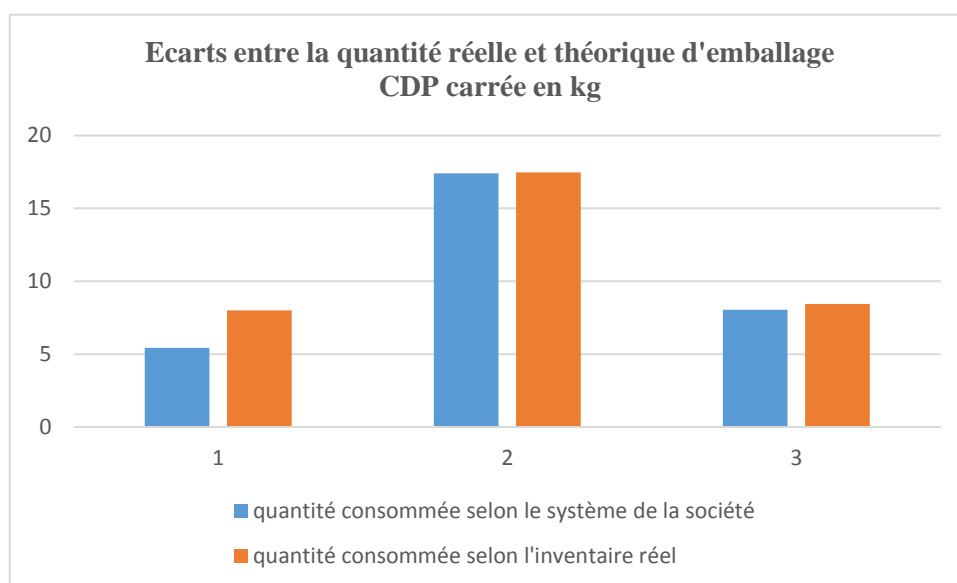


Figure 22: Ecart entre la quantité réelle et théorique d'emballage CDP carrée après le plan d'action.

- **Résultat pour Chef Du Pain Ronde**

Tableau 27: Quantité des pertes d'emballage du CDP Ronde par semaine après l'application du plan d'action.

Date	Quantité consommée selon le système de la société en kg	Quantité consommée selon l'inventaire réel en kg	Ecart en kg
3-10juin/2021	13,78	17,925	-4,145
10-17juin/2021	18,38	25,621	-7,241
17-24juin/2021	16,947	20,561	-3,614
Total			-15

Le taux de réduction pour cet article est estimé de **40%**, en remarquant que pendant trois semaines nous avons seulement **15 kg** de perte. Pour mieux visualiser que les quantités consommées réellement et théoriquement sont presque égaux, nous représentons les résultats dans la figure 23:

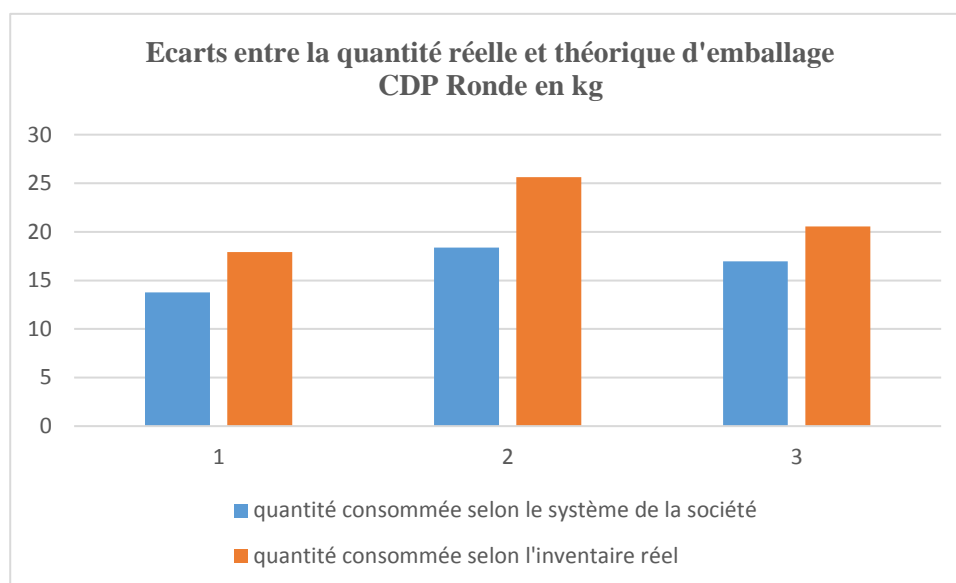


Figure 23: Ecart entre la quantité réelle et théorique d'emballage CDP Ronde après le plan d'action.

- **Résultat pour Pizza Nature Ronde EKMEK**

Tableau 28: Quantité des pertes d'emballage du Pizza Nature Ronde EKMEK par semaine après l'application du plan d'action.

Date	quantité consommée selon le système de la société en kg	quantité consommée selon l'inventaire réel en kg	Ecart en kg
3-10juin/2021	42,937	47,608	-4,671
10-17juin/2021	78,932	83,861	-4,929
17-24juin/2021	69,933	71,378	-1,445
Total			-11,045

Le taux de réduction pour Pizza Nature Ronde EKMEK est estimé de **80.5%**, en remarquant que pendant les trois semaines on a seulement **11.045 kg** de perte. Pour mieux visualiser que les quantités consommées réellement et théoriquement sont presque égaux, on représente les résultats dans la figure 24 :

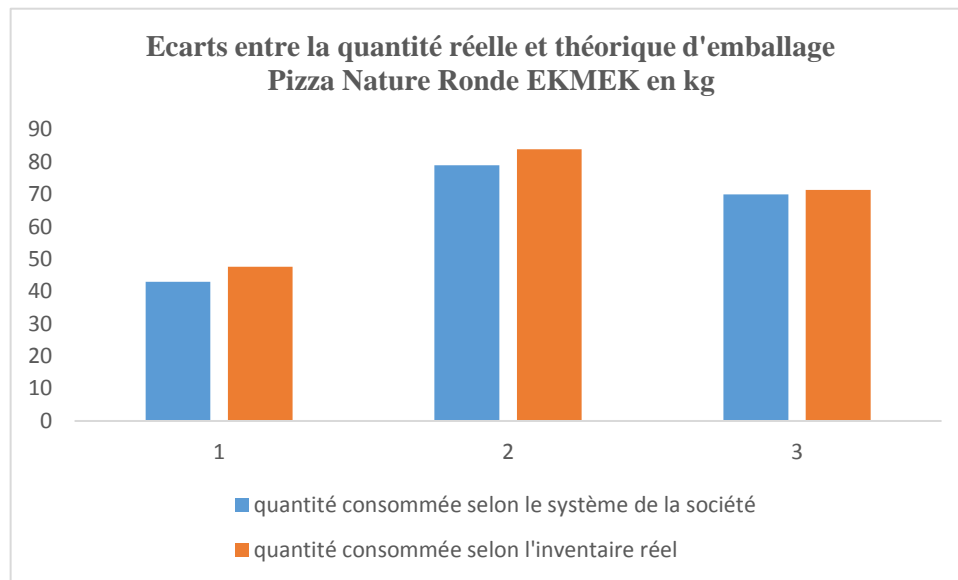


Figure 24: Ecart entre la quantité réelle et théorique d'emballage Pizza Nature Ronde EKMEK après le plan d'action.

Alors pour les trois articles, le taux des pertes d'emballage est réduit, d'une manière significative, et donc le plan d'action proposé est efficace, il permet de résoudre le problème et de minimiser les coûts inutiles engendrés par ces pertes.

Pour les deux matières restantes, les plans d'action sont en cours d'application.

Conclusion générale

Au cours de ce projet, nous avons eu l'occasion de traiter un sujet qui compte parmi les premières préoccupations de toute entreprise, à savoir l'optimisation de la production et la réduction des pertes des matières premières utilisées au niveau des différentes étapes du procédé de fabrication. A cet égard, le travail réalisé s'inscrit dans le cadre de l'amélioration continue en vue de remédier aux problèmes et aux causes des pertes afin d'atteindre le niveau de performance requis.

Lors de cette étude, nous avons opté pour une méthode bien connue dans le domaine de l'industrie, c'est la démarche DMAIC qui nous a servi à la structuration du travail.

Dans un premier temps, nous avons commencé par la phase « Définir » qui nous a permis de mettre l'accent sur le cadre général dans lequel ce projet a évolué et l'environnement au niveau de lequel a été mené, elle permet de l'identifier et le positionner. Dans l'étape « Mesurer », des mesures et des suivis de toute perte de MP générée par le processus ont été instaurés en adoptant une démarche de calcul précise dont nous avons trouvé des quantités variables en fonction du type de MP. L'analyse de ces mesures dans la phase « Analyser » qui a été menée par la suite, a permis de relever les causes provoquant les problèmes détectés pour chaque matière, en utilisant le diagramme d'Ishikawa et le diagramme de Pareto. Et c'est à l'issue de cette analyse que la phase « Innover » devait prendre place. Des actions d'amélioration ont été lancées afin de résoudre le problème.

L'efficacité des solutions proposées est vérifiée et contrôlée dans la dernière phase du projet pour l'emballage et elle est en cours de réalisation pour les deux matières restantes.

Références Webographies

Société Grupo Bimbo :

[1] <https://www.grupobimbo.com/es/nuestra-historia>.

[2] <https://www.grupobimbo.com/es/noticias>

Références Bibliographiques

[3] Philippe Shell - les secrets de la pizza italienne -2016.

[4] Annick Le Blanc –ALIMENTATION HUMAINE – La fermentation panaire 2007-s2008.

[5] groupe Créatech - Fiches outils d'Amélioration Continue - 2019

[6] Magali RINAUDO – pédagogique aix-marseille_outils_methodo-_qqoqcp - 2017

[7] Lotfi Azzabi - Contribution à l'amélioration d'un système de production : intégration de la méthode six sigma et approche multicritère d'aide à la décision dans sidelec internationale_2012.

[8] Joseph Kélada - Ecole des Hautes Etudes Commerciales Centre d'études en qualité totale-AMDEC - 1994.

[9] Sandrine KARAM - Application de la méthodologie des plans d'expériences et de l'analyse de données à l'optimisation des processus de dépôt-2004.

Annexes

Annexe 1: plan de collecte des données pour Papier Kraft.

Papier kraft						
Date	Stock fixe	magasin 1	magasin 2	bobines incompletes	Consommation	Remarques
11/03/2021	2143,5	182,76	212,87	37,13	92,25	Consommat
12/03/2021	2143,5	182,76	126,37	31,38	42,86	Consommat
15/03/2021	2143,5	182,76	83,51	31,38	54,64	Consommat
16/03/2021	1757+4344	182,76+37,87+37=257,63	307 (8)+33,50	31,38	86,4	Consommat
17/03/2021	1757+4344	182,76+37,87+37=257,63	185 (5)+25,60+43,5	31,38	134,77	Consommat
18/03/2021	6101	182,76+37 = 219,76	78,7 (3)+40,63+37,87	31,38	151,827	Consommat
19/03/2021	5861	182,76+37 = 219,76	203+27,10+15,273	31,38	119,923	Consommat
22/03/2021	5861	182,76+37 = 219,76	113+12,45	31,38	46,424	Consommat
23/03/2021	5531	209+43,5	304,5 (7)+25,14+27,25	50,77	330,56	Consommat
24/03/2021	5531-210	209+43,5	221 (5) +8,5+6,83	50,77	100,28	Consommat
25/03/2021	5241,5	209+43,5+44,5+42	39,5+40+7,55+42	50,77	86,06	Consommat
26/03/2021	5241,5	209+43,5+42	44,5+8,69+44	41,07	106,19	Consommat
29/03/2021	5151,5	209+43,5+42	39+42	41,07	100	Consommat
30/03/2021	4520	209+43+42	531,5 (13) +42+39	41,07	117	Consommat
31/03/2021	4435	209+43+42	531,5+49	41,07	94	Consommat
01/04/2021	4390	209+43+42	531,5	41,07	30	Consommt
02/04/2021	4390	209+43+42	501,5 (11)	41,07	128,93	Consommt
05/04/2021	4390	209+43+42	368+4,5	41,07	231,3	Consommt
06/04/2021	4390	209+43+42	165	17,27	64,3	Consommt
07/04/2021	4390	209+43+42	82	35,97	101,08	Consommt
08/04/2021	4360,5	209+43+42	10,42	35,97	104,42	Consommt
09/04/2021	3970,5	209+43+42	256+40	35,97	246	Consommt

Annexe 2: plan de collecte des données pour la farine.

Farine				
Date	stock magasin	cuisine	consommation	Remarques
11/03/2021	3400	468,575	1667,345	Consommat
12/03/2021	1750	451,23	873,6	Consommat
15/03/2021	0+12000	1327,63	1043,4225	Consommat
16/03/2021	11350	934,2075	1551,9375	Consommat
17/03/2021	10350	382,27	2511,651	Consommat
18/03/2021	7000	1220,619	3827,377	Consommat
19/03/2021	4000	393,242	625,832	Consommat
22/03/2021	2700+12000	1067,41	2249,84	Consommat
23/03/2021	12000+ 1250	267,57	1478,5	Consommat
24/03/2021	11000	1039,07	2666,82	Consommat
25/03/2021	9100	272,25	1925,572	Consommat
26/03/2021	6900+16000	546,678	2779,615	Consommat
29/03/2021	16000+3750	917,063	2494,903	Consommat
30/03/2021	16000+1900	272,16	2267,9	Consommat
31/03/2021	15000	904,26	981,44	Consommat
01/04/2021	14000	922,82	1755,987	Consommat
02/04/2021	13000	166,833	1298,833	Consommat
05/04/2021	11000+850	18	2933,197	Consommat
06/04/2021	8000	934,803	2016,733	Consommat
07/04/2021	6350	568,07	1783,484	Consommat
08/04/2021	4000	1134,586	2737,446	Consommat
09/04/2021	2000+12000	397,14	2738	Consommat
10/04/2021	11200	459,14	3896,318	Consommat
12/04/2021	7200	562,822	2101,862	Consommat
13/04/2021	4800+12000	860,96	2753,724	Consommat

Annexe 3: plan de collecte des données pour CDP Ronde.

Bobine Rond Nature					
Date	Stock fixe	stock magasin	Bobines incomplètes	consommation	Reamarques
11/03/2021	1046	153,6 (4)	24,36 (5)	43,44	consommation
12/03/2021	1046	114,9 (3)	19,62 (4)	0	pas de consommat
15/03/2021	1046	114,9(3)+28	19,62 (4)	0	ps de consommat
16/03/2021	1046	114,9+28	19,62(4)	17,94	consommation
17/03/2021	1046	114,9 (3)	29,68 (5)	0	ps de consommat
18/03/2021	1046	114,9 (3)	29,68 (5)	13,78	consommation
19/03/2021	1046	112,1 (3)	18,7 (3)	0	ps de consommat
22/03/2021	1046	112,1 (3)	18,7 (3)	0	ps de consommat
23/03/2021	1046	112,1 (3)	18,7 (3)	0	ps de consommat
24/03/2021	1046	112,1 (3)	18,7 (3)	0	ps de consommat
25/03/2021	1046	112,1 (3)	18,7 (3)	0	ps de consommat
26/03/2021	1046	112,1 (3)	18,7 (3)	0	ps de consommat
29/03/2021	1046	112,1 (3)	18,7 (3)	0	ps de consommat
30/03/2021	1046	112,1 (3)	18,7 (3)	30,15	consommation
31/03/2021	1046	81,95 (3)	18,7 (3)	24,1-2,26 = 21,84	consommation
01/04/2021	1046	57,85 (2)	18,7 (3)	0	ps de consommat
02/04/2021	1046	57,85 (2)	20,96 (4)	0	ps de consommat
05/04/2021	1046	57,85 (2)	20,96 (4)	19,6	consommation
06/04/2021	1046	38,25	20,96 (4)	1,85	consommation
07/04/2021	1046	36,4	20,96 (4)	0	ps de consommat
08/04/2021	1046	36,4	20,96 (4)	0	ps de consommat
09/04/2021	1046	36,4	20,96 (4)	36,4-16,64= 19,76	consommation
10/04/2021	1046	0	20,96 (4)	0	ps de consommat
12/04/2021	1046	16,64	20,96 (4)	0	ps de consommat

Annexe 4: plan de collecte des données pour EKMEK.

Bobine Ronde EKMEK					
Date	Stock fixe	stock magasin	Bobines incomplètes	consommation	Reamarques
11/03/2021	610,45	436,71(12)	45,56 (8)	0	pas de conso
12/03/2021	610,45	436,71 (12)	45,56 (8)	48,71	consommat
15/03/2021	610,45	410 (11)	23,56 (7)	22,14	consommat
16/03/2021	3044+610,45	371,8 (10)	39,62 (8)	0	ps de consommat
17/03/2021	3044+610,45	371,8 (10)	39,62 (8)	22,63	consommat
18/03/2021	3044+610,45	344,55 (9)	44,24 (9)	38,25	consommat
19/03/2021	3044+610,45	306,3 (8)	44,24 (9)	21,55	consommat
22/03/2021	3044+610,45	267,35+17,40	44,24 (9)	0,53	consommat
23/03/2021	3044+610,45	267,35 (7) +9,75+16	35,36 (8)	13,39	consommat
24/03/2021	3044+610,45	267,35 (7)	47,72 (10)	13,06	consommat
25/03/2021	3044+610,45	254,29	47,72 (10)	0	ps de consommat
26/03/2021	3044+610,45	255,29	47,72 (10)	128,4	consommat
29/03/2021	3044+610,45	126,89	47,72 (10)	38,2	consommat
30/03/2021	3044+610,45	88,69	47,72 (10)	12,24	consommat
31/03/2021	3044+610,45	76,45	47,72 (10)	0	ps de consommat
01/04/2021	3044+610,45	76,45	47,72 (10)	57,49	consommat
02/04/2021	3044	610,45 + 38,2	28,48 (7)	9,06	consommat
05/04/2021	3044	610,45	57,62 (11)	38,2	consommat
06/04/2021	3044	572,25	57,62 (11)	34,63	consommat
07/04/2021	3044	534,1	61,14 (12)	56,04	consommat
08/04/2021	3044	495,9 (13)	43,3 (10)	0	ps de consommat
09/04/2021	3044	495,9 (13)	43,3 (10)	0	ps de consommat
10/04/2021	3044	457,75 (12)	43,3 (10)	76,1	consommat
12/04/2021	3044	381,65 (10)	43,3 (10)	76,4	consommat
13/04/2021	3044	305,25 (8)	43,3 (10)	38,25 -10 = 28,25	consommat

Annexe 5: plan de collecte des données pour CDP Carrée.

Bobine carrée					
Date	Stock fixe	stock magasin	Bobines incomplètes	Consommation	Reamarques
11/03/2021	1148,15	270,75 (7)	39,60 (7)	23,88	Consommat
12/03/2021	1148,15	270,75 (7)	44,82 (8)	0	pas de consommat
15/03/2021	1148,15	270,75 (7)	44,82 (8)	0	pas de consommat
16/03/2021	1148,15	270,75 (7)	44,82 (8)	25,05	Consommat
17/03/2021	1148,15	232,2 (6)	44,82 (8)+13,5		pas de consommat
18/03/2021	1148,15	232,2 (6)	58,32 (9)	10,89	Consommat
19/03/2021	1148,15	193,51 (5)	58,32 (9)+27,80	0	pas de consommat
22/03/2021	1148,15	193,51 (5)	58,32 (9)+27,80	0	pas de consommat
23/03/2021	1148,15	193,51 (5)	58,32 (9)+27,80	0	pas de consommat
24/03/2021	1148,15	193,51 (5)	58,32 (9)+27,80	0	pas de consommat
25/03/2021	1148,15	193,51 (5)	58,32 (9)+27,80	23,08	Consommat
26/03/2021	1148,15	193,51 (5)	35,24 (7) + 27,80	0	pas de consommat
29/03/2021	1148,15	193,51 (5)	49,95 (8) +27,80	0	pas de consommat
30/03/2021	1148,15	193,51 (5)	49,95 (8) +27,81	7,03	Consommat
31/03/2021	1148,15	193,51 (5)	49,95 (8) +20,78	0	pas de consommat
 					
01/04/2021	1148,15	193,51 (5)	49,95 (8) +20,78	10,84	Consommat
02/04/2021	1148,15	193,51 (5)	49,95 (8) + 9,94	11,37	Consommat
05/04/2021	1148,15	193,51 (5)	38,58 + 9,94	0	pas de consommat
06/04/2021	1148,15	193,51 (5)	38,58+9,94	23,51-4,05 = 19,5	Consommat
07/04/2021	1148,15	193,15 (5)	25,01 (6)	0	pas de consommat
08/04/2021	1148,15	193,15 (5)	29,06 (7)	0	pas de consommat
09/04/2021	1148,15	193,15 (5)	29,06 (7)	38,35-27,12 = 11,23	Consommat
10/04/2021	1148,15	154,8 (4)	29,06 (7)	0	pas de consommat
12/04/2021	1148,15	181,92	29,06 (7)	0	pas de consommat
13/04/2021	1148,15	181,92	29,06 (7)	0	pas de consommat
14/04/2021	1148,15	181,92	29,06 (7)	0	pas de consommat
15/04/2021	1148,15	181,92	29,06 (7)	0	pas de consommat
16/04/2021	1148,15	181,92	29,06 (7)	27,12	Consommat

Annexe 7: Analyse AMDEC de la machine d'emballage.

Matériel		Caractéristique de la défaillance				Criticité			
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de Défaillance	Effet	Mode de detection	F	G	ND	C
Moteur	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique	Fatigue des roulements	Fin de la durée de vie	Détérioration prématurée des autres composants	Bruit et vibration	1	2	3	6
		Mauvaise fixation du moteur	Desserrage de la fixation	Détérioration prématurée des autres composants	Vibration	2	1	1	2
		Odeur désagréable	La brulure du bobinage		Odeur	2	2	2	8
		Blockage	Manque de Phase	Arrêt de la machine	L'arrêt de Moteur	4	2	2	16
Convoyeur à chaîne	l'avancement des produits	Coincement ou blocage de la chaîne	La présence d'une matière étrangère	Arrêt d'avancement des produits	Visuel	2	2	1	4
		La coupe de la chaîne	l'utilisation Excessive	Arrêt d'avancement des produits		1	3	1	3
Embrayage Magnétique	La correction de la longueur du sachet	Corrosion de la surface du disque Ferodo	Frottement du disque avec l'électroaimant	La longueur du sachet n'est pas exacte	Démontage La longueur du sachet	2	2	3	12

		Détachement de la chaîne	Desserrage des vis		Blocage des GALETS	1	2	1	2
Mâchoire	Découpage et soudure transversal	Usure du couteau et support	Fin de durée de vie	Ne réalise pas la coupe du papier	Visuel	4	2	2	16
		Sachet percé	Diminution de la température	Perte d'emballage	Inspection visuelle au niveau du régulateur de température	3	2	1	6
		Sachet brûlé	Augmentation de la température	Perte d'emballage		3	2	1	6
Tapis de sortie	Recevoir le produit déjà emballé et le retirer de la machine	Le tapis n'est pas bien tendu	Desserrage des vis de fixation	L'accumulation des sachets	Visuel	2	1	2	4
Molettes	Soudure longitudinale	Usure des résistances	Fin de la durée de vie	Le sachet n'est pas bien soudé	Visuel	2	3	1	6
		Sachet percé	Diminution de la température	Perte d'emballage	Visuel	2	1	1	2
Dateur	Marquage de la date	Mauvaise fixation	Non réglage du dateur	L'emplacement de la date sur le sachet n'est pas exact	Visuel	4	1	1	4
			Pression d'air	La mauvaise qualité d'encre	Visuel	1	1	1	1

				imprimé					
Porte bobine de film alimentaire	Il soutient les bobines qui vont fournir le film alimentaire	La bobine ne peut pas se dérouler librement	La bobine est desserrée La bobine n'est pas centrée	Le film n'est pas bien centré par rapport aux produits	Visuel	4 3	3 1	1 1	12 3
Arbres	Transmettre une puissance sous forme d'un couple et d'un mouvement de rotation	Vibration-Usure Surcharge	Mauvaise lubrification la grande puissance de moteur	Arrêt de la machine	Analyse vibratoire	2 1	4 3	2 2	16 6
Résistance s électrode de soudure	Chauffer la lame pour couper et souder le film	Résistances grilles	La Surcharge électrique. l'utilisation Excessive et continue	Le film plastique n'est pas rétracté sur le produit.	inspection visuelle au niveau du régulateur de température	3	3	1	9

