



Année Universitaire : 2021-2022

Filière ingénieurs

Industries Agro-Alimentaires

Rapport de stage de fin d'études

**Optimisation de la ligne de production des fruits rouges
surgelés par les outils Lean au sein de la société SODIAS**

Réalisé par l'élève-ingénieur :

Nom et prénom : HOU Oualid

Encadré par :

- MAALAININE Essaida SODIAS
- BENJELLOUN Meryem FST Fès

Présenté le 19 Juillet 2021 devant le jury composé de :

- M^{me}. BENJELLOUN Meryem
- M^{me}. MAAZOUZI Nadia
- M^r. EL GHAZOUALI Ahmed

Stage effectué à: SODIAS, Agadir

Faculté des Sciences et Techniques Fès

B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES

+ 212 (0)5 35 60 80 14 – 212 (0)5 35 60 96 35 + 212 (0)5 35 60 82 14

www.fst-usmba.ac.ma



Filière Ingénieurs IAA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat

Nom et prénom : HOU OUALID

Année Universitaire : 2021/2022

Titre : Optimisation de la ligne de production des fruits rouges surgelés par les outils Lean au sein de la société SODIAS

Résumé

Le présent projet de fin d'études a été effectué au sein de la société SODIAS, il porte sur l'optimisation de la ligne de production des fruits rouges surgelés, par les outils Lean et réduire le taux de réclamation client.

La méthode Lean aide à éliminer les sources de gaspillage pour que la production soit plus performante tout en améliorant les conditions de travail. La surproduction, les mouvements ou les déplacements inutiles, l'accumulation de stocks ou encore les défauts de fabrication sont autant d'éléments qui nuisent à la productivité et à l'efficacité d'une entreprise.

Au début, nous avons réalisé un diagnostic initial en analysant l'état des lieux, nous avons calculé les différents temps constants nécessaires pour la réalisation de la cartographie de la chaîne de valeur qui nous a donné une vision générale sur l'état initial, et nous a permis d'identifier les différents types de gaspillages, ainsi que les activités de non-valeurs ajoutées et leurs coûts.

Dans le but de valoriser le temps consacré à l'ajout d'une caractéristique au produit qui apporte une satisfaction des clients, un plan d'action a été établi pour faire face aux différentes problématiques reconnues par la société.

Nous avons mis l'accent sur le changement de diagramme de la ligne de production en permutant l'étape de triage et l'étape de congélation, ceci permet de réduire le taux des imperfections du produit fini. Le triage de produit à l'état frawzis permet d'éviter tous types de contamination physique et alors de satisfaire le client en respectant le cahier de charge.

Mots clés : Lean manufacturing, froid industriel, TMR, VSM, Pareto, ISHIKAWA, gaspillage, activité à valeur ajoutée.

Dédicace

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

A mes chers parents :

Pour leur patience et de tous les sacrifices qu'ils ont consentis pendant mes longues années d'étude. Aucune dédicace ne saurait leur exprimer mon profond amour et mon attachement. Que Dieu leur procure santé, bonheur et longue vie afin que je puisse leur combler à mon tour.

A mon cher frère Abdellatif et ma chère sœur Hajar :

Qui sont toujours présent à mes côtés pendant les bons et les mauvais moments. Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour eux. Que Dieu, te bénisse et te prête tout le succès et la joie.

A mon cher ami BOUCHAL Oussama :

Qui a toujours su me donner la force d'aller en avant, qui est toujours été présent dans les moments les plus difficiles, qui m'ont toujours soutenu avec ses conseils.

A mes chers amis Amine, Mohamed, Tariq et Mouloud :

Avec qui j'ai passé ces trois ans inoubliables, des moments difficiles, des grands moments de rigolade ancrés à jamais dans mon âme, nous resterons uniques. Je vous souhaite tout le succès professionnelle et personnelle, vous le méritez.

Que dieu vous garde !

Remerciements

Ce travail n'aurait pas été possible sans l'intervention consciente d'un grand nombre de personnes que je souhaite remercier :

Je tiens à remercier dans un premier temps, Monsieur **IJJAALI Mustapha**, le Doyen de la Faculté des Sciences et techniques de Fès.

J'exprime mes remerciements au Pr. **HAZM Jamal Eddine**, Coordonnateur de la Filière Ingénieur en Industries Agro-Alimentaires.

J'exprime ma reconnaissance et mes vifs remerciements et gratitude au Pr. **BENJELLOUN Meryem** de m'avoir encadré, pour le temps consacré au suivi de ce travail, l'orientation, pour sa patience et pour le partage de ses connaissances et ses conseils pertinents.

Je tiens les membres du jury ;

Pr. **MAAZOUZI Nadia** et Pr. **EL GHAZOUALI Ahmed** qui ont fait l'honneur d'examiner ce modeste travail et de me faire ainsi bénéficier de leurs compétences et de leurs connaissances.

Au terme de mon stage au sein de la société SODIAS, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Mr. **BENSAIH Amine**, le directeur de la société pour m'avoir donnée l'opportunité d'effectuer ce stage au sein de son entreprise.

Madame **WACHKAR Hafida**, responsable de production, pour m'avoir aidé et facilité la collecte des données et pour son accueil durant toute la période de mon stage.

Madame **MAALAININE Essaida**, responsable qualité et son équipe du service, pour leurs disponibilités irréprochables, leurs multiples encouragements et leurs soutiens sans relâche.

J'exprime toutes mes reconnaissances à tout le personnel de la société SODIAS pour leurs présences quotidiennes, leurs conseils avisés, leurs encouragements, leurs disponibilités qui ont été essentiels pour moi et pour l'amélioration de la réalisation de ce travail.

Abréviations

SODIAS : SOciété de Développement des Industries Agroalimentaire de Souss

SARL : Société à responsabilité limitée

IQF : Individually Quick Frozen

BRC : British Retail Consortium

UE : Union européenne

USA: United State of America (États-Unis)

HACCP: Hazard Analysis Critical Control Point (Système d'analyse des risques et de maîtrise des points critiques)

CFC : Chlorofluorocarbures

JAT : Juste-à-temps

TMR : temps minimum répétable

VA : Valeur ajoutée

NVA : Non-valeur ajoutée

VSM : Value stream mapping (Cartographie des chaînes de valeur)

SMIG : Salaire Minimum Interprofessionnel Garanti.

Sommaire

INTRODUCTION_GENERALE	1
PRESENTATION DE LA_SOCIETE SODIAS	4
I. Présentation générale :	5
II. Organigramme de la société.....	6
III. Gamme des produits et le marché cible :	7
IV. Processus de production :	7
REVUE_BIBLIOGRAPHIQUE.....	10
I. Froid industriel.....	11
1. Généralités	11
2. Historique de froid industriel.....	11
3. Technique de production de froid.....	13
II. Lean manufacturing.....	17
1. Historique de Lean manufacturing	17
2. Edifice Lean manufacturing	18
3. La méthode PDCA.....	19
4. Les huit Mudass	20
5. Les outils de Lean manufacturing	22
PARTIE PRATIQUE.....	26
I. Cadre général du projet.....	27
1. Problématique.....	27
2. Contexte de la mission.....	27
II. Diagramme de Gantt de projet	28
III. Clarification de la problématique par la méthode QQQCCP	29
IV. Diagnostic initiale	30
1. Analyse des états des lieux	30
2. Identification des types de gaspillage.....	36
V. Mesure des temps constants	38
1. Mesure de TMR.....	38
2. Réalisation de la VSM.....	41
VI. Analyse des dysfonctionnements	43
VII. Plan d'actions correctives.....	45
.....	49

CONCLUSION.....	49
REFERENCE BIBIBLIOGRAPHIQUE	51

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de la société SODIAS	6
Figure 2: Principe de fonctionnement des machines frigorifique	15
Figure 3 : Rélation pression température	16
Figure 4: L'édifice Lean manufacturing.....	18
Figure 5 : La roue de Deming (PCDA)	19
Figure 6: Les huit MUDA.....	21
Figure 7: Hexamètre de Quintilien (QQOGCCP)	22
Figure 8: Le diagramme de Pareto.....	23
Figure 9: Diagramme d'ISHIKAWA.....	23
Figure 10: Le flux physique et flux d'information.....	24
Figure 11: Les symboles de la VSM	25
Figure 12: Diagramme de Gantt de projet	29
Figure 13: Schématisation de flux de matière sur le plan de l'usine	31
Figure 14: Schéma représentatif d'emplacement des palettes dans le tunnel statique.....	32
Figure 15 : Images des caisses bleues et caisse blanches utilisées pour la surgélation des fruits	33
Figure 16: Image de thermo bouton.....	33
Figure 17: Représentation graphique de la variation de température au cours de cycle de froid	33
Figure 18: Plan de la zone de traitement et d'emballage.	35
Figure 19: Diagramme de Spaghetti	35
Figure 20: Analyses des tendances des réclamations clients.....	37
Figure 21: Représentation graphique de mesure des temps constants	40
Figure 22: Diagramme cause effet.....	44
Figure 23 : Représentation de nouveau flux.....	46
Figure 24 : Méthode de gestion des tunnels.....	47

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche technique de la société SODIAS	5
Tableau 2 : gamme des produits	7
Tableau 3: Charte de projet	28
Tableau 4: Clarification de projet par l'outil QQQQCP	30
Tableau 5: Legende de la VSM simplifiée	41
Tableau 6: La VSM simplifiées de différentes étapes de production	42
Tableau 7: Différents actions pour l'optimisation de la production	48



**INTRODUCTION
GENERALE**

La culture des fruits rouges a pris une grande importance au Maroc ces dernières années et une dimension considérable dans le domaine industriel. La fraise, la myrtille et la framboise sont parmi les spéculations les plus rentables et les plus demandées, tant par le marché national que les marchés européennes et américains.

En effet, grâce à l'augmentation continue de la consommation des fruits rouges, notamment dans les pays européens, ainsi que leurs coûts de production compétitifs, comparée à celle des autres pays, ce secteur est l'un des plus performants secteurs agricoles au Maroc.

La culture des fruits rouges est concentrée dans trois régions Rabat-Salé-Kénitra avec 4 320 ha, soit 51,4%, Souss-Massa avec 2130 ha (25,4%) et Tanger-Tétouan-Al Hoceima avec 1 950 ha (23,2%) [1].

Par ailleurs, le secteur compte 18 unités de conditionnement et de congélation, réparties à raison de 33% dans le Nord, 25% dans le Gharb Saïs, 20% dans le Souss Massa et 15% dans le centre. La fraise continue de dominer avec plus de 40% de la superficie, suivie de près par la framboise et la myrtille qui connaissent une croissance exponentielle. [2]

Dans le Lean, un gaspillage est une activité qui consomme des ressources, mais qui n'apporte aucune valeur au client final. En réalité, les activités qui génèrent effectivement de la valeur pour les clients ne représentent qu'une faible part du processus de travail. C'est pourquoi les entreprises devraient, dans la mesure du possible, se concentrer sur la réduction des gaspillages.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'étude qui a pour objet l'optimisation de la ligne de surgélation de la framboise au sein de la société SODIAS et ce par les outils de Lean Manufacturing.

Dans un premier temps, une présentation de la société a été faite, suivie par une étude bibliographique concernant le froid industriel et le Lean manufacturing.

La deuxième partie sera consacrée à la réalisation d'un diagnostic de l'état initial pour détecter les anomalies et les dysfonctionnements au niveau de la ligne de production.

En troisième partie, nous avons mis en place la cartographie des chaînes de valeur pour représenter d'une manière visuelle, simple et claire les améliorations possibles de l'ensemble de la chaîne de valeur.

Enfin, la dernière partie, élaboration d'un plan d'actions relatif aux problèmes relevés de la cartographie avec suivi et validation.

**PRESENTATION DE LA
SOCIETE SODIAS**

I. Présentation générale :

« **SODIAS** »: La **SO**ciété de **D**éveloppement des **I**ndustries **Agro**alimentaire de **S**ouss est une société à responsabilité limitée « S.A.R.L», créée en 2009 avec un capital de 4.000.000,00 DH, elle participe dans un secteur actif, c'est le secteur d'Industrie Agroalimentaire qui représente 32% de la valeur ajoutée de l'ensemble des Industries de transformation au Maroc.

Son activité principale est l'achat, le traitement et la surgélation des fruits et légumes en IQF (Individual Quick Freezing) en utilisant des matières premières frais fournies par différents fermes d'Agadir, Marrakech, Larache...

La totalité des produits conditionnés par la société SODIAS sont destinées à l'export notamment à l'Union Européenne, les États Unis et le Japon.

Afin d'améliorer ses performances, satisfaire ses clients, garantir la sécurité, la légalité et l'authenticité de ces produits, SODIAS adopte un système de management de la qualité selon la norme BRC FOOD v8.

La fiche technique de la société SODIAS est résumée dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Fiche technique de la société SODIAS

raison sociale	SO ciété de D éveloppement des I ndustries Agro alimentaire de S ouss
Forme juridique	société à responsabilité limitée
Date de création	2009
Président Directeur Général	Mr Boujemaa BENSALH
Directeur Général	Mr Amine BENSALH
Secteur d'activité	Industrie agroalimentaire
activité principale	Surgélation des fruits et légumes
l'adresse	Parcelle N°52, Nouveau port, Agadir- Maroc
Tél	+212 (0) 5 28 84 59 24
Fax	+212 (0) 5 28 84 59 31
Email	Sodias@sodias.ma
site web	www.sodias.ma
Surface	1000 m ²
Effectif	50 permanents
Capital	4.000.000,00 DH

II. Organigramme de la société

C'est un outil informatif et organisationnel est utilisé en entreprise pour déterminer les liens hiérarchiques, et fonctionnels entre les différents postes au sein d'un organisme, la société d'accueil s'organise selon un organigramme en pyramide en dessous :

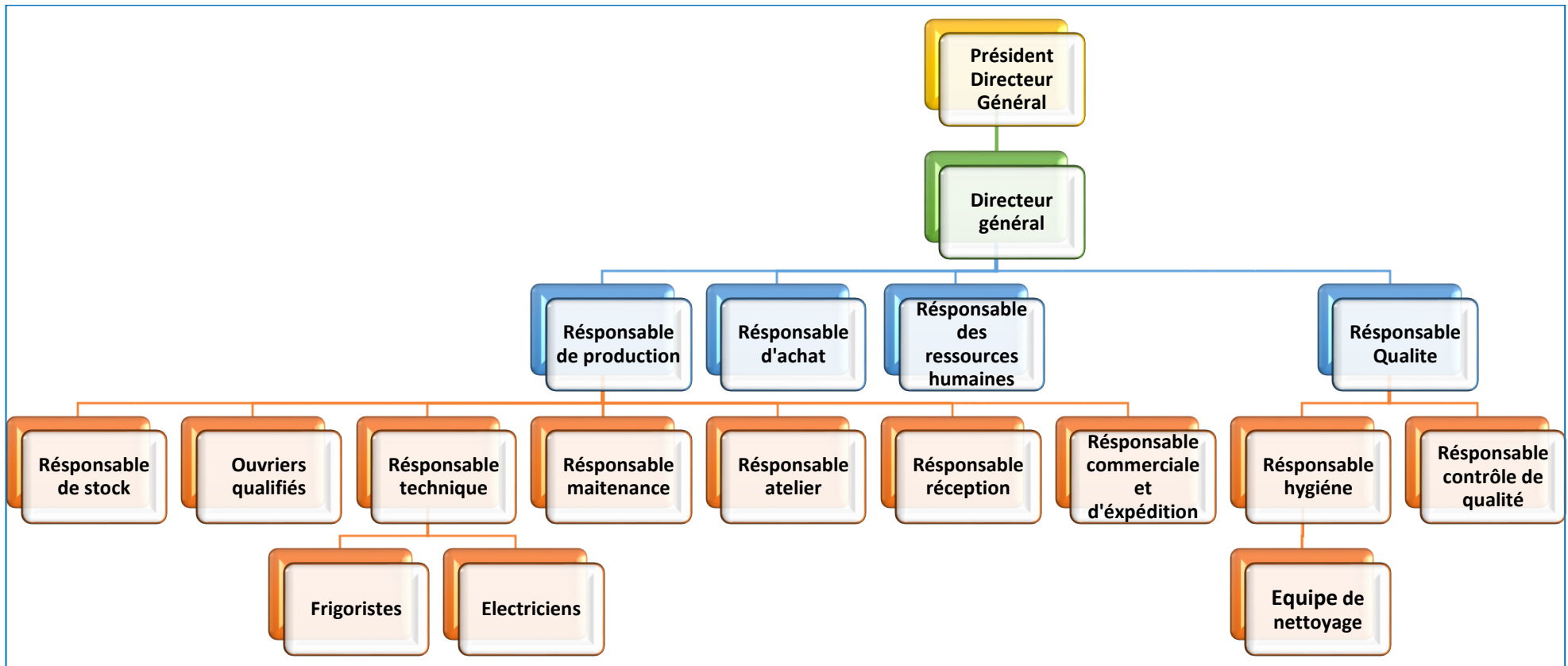


Figure 1: Organigramme de la société SODIAS

III. Gamme des produits et le marché cible :

La société SODIAS est spécialisée dans la production des fruits et légumes surgelés IQF, destinés à l'utilisation industrielle comme ingrédients dans la fabrication de différents produits à savoir la confiture, la pâtisserie...

Le tableau ci-dessus résume la gamme de produits fabriqués par la société SODIAS et les marchés de destination.

Tableau 2 : Gamme des produits

	<i>Produit</i>	<i>Traitement subi</i>	<i>Catégories</i>	<i>Durée de conservation</i>	<i>Utilisation prévue</i>	<i>Marché cible</i>
Fruits	Fraise	surgélation IQF	entier/ half	24 mois à température < -18 °C	ces produits sont destinés à être utilisés comme ingrédient industriel, ou pour la fabrication d'autres produits ou préparations alimentaires	UE/Japon
	Framboise	surgélation IQF	entier/ crumble			UE
	Myrtille	surgélation IQF	entier			UE/ Algérie
	Mure	surgélation IQF	entier			UE
	Abricot	Blanchiment surgélation IQF	cube/ oreillon			UE
	Pamplemousse	surgélation IQF	morceaux/ suprême			UE
	Citron	surgélation IQF	morceaux/ suprême			UE
	Figue	surgélation IQF	entier			UE/ Japon
légumes	poivron rouge/ vert/ jaune	Blanchiment surgélation IQF	Dés/ lanière/ flambe			UE/ USA
	tomate cerise	surgélation IQF	entier			UE/ Japon
	Oignon	surgélation IQF	coupe 10x10	UE		

IV. Processus de production :

- Réception de la matière première

La réception de la matière première s'effectue au niveau du SAS d'expédition commençant par la peser des caisses et la détermination du poids net de la matière première, suivi du remplissage de bon de réception, et enfin le contrôle d'agrèage, et le contrôle de la conformité des traitement phytosanitaires que subit le produit(pesticides) et la date avant récolte (DVA) sont mentionnés dans le bon de livraison .

- **Stockage dans la chambre positive**

La matière première est stockée par la suite dans la chambre positive à une température comprise entre 0°C et 6°C. Pour éviter la dégradation de sa qualité

- **Surgélation statique**

Lors du processus de surgélation, on fait chuter la température d'un produit, afin de stopper la prolifération des bactéries.

La surgélation se fait dans des tunnels statiques en utilisant des températures très bas (-30°C).

- **Triage**

Cette étape consiste à éliminer les défauts de qualité selon le cahier de charge des clients, ainsi que les corps étrangers (endogènes et exogènes)

- **Vibration**

Consiste à séparer le fruit entier de fruit brisé, en se basant sur le diamètre des tamis

- **Contrôle visuel**

Sert à contrôler la conformité du produit par rapport aux spécifications avant l'étape d'emballage

- **Emballage et conditionnement**

C'est une étape qui permet de protéger le produit contre les différentes agressions externes, en utilisant deux types d'emballage, un emballage primaire, sac en plastique, et en emballage secondaire en carton.

- **Pesage**

Les cartons sont pesés avec une balance étalonnée une fois par ans.

- **Scotchage**

Les cartons pesé et en ensuite fermer par le ruban adhésif (scotche). Soit manuellement on bien par machine.

- **Détection des métaux**

Les cartons passent par le tunnel de détecteur de métal comme moyen de contrôle final de la présence des corps étrangers métalliques cette étape est un point de contrôle critique selon la plan HACCP.

- **Palettisation et étiquetage**

Le produit fini emballé est ensuite étiqueté et palettisé dans des palettes Euro en bois (1200 x 800 mm). Les palettes sont identifiées et transportées vers les chambres de stockage.

- **Stockage dans la chambre négative**

Les palettes de produit fini sont stockées dans des chambres de stockage à bas températures (-18°C) pour but de maintenir la température de produit congelé. Sans oublier de surveiller la température de ces chambres afin d'éviter la décongélation de produit.

- **Expédition**

Dès qu'un client passe une commande, le service export informe le responsable d'expédition et le service qualité quatre jours avant. L'équipe d'expédition entame le chargement de conteneur ou de camion frigorifique en assurant de respect des conditions de températures et le délai d'expédition.



**REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE**

I. Froid industriel

1. Généralités

Le froid industriel regroupe tous les systèmes permettant d'obtenir et de maintenir un système (local, produit, etc.) à une température inférieure à celle de l'environnement.

La réfrigération a de nombreuses applications dans des domaines variés (agroalimentaire, médecine, confort thermique, pétrochimie...) et c'est dans le domaine alimentaire que la réfrigération a une place prépondérante, car elle permet de limiter les gaspillages (pertes après récolte...) et de prolonger la durée de conservation des produits ce qui permet un élargissement des échanges.

On estime que dans certaines régions du monde, 50% des denrées alimentaires disponibles sont perdues entre le moment de la production et celui de la consommation. Ainsi, dans le domaine alimentaire, l'objectif du froid est de maintenir la qualité originelle du produit en limitant (ou en éliminant) les altérations liées au développement des micro-organismes, altérations qui sont très rapides dans les pays chauds en raison des conditions climatiques (température, humidité relative) favorables à la prolifération des bactéries, levures et moisissures. [3]

2. Historique de froid industriel

Le froid artificiel est associé à la plupart de nos activités : alimentation, ambiance des logements et lieux de travail, déplacements, loisirs, santé... Ceci résulte notamment de la miniaturisation des installations, possible à partir des années 1935-1950 par le développement des chlorofluorocarbures (CFC), qui a mis à notre portée réfrigérateurs, congélateurs, climatiseurs domestiques et automobiles, vitrines de vente, fontaines d'eau glacée, etc. [4]

Les procédés traditionnels, autres que le froid, de conservation des aliments ont été nombreux. Le professeur Empotez a mentionné l'appertisation, c'est un des procédés de conservation qui, notons-le, reste aujourd'hui très utilisé. Il a existé et existent encore bien d'autres procédés comme le salage, le saumurage, le séchage et le fumage. Ces quatre procédés, connus depuis l'Antiquité, bien qu'ils ne soient plus indispensables aujourd'hui, sont toujours utilisés. [5]

Ces procédés de conservation ont donné naissance à de nouvelles pratiques alimentaires et des traditions culinaires et gastronomiques qui perdurent. Par exemple, aujourd'hui nous n'avons plus besoin de saler la morue pour la conserver, il existe des procédés frigorifiques à bord des bateaux

qui sont tout aussi efficaces ; néanmoins les recettes gastronomiques à base de morue salée perdurent dans les sociétés méditerranéennes et autres. Ainsi les habitudes sociales qui ont pu être engendrées par tel ou tel procédé survivent à l'indispensabilité des procédés et au déclin relatif des techniques. [6]

La production du froid ne se distingue pas de la production de chaleur uniquement en termes d'échelle de température ou en termes de signe de la quantité de chaleur échangée. En effet, on ne peut pas dire que la production du froid est simplement une production de chaleur négative à basse température. La distinction principale vient de l'existence du second principe de la thermodynamique qui, selon l'énoncé de Clausius, postule « qu'il ne peut pas s'effectuer, sans compensation, un passage de chaleur d'un corps froid à un corps plus chaud » alors qu'il peut tout à fait, sans compensation, s'effectuer un passage de chaleur d'un corps chaud vers un corps moins chaud. On peut donc définir la production de froid comme la mise en œuvre d'une suite de transformations thermodynamiques permettant d'extraire de la chaleur d'un milieu (source froide) pour abaisser et/ou maintenir sa température en dessous de la température ambiante. Ces transformations sont subies par une substance active (le fluide frigorigène), qui prélève de la chaleur à la source froide, en rejette dans la source chaude et à laquelle on doit apporter de l'énergie en compensation. [7]

En 1834, l'américain Jacob Perkins invente une machine à compression de vapeur (en cycle fermé) en utilisant comme fluide frigorigène l'éthyle éther. Un seul prototype fut construit. Une vingtaine d'années plus tard, l'écossais James Harrison, dépose un brevet sur une idée très proche (en utilisant le même fluide frigorigène : l'éthyle éther). Ce fluide est inflammable et toxique mais c'est le seul fluide qui sera utilisé dans les quelques machines à compression fabriquées jusqu'à la fin du siècle. Durant cette période deux autres principes vont être utilisés pour la production artificielle de froid : les cycles à air et les cycles à absorption. Le cycle à air a été utilisé la première fois par l'américain John Gorrie, médecin en Floride, qui souhaitait produire de la glace pour améliorer le confort de ses patients. La première machine construite sur ce principe le fut en 1844. Par crainte de réactions hostiles de ses citoyens compte tenu des préjugés religieux de l'époque (« Seul Dieu était capable de produire de la glace et de la neige«), l'invention resta cachée. Gorrie obtint cependant un brevet américain en 1851. La machine utilisant le cycle à air connu, malgré des performances énergétiques médiocres, un grand succès à la fin du siècle. Ceci tout

particulièrement sur les bateaux pour des raisons évidentes de sécurité. L'utilisation de ce cycle s'est ensuite progressivement réduite et est aujourd'hui limitée à la climatisation des avions. À proprement parlé, la naissance de la technologie de la production du froid (par technologie nous entendons l'utilisation d'outils intellectuels et de théories pour la conception et la réalisation de machines) peut être datée du début du 20ème siècle : la prédominance des machines à compression de fluides liquéfiables était devenue effective et la production artificielle de plus en plus importante. Il fallut toutefois attendre l'année 1915 pour que dans le pays le plus moderne de l'époque, les États-Unis, la production artificielle de glace dépasse la production naturelle de glace, soit environ 25 Mt/an pour chacune. [8]

La prédominance de l'ammoniac dans les machines à compression dura jusqu'en 1930. À cette date, trois chercheurs mettent au point des fluides frigorigènes de types hydrocarbures halogénés dont le nom commercial sera Fréon. Thomas Migley, Albert LeonHenne et Robert R. McNary travaillaient alors dans les laboratoires de la société Frigidaire à Dayton (Ohio). La production industrielle de R12 (CCl₂F₂) en 1931 puis celle du R11, R114, R113, R22 en 1936 fut réalisée par la société Kinetic Chemical Inc à Wilmington (Delaware). Ces fluides frigorigènes dérivés du méthane et de l'éthane dominèrent tous les secteurs de la réfrigération pendant 40 années, alors que l'ammoniac restait le fluide adapté aux machines industrielles de grosse puissance. [8]

3. Technique de production de froid

A. Définitions et terminologies

La réfrigération est une façon d'abaisser la température d'un local, qu'il s'agisse d'un frigo ménager, d'un congélateur industriel, de la climatisation d'une maison, d'un immeuble ou d'une voiture, le système reste quasiment le même. Seule les températures et les pressions de fonctionnement sont différentes aussi bien dans les locaux que dans le circuit frigorifique. [9]

Froid industriel regroupe tous les systèmes permettant d'obtenir et de maintenir une température dans un local, une cuve d'eau, etc... Quelle que soit la température extérieure. [10]

Fluide frigorigène est un fluide ou un mélange de fluides présentant des particularités physiques permettant d'exploiter un cycle de compression/détente pour transférer de la chaleur. Ils possèdent en particulier une température d'évaporation faible sous pression atmosphérique. [10]

B. Les modes de production du froid

Il existe généralement deux modes de production du froid, en circuit ouvert ou en circuit fermé.

- Réfrigération en circuit ouvert

Dans ce type de réfrigération, le produit à refroidir est mis en contact thermique direct ou indirect avec le fluide qui est ensuite évacué vers l'air libre sans être recyclé. Les exemples les plus courants sont :

- l'azote liquide qui en se vaporisant absorbe la chaleur d'un corps avant d'être rejetée à l'extérieur ;
- l'air détendu dans un tube de Ranque, par exemple, qui est envoyé sur la pièce à refroidir avant d'être rejeté à l'atmosphère ;
- la glace qui, grâce à sa chaleur de fusion, maintient la température d'une chambre frigorifique, l'eau produite étant ensuite rejetée.

Ce mode de réfrigération suppose un fluide non toxique et relativement peu coûteux. Son avantage réside dans la simplicité du fonctionnement, le faible investissement et la souplesse de fonctionnement. Par contre les coûts de fonctionnement sont généralement élevés. [11]

- Réfrigération en circuit fermé

Dans ce type de réfrigération, le produit à refroidir ne peut pas être mis en contact direct avec le fluide frigorigène. Celui-ci circule dans un circuit fermé qui constitue la machine frigorifique. C'est le cas des machines à compression à l'intérieur desquelles le fluide frigorigène est successivement comprimé, condensé, détendu et vaporisé.

Le produit peut être refroidi :

- en contact avec les parois de l'évaporateur ;
- par l'intermédiaire d'un fluide secondaire (fluide frigoporteur ou frigorigère) qui assure le

transport du froid entre l'évaporateur de la machine frigorifique et le produit à refroidir, (qui assurent le maintien en température des produits alimentaires exposés) ; il peut être sous phase liquide, comme c'est le cas dans de nombreux procédés industriels dans lesquels l'équipement à refroidir ne peut accepter directement le fluide frigorigène ; pour des températures inférieures à

0°C, ce fluide intermédiaire peut être une saumure, un mélange d'eau et de glycol voire d'alcool ou une huile. [11]

L'avantage des procédés en circuit fermé est l'absence de pertes de fluide. Par contre, ils nécessitent des investissements relativement élevés et offrent une moindre souplesse de fonctionnement. Ils constituent le procédé le plus répandu. [11]

C. Le principe de fonctionnement des machines frigorifique

Le principe de fonctionnement d'une machine frigorifique représenté dans la figure 2 et illustre les quatre principaux éléments du circuit frigorifique à compression :

Évaporateur : dans celui-ci, le fluide frigorigène liquide s'évapore à basse pression et à basse température. Ce qui permet l'absorption de la chaleur dans l'environnement et ce qui produit du froid pouvant être utilisé pour le processus de refroidissement ou de congélation. [12]

Compresseur : dans le compresseur, le frigorigène gazeux est comprimé avec de l'huile à une pression élevée et se réchauffe ensuite à une température élevée. [12]

Condenseur : dans le condenseur, le fluide frigorigène à l'état gazeux se refroidit tout d'abord à nouveau à partir d'une température relativement élevée (désurchauffeur), avant d'être à nouveau entièrement liquéfié à un niveau de température constant et stocker dans la bouteille de liquide. [12]

Organe d'expansion (détendeur-flotteur): dans l'organe d'expansion, le fluide frigorigène liquide sous pression issu du condenseur est acheminé dans l'évaporateur où il 'évapore à nouveau

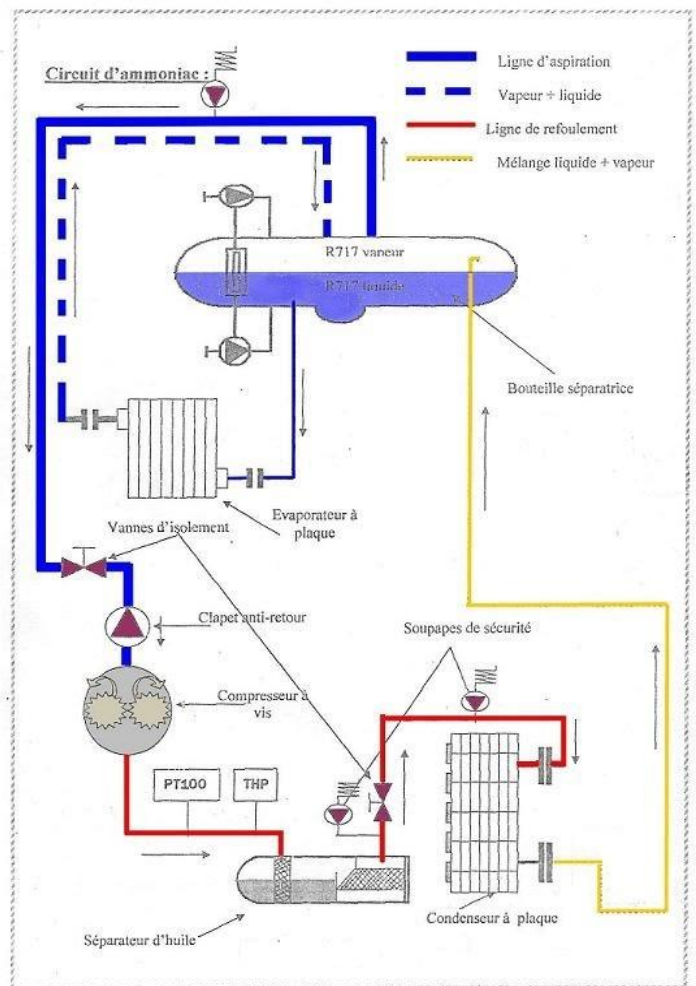


Figure 2: Principe de fonctionnement des machines frigorifique

en raison de la variation de pression. Il existe aussi des installations frigorifiques sans d'expansion, la détente du gaz se manifeste lors de son retour à la bouteille de liquide. [12]

D. Détente d'un gaz comprimé

La figure 3 montre la relation entre la pression absolue et la température de gaz frigorifique.

On remarque dans le graphe suivant que la diminution de la pression absolue (détente du gaz) nous provoque une diminution de température (refroidissement de liquide) quel que soit le fluide frigorigène.

Ce graphe explique d'une manière claire le fonctionnement d'une installation frigorifique.

Le gaz frigorigène présent dans la bouteille de liquide subit une détente due à l'aspiration du gaz par les compresseurs, cette détente provoque une diminution de la température de liquide. Le passage de ce dernier à une température basse au niveau d'évaporateur permet l'échange thermique entre le liquide et le produit destiné à la congélation.

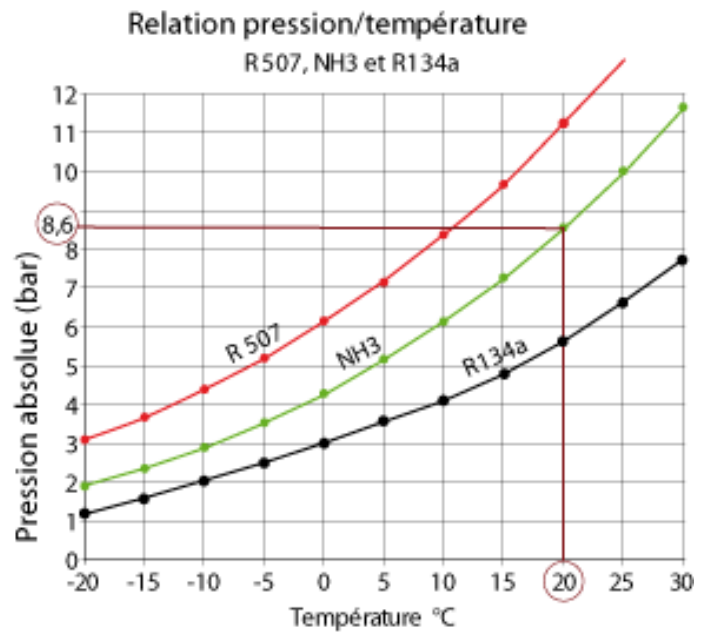


Figure 3 : Relation pression température

II. Lean manufacturing

1. Historique de Lean manufacturing

Le terme lean (de l'anglais lean, « maigre », « sans gras », « dégraissé ») sert à qualifier une méthode de gestion de la production qui se concentre sur la gestion sans gaspillage. [13]

La naissance du Lean remonte au système de production mis en place par Toyota, le TPS : Toyota Production System (Système de Production Toyota), au lendemain de la seconde guerre mondiale. Il devient alors une nécessité pour les Japonais de se reconstruire avec des ressources désormais limitées, et de rattraper les Américains tout en procédant à une mutation complète de leurs méthodes de production. C'est au sein de cette industrie automobile que le TPS se développe depuis plus de 50 ans. [13]

Dans le contexte de basculement de l'économie de la pénurie à l'abondance, l'école de gestion Lean trouve alors ses sources au Japon pendant les années 1950. Le besoin d'une production adaptée aux demandes diverses du client va donc émerger. C'est dans cette situation que de profondes réflexions, pour augmenter la productivité, sont menées par Eiji Toyoda (collaborateur dans l'entreprise TOYOTA) et Taiichi Ohno (ingénieur industriel). Toyoda et Ohno vont construire les fondements du système de production de Toyota qui a pour objectif de mettre en place une chaîne de production fluide qui vise à ne produire que le strict nécessaire, au bon moment et de façon la plus performante possible. [13]

2. Edifice Lean manufacturing

A. Fondations de Lean manufacturing

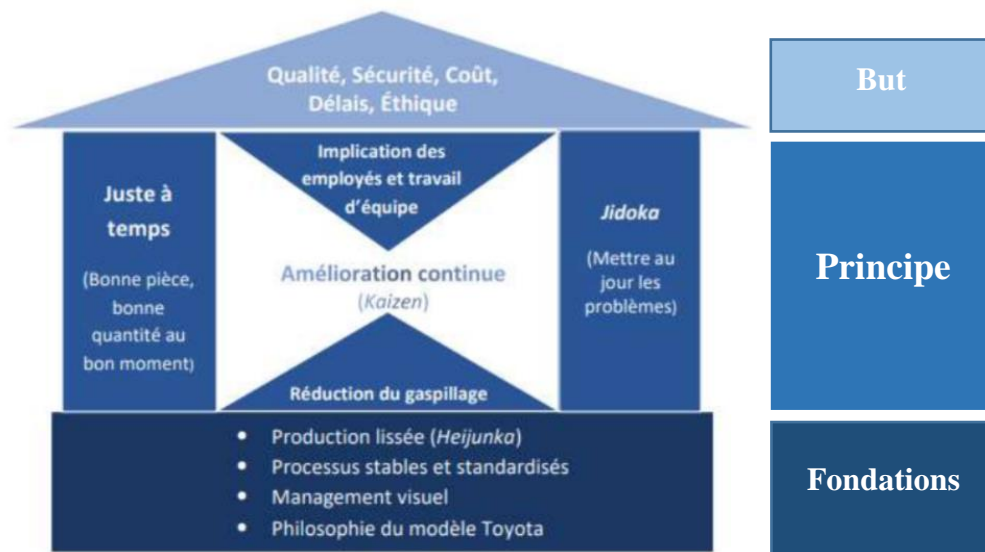


Figure 4: L'édifice Lean manufacturing

- “ **Heijunka** ” : est un terme japonais désignant le nivellement c’est une technique d’ordonnancement consistant à lisser la production. Le principe de base consiste à travailler sur une base simple et répétitive, qui amène une certaine routine, donc une forme de stabilité, plutôt que d’essayer de coller aux variations des commandes. [14]
- **Processus stable et standardisée** : un processus stable permet d’atteindre des objectifs de qualité, de coûts et de délais. Cette stabilité peut être assurée par la maîtrise des «4M» à savoir : Main d’œuvre, Méthode, Machine et Matières. [13]
- **Management visuel** : il s’agit de l’outil le plus basique et plus efficace qui permet un contrôle continue de tous les départements d’une entreprise.
- **La philosophie du modèle Toyota** : basée sur la compréhension profonde des origines et des racines des problèmes au sein d’une entreprise, ce qui assure la prise des décisions managériales pour la construction d’une vision globale à long terme. [15]

B. Principes de lean manufacturing

Le juste à temps (JAT) et le JIDOKA sont les deux piliers de lean.

- **JAT** : le **juste à temps** ou production en flux tiré, c’est le faite de fabriquer ce qui est nécessaire, lorsque cela est nécessaire et en quantité voulue. Ce type de production permet de limiter les stocks et les encours de production. [16]

- **JIDOKA** : a pour but d'éliminer et limiter la production de pièces défectueuses. Il est basé en principe sur la notion d'auto-activation qui permet de détecter en temps réel les défauts, de stopper la production lorsque le premier défaut apparait, d'identifier et de détecter l'origine du dysfonctionnement. [17]

C. Fronton

Afin d'atteindre une excellence opérationnelle, les trois objectifs qui sont placées à la pointe de l'édifice doivent être assurées. [18]

D. Le cœur du Lean

Au cœur du Lean, on trouve l'amélioration continue nommé Kaizen

- **Kaizen** : est une contraction de deux idéogrammes japonais : «Kai» signifiant «changement» et «Zen» signifiant «meilleur». Donc il indique une amélioration à petits pas réalisée par de petites actions au quotidien qui consiste la proposition des petites améliorations à réalisation rapide. C'est une amélioration graduelle et pas brutale. [19]

Et pour la continuité de cette amélioration, et a fin de la mise en place du Kaizen, on se base sur la méthode PCDA.

3. La méthode PDCA

Une méthode d'amélioration continue décrite par **William Edwards Deming** (auteur et consultant américain) et qui se déroule en quatre étapes [20] :

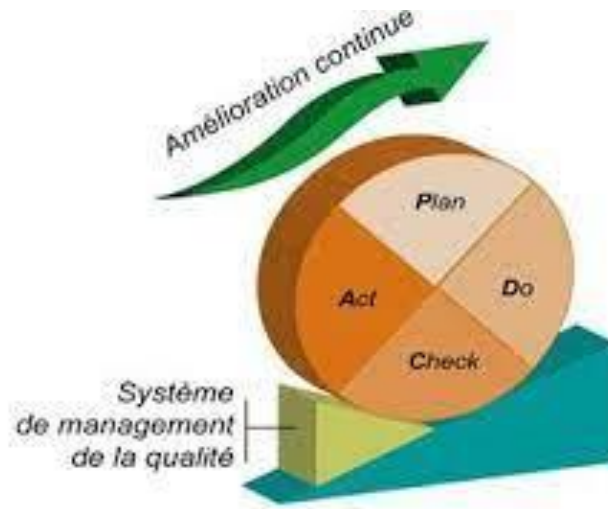


Figure 5 : La roue de Deming (PCDA)

La roue de Deming représente les quatre étapes de la méthode PDCA (**Plan Do Check Act**) :

- ✓ **Planifier(Plan)** : c'est la planification de ce que l'on va réaliser et la définition de cahier des charges (tâches et cout de réalisation) et établir un planning.
- ✓ **Faire (Do)** : désigne la construction et la réalisation de tâches planifiées en commençant toujours par un test de la tâche.
- ✓ **Vérifier (Check)** : consiste à contrôler que les ressources mises en œuvre dans l'étape de réalisation.
- ✓ **Agir (Act)** : ajustement des écarts et la rechercher des points d'améliorations. Ce qui amènera un nouveau projet à réaliser et donnera naissance à un nouveau cycle.
(Gaspillages dans le Lean manufacturing)

Afin d'optimiser le système d'une entreprise, réduire les couts et augmenter la rentabilité il faut éliminer ou réduire le gaspillage. Taiichi Ohno, le fondateur du Toyota Production System (TPS) a représenté le gaspillage dans le lean sous trois formes nommées les " 3Mu " [21]

- Muda (gaspillage) : Activité à non-valeur ajoutée
- Mura (variabilité) : L'irrégularité et les fluctuations
- Muri (surcharge) : L'inadéquation entre les moyens et le besoin

4. Les huit Mudas

L'optimisation d'un système est indispensable d'éliminer toute muda qui désigne toute activité improductive, non créatrice de valeur, tout d'abord par sa détection puis sa réduction ou son élimination complète. [22]

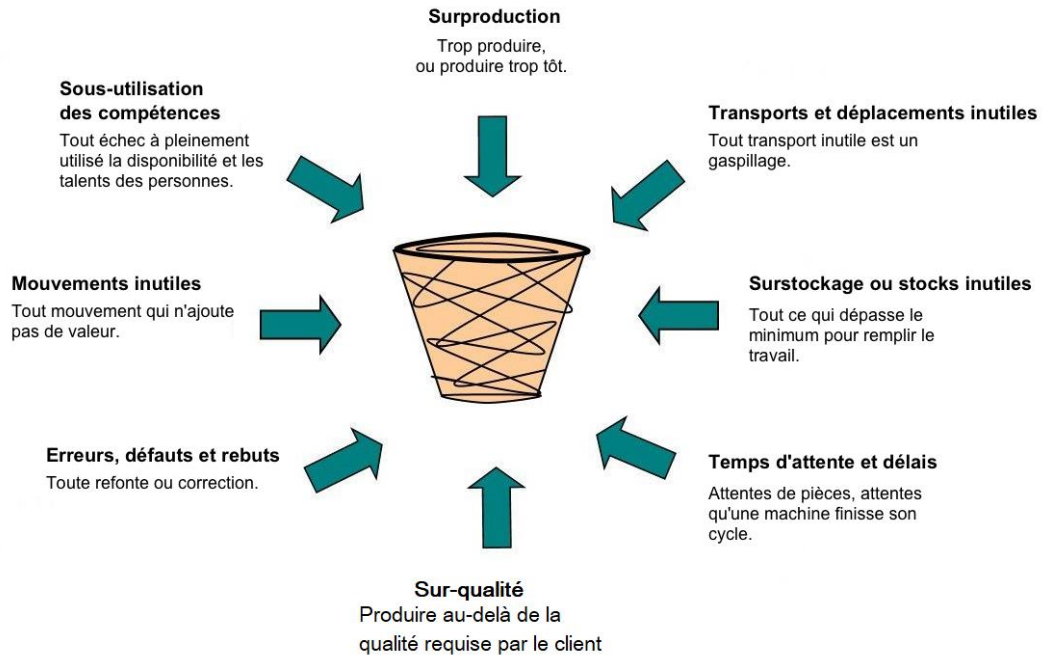


Figure 6: Les huit MUDA

1- **La surproduction** : Produire plus que le besoin du client ou produire en avance par rapport à la date de besoin du client.

Impact : Risque d'obsolescence des biens produits si le client ne passe pas de commande supplémentaires, risque d'augmenter le nombre de pièces rebutées si un problème qualité est détecté plus tard et l'utilisation «masquée» de la main d'œuvre.

2- **Le transport** : Mouvements de personnes ou de pièces inutile.

Impact : Utilisation inutile du temps des opérateurs et du management, risque de provoquer des dégradations des pièces au cours de leur manipulation et l'augmente les délais de production.

3- **Le stock** : Matières premières, pièces en cours ne recevant aucune valeur ajoutée ou produits finis immobilisés

Impact : Immobilisation de capitaux inutile, risque d'obsolescence des matières premières et encours et immobilisation de surface inutile (coûts de stockage).

4- **La sur-qualité** : produire au-delà de la qualité requise par le client

Impact : utilisation inutile du temps homme ou du temps machine, la sur-qualité n'est pas rémunéré par le client, c'est donc une utilisation de ressource inutile.

5- **Les retouches** : répétition ou correction d'un processus.

Impact : Utilisation inutile du temps homme ou du temps machine.

6- **Les mouvements :** Mouvements d'opérateurs, de pièces ou de machines qui n'apportent pas de valeur ajoutée (mouvements au sein d'une même étape de production)

Impact : Utilisation inutile du temps homme ou du temps machine et l'augmentation de risque de blessure dans le cas de mouvements non ergonomique sur le poste de travail

7- **L'intelligence :** l'utilisation insuffisante du talent des employés

Impact : Mauvaise utilisation des forces et des compétences des employés, Risque d'avoir un impact négatif sur le comportement des gens et leur état d'esprit au travail.

5. Les outils de Lean manufacturing

A. QQQQCCP : Hexamètre de Quintilien Le QQQQCCP



Figure 7: Hexamètre de Quintilien (QQQQCCP)

Un outil qui aide à la résolution de problèmes permettant de constituer une liste des informations concernant la situation étudiée. De plus, le QQQQCCP est très simple d'utilisation, il peut s'utiliser dans diverses situations [23]. Par exemple :

- Définir un processus
- Rédiger une procédure
- Préparer un plan d'action (PDCA)
- Elaborer un diagnostic
- Déployer un 5S
- Animer un brainstorming

B. Le diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est une représentation graphique qui permet de déterminer l'importance des différentes causes en les classant par ordre décroissant d'importance. Dans un diagramme de Pareto, les causes sont représentées sous la forme d'un histogramme de distribution, avec leur fréquence d'apparition. Le diagramme de PARETO faisant apparaître les causes les plus importantes qui sont à l'origine du plus grand nombre d'effets, sachant que 20% des causes sont à l'origine de 80% des conséquences. [24] [25]

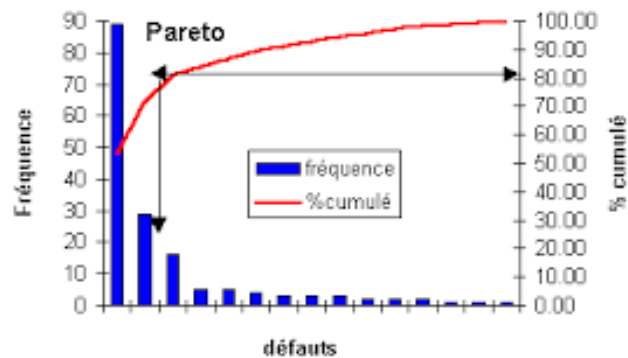


Figure 8: Le diagramme de Pareto

C. Diagramme d'ISHIKAWA

Le diagramme d'Ishikawa aussi appelé diagramme de causes et effets, conçu par **Kaoru Ishikawa**, est un outil de résolution de problème d'entreprise. Ce diagramme prend la forme d'un arbre avec plusieurs branches. On y retrouve l'effet, le problème que rencontre l'entreprise, à la tête et les causes sont modélisées par des branches (les 5M). [26]

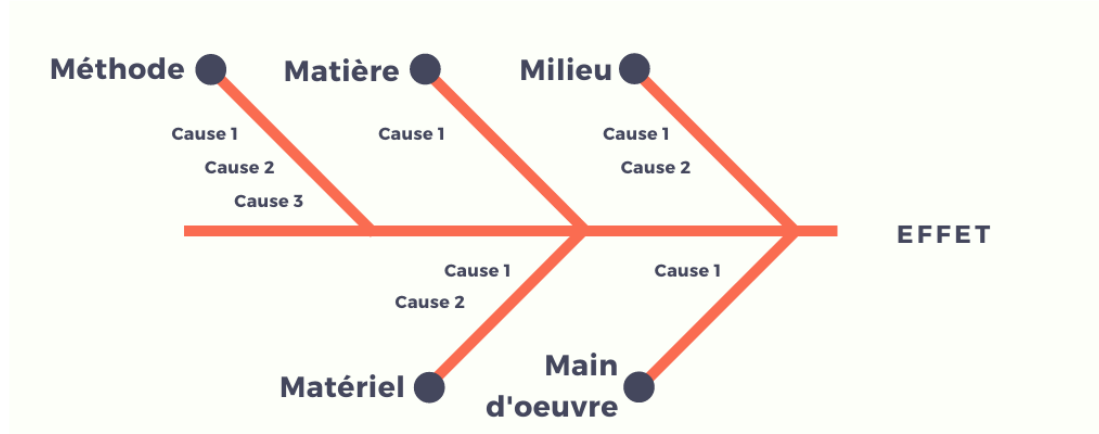


Figure 9: Diagramme d'ISHIKAWA

Les causes sont catégorisées en 5 branches, les 5 M :

- **Méthode** : Processus de production du produit ou service. La recherche et développement.
- **Matière** : Les matériaux utilisés pour la production du bien.
- **Milieu** : l'environnement et condition de travail.
- **Matériel** : L'ensemble des équipements qui servent à apporter de la valeur ajoutée au matériau de base.
- **Main-d'œuvre** : Les collaborateurs et l'ensemble des interventions humaines.

D. La VSM (Value Stream Mapping).

La cartographie des flux de valeur (Value Stream Mapping, ou VSM) permet de formaliser la visualisation des flux selon une méthode standard. Chez Toyota, la VSM a permis de travailler sur les flux en identifiant les sources de pertes.

Une bonne cartographie doit refléter le déroulement réel du processus et non pas un déroulement qui se base sur ce que les procédures décrivent c'est-à-dire le processus réel. Il se borne donc à une description fidèle de ce qui se passe actuellement .Pour cela, un travail sur le terrain avec les acteurs et près de l'application du processus est nécessaire. Comme il s'agit d'un outil visuel, la participation, la compréhension et le partage sont favorisés et constructifs et ce à tous les niveaux. [25] [27]

La cartographie des flux de valeur se focalise sur deux types de flux pouvant être observé dans toutes les entreprises :

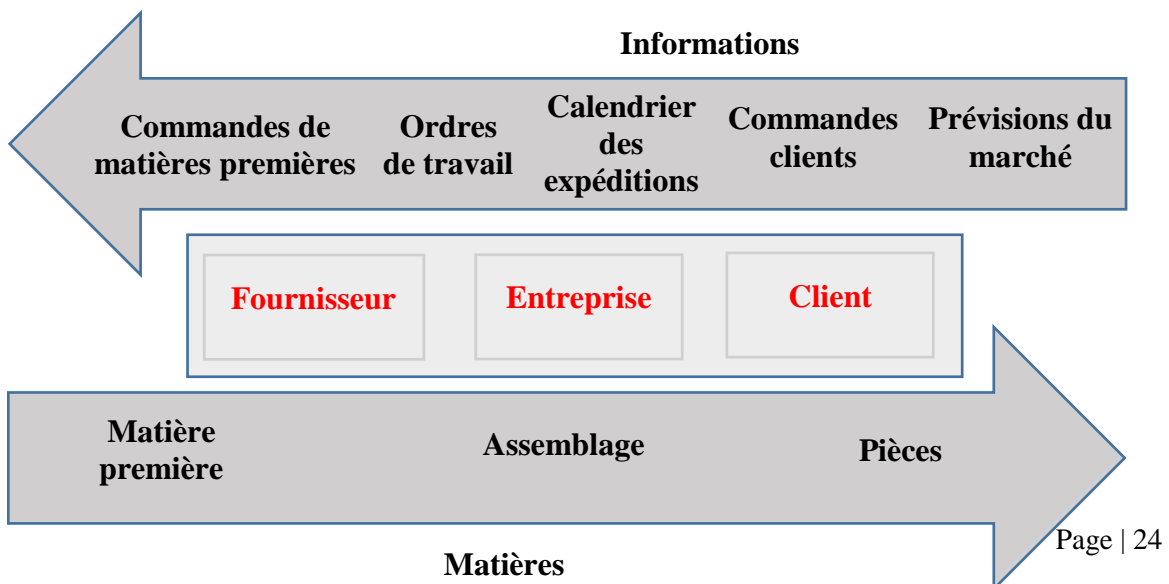


Figure 10: Le flux physique et flux d'information

Il existe deux types de cartographies des flux de valeur :

- **Situation actuelle** (analyse des flux de valeur) : permet de donner une description détaillée des flux de valeur actuels.
- **Situation future** (configuration des flux de valeur) : permet de donner une vision détaillée des flux de valeur reconfigurés.

Les symboles utilisés dans la représentation graphique dans la VSM sont les suivants :

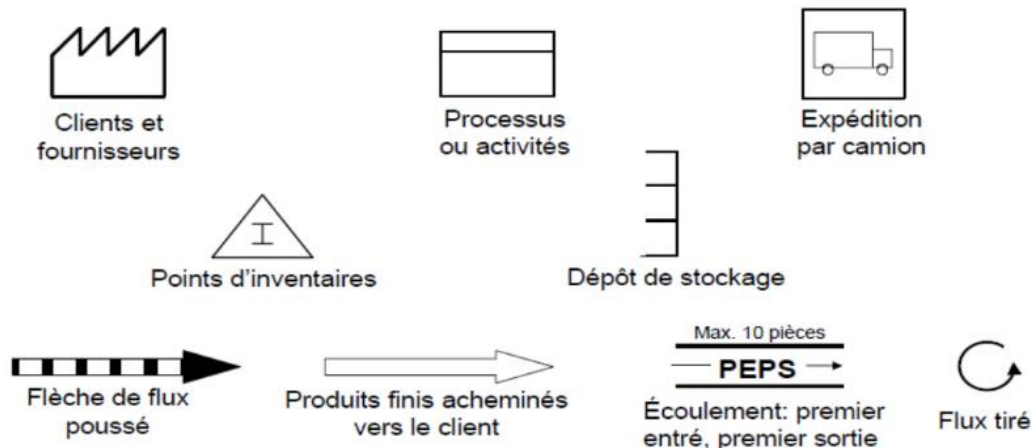


Figure 11: Les symboles de la VSM

La carte VSM peut être représentée sous forme de tableau qui décrit les différentes étapes de production, et on utilise cette forme dans le cas des processus manuels et si on ne peut pas calculer les attentes entre les différentes étapes.

PARTIE PRATIQUE

I. Cadre général du projet

1. Problématique

Pour faire face à la concurrence agressive que connaît le domaine agroalimentaire à l'échelle nationale et internationale, la société SODIAS adopte une nouvelle stratégie d'amélioration dans ce sens, des nouvelles méthodes d'organisation sont adoptées pour réduire les coûts, améliorer les performances, réduire ou éliminer les gaspillages.

Cette stratégie vise également à réduire les opérations sans-valeurs ajoutées, moyennement l'élaboration d'une cartographie de la chaîne de valeur selon la méthode de Lean manufacturing.

2. Contexte de la mission

Le projet qui m'a été confié est l'optimisation de la ligne de production des fruits rouges surgelés par les outils Lean au sein de la société SODIAS.

A cette fin, on s'est engagé à réaliser les tâches ci-dessous :

- Diagnostic initial des états des lieux
- Réalisation de la VSM
- Détection et identification des problèmes
- Elaboration du plan d'actions
- Suivi de la mise en œuvre du plan d'action.

II. Diagramme de Gantt de projet

Le tableau 3 ci-dessous représente la charte de réalisation du projet.

Tableau 3: Charte de projet

N° de tâche	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin
1	Période d'observation et d'intégration	7 jours	Mar 01/02/22	Mer 09/02/22
2	Identification de processus de fabrication	5 jours	Jeu 10/02/22	Mer 16/02/22
3	Recherche sur le froid industriel	5 jours	Jeu 17/02/22	Mer 23/02/22
4	Formulation de la problématique	3 jours	Jeu 24/02/22	Lun 28/02/22
5	Définition de méthodes travail	2 jours	Mar 01/03/22	Mer 02/03/22
6	recherche sur leanmanufacturing	15 jours	Jeu 03/03/22	Mer 23/03/22
7	Réalisation de diagnostic	28 jours	Jeu 24/03/22	Lun 02/05/22
7.1	Analyse des états des lieux	12 jours	Jeu 24/03/22	Ven 08/04/22
7.1.1	Réalisation de diagramme de SPAGHETTI	2 jours	Jeu 24/03/22	Ven 25/03/22
7.1.2	Identification des types de gaspillage existant	10 jours	Lun 28/03/22	Ven 08/04/22
7.2	Mesure de TMR et suivi des indicateurs de performance	7 jours	Lun 11/04/22	Mar 19/04/22
7.3	Réalisation de la VSM état initial	9 jours	Mer 20/04/22	Lun 02/05/22
8	Mise en place de plan d'action	20 jours	Mar 03/05/22	Lun 30/05/22
9	Application des actions correctives	10 jours	Mar 31/05/22	Lun 13/06/22
10	Rédaction du rapport PFE	108 jours	Jeu 01/02/22	Jeu 30/06/22

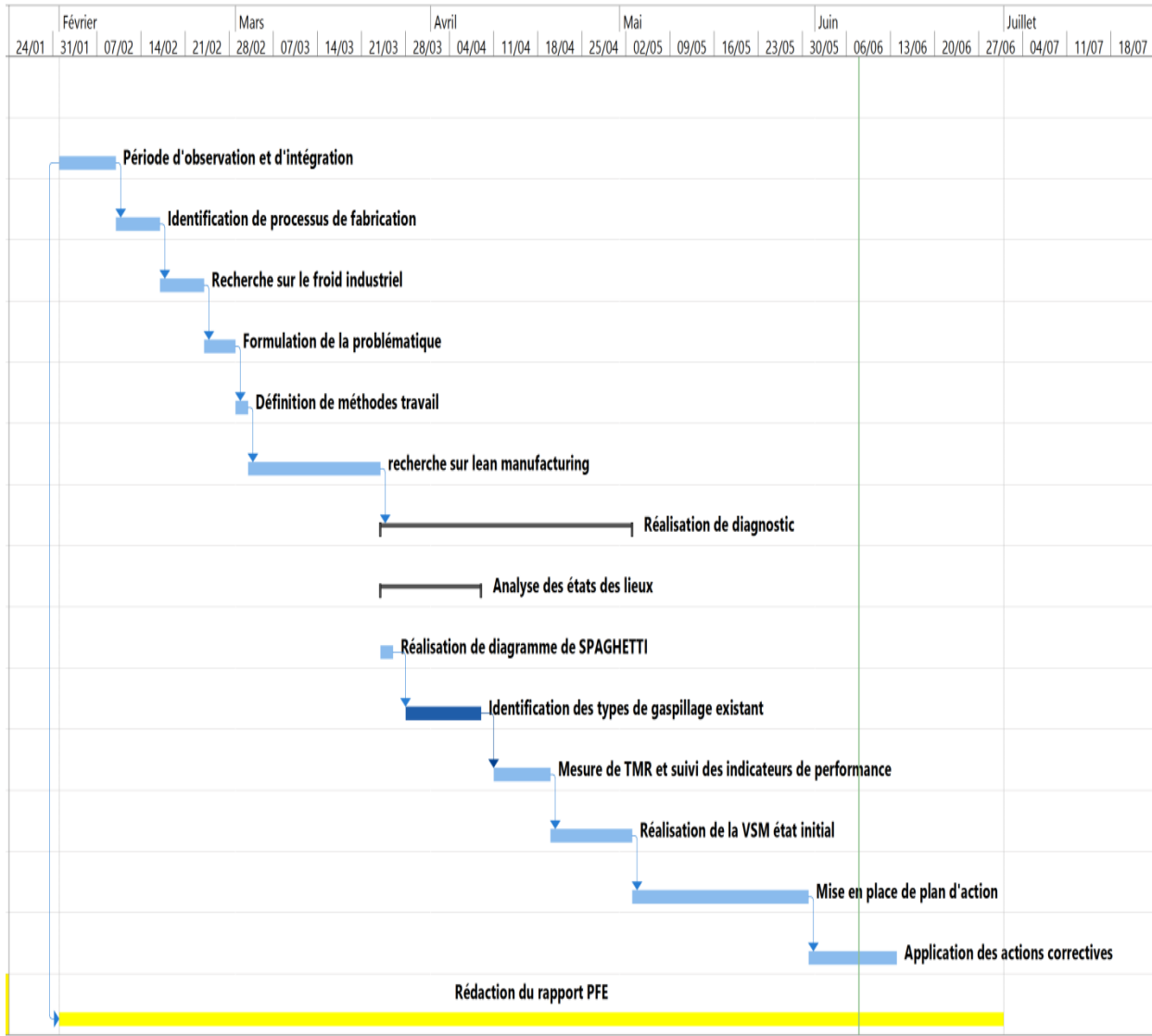


Figure 12: Diagramme de Gantt de projet

III. Clarification de la problématique par la méthode QQQCCP

Pour percevoir tous les aspects du problème, on va procéder à l'utilisation de l'outil QQQCCP qui va permettre de décrire et de faire connaître tous les aspects de la problématique

Tableau 4: Clarification de projet par l'outil QQQQCP

Qui ?	<ul style="list-style-type: none"> • Qui est concerné par le problème ? La ligne de surgélation de fruits rouges SODIAS • Qui est chargé de la mission ? HOU Oualid : Stagiaire élève ingénieur MAALAAININE Essaida : responsable de management qualité WACHKAR Hafida : responsable de production
Quoi ?	<ul style="list-style-type: none"> • Quel est le problème ? A l'état actuel, on constate un gaspillage en matière du temps et du produit tout au long du processus de surgélation, ainsi qu'un manque de gestion de l'environnement du travail.
Où ?	<ul style="list-style-type: none"> • Où apparaît le problème ? Sur la ligne de surgélation des fruits rouges.
Quand ?	<ul style="list-style-type: none"> • Quand apparaît le problème ? Au cours de la production, plusieurs problèmes qui engendrent une diminution de la performance des opérateurs d'où la nécessité d'une intervention immédiate.
Comment ?	<ul style="list-style-type: none"> • Comment résoudre le problème ? La mise en place de Lean manufacturing qui englobe divers méthodes et outils d'optimisation de la production. • Comment mesurer le problème ? Etablir la cartographie de flux de valeur (VSM) qui collecte l'ensemble des informations du processus. Suivre la disponibilité, la performance et la qualité de la ligne par l'indicateur TMR et analyser les déplacements par le diagramme de Spaghetti.
Pourquoi ?	<ul style="list-style-type: none"> • Pourquoi résoudre le problème ? <ul style="list-style-type: none"> - Pour améliorer la productivité et la performance de la zone de traitement et d'emballage. - Minimiser le nombre de réclamation clients. - Eliminer tout type de gaspillage présent dans un processus et soulever les sources de pertes les plus pénalisantes. - La détection et analyse des dysfonctionnements. - Augmenter la part des activités à valeur ajoutée en réduisant celle de la non-valeur ajoutée. - Obtenir un avantage concurrentiel. - Avoir une meilleure gestion de l'environnement de travail.

IV. Diagnostic initiale

1. Analyse des états des lieux

La matière première réceptionnée durant la nuit (dans la majorité des réceptions) est déposée directement dans les tunnels de congélation sans passer par l'étape de triage. Ensuite, les palettes de produit semi fini (produit surgelé) sont transportés vers la zone de traitement pour l'élimination des défauts de qualité et des corps étrangers sur deux lignes de triage. Le produit trié est déposé

dans des caisses en plastique et sont versé par la suite dans le vibreur (étape de tamisage) qui sépare mécaniquement le fruit entier du fruit brisé en se basant sur le diamètre des ports de tamis. Le vibreur verse directement dans le tapis de contrôle qui a pour but de vérifier l'absence des corps étrangers.

Enfin, le produit est emballé dans des sachets en plastique couvrant le carton de 10KG, ce dernier est fermé, scotché, étiqueté et palettisé. La palette est transportée par le chariot élévateur vers les chambres négatives là où le produit est stocké en attendant d'être expédié vers le client.

A. Flux physique

- Pour analyser l'état des lieux, en va schématiser le flux de matière sur le plan de l'usine comme illustré sur la figure 13 :

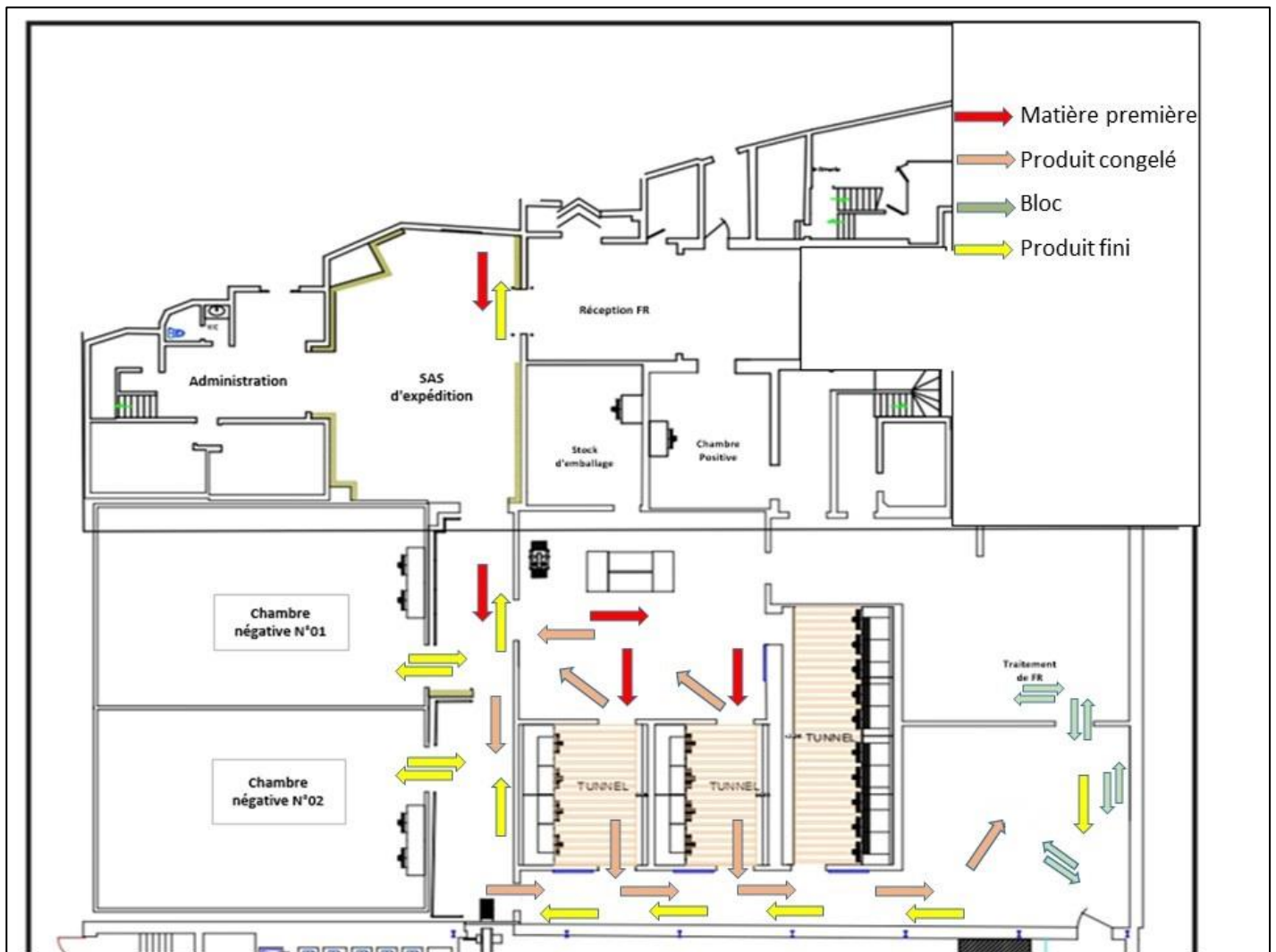


Figure 13: Schématisation de flux de matière sur le plan de l'usine

Sur la figure on peut clairement visualiser le croisement des flux, on trouve un croisement matière première – produit fini au niveau de SAS d’expédition, l’entrée des tunnels et devant les chambre négatives, aussi le croisement produit semi fini (congelé) – produit fini (emballé au niveau de la zone d’emballage, devant les tunnels et devant les chambres négatives. Sans oublier le vas et vient de produit bloc entre le zone de concassage et la zone d’emballage. Et le retour des caisses non congelés vers les tunnels (marche en arrière), ce problème est dû au mal gestion spatial au niveau des tunnels même avec leur grande capacité (15 palettes). Pour assimiler ceci, la figure 13 montre la gestion spatiale des tunnels de surgélation :

Sur la figure on remarque le blocage de la sortie de tunnel, d’où la nécessité de faire sortir les palettes de l’entrée. Ces palettes sont les derniers palettes reçus, et parfois elles ne terminent plus le cycle de froid nécessaire à la congélation et alors le produit est non suffisamment congelé et alors son retour vers les tunnels pour compléter le cycle.

En parlant sur le non congélation de produit, un autre facteur influence de temps de cycle, c’est le poids des caisses c’est-à-dire le surcharge des caisses.

Pour étudier la corrélation entre le type de caisse, son poids et le temps de congélation (cycle de froid).

Nous avons réalisé une expérience, nous avons pris deux types de caisse avec des dimensions et des couleurs différentes. Deux caisses bleues (600*400*72 mm), le premier contient 3KG de framboise frais et le deuxième pèse 5KG et la troisième caisse, est une caisse blanche (600*400*124 mm) avec un poids net de 5KG.

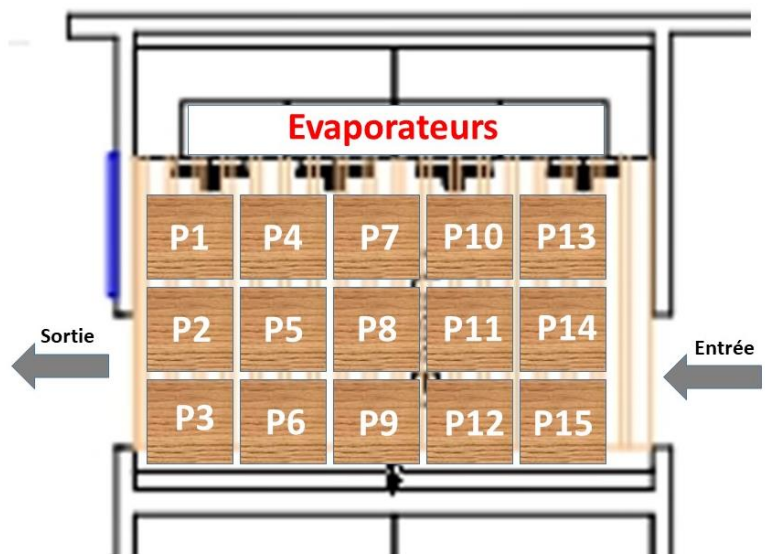


Figure 14: Schéma représentatif d'emplacement des palettes dans le tunnel statique



Figure 15 : Images des caisses bleues et caisse blanches utilisées pour la surgélation des fruits

Dans chaque caisse nous avons mis un thermo bouton, c'est un enregistreur de température de la taille d'un bouton, il est utilisé pour suivre les cycles de températures.

Pour une durée de 14 heures nous avons suivi la variation de température au cœur des 3 caisses. Le graphe aux dessous représente cette variation. Dans ces conditions, nous avons confirmé la corrélation poids, type de caisse et le temps de cycle de congélation.



Figure 16: Image de thermo bouton

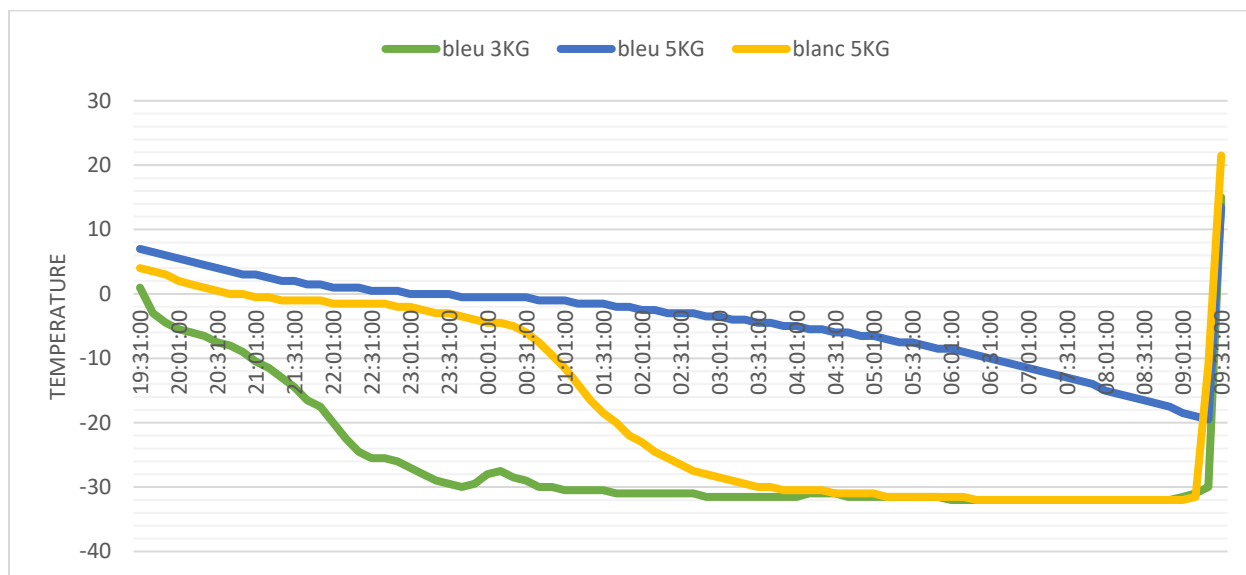


Figure 17: Représentation graphique de la variation de température au cours de cycle de froid

D'après la courbe, la caisse bleu de 3KG arrive à la température de congélation (-30°C) pendant 4h par contre la caisse blanche, atteint la même valeur pendant 10h. La caisse bleu de 5KG n'arrive plus à -30°C, et alors il faut augmenter la durée de cycle.

La durée de congélation est un facteur essentiel dans le calcul des coûts, plus le temps de cycle est long plus les coûts augmente.

L'utilisation des caisses bleues permet de gagner de l'espace à cause de leur hauteur réduite, et alors augmenter la capacité des tunnels. Cependant, leur efficacité diminue par rapport à l'optimisation des coûts de congélation si la quantité de matière première dépasse 3KG par caisse.

B. Flux de personnel

Pour bien visualiser le flux de personnel, nous avons choisi la zone d'emballage pour étudier le déplacement des opérateurs. Pour ce faire, la mise en place de diagramme de Spaghetti est l'un des outils les plus utilisables.

Le diagramme spaghetti est un outil souvent utilisé en complémentarité avec la cartographie des processus qui permet de visualiser les déplacements des opérateurs dans l'atelier et leurs incohérences. Il a pour objectifs de :

- Visualiser la complexité des trajets (croisements de flux, encombrements gênants, ...)
- Quantifier le nombre de déplacements
- Quantifier la distance parcourue

Le diagramme spaghetti est un excellent révélateur de la complexité des flux et du nombre de déplacements qui sont de purs gaspillages, et des pertes de temps. (28)

Pour dessiner le diagramme de spaghetti, nous avons choisi le traitement de la framboise comme exemple pour laquelle on va suivre le déplacement des opérateurs.

Etape 1 :

Dessiner la zone (figure 18) c'est la zone de traitement et d'emballage.

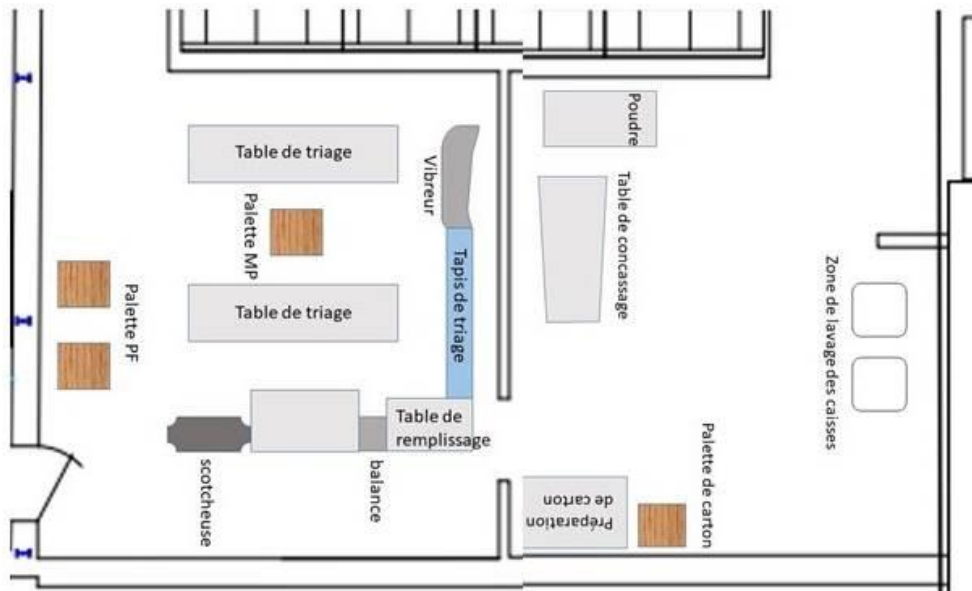


Figure 18: Plan de la zone de traitement et d'emballage.

Etape 2 :

Représenter les déplacements :

La figure 18 montre les déplacements des opérateurs pour une durée de 15 minutes, chaque couleur représente un opérateur qui réalise une tâche bien définie.



Figure 19: Diagramme de Spaghetti

Etape 3 : Analyse des résultats pour l'identification des points d'amélioration.

D'après le diagramme on observe un encombrement dans la zone de traitement, des déplacements inutiles des ouvriers, ce qui cause la diminution de performance, la perte de temps, la dégradation du produit. D'où la nécessité de la conception d'un nouveau flux basé sur le principe de la marche en avant. Le nouveau flux sera traité dans la partie de la mise en place des actions correctives et on va voir ses avantages par rapport au flux actuel.

2. Identification des types de gaspillage

1- Les déplacements inutiles

D'après les résultats obtenus au niveau de diagramme de spaghetti, les déplacements inutiles et les grandes distances parcourues sont parmi les gaspillages qu'on va réduire ou éliminer.

2- La surproduction

On analysant les plannings d'export, la quantité produite est directement livrée au client, donc on n'a pas un gaspillage de surproduction.

3- Les attentes

L'attente est l'un des gaspillages les plus fréquents, en réalisant une observation initiale, on a détecté l'attente au niveau de plusieurs postes (pesage, scotchage ...). On va le traiter au niveau de la VSM initiale, pour visualiser clairement les attentes dans chaque poste.

4- Transport : Les mouvements inutiles des pièces est un problème confondu lors de diagnostic.

Commençant par déplacer le produit bloc vers la zone de concassage et son retour vers la salle de traitement.

Le retour de produit non congelé vers les tunnels. (Problème de gestion des tunnels traité dans la partie Flux physique).

Lors du chargement pour la livraison, les palettes de produits finis sont déplacées de la chambre négative vers une autre zone pour la palettisation finale et l'étiquetage, et alors on a remarqué clairement le vas et vient de chariot élévateur.

5- La sur-qualité : produire au-delà de la qualité requise par le client

6- Le stock : le stockage entraîne des frais propres (manutention, espace, sécurité, vols, ...) et mobilise de l'argent qui "dort". C'est la raison pour laquelle la vitesse de rotation de vos stocks est importante : au plus vite un produit acheté est vendu au moins il vous coûtera.
[29]

Ce n'est pas le cas chez SODIAS, puisque la commande est livrée directement au client dès que la quantité commandée est produite. Alors le stock négligeable.

7- Les retouches : la répétition de processus est remarquable en plusieurs phases de production, on distingue deux cas de figures :

- **Des retouches en interne :** concerne le retour des caisses non congelé vers les tunnels, les pannes au niveau de la scotcheuse et la re-palettisation de produit fini avant la livraison...
- **Des retouches en externe :** Si le produit livré contient des corps étrangers détecté par le contrôle qualité du client. La société SODIAS se trouve obligé de payer les opérations de triage réalisé par le client pour répondre à leurs exigences.

D'après l'analyse des tendances des réclamations client durant les six mois de la période de stage, la société a reçu 5 réclamations, le graphe ci dessous représente le pourcentage des différentes réclamations :

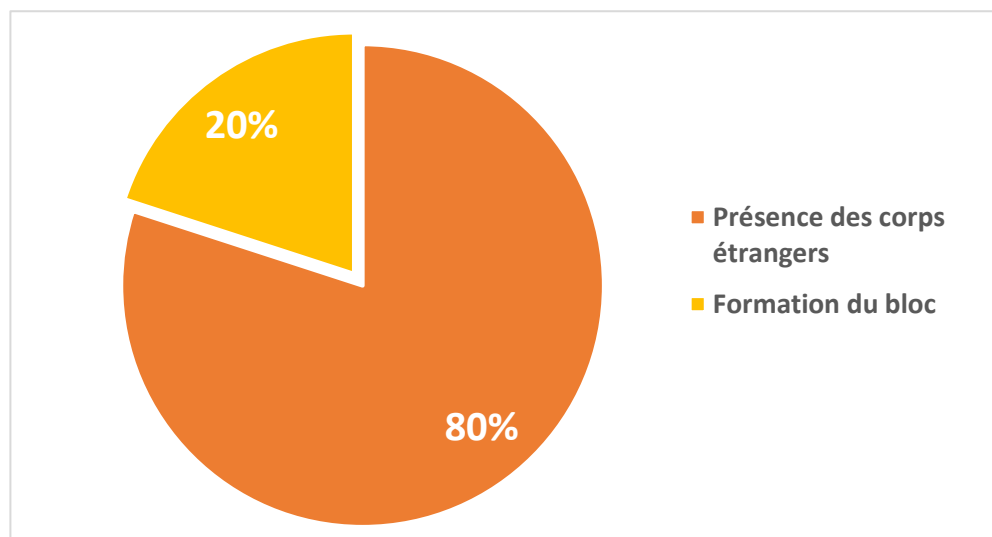


Figure 20: Analyses des tendances des réclamations clients

La présence des corps étranger dans le produit représente 80% des réclamations clients, alors que 20% concerne la formation des blocs (ce problème est dû à la décongélation de produit lors de son traitement, et sa re-congélation au niveau des chambre de stockage, ce qui forme des blocs de produit).

La VSM va nous montrer les partes de temps au niveau de chacun de ces gaspillages.

V. Mesure des temps constants

1. Mesure de TMR

Le TMR : le Temps Minimum Répétable est le temps nécessaire à la réalisation d'une opération, le minimum s'agit du temps quand tout va bien, donc hors aléas et répétable pour garantir qu'il n'y a pas eu d'erreurs de chronométrage ou autre phénomène. Il doit se faire sur un échantillon représentatif. La mesure de TMR et les temps des cycles généralement nécessite une observation active.

L'observation active est une démarche de recherche d'informations sur la réalité du déroulement des opérations. Elle se déroule sur le terrain. Elle donne lieu à des éléments de synthèse factuels. Elle permet l'identification de moyens d'amélioration, c'est en cela qu'elle est active. La représentation de l'observation active doit faire apparaître la partie de travail effectif, la variabilité dans les temps de cycle et permettre d'identifier un potentiel d'amélioration.

Pour une observation active on commence par observer le processus et le décomposer en éléments de travail majeurs, ensuite identifier des points de mesure (instant où chaque élément de travail commence et se termine), après mesurer les éléments de travail en utilisant la durée écoulée ou des intervalles et finalement définir le standard c'est-à-dire se mettre d'accord sur des cycles de pratiques standard correspondant au temps minimum répétable.

La mesure de temps de cycle nécessite une standardisation des unités de mesure, alors nous avons fixé cette valeur à 10KG disant que à chaque étape on va mesurer le temps nécessaire à sa réalisation pour 10KG de produit.

Tableau 4 : Mesure des TMR

Point de mesure	Nombre d'essai										(TMR)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Table de triage	192	259	586	400	430	554	316	414	350	468	259
Vibreux + tapis de contrôle	50	50	39	49	40	45	34	39	53	36	34
Mise en carton	50	50	39	49	40	45	34	39	53	36	34
Pesage	19	17	10	20	12	14	13	14	12	9	12
scotchage	30	28,4	28,3	28	27	39	28,2	31,9	26	29	28
étiquetage	5	6	8	5	7	5	6	5	6	8	5
palettisation	9	8	7	7	10	9	13	6	11	7	7
										Total cycle	379s = 6min 18s

Le temps de cycle est 6min et 18s, pour le 1^{er} triage, on ne peut pas se baser sur ce temps pour définir un temps de réalisation de tâche, car le temps de triage varie avec la qualité de matière première réceptionnée, donc on ne peut pas l'indiquer comme valeur de TMR sans avoir un agréage de la matière première à la réception.

Dans la recherche de gains de productivité, le chronométrage à temps constants, permet d'identifier les gaspillages et les activités accessoires pour en diminuer la proportion, il permet d'illustrer l'écart entre le temps de travail observé et le temps à valeur ajoutée.

Le chronométrage à temps constants nécessite une observation active, c'est une démarche de recherche d'informations sur la réalité du déroulement des opérations. Elle se déroule sur déroulement des opérations, sur le terrain. Elle donne lieu à des éléments de synthèse factuels ainsi qu'à l'identification de leviers d'amélioration.

Pour ce faire, nous avons utilisé le tableau de mesure des temps constant (ANNEXE 2 à 8), sur cette fiche on décrit le poste observé, le temps et la date d'observation ainsi sa durée. Pour chaque poste nous avons fixé une durée d'observation de 30min et 30s pour la fréquence de batonnage. Dès que l'opérateur commence à manipuler on lance le chronométrage, et on met un trait dans la

ligne correspondante (si l'action est avec une valeur ajoutée par exemple) et chaque 30s en met un autre très...

Les résultats d'observation obtenus (ANNEXE 2 à 8) sont représentés sur les graphes au-dessous :

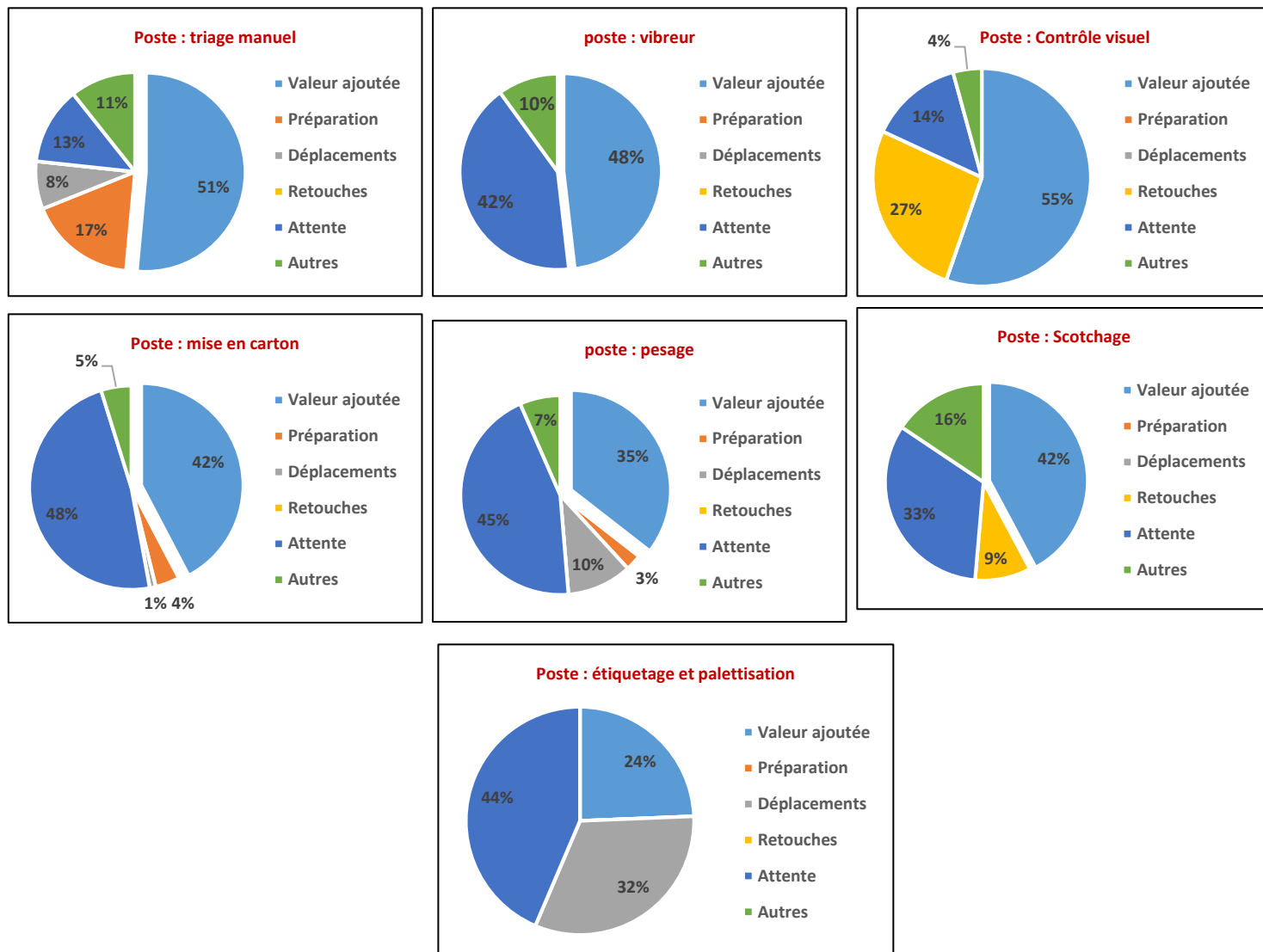


Figure 21: Représentation graphique de mesure des temps constants

D'après les résultats obtenus, on visualise clairement pour tous les postes le pourcentage de travail avec valeur ajoutée atteint 55% comme valeur maximal, c'est une catastrophe de point de vue productivité. Comme Benjamin Franklin a dit « Le temps, c'est de l'argent », de point de vue financière, c'est des pertes énormes en argent, en matière et de temps. Il fallait une optimisation de temps et d'effectif pour réduire ce gaspillage.

2. Réalisation de la VSM

La cartographie des flux nous permet de cartographier de façon simple l'ensemble des opérations. L'objectif de cette cartographie est l'identification de gisements ou de dysfonctionnements notamment grâce à la mise en évidence des opérations sans valeur ajoutée.

Puisque la totalité des opérations sont manuels, on va utiliser une VSM simplifiée sous forme de tableau.

Tableau 5: Legende de la VSM simplifiée

Triage		Nom du poste de travail où est réalisée l'observation
nombre d'heures travaillé	480	Total des heures travaillé par jours (8h * 60min = 480min)
effectif	12	Nombre de personnes effectuant ce travail en parallèle
heures total	5760	= total heures * effectif
VA	2964,10	Temps de valeur ajouté (= ce que le client est prêt à payer)
préparation	1006,60	Temps de préparation à la réalisation de la tâche
déplacement	447,38	Déplacement inutile
attente	726,99	Attente soit de la fin de l'étape précédente ou la fin de l'étape qui suite
autre	615,15	Autre gaspillage de temps (parler avec collègue...)
VA	2964,10	Temps de valeur ajouté (= ce que le client est prêt à payer)
NVA	2796,12	Temps de Non-Valeur Ajoutée (compressible si gaspillage pur, incompressible si contrainte de type légal)
Taux d'efficacité	51,46%	= VA / (VA+NVA)

Nous avons fixé 8h le nombre d'heures de travail par journée de production, ça donne 480min par jour.

Tableau 6: La VSM simplifiées de différentes étapes de production

Triage		Vibration		Contrôle visuel	
nombre d'heures travaillé	480	nombre d'heures travaillé	480	nombre d'heures travaillé	480
effectif	12	effectif	2	effectif	6
heures total	5760	heures total	960	heures total	2880
VA	2964,10	VA	462,55	VA	1593,19
préparation	1006,60	préparation	0,00	préparation	0,00
déplacement pour caisse vide	447,38	déplacement	0,00	déplacement	0,00
Retouches	0	Retouches	0	retouches	765,96
attente de matière première ou le ramassage de produit fini	726,99	attente d'alimentation de vibreur	401,45	attente d'alimentation de tapis de triage	398,30
autre (discussion)	615,15	autre (discussion)	96,00	autre (discussion)	122,55
VA	2964,10	VA	462,55	VA	1593,19
NVA	2796,12	NVA	497,45	NVA	1164,26
Taux d'efficacité	51,46%	Taux d'efficacité	48,18%	Taux d'efficacité	57,78%

Mise en carton		Pesage		Scotchage	
nombre d'heures travaillé	480	nombre d'heures travaillé	480	nombre d'heures travaillé	480
effectif	1	effectif	1	effectif	1
heures total	480	heures total	480	heures total	480
VA	203,08	VA	170,53	VA	202,57
préparation	18,46	préparation	12,63	préparation	0,00
déplacement	4,62	déplacement	50,53	déplacement	0,00
retouches	0,00	retouches	0,00	retouches mal fonctionnement de machine)	44,04
attente de remplissage de carton	230,77	attente	214,74	attente	158,53
autre (discussion)	23,08	autre (discussion)	31,58	autre (discussion)	74,86
VA	203,08	VA	170,53	VA	202,57
NVA	253,85	NVA	309,47	NVA	277,43
Taux d'efficacité	44,44%	Taux d'efficacité	35,53%	Taux d'efficacité	42,20%

Palettisation et étiquetage	
nombre d'heures travaillé	480
effectif	1
heures total	480
VA	116,92
préparation	0,00
déplacement	153,85
retouches	0,00
attente	209,23
autre (discussion)	0,00
VA	116,92
NVA	363,08
Taux d'efficacité	24,36%

D'après les VSM, l'efficacité des différents postes est très réduite. C'est un vrai gaspillage, qui nécessite un lissage de la ligne de production. En réduisant les causes des attentes et des déplacements inutiles, nous pourrions réduire le temps de NVA et augmenté le temps de VA et alors augmenté l'efficacité et la productivité de l'équipe.

Du point de vue financière, le total des heures de NVA, pour 8h de travail, est égale à 5661,65min (94,36h). Sachant que le SMIG au Maroc pour les sociétés est 14,81MAD par heure, on le multiplie par le total des heures de VNA, ça donne environ 1 397,47MAD de perte par journée de production, et si on le multiplie par 26 jours de production par mois, ça donne 36 334,26MAD. (436 011,12MAD par an).

VI. Analyse des dysfonctionnements

Dans une entreprise, le brainstorming est une technique qui consiste à réunir un groupe de collaborateurs afin qu'ils produisent collectivement un maximum d'idées nouvelles sur un thème donné.

Une réunion de brainstorming avec l'équipe de production et de qualité, nous a permet de mettre en œuvre les points :

- Zone de manipulation de produit semi fini et emballage sont dans la même zone.

- La réception de matière première se fait dans la zone d'expédition.
- Le concassage du produit congelé et le lavage des caisses dans la même zone.
- Décongélation de produit suite aux attentes dans les différentes étapes de production.
- Le triage de défauts et des corps étranger après congélation cause l'augmentation de la durée de triage (opération pénible pour les ouvrières) et la persistance des corps étrangers (Voir analyse de réclamations client)

Tous ces points influence négativement la performance de la production ainsi que la qualité du produit fini.

On essayant de résoudre tous ces problèmes, on à trouver que le flux et le non-respect de la marche en avant est la cause racine de l'ensemble des dysfonctionnements détectés.

A. Diagramme d'ISHIKAWA

L'utilisation de diagramme d'ISHIKAWA comme moyenne d'analyse des dysfonctionnements permet de définir la famille de causes principales en tant que groupe.

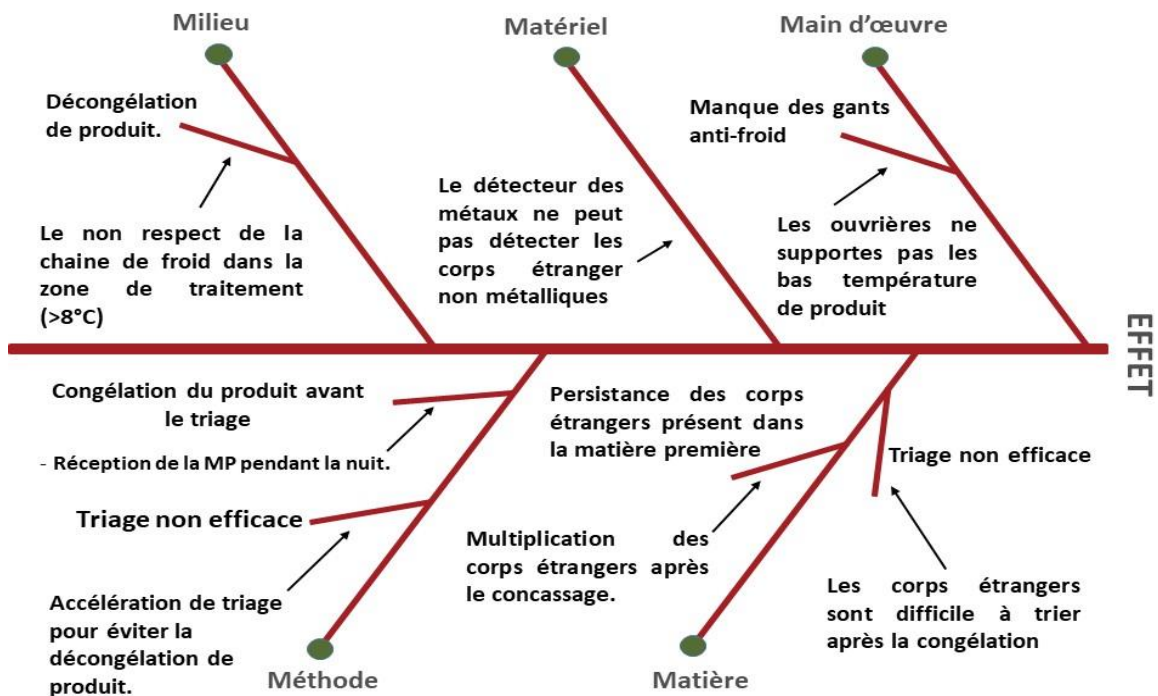


Figure 22: Diagramme cause effet

La figure 22 représente les différentes causes de persistances des corps étrangers dans le produit fini. Les causes racines de ces problématiques sont les suivants :

- Le non-respect de la chaîne de froid dans la zone de traitement ($>8^{\circ}\text{C}$)
- Les ouvrières ne supportent pas les basses températures de produit
- Réception de la MP pendant la nuit
- Accélération de triage pour éviter la décongélation de produit.
- Multiplication des corps étrangers après le concassage.
- Les corps étrangers sont difficiles à trier après la congélation

VII. Plan d'actions correctives

Les résultats issus de l'analyse des causes (par brainstorming ou par le diagramme d'ISHIKAWA) nous amène à établir un plan d'action qui englobe des mesures qui résolus les problèmes soulevés.

A. Changement du diagramme de fabrication

Nous avons proposé l'enchaînement suivant des étapes de production et la séparation physique des étapes de production (Voir figure ci –dessous) :

- Réception de MP pendant la nuit
- Stockage dans la chambre positive
- Triage de la MP le lendemain et mise en caisse du produit traité
- Congélation dans les tunnels statique
- Vibration
- Contrôle visuel
- Conditionnement

Cet enchaînement a permis d'éviter :

- La multiplication des corps étrangers après le concassage
- La persistance des corps étranger dans le produit finis
- La difficulté de triage du produit congelé (basse température difficile à supporter par les ouvrières)
- La décongélation du produit

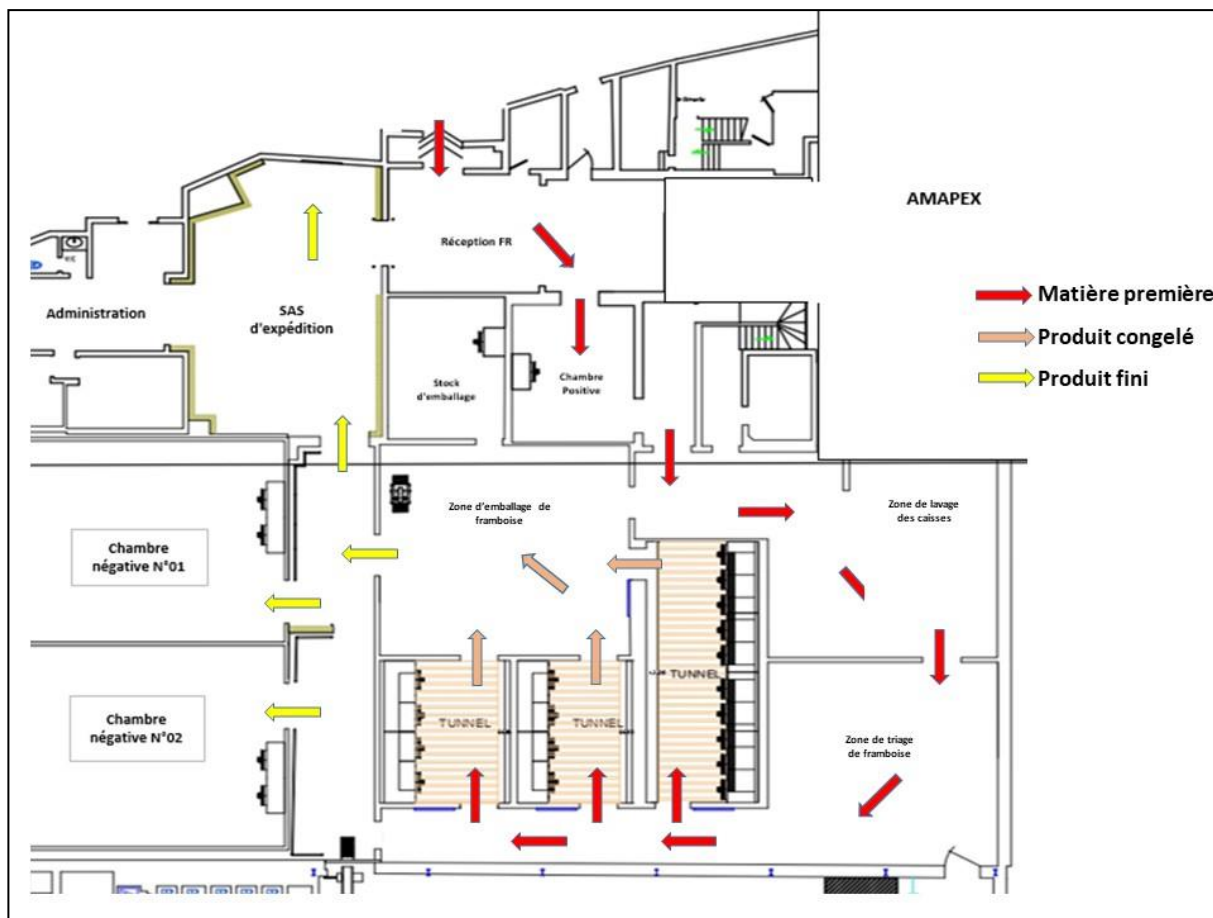


Figure 23 : Représentation de nouveau flux

B. Problème de blocage des palettes dans les tunnels

Pour remédier au problème détecté dans le diagnostic des états des lieux (**blocage des palettes dans les tunnels**) qui entraîne des déplacements inutile et la perte du temps pour récupérer le produit à traiter de l'autre côté du tunnel et qui loin de la zone de traitement. On suggère la méthode de stockage décrite dans la figure ci-dessous.

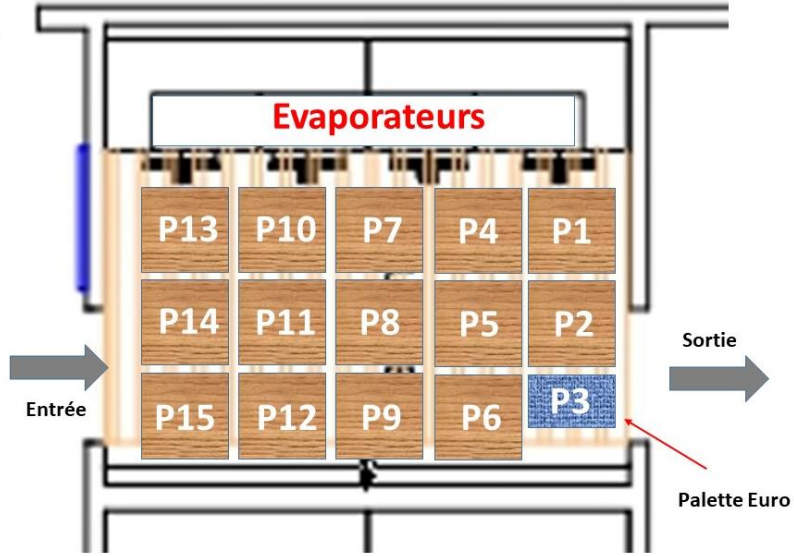
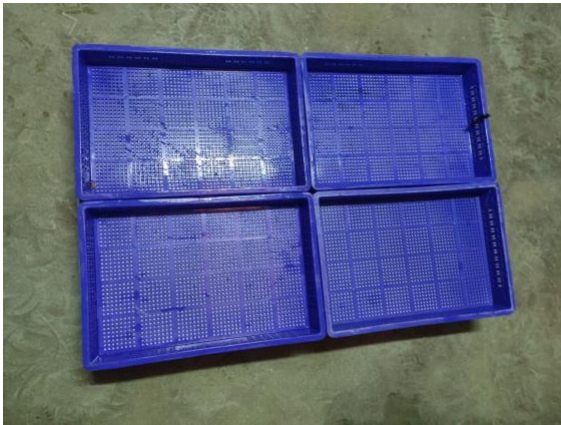
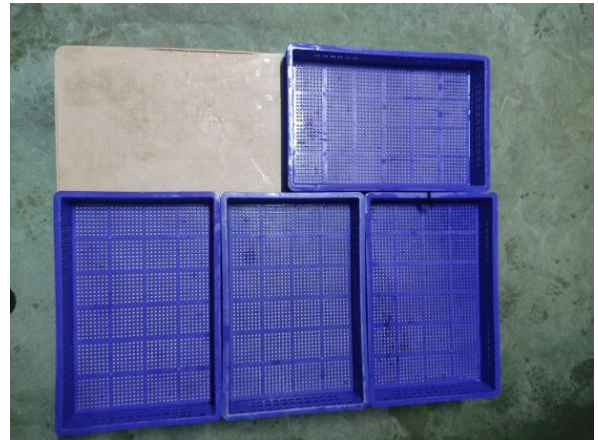


Figure 24 : Méthode de gestion des tunnels



*Figure 25 : Palette plastique 120*80*



*Figure 26 : Palette plastique 120*100*

Les différentes actions pour l'optimisation de la production

Tableau 7: Différents actions pour l'optimisation de la production

N°	Causes	Action	Responsable	Stade de réalisation
1	Le croisement des flux	Changement de flux dans la zone de production des fruits rouges	Resp. production Resp. maintenance	Réalisée
2	Le croisement des flux	Transférer les convoyeurs de triage vers la nouvelle zone	Resp. maintenance	En cours
3	Le triage est difficile après la congélation	Trier le produit avant de le congelé	Resp. production	Réalisée
4	La mal gestion des tunnels provoque le blocage de la sortie	Utiliser des palettes Euro en plastique au niveau de la sorties des tunnels	Resp. achat	Réalisée
5	Mal identification des palettes matières première.	Utiliser les plaques numérotés pour l'identification des palettes avant les transportés vers le tunnel et remplir la fiche d'identification des palettes (ANNEXE 9)	Resp. production & Stagiaire (HOU Oualid)	Réalisée
6	Concassage manuel de produit en bloc	Acheter un broyeur	Resp. achat	En cours
7	Faible éclairage dans la zone de triage	Renforcer l'éclairage dans la zone de traitement	Resp. maintenance	En cours
8	Mauvaise état de la zone de lavages des caisses	Réparer la zone de lavages des caisses et couloir de la chambre positive	Resp. maintenance	En cours
9	Personnel démotivé	Motivation du personnel (achat des tenus de travail).	Resp. achat	Réalisée

CONCLUSION

Le LEAN Management représente une approche de gestion essentiellement concentrée vers la réduction des activités improductives et inefficaces dans une organisation. Ainsi, l'entreprise peut viser une augmentation de son rendement de production et de sa profitabilité.

Dans le lean, les activités qui génèrent effectivement de la valeur pour les clients ne représentent qu'une faible part du processus de travail. Le gaspillage est une activité qui consomme des ressources, mais qui n'apporte aucune valeur au client final.

La satisfaction de la clientèle mesure l'état de contentement du client suite à son achat. C'est le résultat de la correspondance entre les attentes du client et le produit ou service qu'il achète. Autrement dit, le client est satisfait si le produit ou service entre en adéquation parfaite avec ses attentes, avec ce qu'il désirait.

Afin de réduire le taux des réclamations clients, nous avons analysé leur tendance qui nous a donné que la persistance des corps étrangers dans la framboise surgelé est la non-conformité la plus répondue. Une analyse des causes a été menée pour déterminer les sources potentielles de cette non-conformité répétitive et un plan d'action a été élaboré pour remédier à la situation.

Les actions correctives qui ont été faites :

- Le changement de diagramme de fabrication en permutant l'étape de surgélation et l'étape de triage.
- Changement de la ligne de production par l'ajout d'une zone de réception et une zone de triage de produit frais.
- L'achat d'une machine de concassage pour but de réduire le temps consacré à cette étape.
- L'achat des palettes euro en plastique pour résoudre le problème de blocage des tunnels.

Par conséquent nous réduit de taux de réclamation de 80% et nous avons renforcé la cadence de production en augmentant les temps à valeur ajoutée.

Référence bibliographique

- (1) Office Régional de Mise en Valeur Agricole (19 mars 2019). Fruits rouges : La région de Rabat-Salé-Kénitra s'accapare 65% de la production nationale.
- (2) Statistiques 2020 de la Ministère d'Agriculture et de la Pêche Maritime.
- (3) Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes. Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique. (12/07/2021) Conservation des aliments: toutes les techniques.(en ligne) : <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Conservation-des-aliments>
- (4) J.Desmons (2014) AIDE-MÉMOIRE Froid industriel 3e édition.
- (5) BERNARD A. (1992) ; CARLIER H. - Aspects nutritionnels des constituants des aliments. Influence des technologies. Les cahiers de l'ENSBANA -Tec Doc LAVOISIER, PARIS.
- (6) F. BRUCELLE (1997). L'AGRO-ALIMENTAIRE : histoire et modernité.
- (7) F.Meunier, P.Rivet, M. Terrier (2015) – production de froid Froid industriel, commercial, domestique et conditionnement d'air page 6.
- (8) C. MARVILLET (21 Décembre 2015). LE FROID : USAGES ET PRODUCTION.
- (9) Froid industriel - Définition et Explications, (En ligne) :<https://www.techno-science.net/definition/2258.html>
- (10) C.Deluzarche, Fluide frigorigène : qu'est-ce que c'est ?(en ligne)<https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/thermique-fluide-frigorigene-5754/>
- (11) C.MARVILLET (21 Décembre 2015).LE FROID : USAGES ET PRODUCTION (en ligne)<https://www.encyclopedie-energie.org/usage-et-production-de-froid/>
- (12) Fiche technique N° 27 – Les installations frigorifiques dans l'industrie | Juillet 2021 (en ligne) :https://www.topmotors.ch/sites/default/files/2018-08/F_MB_27_Froid_efficace.pdf
- (13) J.Flauder. (2015) Déploiement du Lean Management dans un atelier de conditionnement et conduite du changement. Sciences pharmaceutiques. ffdumas-01202623f
- (14) C, Hohmann. Heijunka,(2021) une introduction. [En ligne] <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-entreprise/la-boite-a-outils-lean/202-%20heijunkaune-introduction>.
- (15) J. Jung. (2020) Application du management visuel, outils du Lean, chez un sous-traitant pharmaceutique en situation difficile. Sciences pharmaceutiques. 2020. fahal-03298136f
- (16) Toyota Material Handling France Comprendre le TPS #2 : le JAT (ou Juste-à-temps) 4 août 2020
- (17) M.Ballé.Jidoka, le deuxième pilier du lean, Working Paper n°2, Projet Lean Entreprise,

- (18) C, Hohmann(2012). Lean management : outils, méthodes, retours d'expériences.
- (19) Paul Sabatier, (2014). Les outils du leanmanufacturing : application pratique en atelier de production. E, Vattier. s.l. : Université Toulouse III -.
- (20) Chardonnet A, Thibaudon D. Paris (2014) ; PDCA et performance durable: 60 fiches pratiques de mise en œuvre.
- (21) A. PETITQUEUX, (2006). Implémentation Lean : application industrielle. . s.l. : Techniques de l'Ingénieur, Génie industriel. 5195. 22P.
- (22) Formation INMAA
- (23) R.GRANGER. (23/01/2022) Utiliser la méthode QQQQCP pour définir un problème. (En ligne) <https://www.manager-go.com/gestion-de-projet/dossiers-methodes/qgogcp>
- (24) S.Laoyan.(6 août 2021). Comprendre le principe de Pareto (ou règle des 80/20). (En ligne) : <https://asana.com/fr/resources/pareto-principe-80-20-rule>
- (25) M.BOUSSELEM (2020-2021).Rapport de Stage PFE : Optimisation de la production dans l'atelier abattage selon le Lean manufacturing.
- (26) A.Lefebre, (29/10/2020).Le Diagramme D'Ishikawa. (En ligne) : <https://www.leblogdudirigeant.com/diagramme-ishikawa/>
- (27) D.GARNIER, (2010) .La value stream mapping. Un outil de représentation des procédés et de réflexion pour l'amélioration Lean appliquée à l'industrie pharmaceutique..s.l. : HAL.
- (28) P.Poitras.Définir le flux d'un processus de travail à l'aide du Diagramme Spaghetti. (en ligne) : <http://www.groupeactionleader.ca/wp-content/uploads/2017/01/D%C3%A9finir-le-flux-avec-le-Diagramme-Spaghetti.pdf>
- (29) Prévoir et gérer les stocks, wikipreneurs (en ligne) : <https://www.wikipreneurs.be/fr/fiches/entreprendre-organisation/prevoir-et-gerer-les-stocks#:~:text=Co%C3%BBt%20%3A%20le%20stockage%20entra%C3%A9ne%20des,au%20moins%20il%20vous%20co%C3%BBtera.>

ANNEXE I

temps	bleu 3KG	bleu 5KG	blanc 5KG	temps	bleu 3KG	bleu 5KG	blanc 5KG
				02:41:00	-31	-3	-27,5
19:31:00	1	7	4	02:51:00	-31,5	-3,5	-28
19:41:00	-3	6,5	3,5	03:01:00	-31,5	-3,5	-28,5
19:51:00	-4,5	6	3	03:11:00	-31,5	-4	-29
20:01:00	-5,5	5,5	2	03:21:00	-31,5	-4	-29,5
20:11:00	-6	5	1,5	03:31:00	-31,5	-4,5	-30
20:21:00	-6,5	4,5	1	03:41:00	-31,5	-4,5	-30
20:31:00	-7,5	4	0,5	03:51:00	-31,5	-5	-30,5
20:41:00	-8	3,5	0	04:01:00	-31,5	-5	-30,5
20:51:00	-9	3	0	04:11:00	-31	-5,5	-30,5
21:01:00	-10,5	3	-0,5	04:21:00	-31	-5,5	-30,5
21:11:00	-11,5	2,5	-0,5	04:31:00	-31	-6	-31
21:21:00	-13	2	-1	04:41:00	-31,5	-6	-31
21:31:00	-14,5	2	-1	04:51:00	-31,5	-6,5	-31
21:41:00	-16,5	1,5	-1	05:01:00	-31,5	-6,5	-31
21:51:00	-17,5	1,5	-1	05:11:00	-31,5	-7	-31,5
22:01:00	-20	1	-1,5	05:21:00	-31,5	-7,5	-31,5
22:11:00	-22,5	1	-1,5	05:31:00	-31,5	-7,5	-31,5
22:21:00	-24,5	1	-1,5	05:41:00	-31,5	-8	-31,5
22:31:00	-25,5	0,5	-1,5	05:51:00	-31,5	-8,5	-31,5
22:41:00	-25,5	0,5	-1,5	06:01:00	-32	-8,5	-31,5
22:51:00	-26	0,5	-2	06:11:00	-32	-9	-31,5
23:01:00	-27	0	-2	06:21:00	-32	-9,5	-32
23:11:00	-28	0	-2,5	06:31:00	-32	-10	-32
23:21:00	-29	0	-3	06:41:00	-32	-10,5	-32
23:31:00	-29,5	0	-3	06:51:00	-32	-11	-32
23:41:00	-30	-0,5	-3,5	07:01:00	-32	-11,5	-32
23:51:00	-29,5	-0,5	-4	07:11:00	-32	-12	-32
00:01:00	-28	-0,5	-4,5	07:21:00	-32	-12,5	-32
00:11:00	-27,5	-0,5	-4,5	07:31:00	-32	-13	-32
00:21:00	-28,5	-0,5	-5	07:41:00	-32	-13,5	-32
00:31:00	-29	-0,5	-6	07:51:00	-32	-14	-32
00:41:00	-30	-1	-7,5	08:01:00	-32	-15	-32
00:51:00	-30	-1	-9,5	08:11:00	-32	-15,5	-32
01:01:00	-30,5	-1	-11,5	08:21:00	-32	-16	-32
01:11:00	-30,5	-1,5	-14	08:31:00	-32	-16,5	-32
01:21:00	-30,5	-1,5	-16,5	08:41:00	-32	-17	-32
01:31:00	-30,5	-1,5	-18,5	08:51:00	-32	-17,5	-32
01:41:00	-31	-2	-20	09:01:00	-31,5	-18,5	-32
01:51:00	-31	-2	-22	09:11:00	-31	-19	-31,5
02:01:00	-31	-2,5	-23	09:21:00	-30	-19,5	-11
02:11:00	-31	-2,5	-24,5	09:31:00	15	13,5	21,5
02:21:00	-31	-3	-25,5				
02:31:00	-31	-3	-26,5				

FICHE DE MESURE A TEMPS CONSTANT						
Poste de travail observé : TRIAGE	Date de l'analyse	11/04/2022	Observateur	OUALID HOU		
	Heure de l'analyse	12 :50	Fréquence batonnage	30s		
Valeur ajoutée (VA)/ Incident (I)/ Gaspillage (G)	Relevé (bâtons)			Total bâtons	%	Commentaires
Valeur ajoutée	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			53	51,46%	
Préparation	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			18	17,48%	vider les barquettes
Déplacements	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			8	7,77%	
Retouches				0	0%	
Attente	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			13	12,62%	
Autres	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>			11	10,68%	discussion
Total				103	100%	

FICHE DE MESURE A TEMPS CONSTANT					
Poste de travail observé : Vibration	Date de l'analyse	12/04/2022	Observateur	OUALID HOU	
	Heure de l'analyse	11 :42	Fréquence batonnage	30s	
Valeur ajoutée (VA)/ Incident (I)/ Gaspillage (G)	Relevé (bâtons)		Total bâtons	%	Commentaires
Valeur ajoutée	☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☐		53	48,18%	
Préparation			0	0%	
Déplacements			0	0%	
Retouches			0	0%	
Attente	☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑		46	41.82%	
Autres	☑ ☑		11	10,68%	
Total			110	100%	

FICHE DE MESURE A TEMPS CONSTANT						
Poste de travail observé : Contrôle visuel	Date de l'analyse	12/04/2022	Observateur	OUALID HOU		
	Heure de l'analyse	12 :33	Fréquence batonnage	30s		
Valeur ajoutée (VA)/ Incident (I)/ Gaspillage (G)	Relevé (bâtons)			Total bâtons	%	Commentaires
Valeur ajoutée	☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑			52	55,32%	
Préparation				0	0%	
Déplacements				0	0%	
Retouches	☑ ☑ ☑ ☑ ☑			25	26,60%	
Attente	☑ ☑ ☑			13	13,83%	
Autres	☐			4	4,26%	
Total				94	100%	

FICHE DE MESURE A TEMPS CONSTANT						
Poste de travail observé : Emballage	Date de l'analyse	13/04/2022	Observateur	OUALID HOU		
	Heure de l'analyse	10 :18	Fréquence batonnage	30s		
Valeur ajoutée (VA)/ Incident (I)/ Gaspillage (G)	Relevé (bâtons)			Total bâtons	%	Commentaires
Valeur ajoutée	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			53	55,32%	
Préparation	<input type="checkbox"/>			4	3,85%	
Déplacements				1	0%	s'alimenter en carton
Retouches				25	26,60%	
Attente	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>			50	48,08%	
Autres	<input checked="" type="checkbox"/>			5	4,81%	
Total				104	100%	

FICHE DE MESURE A TEMPS CONSTANT						
Poste de travail observé : Pesage	Date de l'analyse	13/04/2022	Observateur	OUALID HOU		
	Heure de l'analyse	12:18	Fréquence batonnage	30s		
Valeur ajoutée (VA)/ Incident (I)/ Gaspillage (G)	Relevé (bâtons)			Total bâtons	%	Commentaires
Valeur ajoutée	☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑			27	35,53%	
Préparation	☑			2	2,63%	
Déplacements	☑ ☑			8	10,53%	
Retouches				0	0	
Attente	☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑			34	44,74%	
Autres	☑			5	6,58%	
Total				76	100%	

FICHE DE MESURE A TEMPS CONSTANT						
Poste de travail observé : Scotchage	Date de l'analyse	14/04/2022	Observateur	OUALID HOU		
	Heure de l'analyse	09:53	Fréquence batonnage	30s		
Valeur ajoutée (VA)/ Incident (I)/ Gaspillage (G)	Relevé (bâtons)			Total bâtons	%	Commentaires
Valeur ajoutée	☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑			46	42,20%	
Préparation				0	0%	
Déplacements				0	0%	
Retouches	☑ ☑			10	9,17%	Panne de scotcheuse
Attente	☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑			36	33,03%	
Autres	☑ ☑ ☑			17	15,60%	
Total				109	100%	

FICHE DE MESURE A TEMPS CONSTANT						
Poste de travail observé : Palettisation et étiquetage	Date de l'analyse	14/04/2022	Observateur	OUALID HOU		
	Heure de l'analyse	11:06	Fréquence batonnage	30s		
Valeur ajoutée (VA)/ Incident (I)/ Gaspillage (G)	Relevé (bâtons)			Total bâtons	%	Commentaires
Valeur ajoutée	☑ ☑ ☑ ☐			46	42,20%	
Préparation				0	0%	
Déplacements	☑ ☑ ☑ ☑ ☑			25	32,05%	
Retouches				0	9,17%	
Attente	☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☑ ☐			34	43,59%	
Autres				0	15,60%	
Total				78	100%	



N° d'agrément : 5450

GMP-03/E01-b : Identification des palettes matière première

Parcelle N° 52, Nouveau Port Agadir Maroc

Date : 2022/03/07

Version : 01

Page 61 sur 71

ANNEXE 9

.....تاريخ

تأكيد Validation	N° BL	وزن البليت Poids	نوع الصناديق Type des caisses	عدد الصناديق Nombre des caisses	فورنيسور fournisseur	رقم البليت N° de palette

Visa responsable emballage :

Filière Ingénieurs IAA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat

Nom et prénom: HOU OUALID

Année Universitaire : 2021/2022

Titre : Optimisation de la ligne de production des fruits rouges surgelés par les outils Lean au sein de la société SODIAS

Résumé

Le présent projet de fin d'études a été effectué au sein de la société SODIAS, il porte sur l'optimisation de la ligne de production des fruits rouges surgelés, par les outils Lean et réduire le taux de réclamation client.

La méthode Lean aide à éliminer les sources de gaspillage pour que la production soit plus performante tout en améliorant les conditions de travail. La surproduction, les mouvements ou les déplacements inutiles, l'accumulation de stocks ou encore les défauts de fabrication sont autant d'éléments qui nuisent à la productivité et à l'efficacité d'une entreprise.

Au début, nous avons réalisé un diagnostic initial en analysant l'état des lieux, nous avons calculé les différents temps constants nécessaires pour la réalisation de la cartographie de la chaîne de valeur qui nous a donné une vision générale sur l'état initial, et nous a permis d'identifier les différents types de gaspillages, ainsi que les activités de non-valeurs ajoutées et leurs coûts.

Dans le but de valoriser le temps consacré à l'ajout d'une caractéristique au produit qui apporte une satisfaction des clients, un plan d'action a été établi pour faire face aux différentes problématiques reconnues par la société.

Nous avons mis l'accent sur le changement de diagramme de la ligne de production en permutant l'étape de triage et l'étape de congélation, ceci permet de réduire le taux des imperfections du produit fini. Le triage de produit à l'état fraîchis permet d'éviter tous types de contamination physique et alors de satisfaire le client en respectant le cahier de charge.

Mots clés : Lean manufacturing, froid industriel, TMR, VSM, Pareto, ISHIKAWA, gaspillage, activité à valeur ajoutée.