



Projet de fin d'études

Pour l'obtention du
Diplôme Ingénieur d'Etat

Spécialité : Conception Mécanique et Innovation

Titre:

Optimisation des lignes de production des olives par les outils du Lean management Étude et conception d'une encolleuse à cartons

Effectué au sein de la société SICOPA de Fès

(Société Industrielle de Conserve d'Olives et de Produits Agricoles)

Période du stage : 5 février – 30 mai 2015

Soutenu le : 30 juin 2015

Par :

Sofia BRYAJ

Membres de Jury :

Pr. Abdelhamid TOUACHE

Pr. M. EL MAJDOUBI

Pr. A. JABRI

Encadré par :

Pr. Abdelhamid TOUACHE (FSTF)

M. Khalid BAHOUSS (SICOPA)

Année universitaire : 2014 - 2015

Remerciement

Avant de commencer ce travail, je tiens à adresser mes remerciements à M. le doyen de la faculté des sciences et techniques et à tous les professeurs qui ont pu contribuer à notre apprentissage durant ces trois années d'études, des connaissances pluridisciplinaires, piliers de nos toutes imminentes occupations professionnelles.

Je tiens à remercier M. Abdelhamid TOUACHE, mon encadrant pédagogique, pour son encadrement, ses conseils fructueux, pour son aide précieuse qu'il m'a accordée.

Mes sincères remerciements, ma reconnaissance et ma profonde gratitude vont à la direction de SICOPA FES, qui m'a permis de passer mon stage au sein de leur établissement.

J'adresse mes remerciements à M Khalid BAHHOUS, mon tuteur de stage d'avoir accepté d'une bonne grâce d'encadrer ce présent travail, et aussi pour la qualité de son encadrement, ses précieux conseils, ses précieuses orientations et son soutien tout au long du déroulement de ce stage.

Mes vifs remerciements vont aussi à tout le personnel de la société SICOPA de Fès et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à accomplir ce travail.

Enfin, Je remercie les membres de jury pour avoir accepté de juger le présent travail.

Resumé

Ce rapport fait l'objet de l'amélioration continue faite au niveau de deux lignes de production d'une société dans le secteur agroalimentaires « SICOPA », les dites lignes de production traitent les olives noires et vertes dénoyautées.

L'amélioration s'est basé l'optimisation de la productivité au niveau de la zone de la marinade des olives ainsi qu'à leur mise en poches, aussi au lissage d'une zone de conditionnement, où la mise en cartons se fait manuellement optimisant la cadence des employées ainsi que l'ergonomie des postes. Une deuxième partie est dédiée à la conception d'une machine encolleuse des caisses en cartons pour le conditionnement des olives noires, faite dans le but d'améliorer la fermeture des caisses selon les exigences du client, cette conception vient dans la cadre de l'amélioration de l'ancienne machine prévue a cet effet vu qu'elle présente plusieurs problèmes durant l'effectuation de sa tâche.

L'amélioration des lignes de production est basée sur l'application des outils du lean management, durant notre application, nous avons eu recours au calcul du Taux de Rendement Synthétique, au niveau de l'ensacheuse qui met en poches les produits finaux, nous avons utilisé le diagramme Pareto, 5S, diagramme Ishikawa, le standard Work, et les 5 pourquoi, en se référant aux modules de INMAA, une institution d'appui à la micro entreprise.

L'étude ergonomique a été faite à l'aide du logiciel CATIA, grâce à l'atelier « human activity analysis » en se référant aux modules d'INMAA.

La conception de l'encolleuse débute d'abord par la définition et l'analyse des problèmes de la machine actuelle, pour en venir à bout de ses problèmes, on a eu recours à des outils de conception au niveau de l'analyse fonctionnelle, tel que la méthode RESEAU, la méthode des 3QOCP et le diagramme de bête a corne.

La conception assistée par ordinateur est faite à l'aide de CATIA, ainsi au niveau des calculs de contraintes pour le dimensionnement, enfin un grafcet a été élaboré pour la compréhension du fonctionnement de la machine.

Table des matières

Introduction	7
Chapitre 1 : Généralité sur la société SICOPA et processus de fabrications	8
I. Aperçu sur SICOPA	9
II. Historique	9
III. Fiche signalétique de la société	10
IV. Organisation de la société	11
V. Les produits de SICOPA	11
1. Produits SICOPA	12
2. Chaîne de production des olives noires	12
3. Chaîne de production des olives vertes	14
Chapitre 2 : Introduction sur le Lean management et ses outils	16
I. Introduction	17
II. Définition d'INMAA	17
1. INMAA c'est quoi ?	17
2. L'observation active d'après INMAA.....	17
3. Définition du TRS	19
III. Qu'est-ce que le Lean ?	22
1. Définition et origine du Lean	22
2. Histoire sur le Lean	22
3. Objectif du Lean.....	22
4. Les principes du Lean management	23
5. Différents outils du Lean	23
Chapitre 3 : Application du Lean management sur les lignes OVD et OND	28
I. Analyse des données et recherche du problème	29
1. Problématique.....	29
2. Observation active de la ligne des Olives Vertes Dénoyautées.....	30
3. Observation active de la ligne des Olives Noires Dénoyautées	37
II. Planification et mise en place des actions correctives	42
1. Ligne de production des olives vertes	42

2.	Ligne de production des olives noires	47
III.	Résultats obtenus	50
IV.	Etude ergonomique des postes	51
1.	Définition de l'ergonomie	51
2.	Application sur le poste de l'emballage	52
3.	Amélioration de l'ergonomie des postes	54
	Chapitre 4 : conception et étude de l'encolleuse à caisses en carton.....	56
I.	Introduction	57
II.	Description de la ligne d'emballage	57
1.	Description de la formeuse de caisses	57
2.	Transformation des cartons en caisse	58
3.	Description de l'encolleuse de caisses en carton	58
4.	Fermeture des caisses en carton	59
III.	Cahier des charges	60
1.	Bref historique	60
2.	Description du contexte actuel	61
3.	Les difficultés présentes	61
4.	Définition du problème	62
5.	Objectif visé :	63
6.	Recherche d'information	63
7.	Analyse fonctionnelle	63
IV.	Recherche de solutions	66
1.	Matrice morphologique :	66
2.	Conception de la machine	67
V.	Calcul et dimensionnement	70
1.	Dimensionnement du moteur et du réducteur.....	70
2.	Dimensionnement du support des poutres en cornière	74
3.	Schéma cinématique	75
VI.	Automatisme de l'encolleuse	77
1.	Introduction	77
2.	Grafcet	78
	Conclusion	78

Liste des figures

Figure 1 : Historique de la société.....	10
Figure 2 : organigramme de la société SICOPA	11
Figure 3 : Les produits de SICOPA.....	12
Figure 4 : bassins d'oxydation	13
Figure 5 : schéma de la réception et de l'oxydation des olives	13
Figure 6 : schéma de la ligne de dénoyautage.....	14
Figure 7 : schéma du processus de production des OVD marinées.....	15
Figure 8 : objectifs d'INMAA.....	17
Figure 9 : subdivision du temps d'un travail.....	18
Figure 10 : les six types de pertes.....	19
Figure 11 : modèle du calcul du TRS validé par l'entreprise.....	21
Figure 12 : schémas de l'amélioration continue du rendement synthétique.....	21
Figure 13 : schéma de l'histoire sur le lean.....	22
Figure 14 : L'édifice LEAN	23
Figure 15 : activité et impact des 5S	24
Figure 16 : Les niveaux d'amélioration de la démarche 5S	25
Figure 17 : Le diagramme Ishikawa.....	25
Figure 18 : exemple de l'application des 5 « pourquoi ? ».....	26
Figure 19 : indicateur du TRS et de l'OPE.....	26
Figure 20 : démarche de l'étude.....	29
Figure 21 : zones étudiées dans le plan de l'usine.....	30
Figure 22 : étapes de fabrication des olives vertes.....	31
Figure 23 : stockage des cartons OVD	33
Figure 24 : schéma de l'application des « 5 pourquoi ? » sur la zone de mise en carton.....	36
Figure 25 : processus de fabrication de solives noires confites slice	37
Figure 26 : Diagramme en cascade du TRS de la machine TOYO1 (Janvier2015).....	38
Figure 27 : Diagramme en cascade du TRS de la machine TOYO1 (Février 2015).....	38
Figure 28 : L'évolution mensuelle du TRS pour la machine TOYO1 (Janvier 2015)	39
Figure 29 : L'évolution mensuelle du TRS pour la machine TOYO1 (Février 2015)	39
Figure 30 : L'évolution mensuelle du TRS pour la machine TOYO1 (mars 2015).....	40
Figure 31 Pareto machine TOYO 1(Janvier 2015).....	41
Figure 32 : Pareto machine TOYO 1(février2015)	41
Figure 33 : schémas de l'état initial et final de la zone de marinade ovd.....	43
Figure 34 : schémas de l'état initial et final de la zone d'emballage et palettisation	43
Figure 35: espace de travail de la zone de mise en carton désordonnée.....	45
Figure 36: Palette de cartons vides.....	46
Figure 37: L'état de la zone après le nettoyage.....	46
Figure 38 : L'espace réservé au stockage des 20 palettes	47
Figure 39: chariots en vrac	49
Figure 40 : chariot à plateau	49
Figure 41 : graphe du suivi du TRS – Avril	49
Figure 42 : Diagramme en cascade du TRS de la machine TOYO1 (Avril 2015).....	50
Figure 43: origines et conséquences des TMS	51
Figure 44 : façon actuel des déversements des chariots de poches BSL.....	52
Figure 45 : ramassage des poches d'olives dans les cartons	52

Figure 46 : vidage des futs	53
Figure 47 : Chariot pour autoclave.....	54
Figure 48 : utilisation de l'encageur pour vidage des chariots.....	54
Figure 49 : Mise des poches dans le séchoir	55
Figure 50: remplissage automatique des bacs par le tapis roulant	55
Figure 51: ligne d'emballage	57
Figure 52: formation du carton.....	58
Figure 53: dessin de l'encolleuse actuelle.....	59
Figure 54: fermeture des caisses de cartons	60
Figure 55: point de collage de la caisse.....	60
Figure 56: anomalies de l'ancienne encolleuse	62
Figure 57: diagramme bête à corne de la machine encolleuse	63
Figure 58: diagramme des inters acteurs de la machine encolleuse	64
Figure 59: Photo montrant un exemple d'une encolleuse à caisse	65
Figure 60: Conception de l'encolleuse à l'aide du logiciel CATIA	67
Figure 61 : CAO du convoyeur a bande	68
Figure 62: fonctionnement du pistolet à colle	68
Figure 63: Fermeture automatique des caisses	69
Figure 64: protection contre la colle haute fusion	69
Figure 65: rouleaux pour le serrage.....	70
Figure 66: tapis rugueux.....	70
Figure 67: calcul de masse à l'aide de CATIA.....	75
Figure 68 : rabatteuse de caisses	75
Figure 69: Schéma cinématique de la rabatteuse a caisse	76
Figure 70: obstacle de la caisse	76
Figure 71: schéma cinématique de l'obstacle pour la caisse.....	76
Figure 72: grafcet de l'encolleuse	78

Liste des tableaux

Tableau 1 : description de la zone de marinade - ensachage.....	31
Tableau 2: description des chariots destinés au traitement thermiques des ovd.....	32
Tableau 3: description de la zone de conditionnement en carton et palettisation (OVD)	32
Tableau 4: les MUDA constatés dans la ligne de production des olives vertes	33
Tableau 5: les problèmes engendrés.....	35
Tableau 6: diagramme de Pareto des durées cumulées des arrêts de la machine TOYO1 –janvier- ...	41
Tableau 7: plan d'action du Lean management	42
Tableau 8: mise en œuvre du plan d'action sur la zone de marinade	44
Tableau 9: rangement du matériel de la zone	46
Tableau 10: plan d'action de la ligne (ONS).....	48
Tableau 11: mesure de temps des différentes étapes d'un cycle entier des machines TOYO.....	48
Tableau 12: résultats du Lean management	50
Tableau 13: cause des problèmes de l'ancienne encolleuse :.....	61
Tableau 14: matrice morphologique.....	66

Introduction

Le secteur agroalimentaire a toujours constitué un pilier de l'économie marocaine qui permet de répondre aux besoins alimentaires du pays en première nécessité.

Le domaine des conserves alimentaires, occupant une place importante dans ce secteur, a connu un grand essor grâce à l'évolution de la diversité de ses produits qui tiennent une place significative dans l'alimentation humaine.

SICOPA est l'une des sociétés des conserves alimentaires qui accentue son avance par son savoir-faire, sa capacité d'innovation, les compétences de son personnel et surtout par ses outils de production et sa démarche qualité qui ont pour but essentiel de satisfaire en particulier les exigences et les besoins des consommateurs.

En cherchant l'amélioration, la société déploie un grand effort en se basant sur des démarches modernes pour maintenir la qualité et la sécurité des produits en réduisant au maximum les gaspillages.

Le sujet du stage était de contribuer à l'amélioration des lignes de production d'olives vertes et noires dénoyautées selon le système Lean management. Ainsi l'amélioration de la partie avale de la ligne d'emballage des olives noires, par l'étude de la conception d'une encolleuse à caisses pour carton, pour répondre aux exigences du client.

Le présent rapport décrit la démarche du travail effectué en quatre chapitres :

Chapitre I : il fait l'objet d'une présentation sur la société d'accueil du stage en citant son historique, organisation, et ses différents produits, ainsi que la démarche de fabrication des produits dont l'étude nous concerne.

Chapitre II : décrit la partie théorique des généralités sur le Lean management et ses outils avec lesquelles on s'est basé pour mener notre étude, ainsi que des définitions sur le taux de rendement synthétique.

Chapitre III : ici on a parlé de l'amélioration apportée aux lignes de production (OND et OVD) selon le système Lean management, et les résultats obtenus par la suite. Ainsi qu'une étude ergonomique des postes dans la ligne des olives vertes.

Chapitre IV : Dans le cadre de l'amélioration aussi, on a procédé à une conception et étude de l'encolleuse à caisses en carton, ceci dans le but de l'amélioration de la partie avale de la ligne de conditionnement des olives noires.

CHAPITRE

1

Généralité sur la société SICOPA et processus de fabrications

Le présent chapitre donne une vue générale sur l'environnement du projet, vous trouvez dans cette partie :

- Présentation de l'organisme d'accueil (SICOPA)
- Description du Processus de production

I. Aperçu sur SICOPA

SICOPA est une société Industrielle de Conserves d'Olives et de Produits Agricoles, a été créée en 1974 par M. Abderrahmane Benzakour Knidel au quartier industriel Sidi Brahim à Fès. Son activité est orientée principalement vers l'exportation des produits alimentaires dans le monde entier et plus précisément l'Amérique, Europe, Australie et Asie. Elle dispose d'un parc machines parmi les plus performantes dans son secteur d'activité, qui permet de garantir un produit de tradition au goût typiquement méditerranéen et qui est en plus adapté aux exigences des clients.

SICOPA a pu s'intégrer dans le domaine de l'industrie alimentaire par la qualité, la richesse de sa gamme de produits conforme aux normes internationales ce qui lui permet de se positionner comme une des entreprises meilleures dans son secteur d'activité au Maroc. La société emploie 135 personnes permanentes et 237 occasionnelles.

Les objectifs de la société

SICOPA a fixé plusieurs objectifs comme :

- ✓ Anticiper les besoins.
- ✓ Comprendre les attentes de ses clients.
- ✓ Répondre aux différentes attentes et exigences du marché international.
- ✓ Assurer une parfaite conformité de la production à la spécification requise à travers son laboratoire des analyses.
- ✓ Effectuer d'une manière continue des recherches pour le développement de nouveaux produits
- ✓ Fournir des produits de très bonne qualité.

II. Historique

La société Industrielle de Conserves d'Olives et de Produits Agricoles (SICOPA) a été créée en 1974 à Fès par la famille BENZAKOUR KNIDEL.

Au fil du temps, la société n'a cessé d'évoluer. Son historique retrace l'acquisition de son avantage compétitif sur le marché international. Ainsi, la 'SICOPA' s'est "pérennisée", sachant conserver la Tradition tout en continuant d'avancer en intégrant les meilleurs procédés.

A partir de 2008. SICOPA fut acquise par MarocInvest, qui est une société de gestion de fonds d'investissement et filiale de TunInvest Finance Group, leader dans les métiers du capital investissement au Maghreb et en Afrique Subsaharienne.

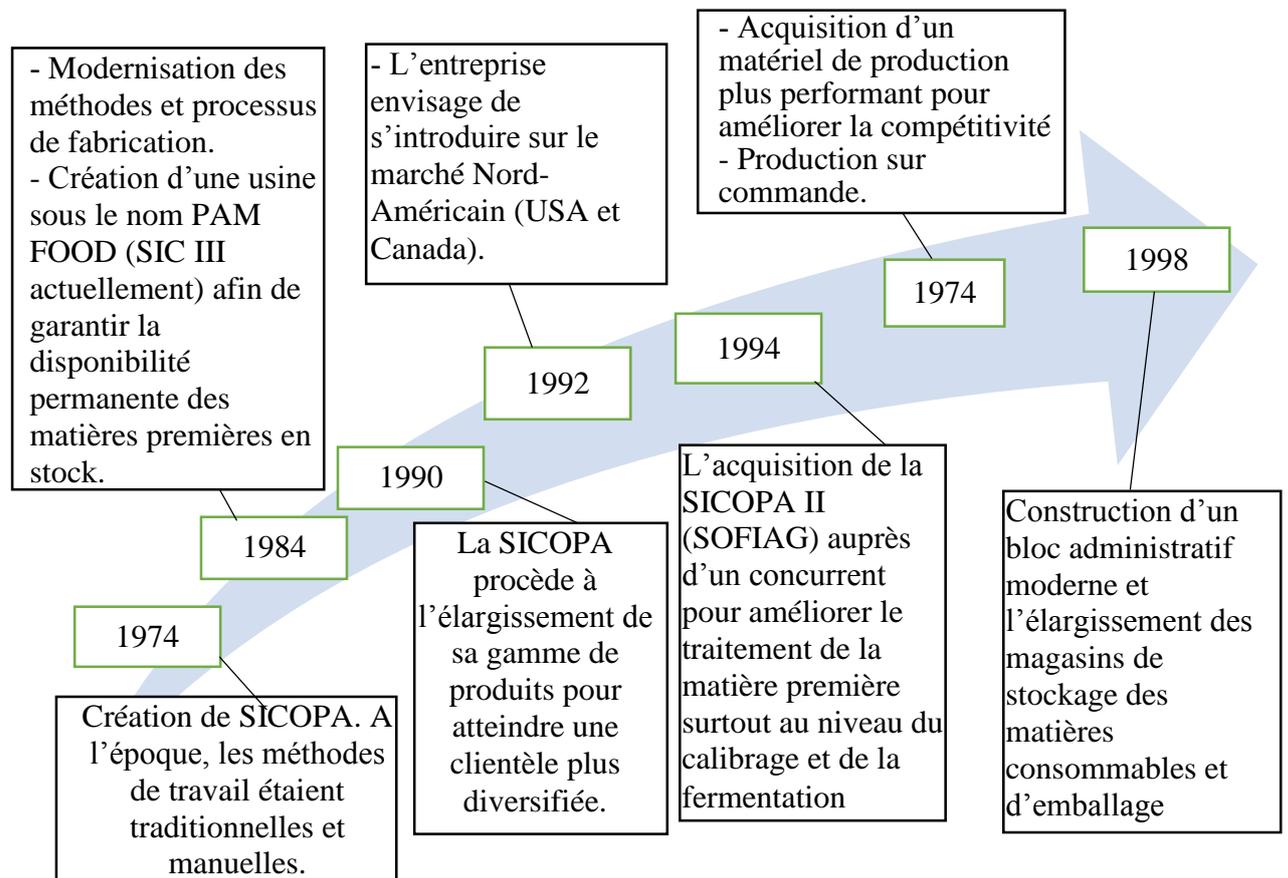


Figure 1 : Historique de la société

III. Fiche signalétique de la société

Raison Social	: Société Industrielle de Conserves d'Olives et de Produits Agricoles.
Secteur d'activité	: Conserverie des olives, câpres, poivrons et légumes grillés
Siège Social	: Rue Ibn Benna, Qi Sidi Brahim BP 2049 Fès Maroc
Statut juridique	: Société anonyme
Capital social	: 80.000.000,00 MAD.
Chiffre d'Affaires	: 123 MMAD avec 98% à l'export.
Marché	: Amérique, Europe, Australie et Asie.
Effectif	: 135 personnes permanentes.
contact	TEL : +212 535 644698 FAX : +212 535 65 82 61 Email : sicopa@menara.ma

IV. Organisation de la société

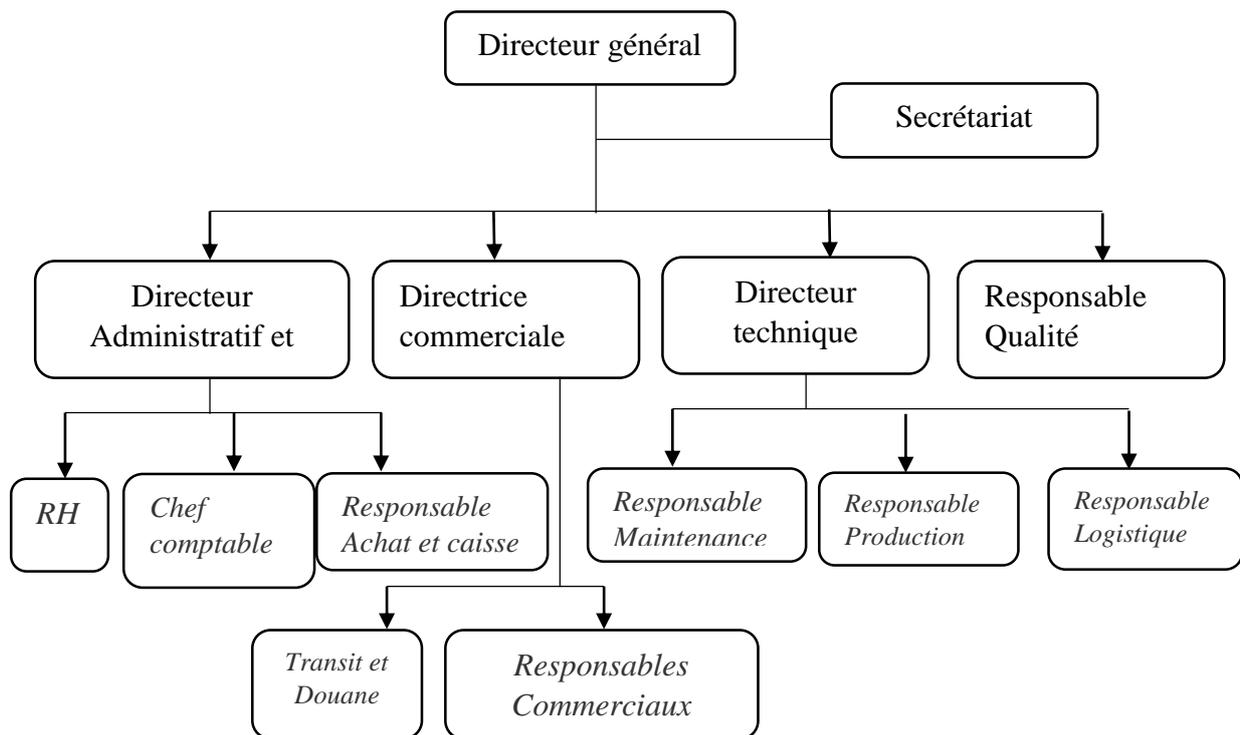


Figure 2 : organigramme de la société SICOPA

V. Les produits de SICOPA

Cette société fabrique et commercialise plusieurs variétés de produits qui sont généralement

- ✓ Olives noires et vertes en rondelles.
- ✓ Olives marinée vertes.
- ✓ Olives noires confites dénoyautées.
- ✓ Olives vertes dénoyautées.
- ✓ Câpres et Caprons.
- ✓ Mini poivrons.
- ✓ Légumes grillés.



Parmi cette grande variété des produits, les olives noire en rondelles se considèrent comme le roi des produits de SICOPA.

1. Produits SICOPA



L'olive : SICOPA fabrique l'olive de conserve : vert ou noir, naturelle ou ridée (façon grecque). Elle prépare aussi des olives cuisinées avec des saveurs différentes.



La câpre : de plaine comme de roche, la câpre marocaine est certainement la meilleure au monde pour son goût relevé et sa couleur verdâtre. SICOPA ramasse les câpres et les caprons dans les régions de Taounate et Safi, où leurs qualités sont mondialement reconnues, et suit un processus qui permet d'exalter pleinement l'arôme spécifique de la câpre et du capron.



Le Mini Poivron : de forme arrondie et de couleur cerise, il est soigneusement farci au fromage français ou aux fruits de mer méditerranéenne pour lui donner un goût exceptionnel.

Les mini poivrons font l'objet d'une sélection très minutieuse des semences. Ils sont cultivés en plein champ, bénéficiant ainsi des conditions naturelles exceptionnelles de la plaine de Saïss.



Les légumes Grillés : ils sont coupés en tranches puis grillés et marqués pour les rendre appétissants.

Les Aubergines, Les Tomates, Les Poivrons, Les Courgettes



Les produits Surgelés: Destinés principalement aux clients industriels et traiteurs, tous les légumes sont proposés dans une gamme surgelée. Pour satisfaire les besoins, ils pourront être grillés, frits, séchés, entiers, en cubes, slicés, cuisinés, pour à la fois garder leurs vertus nutritionnelles et leur goût.

Figure 3 : Les produits de SICOPA

2. Chaîne de production des olives noires

SICOPA possède plusieurs lignes de productions tenant compte des variétés de produits qu'elle fabrique. Dans ce chapitre nous allons voir les étapes de productions des olives noires. En effet, sur cette ligne une observation active a été menée afin de travailler sur le Lean Manufacturing pour d'éventuelles améliorations.

Etape 1 : Réception de la matière première

La réception des olives se fait à travers des camions citernes, après le pesage du contenu du camion, les olives passent aux bassins d'oxydation à travers un système de motopompe. Le remplissage des bassins se fait par une saumure afin d'éviter le choc des olives avec les bassins de traitement (matelas).



Figure 4 : bassins d'oxydation

Les olives ont besoin de 72 h pour être oxydées. Cette étape permet de changer la couleur des olives en noir par barbotage mécanique d'air.

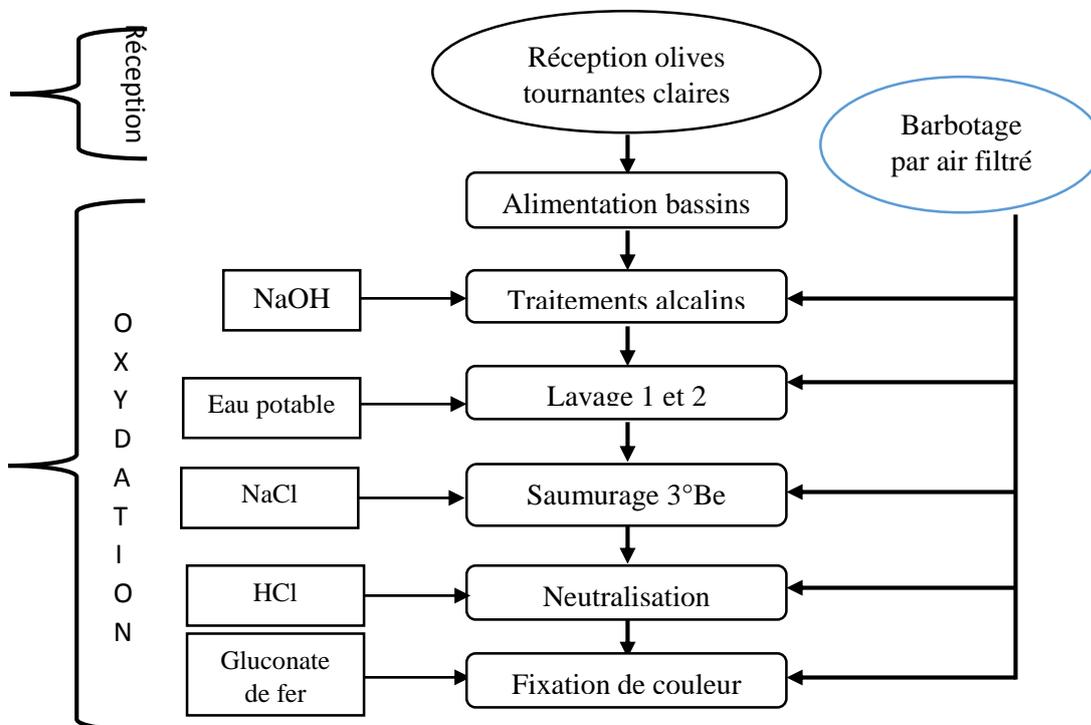


Figure 5 : schéma de la réception et de l'oxydation des olives

Etape 2 : dénoyautage et découpage

Afin de séparer les noyaux de la chair, les olives passent par la dénoyauteuse, ensuite ils sont coupés en rondelles, durant cette étape les olives non conformes sont mis à part selon le principe d'Archimède avec le changement du degré de sel.

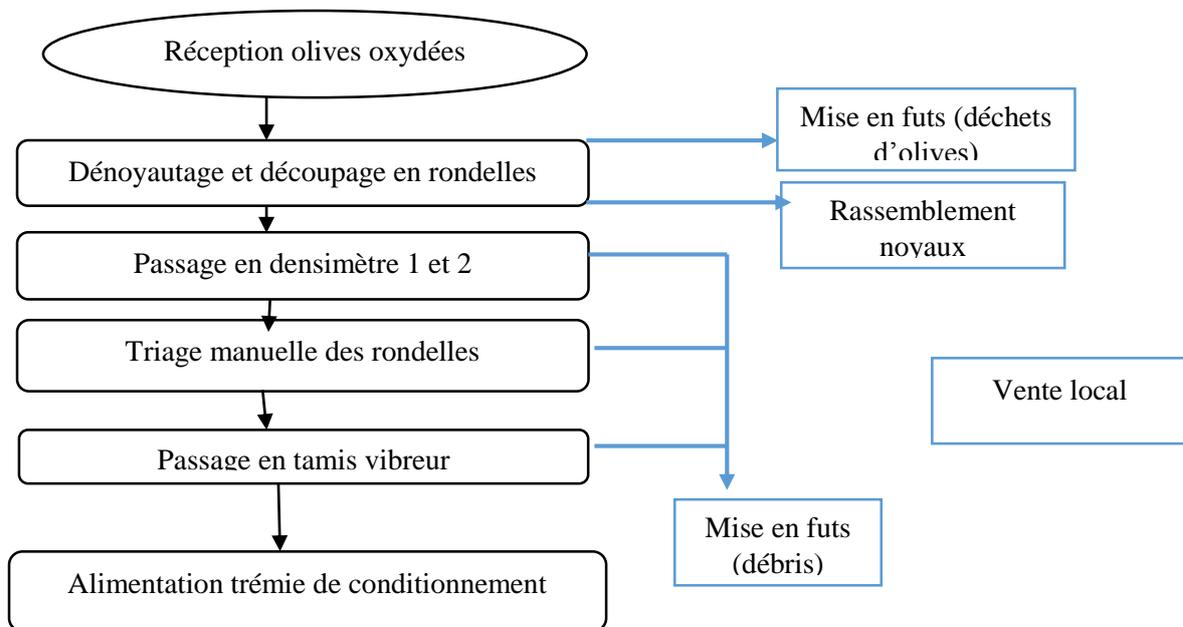


Figure 6 : schéma de la ligne de dénoyautage

Etape 3 : Conditionnement en poche et stérilisation

Le conditionnement réside dans le remplissage des poches par les rondelles d'olives à travers l'ensacheuse avec un rendement qui arrive jusqu'au 34 poches par minute sans oublier que chaque poche pèse 396g.

La stérilisation commence par la mise des poches dans des chariots qui sont ensuite mis dans des autoclaves servant au traitement thermique, Chaque autoclave peut contenir au maximum 6 chariots sachant que chaque chariot contient 120 poches.

La stérilisation permet d'éliminer tous les micros organismes vivants portés par des milieux inertes contaminés. Ce après quoi ils sont refroidis.

Dernière étape : Etiquetage et stockage

L'étape qui suit la stérilisation c'est l'étiquetage et le passage par les rayons X, vient ensuite la mise en carton et la palettisation.

Le produit fini est stocké à température ambiante pendant une durée de 10 jours (dite période d'incubation) avant d'être expédié.

3. Chaîne de production des olives vertes

Il en existe plusieurs variétés suivant la saveur demandé par le client, néanmoins les olives vertes sont faits par la même manière, leur différences réside dans les ingrédients ajoutés, leur fabrication se fait suivant le schéma suivant :

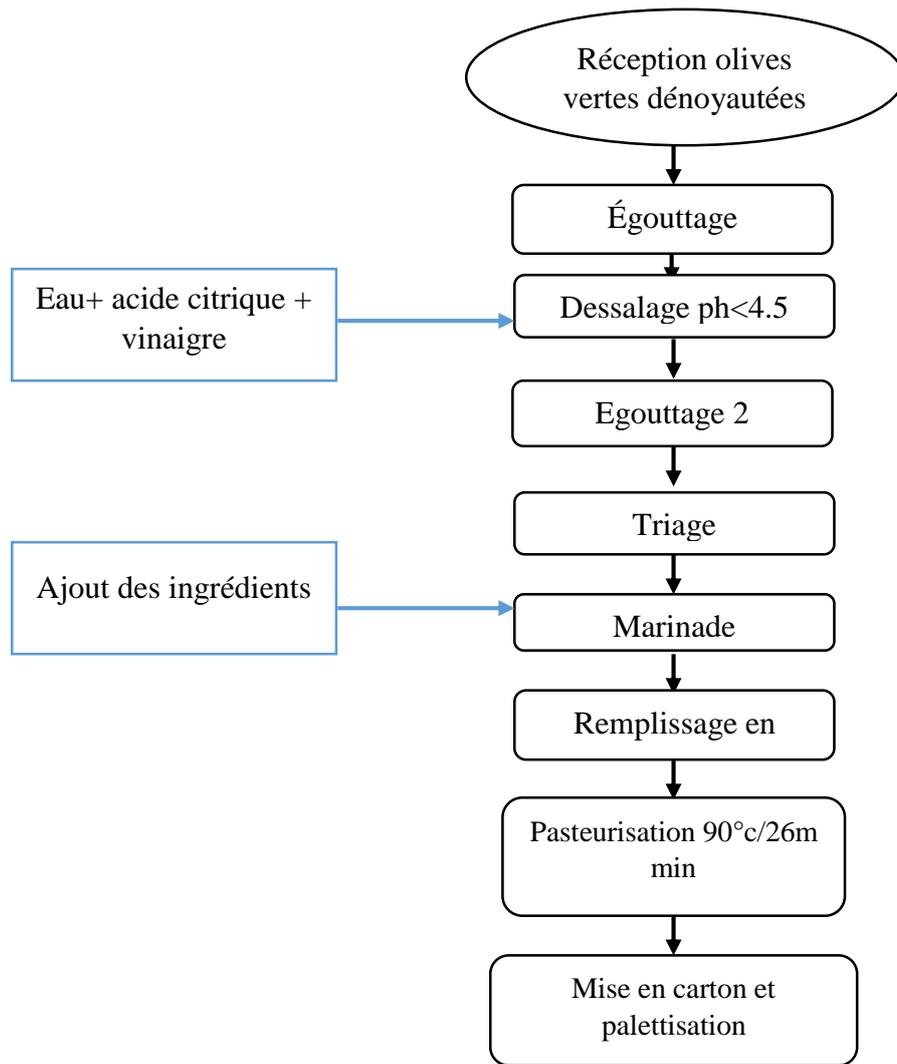


Figure 7 : schéma du processus de production des OVD marinées

CHAPITRE

2

Introduction sur le Lean management et ses outils

Ce présent chapitre présente la problématique du sujet de stage qui est l'application du Lean management au sein des lignes de productions des olives dénoyautées ainsi que les outils utilisés à ces fins.

I. Introduction

Pour introduire une amélioration sur une ligne de production quelconque, on a besoin de déterminer les points qu'il faut améliorer, pour déterminer ces points l'usine SICOPA se base principalement sur l'observation active, et les mesures des temps, le programme INMAA a été mise en place à cet effet. Dans la suite, nous allons définir ce programme.

II. Définition d'INMAA

1. INMAA c'est quoi ?

INMA est une Institution Marocaine d'Appui à la Micro-Entreprise. C'est une association à but non lucratif spécialisée dans le domaine du microcrédit. Elle est régie par le droit des associations et par la loi 18-97 qui régleme le secteur du microcrédit. Elle a été créée en 1999 à l'initiative de l'Association Marocaine de Solidarité et de Développement (AMSED). Elle a commencé ses opérations en 2001 à Ouarzazate.

L'appui à la micro entreprise marocaine par l'offre des services financiers et l'accompagnement de proximité. C'est Un dispositif unique en son genre affichant deux ambitions majeures :

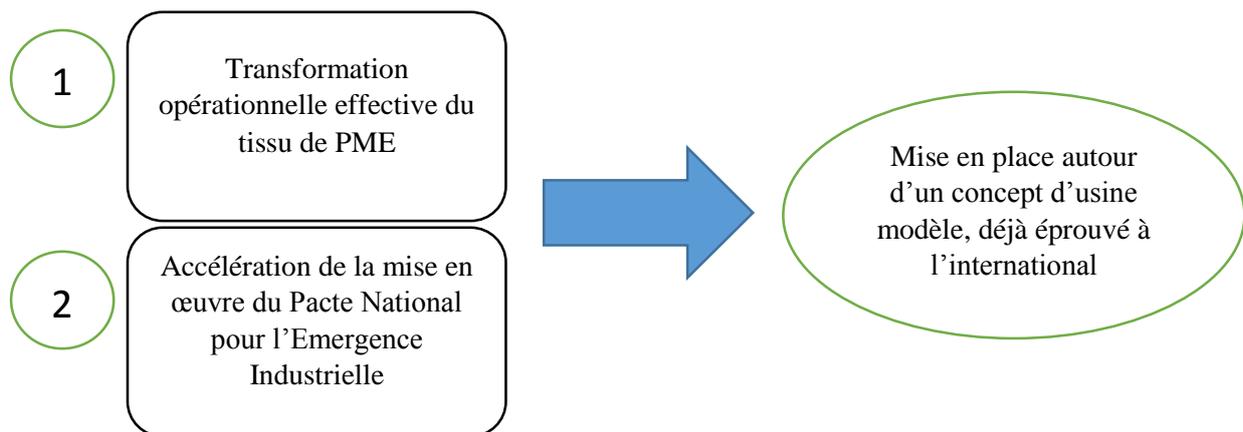


Figure 8 : objectifs d'INMAA

2. L'observation active d'après INMAA

L'observation active est une démarche de recherche d'informations sur la réalité du déroulement des opérations. Elle se déroule sur le terrain en donnant lieu à des éléments de synthèse factuels. Elle permet l'identification de leviers d'amélioration, c'est en cela qu'elle est active.

Pour la démarche d'amélioration, la notion de valeur ajoutée est essentielle, on définit une valeur ajoutée par toute valeur qu'on ajoute à un produit brut, que le client est prêt à payer.

Durant la transformation d'une matière première en produit brut, il existe différents temps de travail qui n'entre pas dans l'ajout de cette valeur, ce qui nous conduit à subdiviser le temps en 3 parties comme le montre le schéma suivant :

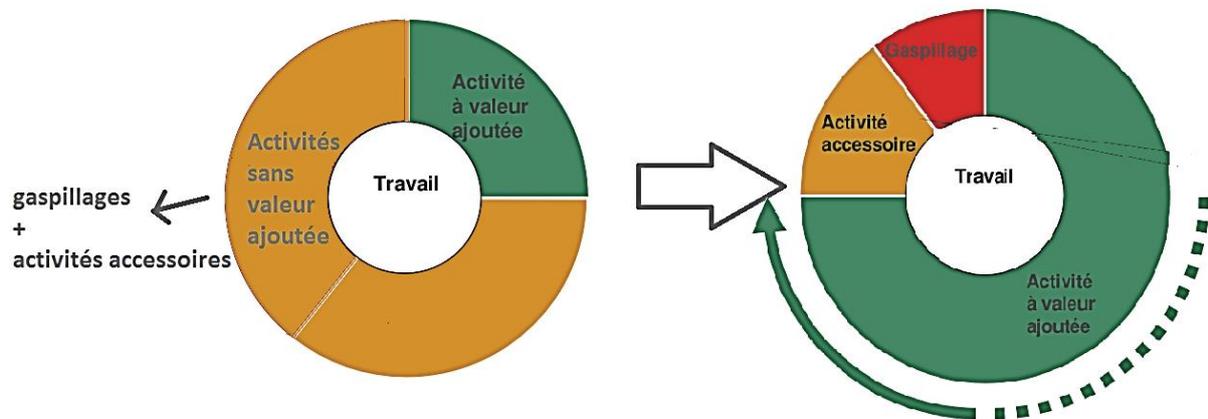


Figure 9 : subdivision du temps d'un travail

L'objectif d'une observation est d'identifier les gaspillages et les activités accessoires pour en diminuer la proportion

Définition des activités accessoires

Travail n'ajoutant pas directement de valeur pour le client, mais nécessaire pour réaliser les opérations (ex. Réglage d'une nouvelle série sur une machine, archivage de dossiers)

Définition des gaspillages

Taïchi Ohno, père fondateur du Système de Production Toyota, a défini 3 familles de gaspillages :

- ✓ Muda (tâche sans valeur ajoutée, mais acceptée)
- ✓ Muri (tâche excessive, trop difficile, impossible)
- ✓ Mura (irrégularités, fluctuations)



Un Muda est une activité improductive, qui n'apporte pas de valeur aux yeux du client. Mais tout le monde accepte et pratique cette activité, sans la remettre en question. Néanmoins, certaines tâches sans valeur ajoutée sont obligatoires (archivage, sauvegarde...). La Pensée Lean suggère que pour créer efficacement de la valeur, il est indispensable d'identifier les gaspillages et de les éliminer ou de les réduire, afin d'optimiser les processus de l'entreprise. Bien qu'issus de l'industrie, les « Mudas » peuvent être aisément transposés dans tout type d'activités (services, IT, santé, formation, logistique, finance...).

Les types de Muda :

- ✓ La Surproduction
- ✓ Le Sur stockage ou Stocks Inutiles
- ✓ Les Déplacements Inutiles
- ✓ Les Traitements Inutiles ou Surprocessing

- ✓ Les Mouvements Inutiles
- ✓ Les Erreurs, les Défauts et les Rebuts
- ✓ Le Temps d'Attente

Les 7 Gaspillages : en fait, il y en a 8 !

- ✓ La sous-utilisation des compétences

Un manque de formation, un management rigide et autoritaire, peu de motivation, de reconnaissance et d'implication entraînent une sous-utilisation des compétences des employés. Ce qui nuit gravement à la créativité et à l'esprit d'équipe.

3. Définition du TRS

Le TRS : est un indicateur destiné à suivre le taux d'utilisation de machines ; il permet de valoriser les « pertes temps » de production. Le principe de la mesure est le suivant:

A partir d'un «taux de rendement» de 100%, purement théorique (les machines fonctionneraient en permanence à vitesse maximale, sans panne, sans réglage et sans aucun produit non conforme!), les temps des différentes pertes de rendement sont mesurés et retranchés à 100% pour obtenir le «taux de rendement» réel de l'installation.

Six grands types de pertes réduisent la performance

Chaque processus connaît au cours de son utilisation des arrêts mineurs ou majeurs, parfois ils sont certes essentiels, mais des arrêts excessifs influent sur le rendement, en conduisant à se comporter comme des pertes. Pour faire augmenter le rendement d'un processus, il faudrait neutraliser ses pertes, il en existe 6, comme ils sont expliqués dans le schéma suivant :

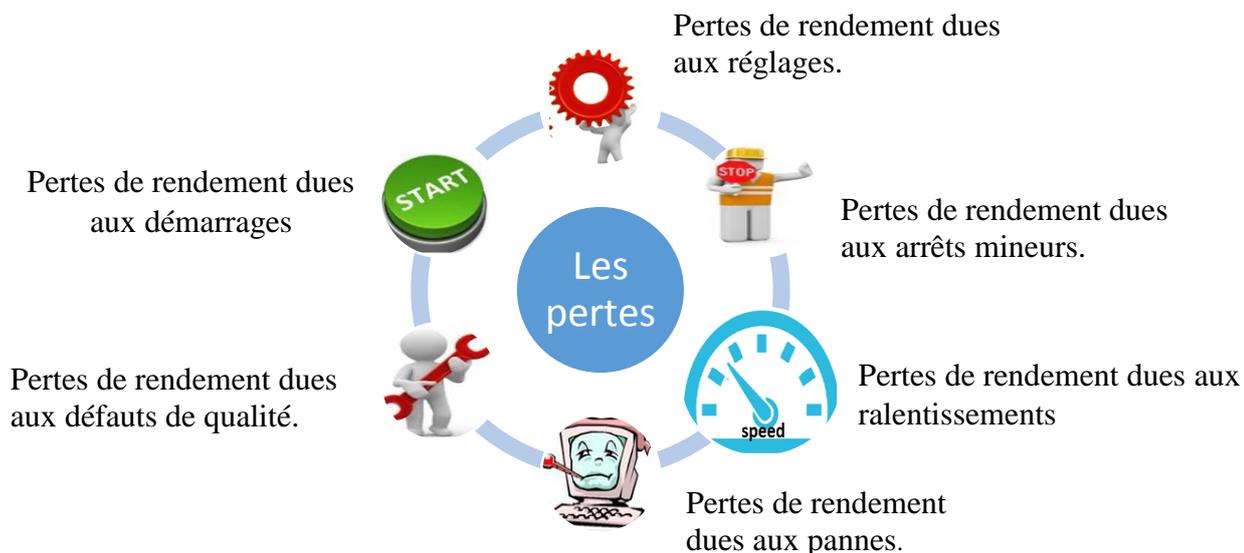
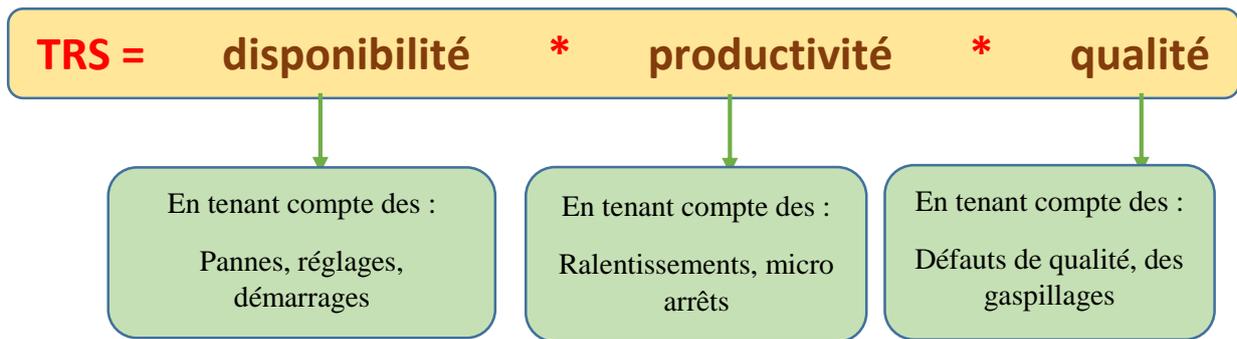


Figure 10 : les six types de pertes

Il s'agit donc d'abord de mesurer les temps des différentes catégories de pertes; le taux de rendement (TR) est ensuite obtenu par le produit de trois facteurs :



Si on veut calculer les différents taux à partir des temps de différentes catégories de pertes ceci nous donne :

Disponibilité

$$\frac{\text{temps d'ouverture} - \text{temps d'arrêts}}{\text{temps d'ouverture}}$$

Le temps d'ouverture est égal à l'ouverture planifiée dont on soustrait les temps planifié des pauses et réunions d'équipe pour des équipements dont le fonctionnement n'est pas automatique.

Productivité

$$\frac{\text{temps de fonctionnement} - \text{pertes de temps dus aux ralentissement}}{\text{temps de fonctionnement}}$$

Qualité

$$\frac{\text{temps net} - \text{pertes de temps du a des defauts de qualité}}{\text{temps net}}$$

En gros, voici un schéma explicatif qui montre les différents temps calculés, ainsi que le taux de rendement synthétique et le taux de rendement global

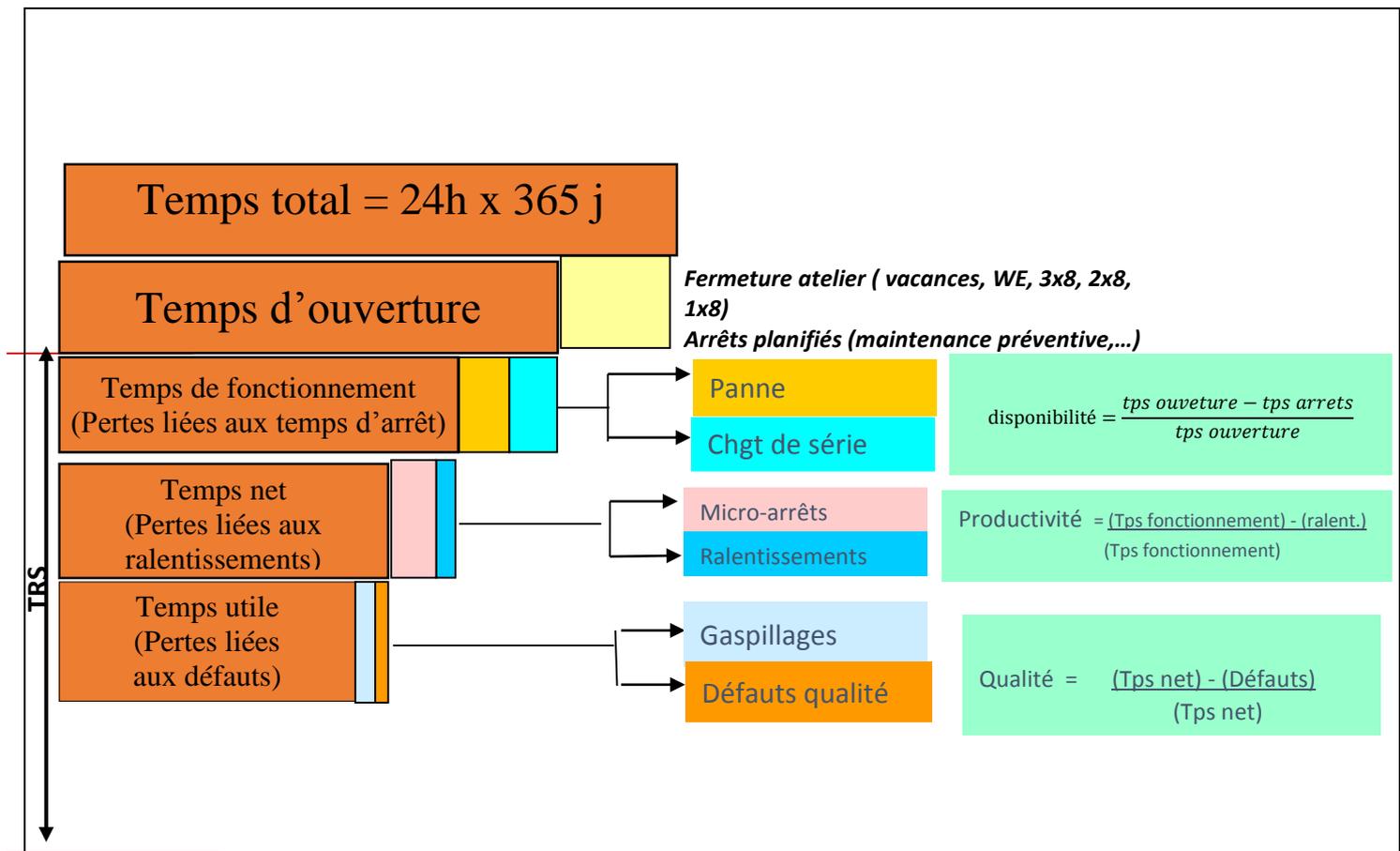


Figure 11 : modèle du calcul du TRS validé par l'entreprise

On pourra pour ainsi dire que la valeur du taux de rendement synthétique se calcul comme le montre l'équation suivante :

$$TRS = \frac{\text{Temps utile}}{\text{temps d'ouverture}} = \text{disponibilité} * \text{productivité} * \text{qualité}$$

Il est à noter que le calcul du TRS est une démarche d'amélioration continue. L'amélioration du TRS ne doit pas être ponctuelle. C'est une démarche de progrès qui suit le schéma suivant :

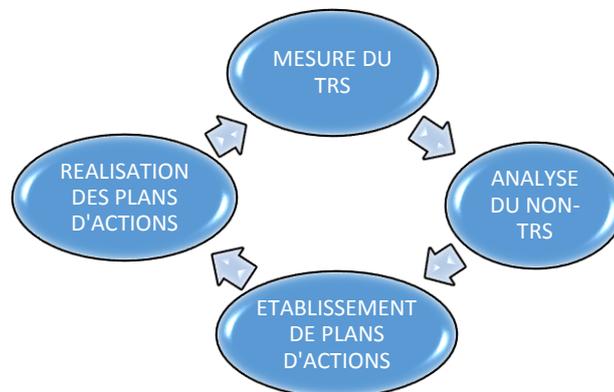


Figure 12 : schémas de l'amélioration continue du rendement synthétique

III. Qu'est-ce que le Lean ?

1. Définition et origine du Lean

Le terme *Lean*, de l'anglais *Lean*, « maigre », « sans gras », sert à qualifier une théorie de gestion de la production qui se concentre sur la « gestion sans gaspillage », ou « gestion allégée » ou encore gestion « au plus juste »

L'école de gestion *Lean* trouve ses sources au Japon dans le système de production de Toyota ou SPT (en anglais *Toyota Production System* ou *TPS*).

Le Lean est un ensemble intégré de principes, de pratiques, d'outils et de techniques conçus pour éradiquer les causes de mauvaise performance opérationnelle.

2. Histoire sur le Lean

Alors qu'apparaissent les premiers concepts d'élimination du gaspillage et les études du mouvement. Henry Ford, en 1910, invente la ligne de montage pour la Ford T, produit standard. Alfred P.Sloan améliore le système Ford en introduisant chez GM le concept de diversité aux lignes de montage.

Après la seconde guerre mondiale, Taiichi Ohno et Shigeo Shingeo créent pour Toyota les concepts de «juste à temps», «waste reduction», «pull system» qui, ajoutés à d'autres techniques de «mise en flux», créent le Toyota Production System (TPS).

Depuis cette période, le Toyota Production System (TPS) n'a jamais cessé d'évoluer et de s'améliorer. James Womack en 1990 synthétise ces concepts pour former le Lean manufacturing, alors que le savoir-faire japonais se diffuse en Occident au fur-et-à mesure qu'apparaît évident le succès des entreprises qui appliquent ces principes et techniques.

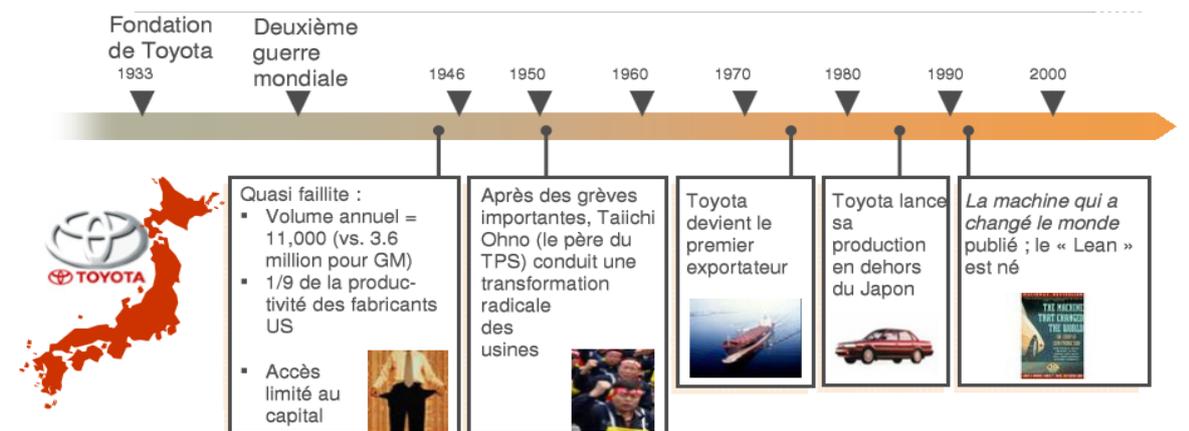


Figure 13 : schéma de l'histoire sur le Lean

3. Objectif du Lean

L'objectif du Lean est d'optimiser la qualité, les coûts et les délais de livraison, tout en améliorant la sécurité du personnel. Pour atteindre un tel objectif, il convient d'agir sur les trois

sources d'inefficacité de tout système opérationnel : les gaspillages, la variabilité et le manque de flexibilité.

Les différentes méthodes Lean utilisées dans ce projet sont dans le but d'éliminer ces défaillances existantes dans les chaînes de montages du projet Ford ainsi que le magasin de matière première « supermarché » qui alimente celle-ci par les composants nécessaires par poste.

4. Les principes du Lean management

Comme le montre la Figure, les principes du LEAN peuvent être représentés par un édifice, avec ses fondations et ses piliers. .

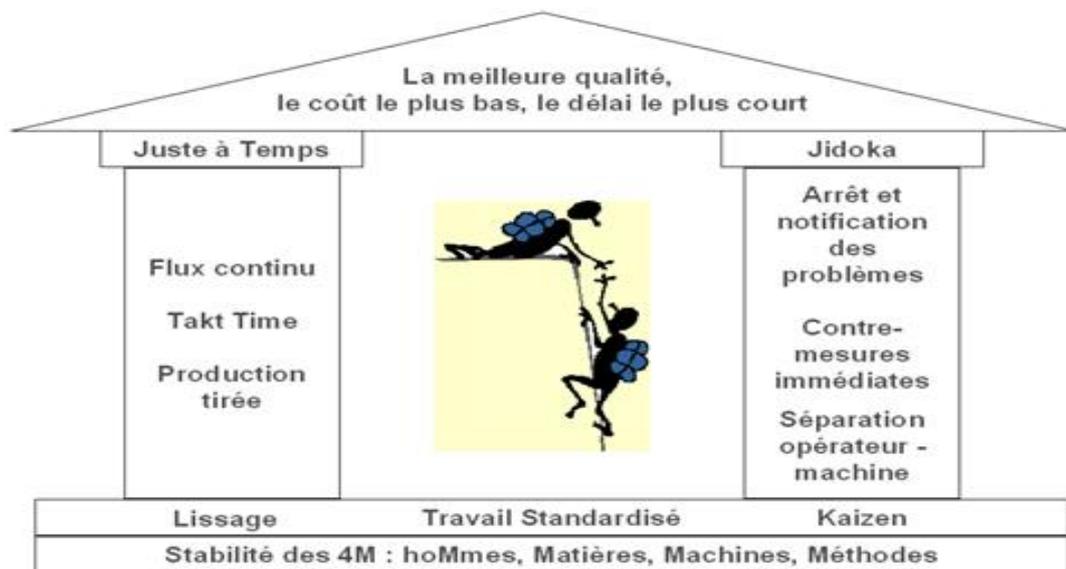


Figure 14 : L'édifice LEAN

L'objectif du LEAN est ainsi d'optimiser la qualité, les coûts et les délais de livraison tout en impliquant le personnel par une démarche participative. Les points optimisés permettent d'atteindre l'excellence industrielle.

Cette excellence industrielle est atteinte par l'obtention de 3 objectifs principaux représentés par le toit de l'édifice LEAN et qui sont :

- ✓ La qualité des produits fabriqués
- ✓ Le coût le plus bas
- ✓ Le délai le plus court

Les fondations de l'édifice LEAN garantissent l'atteinte de l'excellence industrielle en se basant sur divers concepts.

5. Différents outils du Lean

Pour atteindre les objectifs du Lean management, il faut se référer à ses outils, le Lean possède des outils diversifiés dont on va utiliser certains pour porter les améliorations sur les lignes « olives noires dénoyautées » et « olives vertes dénoyautées ».

- ✓ Les 5s
- ✓ Diagramme Ishikawa
- ✓ Les 5 « pourquoi ? »
- ✓ Le TRS
- ✓ Le diagramme Pareto
- ✓ Le standard work

Les 5S

Les 5S viennent du nom japonais des 5 activités d'organisation du lieu de travail, elles permettent à l'observateur de voir les écarts et de contribuer à revenir aux standards.

Le schéma suivant présente les 5S, leurs activités et impacts

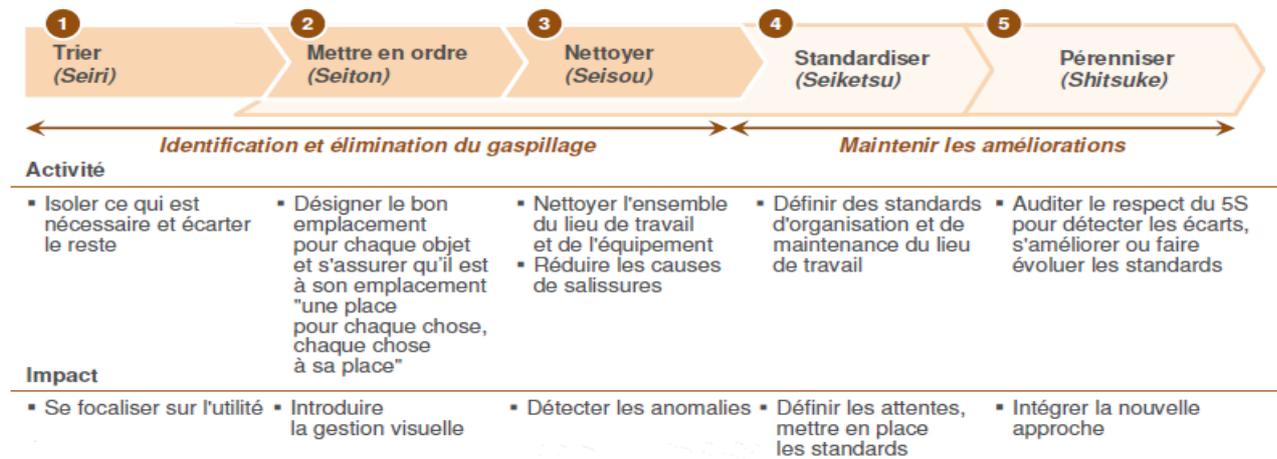


Figure 15 : activité et impact des 5S

- ✓ (1) Trier (seiri)

Pour trier il faut se poser et répondre aux questions suivantes : A quoi sert cet objet ? Qui l'utilise ? A quelle fréquence ? Est-ce vraiment l'objet le plus adéquat pour son utilisation ?

- ✓ (2) Mettre en ordre (seiton)

Ranger les objets utiles selon les fréquences d'utilisation et en respectant les règles de sécurité et organiser un rangement permettant de trouver immédiatement ceux dont on a besoin.

- ✓ (3) Nettoyer (seisou)

Remettre l'installation dans son état d'origine et garantir la présence des outils de nettoyage et des méthodes de travail.

- ✓ (4) Standardiser (seiketsou)

Mettre en forme des règles de nettoyage et de rangement (fréquence de rangement, liste d'activité, responsable), et créer des listes de contrôle 5S standardisées.

- ✓ (5) Pérenniser (shitsuke)

Respecter les règles écrites par les opérateurs et planifier des audits réguliers et les exécuter de façon rigoureuse

L'application des 5S au sein d'une zone de travail assure une amélioration sur 4 niveaux illustrés dans la figure ci-dessous.

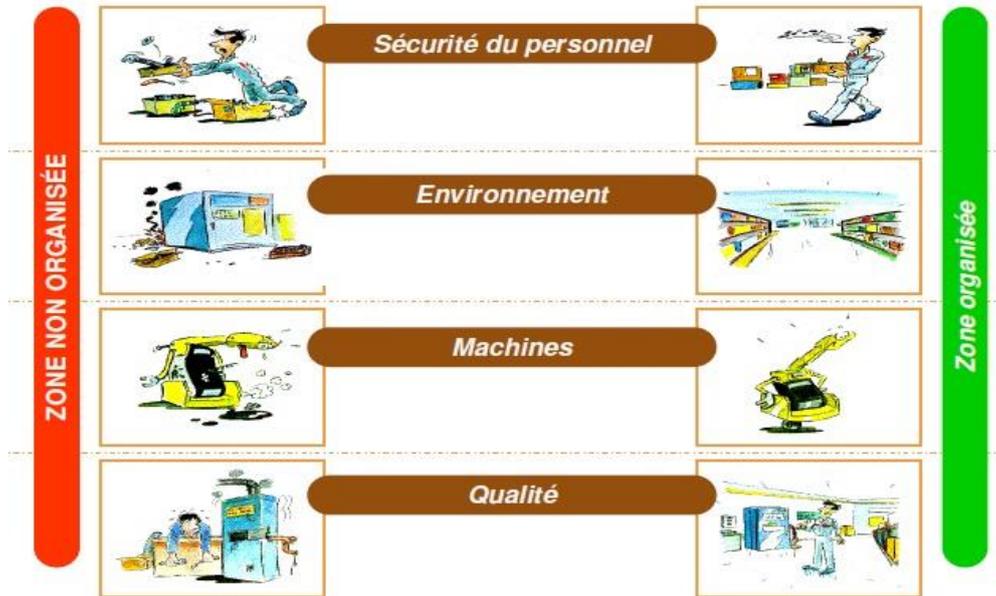


Figure 16 : Les niveaux d'amélioration de la démarche 5S

Le diagramme Ishikawa

Le diagramme d'Ishikawa (ou diagramme causes/effet, également nommé « diagramme en arête de poisson ») consiste à classer par famille les causes susceptibles d'être à l'origine d'un problème, afin de rechercher les solutions pertinentes.

La Figure n°15 présente le diagramme d'Ishikawa standard

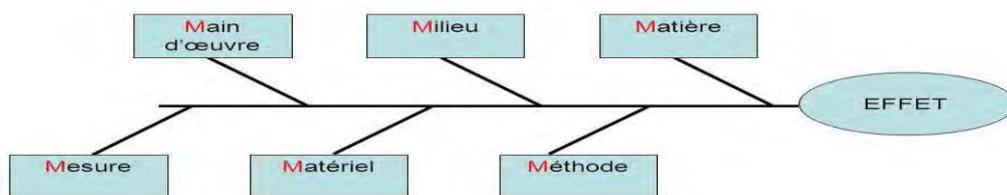


Figure 17 : Le diagramme Ishikawa

Les causes sont donc classées en six familles, encore nommées 6M : Matière, Matériel, Main d'œuvre, Mesure, Méthode, Milieu.

Le diagramme Ishikawa, comme plusieurs autres outils est classé parmi les méthodes de résolution des problèmes qui permettent de cibler avec précision les problèmes non résolus.

Les 5 « pourquoi ? »

Les 5 « pourquoi ? » est un outil simple qui permet d'identifier les causes source potentiels et remonter jusqu'à la cause racine en se posant la question « pourquoi ? »

Cette méthode consiste à dévoiler la cause racine du problème pour le corriger irréversiblement, au lieu de faire des résolutions temporaires.

La figure suivante décrit un exemple simple de l'application des 5 « pourquoi ? »

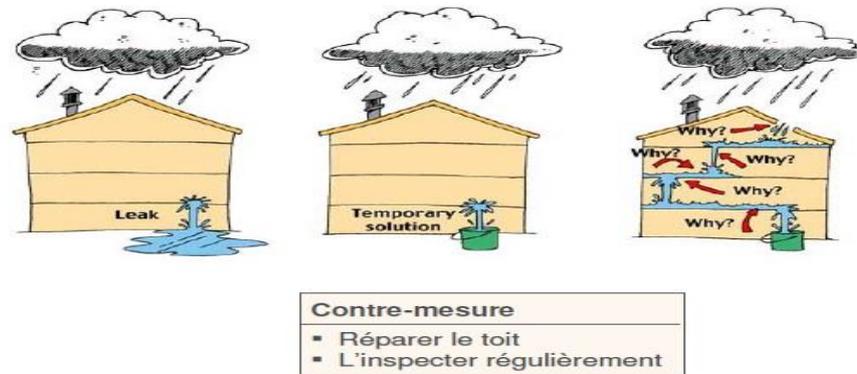


Figure 18 : exemple de l'application des 5 « pourquoi ? »

Le TRS et l'OPE

Le taux de rendement synthétique (TRS) et l'Overall People Effectiveness (OPE) sont des indicateurs fondamentaux de la mesure de la performance industrielle des machines et des opérateurs ainsi que le taux d'utilisation des équipements qui sont employés dans tous les secteurs industriels.

La figure suivante montre le mode de calcul de chaque indicateur et les questions à poser :



Figure 19 : indicateur du TRS et de l'OPE

Le diagramme Pareto

Pareto est un économiste et sociologue italien qui, le premier au début du 20^{ème} siècle, a représenté graphiquement la répartition des richesses et montrer que 20% de la population italienne détenait 80% de la richesse totale.

Le diagramme de Pareto est donc basé sur ce principe, qui montre que bien souvent 20% seulement des causes soit responsables de 80% des effets. Ce diagramme permet de représenter graphiquement les 20% à fort impact et de lui accorder un effort prioritaire d'amélioration.

Le standard work

Un standard est un document de référence visuel qui regroupe les meilleures pratiques connues à un instant donné pour garantir la sécurité, la qualité et la productivité. Il est élaboré en commun avec les personnes qui effectuent la tâche standardisée et est respecté par tous.

Un travail standardisé est la pierre angulaire du progrès continu. Il permet d'identifier des écarts et de mettre les problèmes en lumière, de résoudre ces problèmes qui constituent des opportunités de progrès et de former les nouveaux arrivants.

CHAPITRE 3

Application du Lean management sur les lignes OVD et OND

Ce chapitre traite deux grandes parties, la première partie parle de l'analyse des données et la recherche du problème, puis la deuxième partie traite l'application des outils du Lean sur les lignes de production

I. Analyse des données et recherche du problème

1. Problématique

1.1 Introduction

Chaque entreprise doit tenir compte de l'amélioration continue au sein de ses lignes de production pour pouvoir livrer des produits de meilleure qualité, c'est pour cela que la société, a voulu rendre compte des points qui puissent être améliorés.

Le but est de détecter les endroits où on pourrait apporter des améliorations tel qu'une optimisation de la gestion du temps, l'optimisation d'un rendement d'un travail, rendre un poste avec une ergonomie plus efficace, économiser de l'espace pour pouvoir l'utiliser d'une façon plus performante...

L'entreprise nous a fixé l'objectif suivant : définir les problèmes au niveau des lignes et améliorer ceci grâce aux outils des Lean management

On a mené notre étude suivant les étapes essentielles suivantes :

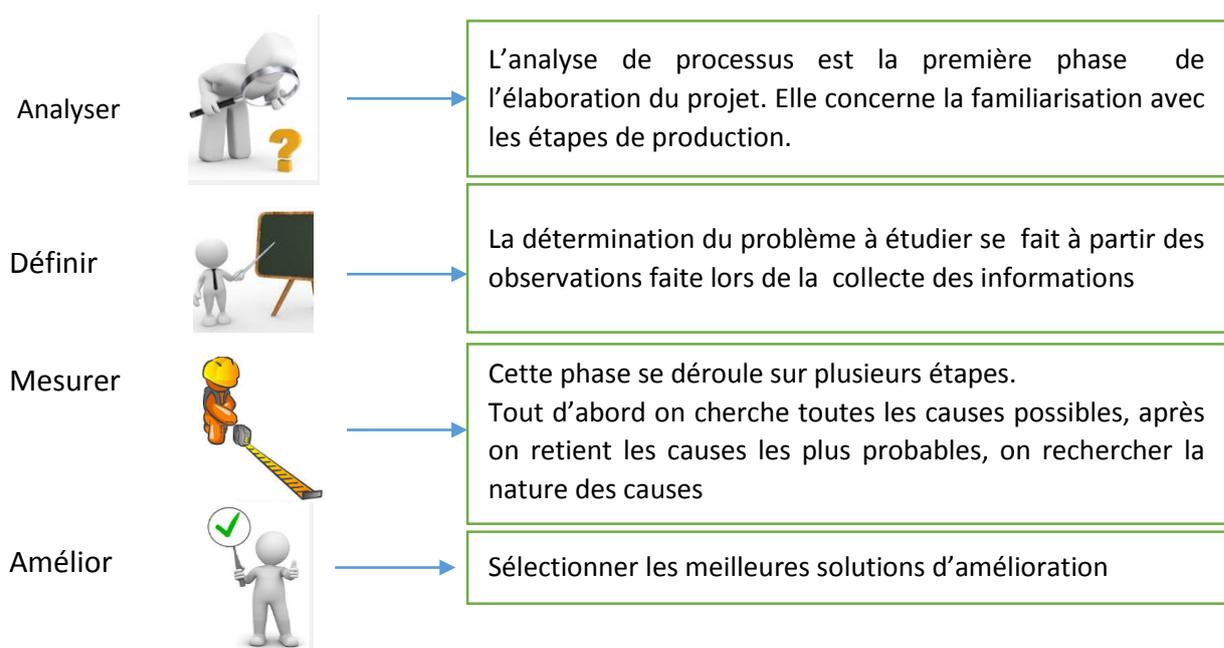


Figure 20 : démarche de l'étude

Le but est de trouver des solutions aux problèmes au sein des lignes de production afin de pouvoir créer une atmosphère de travail beaucoup plus adéquate, pour améliorer la productivité, l'utilisation des équipement, et la qualité des produits.

1.2 Détermination de la zone étudiée

Le problème est au niveau des lignes de productions des olives vertes dénoyautées et des olives noires dénoyautées

Au niveau de la ligne des olives noires, on a remarqué qu'au niveau de la machine ensacheuse TOYO 1, dans la zone de mise en poche, on a une diminution du taux de rendements suite à plusieurs arrêts de la machine.

Au niveau de la ligne des olives vertes, on a remarqué une diminution de la performance des équipements et opérateurs et un manque d'hygiène et de sécurité, d'où la nécessité d'une intervention immédiate.

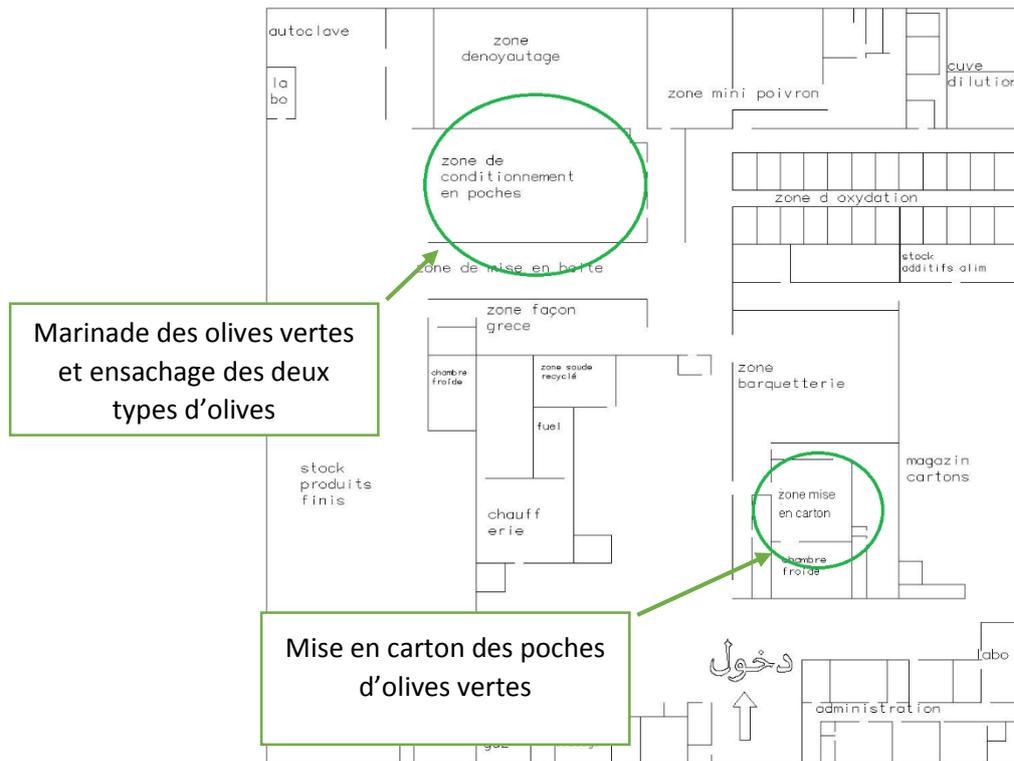


Figure 21 : zones étudiées dans le plan de l'usine

2. Observation active de la ligne des Olives Vertes Dénoyautées

Dans ce paragraphe, nous nous intéresserons à l'analyse des différentes étapes du processus de fabrication des olives vertes dénoyautées. Cette analyse est réalisée après visite de la ligne. Par conséquent, il nous a été possible de déterminer et étudier les gaspillages.

2.1 analyse du processus de fabrication

Cinq grands déplacements que subissent les olives vertes avant d'arriver au stock, d'abord la matière première vient à l'usine dans des futs, puis ils sont déplacés jusqu'à la zone de dessalage et ensachage ou ils sont marinées avec les ingrédients et mises en poches. Une fois ensachées ils doivent passer par la stérilisation, la stérilisation se fait dans des chariots spécialement conçus pour les autoclaves, pour enfin arriver à la zone de conditionnement où ils sont mis en cartons et stockés.

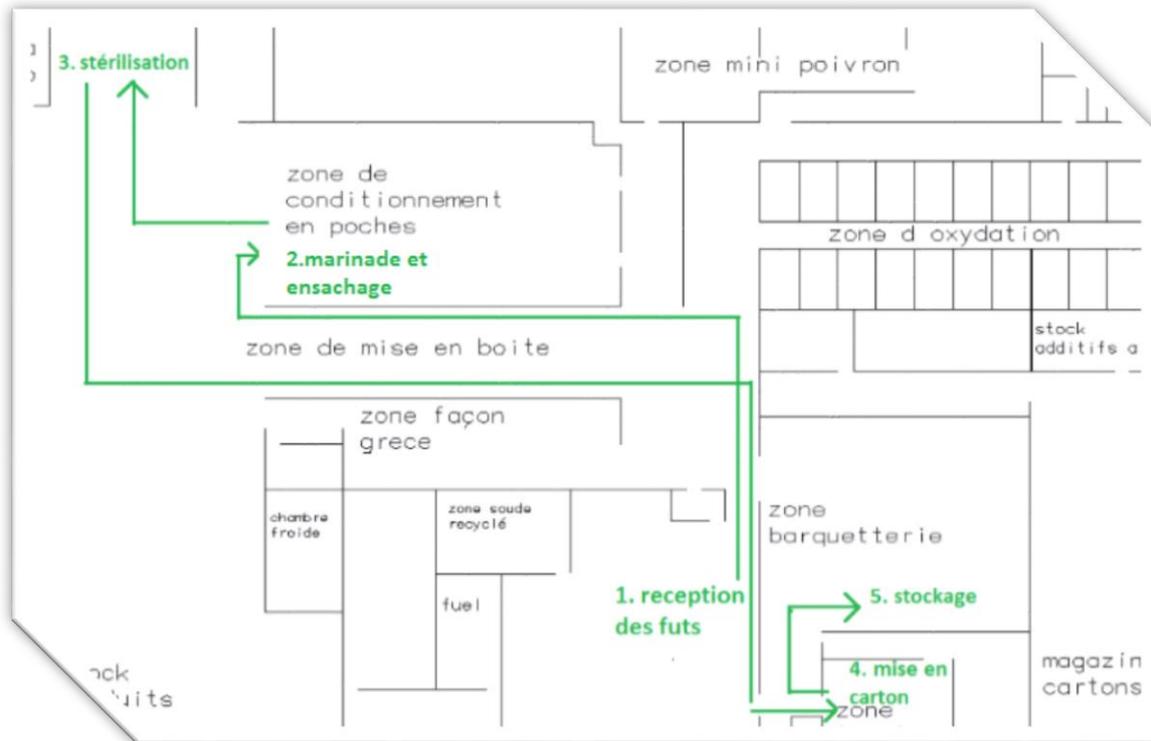


Figure 22 : étapes de fabrication des olives vertes

2.2 collecte des données

La ligne de production des olives vertes dénoyautées marinées assure la production de 9000 à 12000 poches d'olives par jour, elle est divisée en 4 zones complémentaires. L'observation active que nous avons menée nous a permis la collection des données ci-dessous.

✓ La zone de réception et de marinade

Tableau 1 : description de la zone de marinade - ensachage

	Emplacement
	Mezzanine de 110 m ²
	Opérations effectuées
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Réception de la matière première (olives vertes dénoyautées) ✓ Egouttage ✓ Dessalage ✓ Marinade ✓ Ensachage à l'aide de la TOYO 2
	Nombre d'opératrice
Deux	
Temps d'ouverture	
8h	

Les poches passent par un convoyeur où deux opératrices sont chargées du remplissage des chariots destinés au traitement thermique. Les chariots de traitement thermiques destinés à la ligne (OVD) sont des chariots métalliques à plateaux.

Tableau 2: description des chariots destinés au traitement thermiques des OVD

	Type de chariot
	chariots à plateaux
	Capacité
	Neuf cent poches OVD de 30g

✓ La zone de conditionnement en carton et palettisation

La zone de conditionnement des poches en carton est détachée de la ligne de production. A cause d'un manque d'espace, ce dernier est effectué dans une ancienne zone conçue pour la production des tomates séchées.

Tableau 3: description de la zone de conditionnement en carton et palettisation (OVD)

 <p>l'espace d'élimination des gouttes d'eau</p>	Emplacement
	Ancienne zone tomate
 <p>remplissage en carton et palettisation</p>	Opérations effectuées
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Essuyage des poches et élimination de l'eau résiduelle ✓ Conditionnement manuel en carton ✓ Palettisation
	Nombre d'opératrice
	Cinq
	Temps d'ouverture
	8h

✓ La zone du stockage

Le stockage des palettes de produit fini (OVD) se fait d'une manière aléatoire dans des zones séparées (couloirs, zones de production non utilisées,...).



Figure 23 : stockage des cartons OVD

2.3 Détermination des problèmes et du gaspillage

Durant la collecte d'information concernant les étapes de fabrication des olives. Nous avons pu constater que la ligne de production des OVD connaît plusieurs problèmes.

Pour classer ces problèmes selon les types de Muda qui existent, nous obtenons ceci :

Tableau 4: les MUDA constatés dans la ligne de production des olives vertes

Le sur stockage ou stock inutile	
	<p><u>Au sein de la zone d'emballage :</u> Posage d'une palette remplie de cartons d'emballage dont la plupart des cartons sont inutiles</p>
	<p>une mauvaise utilisation de l'espace existe, comme le montre la figure suivante, causé par le stock inutile au sein de la ligne d'emballage</p>



La zone de réception

Les futs de matière première arrive jusqu'à la zone de fabrication des olives, conduisant aux problèmes d'accès à la zone et à l'utilisation de l'espace inutilement

Les mouvements inutiles des opératrices



Eparpille des poches d'olives sur le sol pour l'élimination des traces d'eau sur les poches nécessite de vider les chariots sur le sol. Aussi après le séchage il nécessite que des employés le reprennent pour les mettre dans des poches et ceci constitue des gaspillages au niveau des mouvements du personnel.

Le temps d'attente



Les chariots destinés à la stérilisation dans les autoclaves connaissent une mauvaise gestion, le fait de les déplacer jusqu'à la zone de conditionnement et restent jusqu'à ce qu'ils soient vidés contribue à augmenter le temps d'attente dans la zone de stérilisation.

Les déplacements inutiles



La figure suivante montre les futs dans la zone de fabrication d'olives, comme cette zone se trouve à un niveau élevée (sur une mezzanine), il est nécessaire de travailler avec un chariot élévateur pour pouvoir élever les futs remplis de matière première

✓ Effet des gaspillages sur la production des olives

A cause des gaspillages cités dans le sous paragraphe précédent, la production des olives connaît beaucoup de problèmes qui diminuent la productivité, on cite parmi ces problèmes

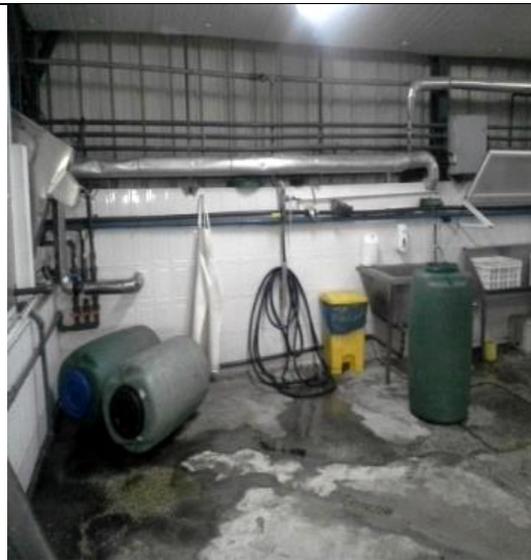
Tableau 5: les problèmes engendrés

Ligne en désordre	
<p>Une ligne en désordre influe beaucoup sur le travail des opératrices, il réduit leur rendement du travail, par exemple, durant le remplissage, elles effectuent beaucoup de va et vient, un diagramme spaghetti, a été élaboré à partir d'une observation faite au sein de la zone d'emballage durant 5 min d'observation :</p>	
Espace mort	
<p>Les stocks inutiles et le séchage des poches d'olives nécessitent l'utilisation d'un grand espace, le but est d'éliminer la mauvaise utilisation de l'espace pour pouvoir l'utiliser à d'autres fins. On constate d'après une schématisation de l'utilisation de l'espace sur le logiciel CATIA un sur excès d'utilisation de l'espace inutilement</p>	
Manque d'hygiène	
<p>Au sein de la zone d'emballage, il serait mieux pour les poches de ne pas être posées sur le sol, aussi il faudrait beaucoup plus d'ordre pour une meilleure hygiène</p>	
Problème de sécurité	

L'utilisation du chariot élévateur nécessite une ouverture juste à côté de la porte d'accès principale à la zone de réception située sur la mezzanine, ceci engendre un manque de sécurité pour les employées



L'espace conçu au dessalage et égouttage reste toujours mouillé ceci est dû à une insuffisance d'égouts. Ce problème engendre un risque de glissement des opératrices de la zone.



La zone de conditionnement en carton connaît une performance médiocre. Afin de remonter jusqu'à la source du problème, nous avons utilisé l'outil des « 5 pourquoi ? ». La question « Pourquoi » est ainsi posée cinq fois.

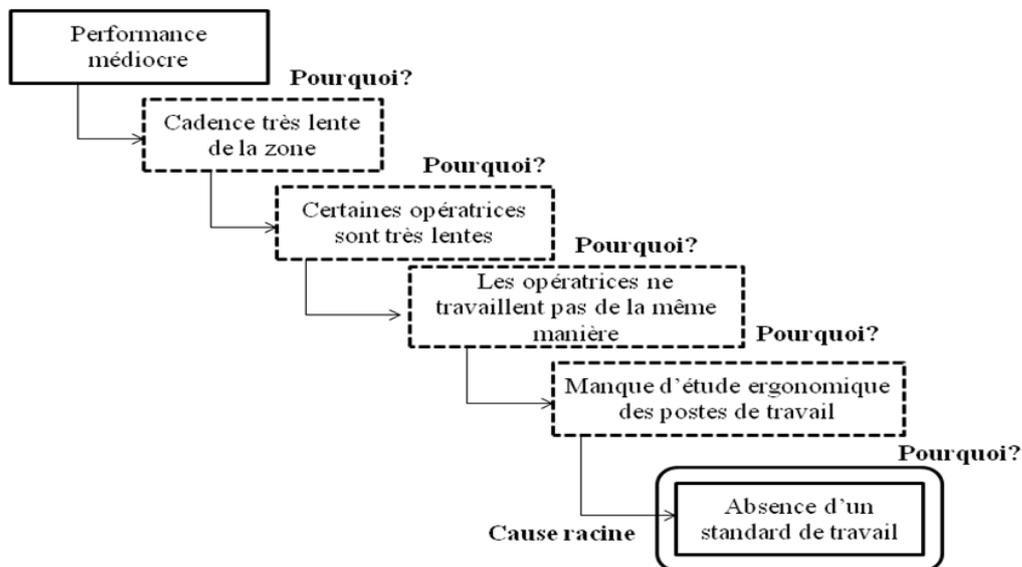


Figure 24 : schéma de l'application des « 5 pourquoi ? » sur la zone de mise en carton

3. Observation active de la ligne des Olives Noires Dénoyautées

3.1 Analyse du processus de fabrication

Après leur oxydation, les olives noires passent par le dénoyautage et ensuite elles passent par des conduites jusqu'à la zone où ils sont ensachées dans des poches par une machine ensacheuse de type TOYO, ensuite on passe à la stérilisation, enfin la mise en carton et le stockage. Le schéma suivant montre ces étapes sont faites sur le plan de l'usine :

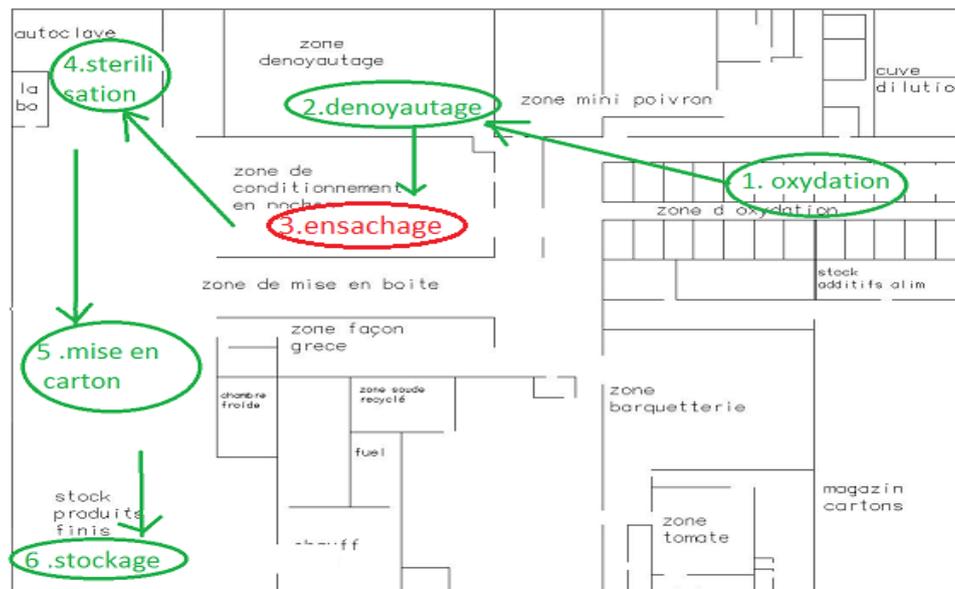


Figure 25 : processus de fabrication de solives noires confites slice

3.2 définition des problèmes encourus dans la ligne de production OND

La machine TOYO 1, l'ensacheuse chargée de mettre en poches les OND « olives noires dénoyautées » présente un manque de rendement. A l'aide de chef d'équipe, on a fait un état de lieux rapide. Nous avons observé le comportement de la machine durant son fonctionnement et son utilisation. Pour calculer le TRS et le NON TRS de la machine, on a construit deux fichiers Excel l'une consacré pour l'enregistrement de données et l'autre pour le calcul automatique de TRS et NON TRS.

3.3 Suivi du taux de rendement synthétique

Le TRS (Taux de Rendement Synthétique) permettra d'avoir une image claire de la situation au niveau de l'efficacité d'une unité de production, dans notre cas : la machine TOYO 1.

D'après l'historique et les recherche que nous avons effectuées au sein de SICOPA depuis le 1er Janvier jusqu'à 31 Mai 2015, nous avons pu extraire les informations qui nous sont utile pour calculer le Taux de Rendement Synthétique.

Pour la machines TOYO 1 qui a un TRS inférieur à un seuil de 85% ; des étapes d'analyse seront mises en place pour :

➔ Faire un suivi du taux de rendement synthétique de la machine de

- conditionnement et des pertes (Observation sur le terrain et Calcul du TRS),
- ➔ Identification et analyse des Non TRS (Estimer le potentiel sur les différentes pertes, mener une étude Pareto sur les arrêts de la machine pour identifier les problèmes à étudier).

✓ Résultats calcul TRS de la Machine TOYO 1 :

Le suivi de la machine TOYO 1 a été basé sur les données relevées durant la période Janvier/Mai 2015. Pour faciliter l'interprétation des résultats du suivi du TRS pour cette machine, une représentation graphique est effectuée comme suit :

Pour le mois de Janvier :

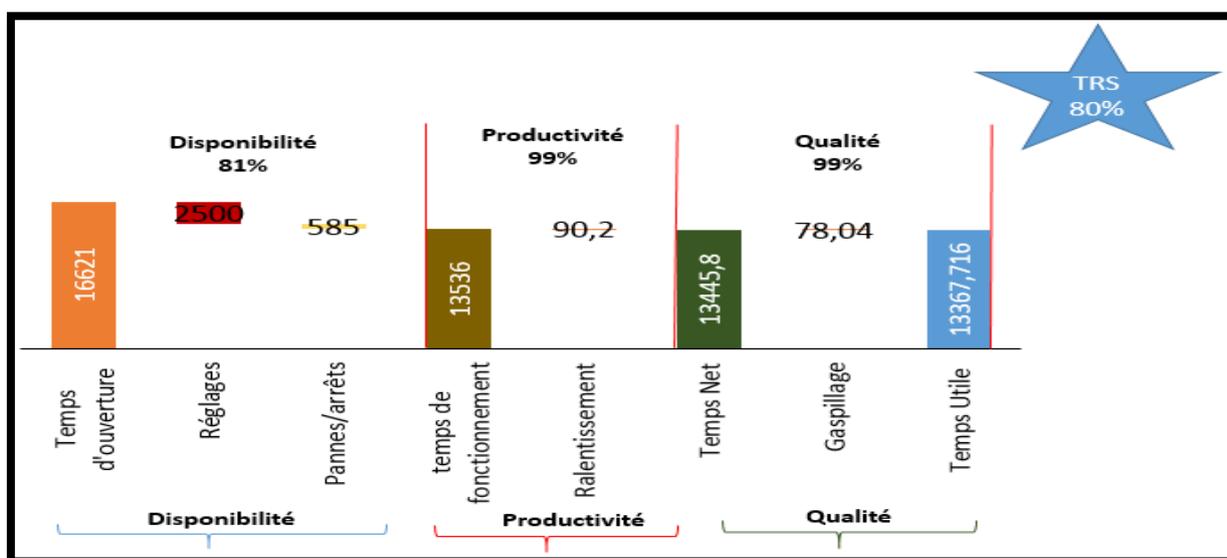


Figure 26 : Diagramme en cascade du TRS de la machine TOYO1 (Janvier 2015)

Pour le mois de Février :

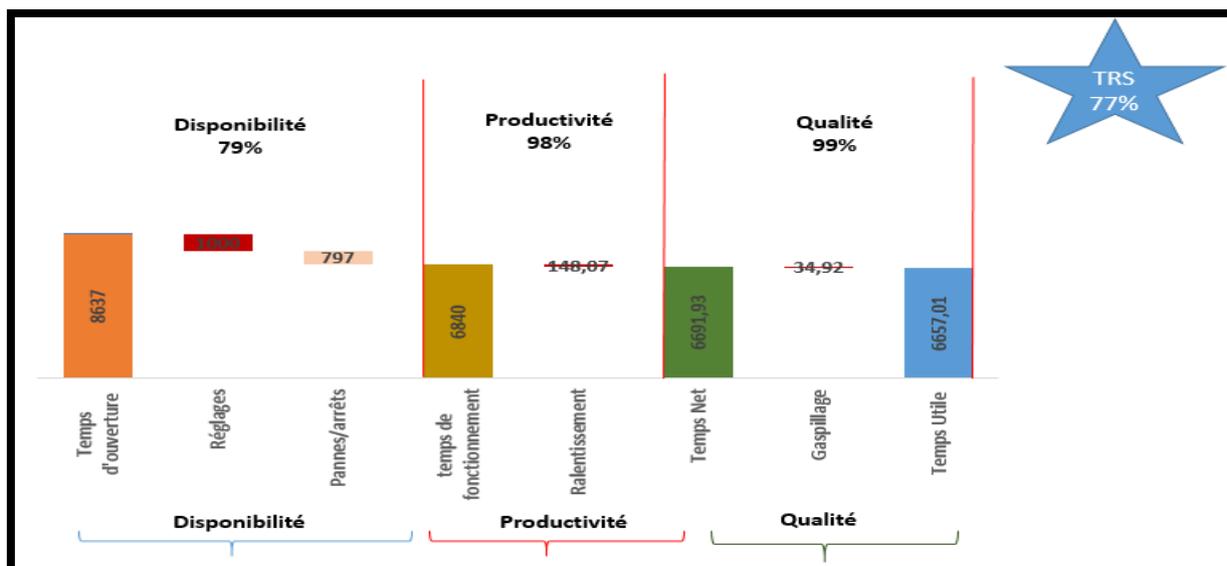


Figure 27 : Diagramme en cascade du TRS de la machine TOYO1 (Février 2015)

Durant les mois de janvier et février nous avons des pertes au niveau de la disponibilité, dont notre est basé, nous aurons besoin d'analyser les pannes et arrêts, c'est les principales « Non TRS » de notre étude, pour analyser ces derniers, nous chercherons la principale cause de ceux-ci, voici des graphes d'évolution du taux de rendement durant les mois de janvier et février, détaillant les principales causes du ralentissement de la disponibilité de l'ensacheuse.

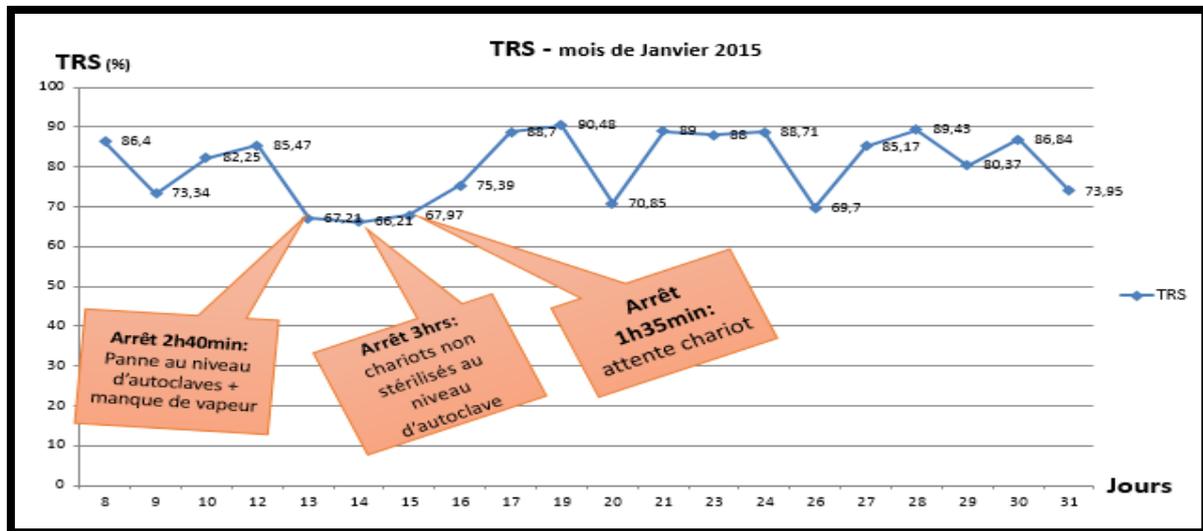


Figure 28 : L'évolution mensuelle du TRS pour la machine TOYO1 (Janvier 2015)

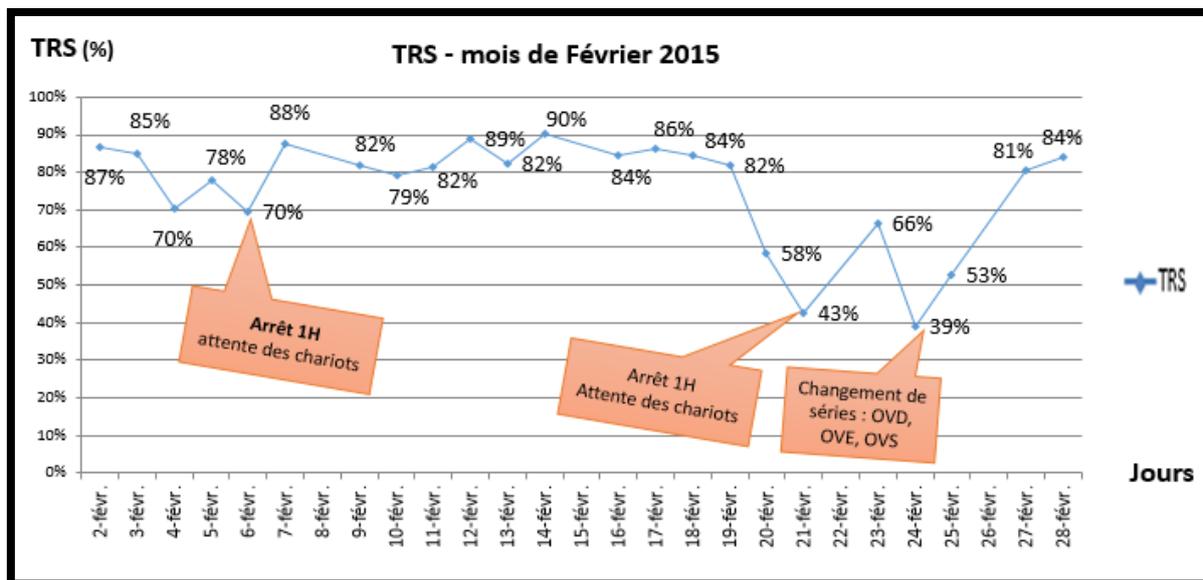


Figure 29 : L'évolution mensuelle du TRS pour la machine TOYO1 (Février 2015)

Dans ces deux mois nous avons constaté que le TRS variant entre 66.21% et 90.48% pour le mois de janvier et entre 39% et 90% pour le mois de février, cela est surtout dû à des pertes aux réglages et aux pannes et surtout aux arrêts qui influencent sur la performance de la machine.

Durant le mois
de mars :

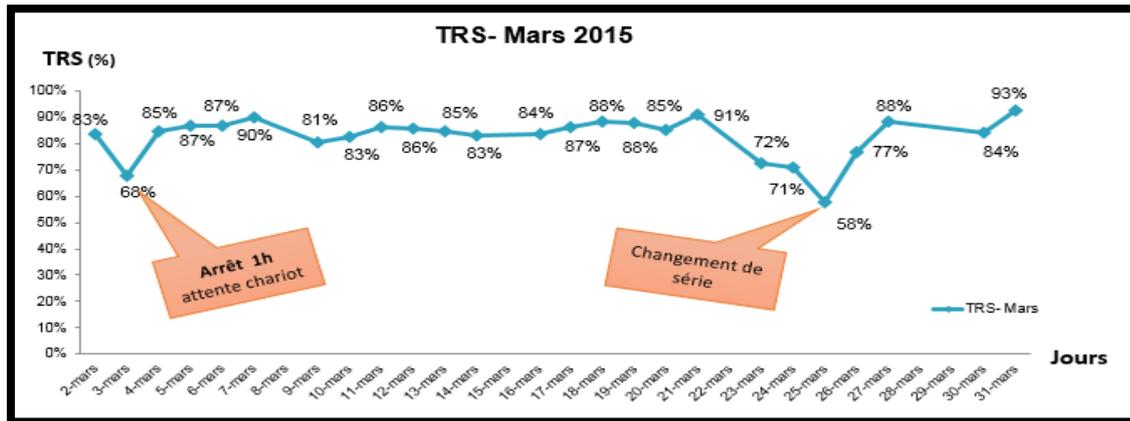
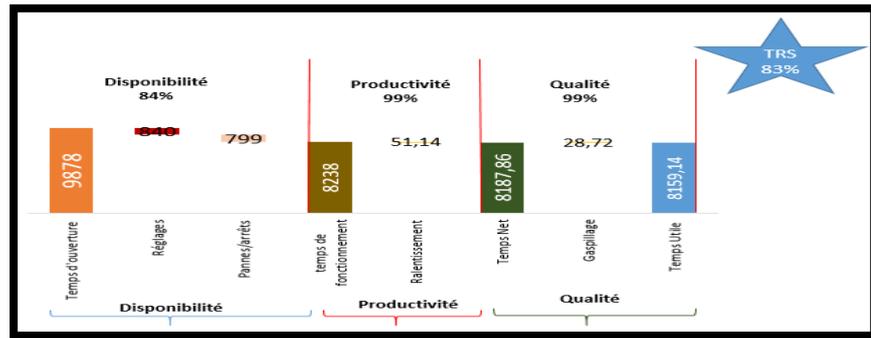


Figure 30 : L'évolution mensuelle du TRS pour la machine TOYO1 (mars 2015)

Le calcul du TRS mensuel montre les taux de productivités et de qualités constantes sur les trois mois, un taux de disponibilité bas pendant les deux premiers mois (productivité de Janvier est de 81% et 79% en Février), ces diminutions de taux de productivité sont à cause des réglages, des arrêts et d'autres pannes.

Puisque le taux de disponibilité rentre dans le calcul de TRS, alors l'augmentation du premier, qui est l'objectif de notre stage, implique automatiquement une augmentation du deuxième.

3.4 Analyse des dysfonctionnements de la machine TOYO 1

Au début de l'achèvement du préalable suivi du TRS comme étant une étape introductive et fondamentale pour l'identification de la machine critique, il semble indispensable de mettre en place un système d'amélioration par la démarche d'amélioration TRS qui se déroule en 2 phases :

- ✓ L'analyse des causes qui constituent des sous-problèmes d'un problème majeur ;

Nous allons traiter tout au long de ce paragraphe les pertes qui se répètent souvent à savoir les pertes de disponibilité. Afin de déterminer les causes responsables des pannes au niveau de la machine TOYO 1, on s'est basé sur l'analyse du diagramme Pareto.

Le diagramme de Pareto est un graphique à colonnes fait apparaître les causes les plus importantes qui sont à l'origine du plus grand nombre d'effets. On a donc classé les causes observées, en se basant sur le non disponibilité relative à chaque panne, et on a obtenu les résultats suivants:

Tableau 6: diagramme de Pareto des durées cumulées des arrêts de la machine TOYO1 – janvier-

Catégories	Durée de tâche (en min)	Durée en %	Durée cumulée de tâche
Arrêt pour attente chariots (mn)	589	51%	51%
Arrêt pour attente matières (mn)	349	30%	82%
Autres	212	18%	100%
Arrêt pour changement de séries (mn)	0	0%	100%
Arrêt pour panne technique (mn)	0	0%	100%
Arrêt pour épuisement matières	0	0%	100%
Total	1150		

La même méthode est appliquée au mois de février, Ce qui donne les graphes suivants:

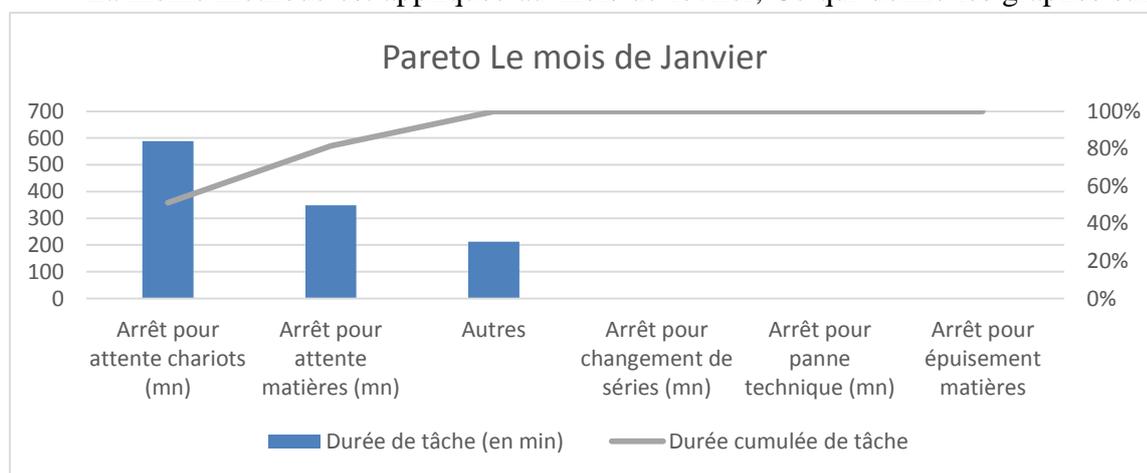


Figure 31 Pareto machine TOYO 1 (Janvier 2015)

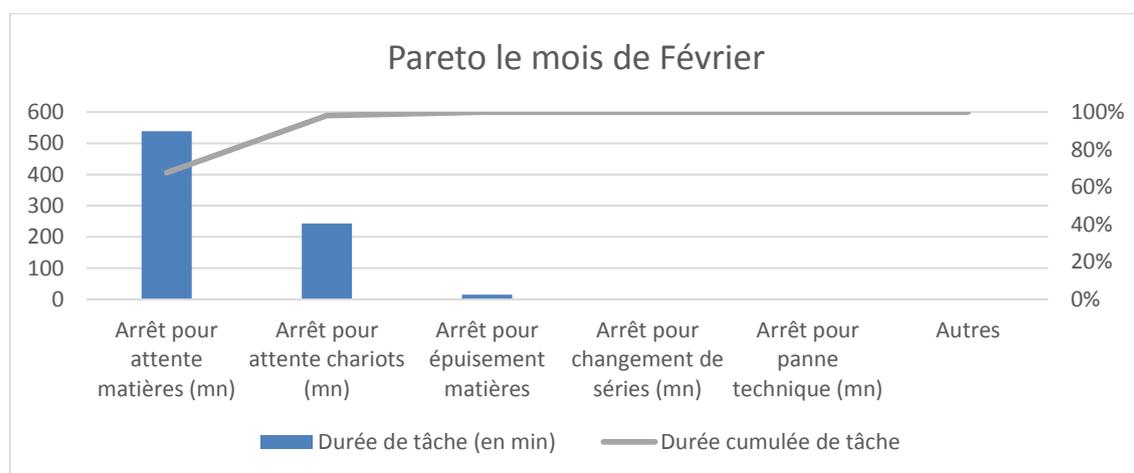


Figure 32 : Pareto machine TOYO 1 (février 2015)

D'après ces diagrammes, et les conditions Pareto. Au moins 2 critères atteignent 80% de cumule, ce qui veut dire que les problèmes venant en priorité sont :

- ✓ Arrêt pour attente matières,
- ✓ Arrêt pour attente chariots.

Après une analyse approfondie sur les causes de la défaillance, nous avons priorisé ceux qui provoque la majorité des anomalies, dont le but d'avoir une base solide sur laquelle nous allons élaborer notre plan d'action.

II. Planification et mise en place des actions correctives

Compte tenu des divers problèmes détectés et cités précédemment sur les deux lignes, nous avons proposé des actions correctives.

1. Ligne de production des olives vertes

1.1 Plan d'action

Tableau 7: plan d'action du Lean management

Réception et marinade	1	Détachement de la zone de réception, égouttage de la zone de marinade
	2	Détermination de la nouvelle zone de réception
	3	Mise en place deux nouveaux basculeurs de fût, une trémie et un élévateur
	4	Condamnation de l'entrée des fûts à la réception
	5	Implantation d'un tapis de triage et d'une balance
Conditionnement	6	Application de la démarche des 5S
	7	Réservation d'un espace de stockage de 20 palettes (OVD)
	8	Réalisation d'une étude ergonomique des postes
	9	Rédaction d'un standard de travail

1.2 Etude du changement de l'implantation des zones production et emballage

Pour être sûr de la mise en œuvre du plan d'action, nous avons d'abord fait une petite étude sur le logiciel CATIA sur l'implantation future des zones de marinade des olives ainsi que la zone de la mise en carton, cela permet de mettre en évidence toutes les éventuels changements possible avant de passer à l'action :

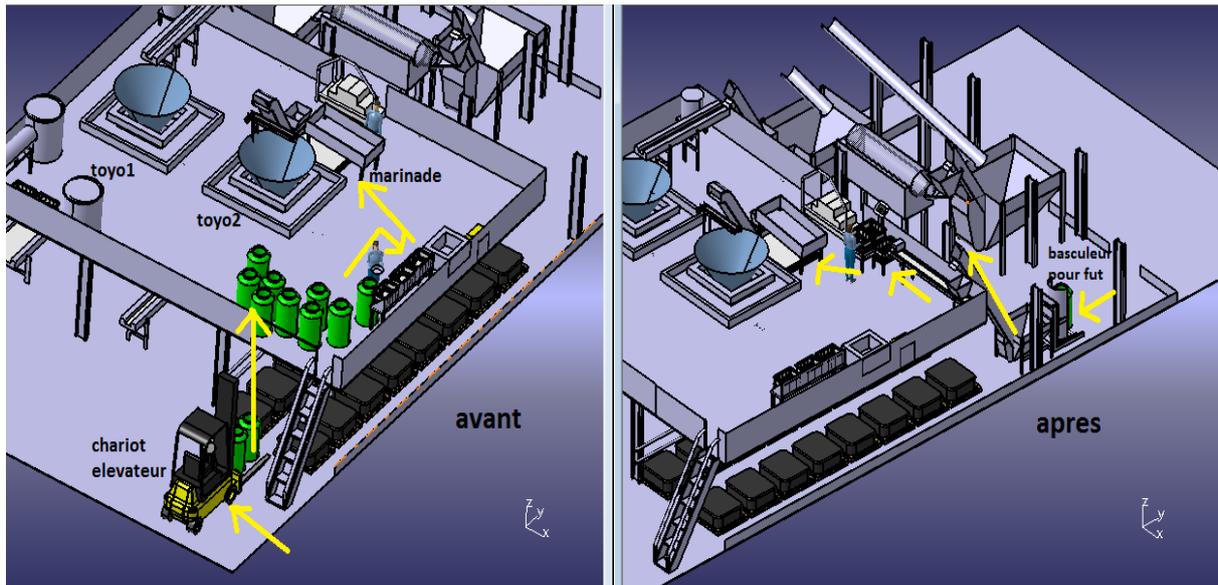


Figure 33 : schémas de l'état initial et final de la zone de marinade ovd

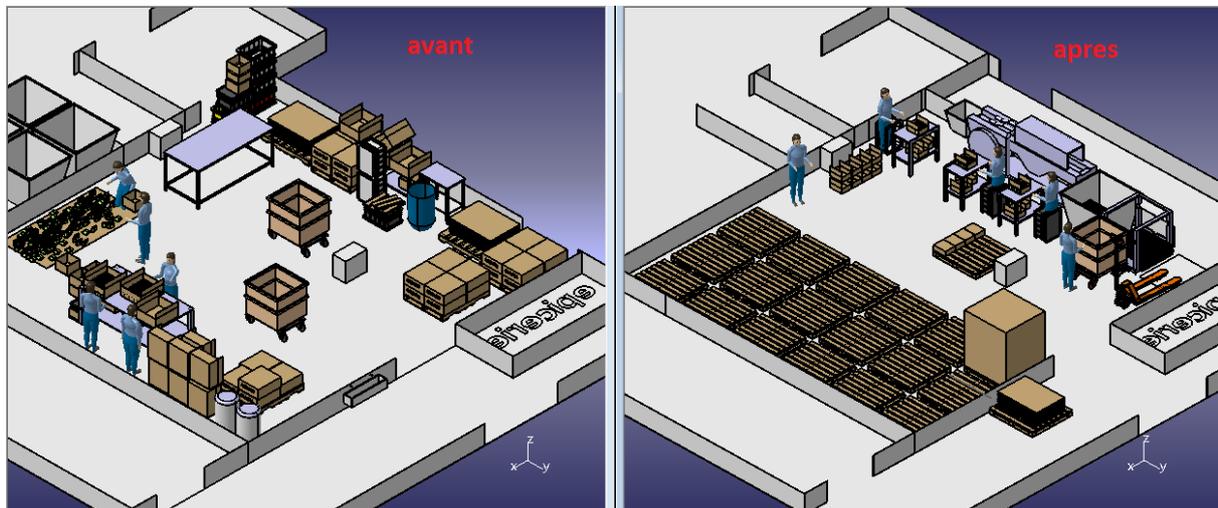


Figure 34 : schémas de l'état initial et final de la zone d'emballage et palettisation

1.3 Mise en œuvre

Les actions correctives présentées par le plan d'actions précédent ont été sélectionnées et approuvées par l'équipe LEAN comme étant les contre-mesures les plus efficaces. Leurs applications nous a permis de passer des états initiaux aux états finaux figurant dans le tableau.

✓ Réception et marinade

Tableau 8: mise en œuvre du plan d'action sur la zone de marinade

Actions	Etat initial	Etat final
Détermination de la nouvelle zone de réception et égouttage	 <p data-bbox="427 678 759 712">Zone de réception initiale</p>	 <p data-bbox="995 678 1350 712">Nouvelle zone de réception</p>
Mise en place de 2 basculeurs	 <p data-bbox="427 1010 871 1043">Avant implantation des basculeurs</p>	 <p data-bbox="995 1010 1439 1043">Après implantation des basculeurs</p>
Implantation d'un tapis de triage et d'une balance	 <p data-bbox="389 1458 943 1541">Avant implantation du tapis de triage et balance</p>	 <p data-bbox="957 1458 1477 1541">Après implantation du tapis de triage et balance</p>
Condamnation de l'entrée de réception des fûts	 <p data-bbox="389 1917 687 1951">Entrée des fûts ouverte</p>	 <p data-bbox="957 1917 1305 1951">Entrée des fûts condamnée</p>

La matière première, une fois réceptionnée, égouttée et dessalée, est transportée par des fûts à l'aide du Clark vers le basculeur qui assure la vidange des fûts dans une trémie. Elle est par la suite transportée par un élévateur vers la zone de marinade, où elle passe par un tapis de triage effectué manuellement par une opératrice. Les olives sont ensuite pesées dans des caisses qui sont vidées après dans la trémie de la marinade avant de passer finalement par la machine de conditionnement TOYO2.

✓ Conditionnement

Vu l'état de désordre de la zone de conditionnement, nous avons décidé d'y appliquer la démarche 5S qui s'articule sur deux dimensions fondamentales : la propreté et le rangement.

○ *Application des 5S*

La mise en place des 5S s'est déroulée en 5 étapes à savoir :

- 1- **Trier** : la 1ère étape était d'éliminer de l'espace tout ce qui est inutile, qui peut provoquer un retard de la production, un manque de précision ou un encombrement d'espace. Nous avons débarrassé le secteur de tous ce qui peut être rangés ou jetés.



Figure 35: espace de travail de la zone de mise en carton désordonnée

- 2- **Mettre en ordre** : nous avons classifié le matériel utilisé dans la zone selon la fréquence d'utilisation.

Pour la palette de cartons vides : la ligne assure le conditionnement d'une palette de 36 cartons en plus de 6 cartons. Ce qui est équivalent à 42 cartons/jour.



Figure 36: Palette de cartons vides

La zone de conditionnement ne doit contenir que la quantité nécessaire au lieu des paquets de 120 cartons.

La fréquence d'utilisation de toute la palette est alors 3 fois par semaine c'est-à-dire que le lieu de rangement doit être près du secteur de travail.

Nous avons fait la même chose pour le reste des objets et matériel de la zone. Le tableau suivant présente la fréquence d'utilisation et le lieu de rangement de chaque objet.

Tableau 9: rangement du matériel de la zone

Objets	Fréquence d'utilisation	Lieu de rangement
Palette de cartons vides	3 fois par semaines	Près du secteur de travail
Table de triage	Quotidiennement	Sur le poste de travail
Transpalette	Quotidiennement	Sur le poste de travail
Chariot	Quotidiennement	Sur le poste de travail
Balai	Une fois par semaine	Extérieur du secteur de travail

Pour faciliter et indiquer l'emplacement de chaque objet, un « zoning » de l'espace est nécessaire. Ceci consiste à tracer sur terre l'endroit ou le lieu de rangement de chaque objet. L'espace non tracé doit rester vide.

- 3- **Nettoyer** : la saleté entraîne pollution, pannes, fuites et non qualité. Pour prévenir aux détériorations dues aux salissures nous avons assuré le nettoyage de la zone.



Figure 37: L'état de la zone après le nettoyage

- 4- **Standardiser:** cette étape consiste à rédiger un standard (voir annexe) pour formaliser les règles de rangement et nettoyage, déterminer une fréquence convenable à cela, indiquer un responsable du suivi des applications des actions correctives et organiser un tour d'atelier hebdomadaire dans le but d'évaluer l'état de la zone et assurer sa pérennité.
- 5- **Pérenniser :** la pérennisation des changements s'effectue en s'habituant à appliquer les 5S, respecter les règles d'atelier et le suivi hebdomadaire, ce qui permettra la continuité de l'amélioration.
- ✓ *Réservation d'un espace de stockage de 20 palettes*

L'espace mort non utilisé de la zone de conditionnement en carton peut nous servir au stockage des palettes de produits finis (OVD).

D'après l'historique des commandes, nous avons pu déterminer le nombre de palettes stockées par mois et qui est de 20 palettes.

L'espace destiné au stockage des 20 palettes est aussi zoné comme le montre la figure ci-dessous.



Figure 38 : L'espace réservé au stockage des 20 palettes

2. Ligne de production des olives noires

Durant notre observation, nous avons constaté que lorsque les 4 lignes de production fonctionnent simultanément le même jour, un problème de manque de chariots de traitement thermique provient. SICOPA dispose de 4 autoclaves qui fonctionnent en parallèle. Chaque autoclave peut contenir au maximum 6 chariots dans un cycle de traitement thermique.

Une mauvaise répartition de ces 42 chariots au niveau des 4 lignes de production et au niveau des 4 autoclaves entraîne des arrêts de temps en temps dans les 4 lignes et plus principalement au niveau de la machine de conditionnement TOYO1 (à un moment donné l'opérateur de la machine ne trouve aucun chariot pour mettre les poches des ONS produites, il

arrête la machine en attendant qu'un chariot soit disponible). En se basant sur cela nous avons rédigé un plan d'action.

2.1 Plan d'action

Tableau 10: plan d'action de la ligne (ONS)

1	Mesure de temps des différentes étapes : remplissage des chariots, stérilisation et vidage des chariots
2	Remplacement des chariots en plateaux par des chariots en vrac pour la linge (OVD)
3	Vérification des résultats de la contre-mesure
4	Suggestion d'autres actions correctives

2.2 Mise en œuvre

✓ *Arrêts attentes de chariots*

Pour cela on a fait un chronométrage aux différentes étapes : remplissage des chariots, stérilisation et vidange des chariots pour les 2 produits livrés par les 2 lignes de production et on a collecté les informations suivantes :

Tableau 11: mesure de temps des différentes étapes d'un cycle entier des machines TOYO

Type de machine	Nombre de poches /chariots	Temps de remplissage 6 chariots par (min)	Cycles de traitement thermique (min)	Temps de vidange de 6 chariots (min)	Total (min)
TOYO 1	120	24	72	18	114
TOYO 2	900	220	53	20	293

On se basant sur les résultats des mesures de temps, l'action corrective proposée était de remplacer les chariots de traitement thermique à plateaux utilisés pour la ligne des OVD par des chariots en vrac. Afin de libérer les premiers pour la ligne (ONS).



Figure 40 : chariot à plateau



Figure 39: chariots en vrac

L'impact de cette action corrective a été clairement constaté sur les diagrammes du TRS des mois d'Avril.

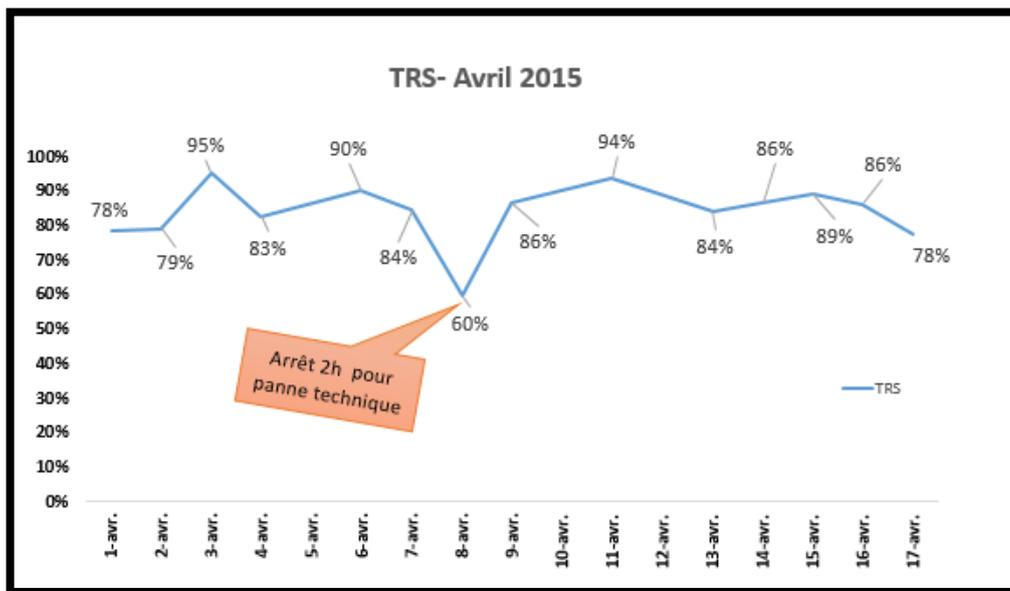


Figure 41 : graphe du suivi du TRS – Avril

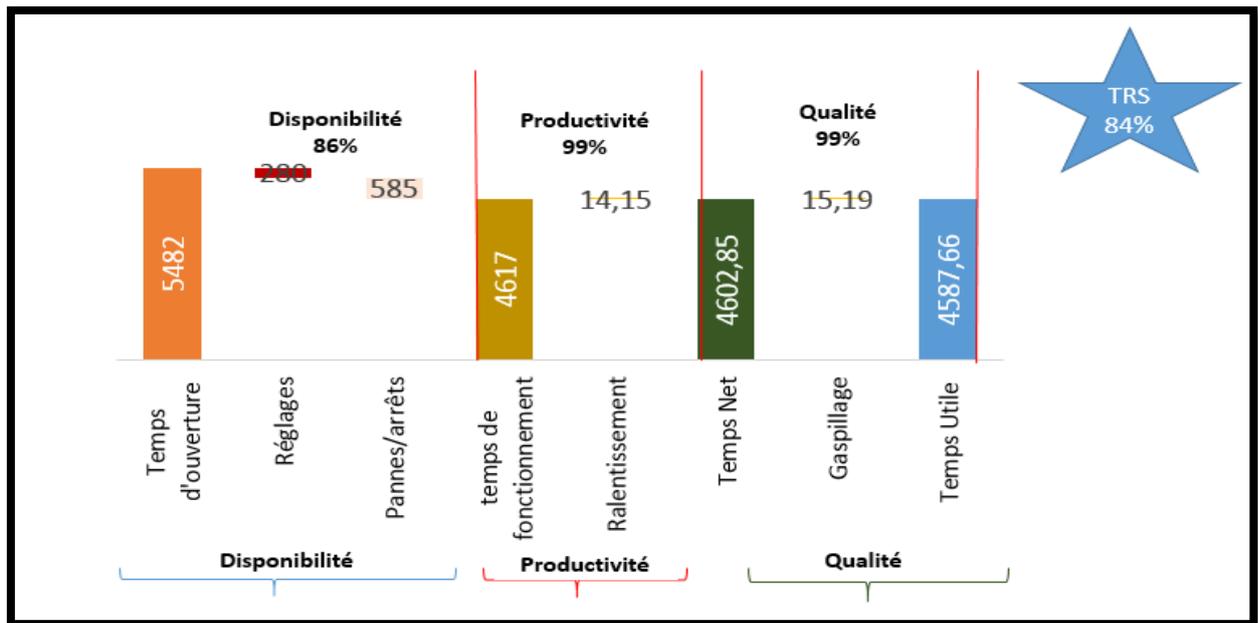


Figure 42 : Diagramme en cascade du TRS de la machine TOYO1 (Avril 2015)

Les résultats ont assuré la fiabilité de l'action correctives effectuée, on remarque que le pourcentage du TRS a augmenté (de 77% en Février à 84% en Avril).

III. Résultats obtenus

Les actions qui ont été faites au sein des deux lignes OVD et OND ont abouti à des fins. Voici un tableau montrant les différents résultats obtenus à partir des améliorations encourus.

Tableau 12: résultats du Lean management

Augmentation du TRS : amélioration de la Disponibilité de la machine toyo 1	
1	Gain de temps : minimiser le temps de production
2	Un Gain en productivité : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Flexibiliser les machines et poste de travail ✓ Améliorer la capacité de productivité en réduisant les arrêts de la machine ✓ Faciliter le remplissage et la vidange des chariots.
3	Un gain matériel : minimiser les cycles de traitement thermique 1 cycle au lieu de 2 cycles = 240 DH/jour de plus, équivalant à 6240 DH par mois.

IV. Etude ergonomique des postes

1. Définition de l'ergonomie

L'ergonomie est la discipline scientifique qui vise à la compréhension des interactions entre les êtres humains et les autres composantes d'un système.

1.1 aperçu sur les troubles musculo squelettiques

Les TMS désignent un ensemble d'atteintes douloureuses des muscles, des tendons et des nerfs. Les activités professionnelles fréquentes et répétitives, ou les activités qui s'effectuent dans une position non naturelle sont responsables de ces lésions, et la douleur peut se manifester au travail et au repos.

1.2 Objectifs de l'ergonomie

L'ergonomie a pour objectif d'améliorer le bien-être des hommes et l'efficacité globale des systèmes.

1.3 Les différents facteurs de risques pour un opérateur

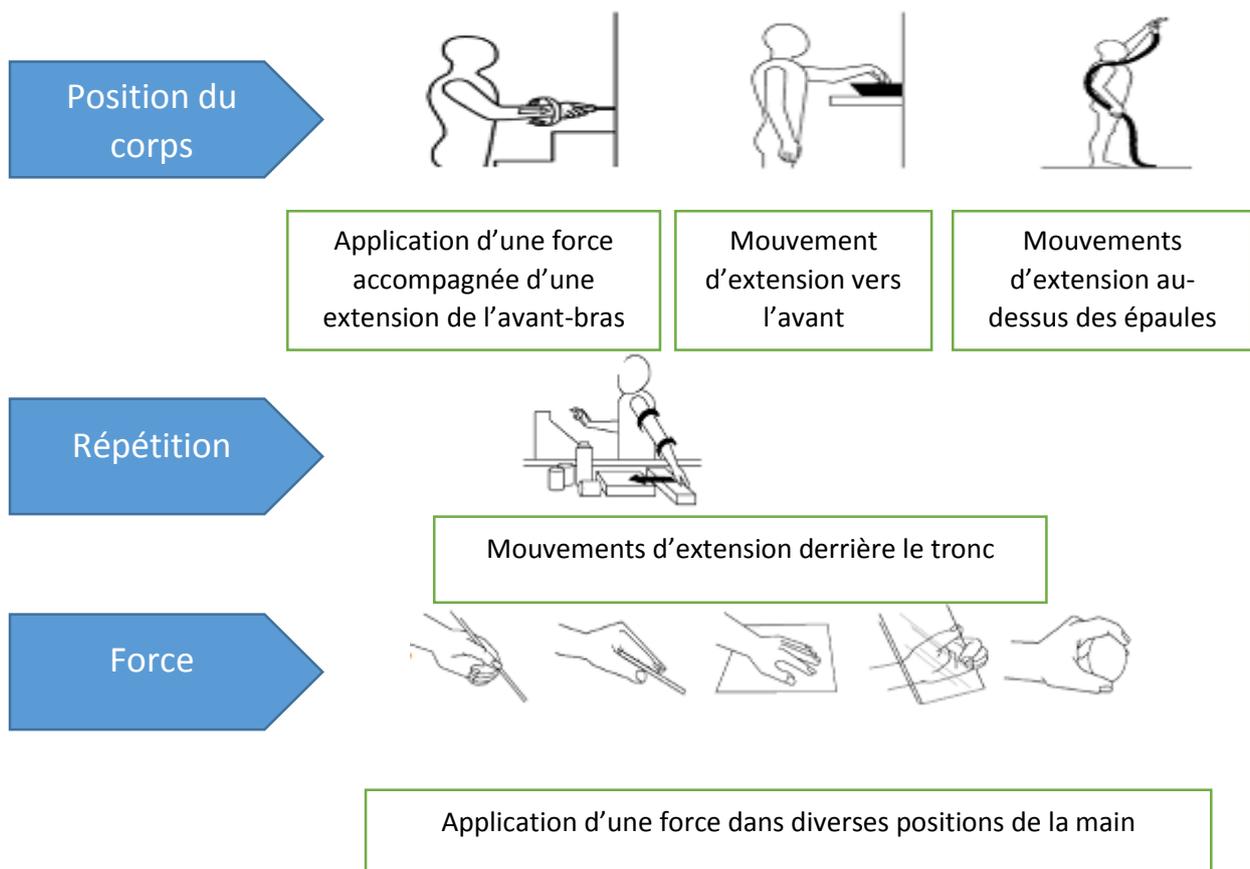


Figure 43: origines et conséquences des TMS

2. Application sur le poste de l’emballage

2.1 Démarche de l’emballage actuel

Les chariots remplis de poches OVD viennent directement des autoclaves jusqu’à la zone emballage ou ils sont renversés manuellement par des employés sur le sol, ceci afin d’être séché vu que la pression au sein des autoclave crée une humidité, qui pourrait être néfaste pour les caisses en cartons ou ils sont emballés. Voici une figure qui montre les différents mouvements.

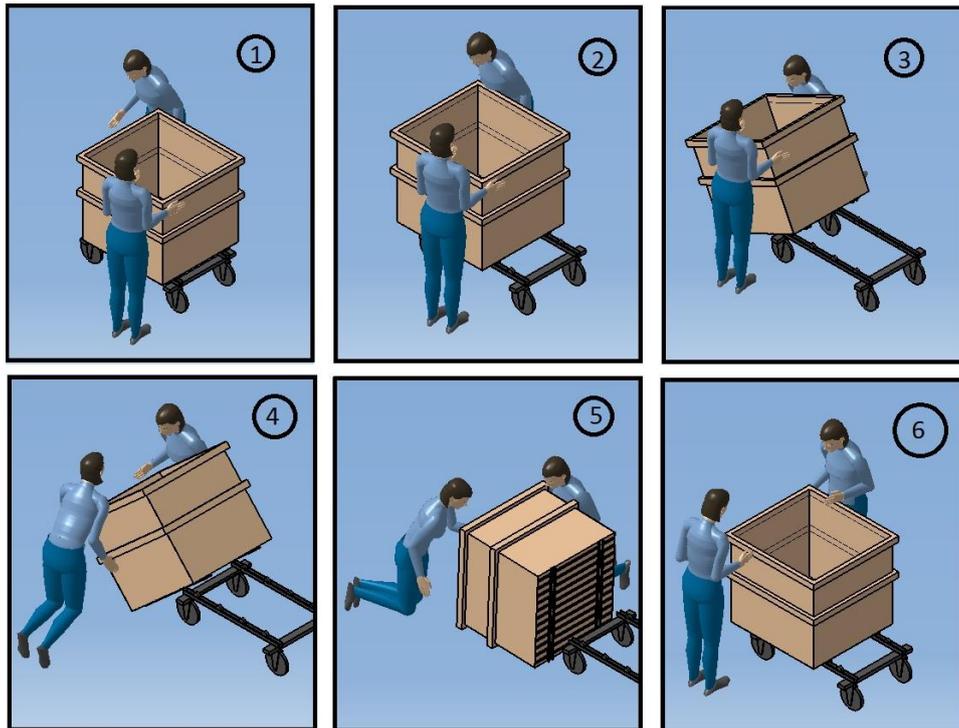


Figure 44 : façon actuel des déversements des chariots de poches BSL

Ensuite les poches sont mises par terre sur un carton et les employés sont chargés de les remettre dans des cartons après les séchages pour les donner aux opératrices chargées de les mettre dans les cartons.



Figure 45 : ramassage des poches d’olives dans les cartons

Dans la zone de dessalage et mise en poche, les futs doivent être vidées les employées utilisent des passoirs pour le vider comme ceci

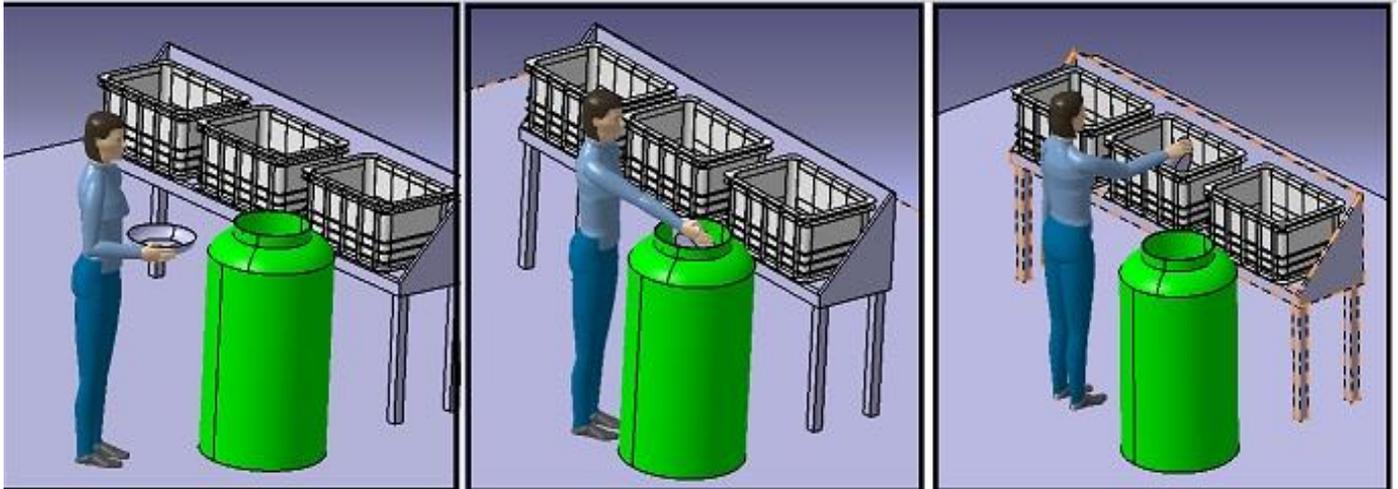


Figure 46 : vidage des futs

2.2 Problèmes constatés

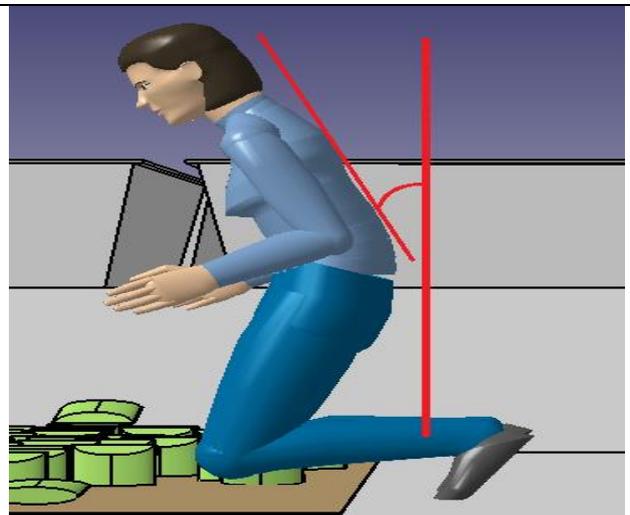
Durant le renversement des chariots

- ✓ Le renversement des chariots est très dur pour les opératrices vu le lourd poids, aussi au niveau du dos, ils portent une masse très grande d'une manière inadéquate



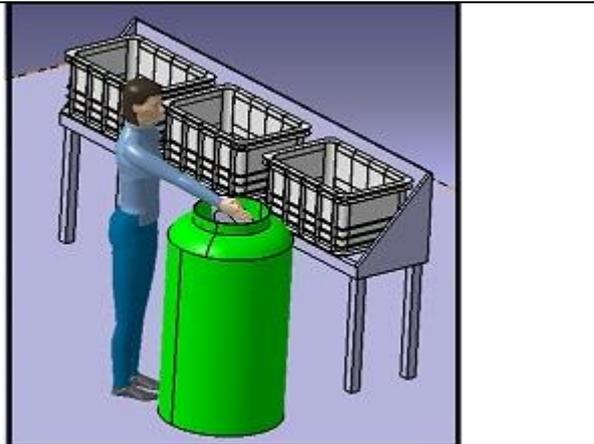
Pour le reprendre et le remettre dans les cartons après le séchage.

- ✓ Obligation de s'accroupir au sol pour reprendre les poches d'olives,
- ✓ Nécessitant d'avoir le dos courbé à chaque fois que l'opération est refaite.
- ✓ ceci s'avère très fatigant si le mouvement est répété plusieurs fois



Pour vider les futs

- ✓ Application de la force au niveau de la main et l'avant-bras.
- ✓ Répétition du mouvement jusqu'à vidage des futs. La répétition de ce mouvement pourrait conduire à un trouble musculaire avec le temps.



3. Amélioration de l'ergonomie des postes

Pour les renversements des chariots, on a remarqué que les chariots ont une partie mobile, on a profité de la mobilité de la cage inférieure du chariot pour le faire élever, en l'élevant vers le haut, les poches deviennent facilement atteignables, l'opération deviendrait beaucoup plus simple, pour faire cette opération nous avons utilisé un encageur présent dans l'usine, tel que le montre le schéma suivant :

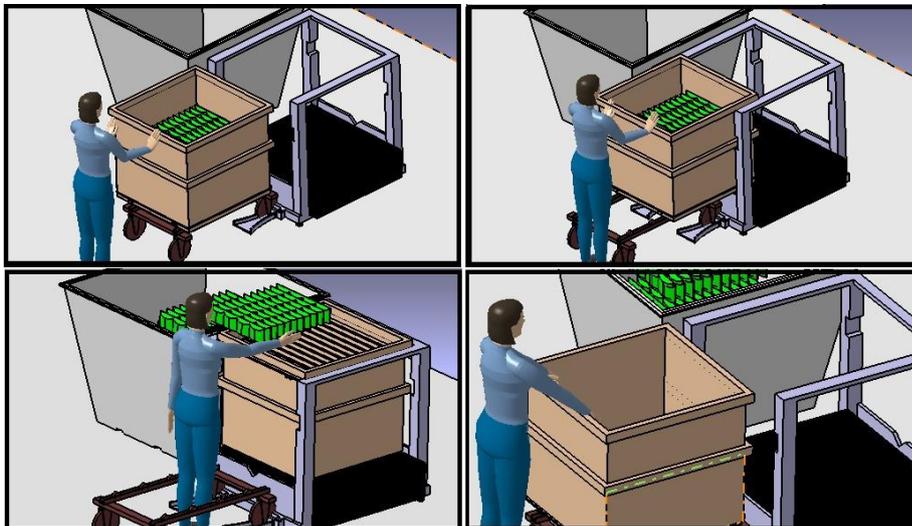


Figure 48 : utilisation de l'encageur pour vidage des chariots

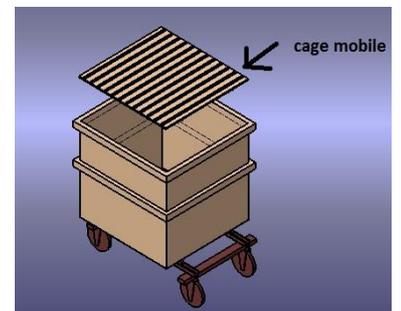


Figure 47 : Chariot pour autoclave

Au niveau du séchage, l'utilisation du séchoir permettra de faciliter l'opération, les opératrices n'auront plus à s'accroupir, et le séchage sera meilleur.

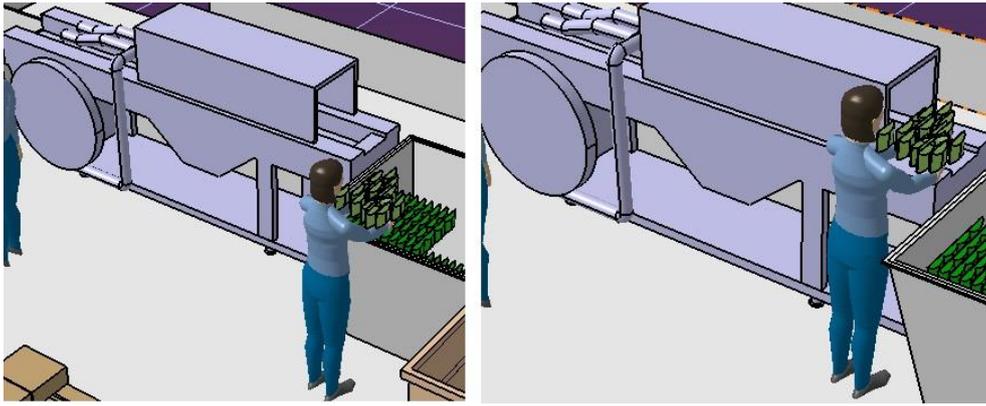


Figure 49 : Mise des poches dans le séchoir

Enfin dans la zone de marinade des olives vertes, l'emploi du basculeur ne nécessite plus aux employées de vider les futs, ce qui optimise l'ergonomie du poste, la présence du tapis roulant dans la salle facilite la tâche en remplissant les bacs automatiquement

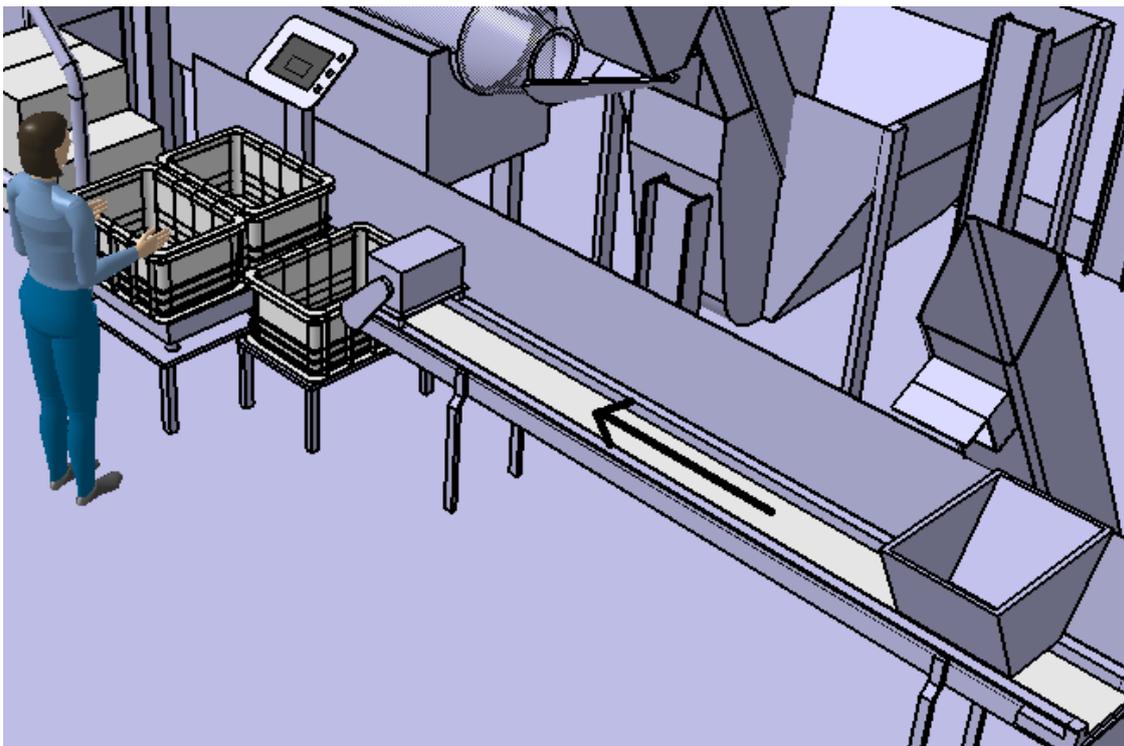


Figure 50: remplissage automatique des bacs par le tapis roulant

CHAPITRE

4

Conception et étude de l'encolleuse à caisses en carton

Ce chapitre traite l'amélioration de la partie aval de la ligne de conditionnement des poches d'olives noires

L'étude repose sur la conception d'une machine encolleuse à caisses en carton.

I. Introduction

La ligne de conditionnement des produits "poches d'olives noires" nécessite – après leur stérilisation - la mise dans des caisses en cartons suivant l'exigence du marché. Pour ce faire, des cartons ayant une forme particulière passent par la formeuse à carton. Pour être prêt à accueillir les sachets d'olives, ensuite le tout passe par la partie avale de la machine qui constitue une encolleuse ayant le devoir de fermer les caisses en collant les bords de celles-ci avec une colle forte à haute fusion.

L'étude repose sur l'amélioration de la partie avale de la ligne de mise en forme des cartons, c'est-à-dire l'encolleuse des caisses. L'amélioration doit tenir compte de tous les problèmes survenant au niveau de la fermeture des caisses, pour une meilleure qualité, et veillant sur le bon conditionnement des sachets d'olives.

II. Description de la ligne d'emballage

Après que les poches d'olives sont stérilisées en passant par des fours à 180°C, elles passent par un détecteur de métaux, puis ils sont étiquetés par une étiqueteuse automatique, ensuite elles sont placées dans des caisses en cartons préalablement formés par la formeuse à carton. Une fois les caisses remplies de poches d'olives manuellement par des ouvrières, elles passent par l'encolleuse pour être fermés, c'est là où des ouvriers se chargent de les mettre sur des palettes pour aller au stock. Afin de mieux comprendre le processus de conditionnement, j'ai réalisé le schéma figure 55 avec le logiciel CATIA. Ce schéma montre en détail la ligne d'emballage des poches d'olive :

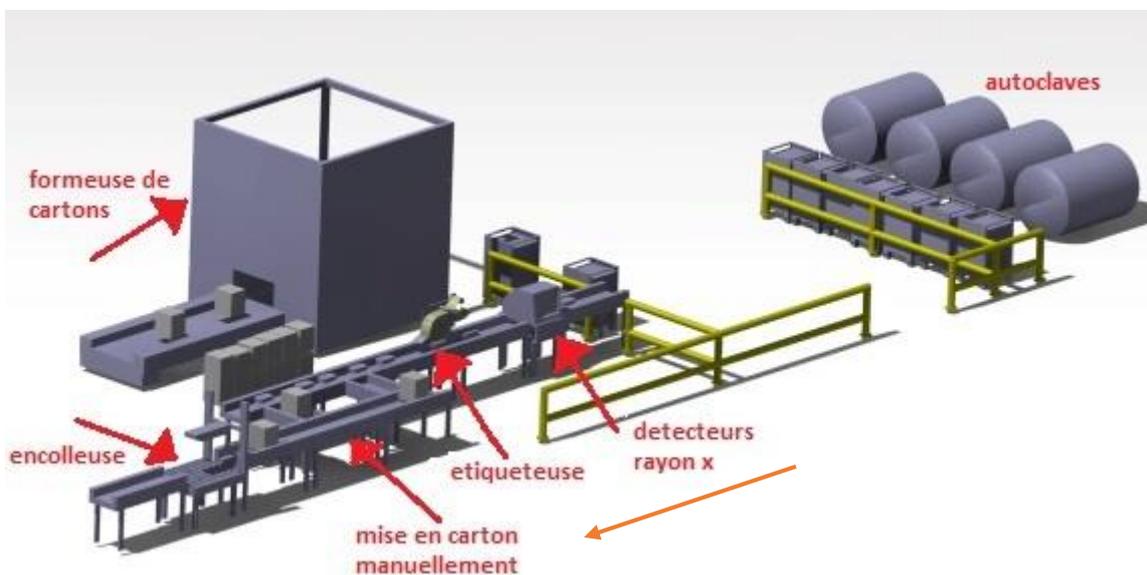


Figure 51: ligne d'emballage

1. Description de la formeuse de caisses

Elle est du type ACME TRANSFORMER, son rôle est de donner la forme au carton pour les mettre sous forme de caisses, ceci moyennant la colle HOTMELT, c'est une sorte de résine à haute température, qui se solidifie une fois refroidie.

2. Transformation des cartons en caisse

La caisse de carton est constituée de deux parties collées entre eux, une partie extérieure de la caisse qui permet de protéger le contenu et de se renfermer sur lui, et une deuxième partie qui permet de répartir la caisse en deux compartiments de taille égaux.

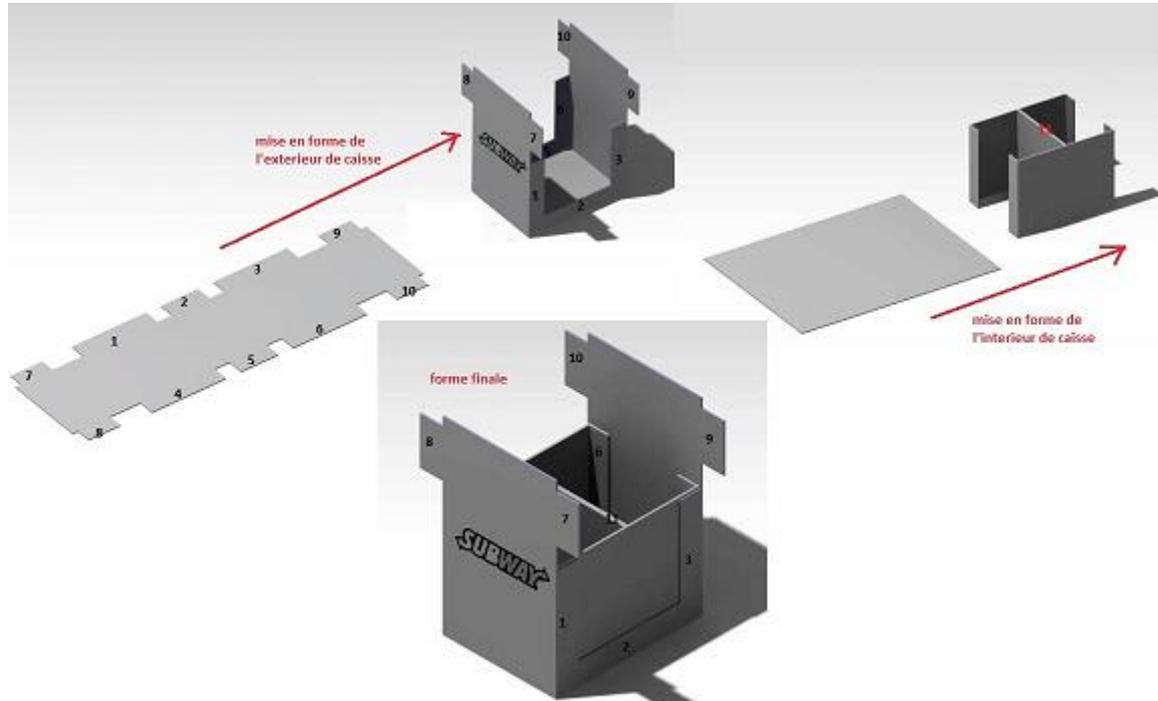


Figure 52: formation du carton

. En combinant les deux parties, en les collants entre eux par une colle forte, la caisse prend forme finale en ressemblant à la figure 56. Ainsi la caisse est prête à recevoir les poches d'olives.

3. Description de l'encolleuse de caisses en carton

Une fois les caisses remplies, elles doivent être Fermées, c'est l'encolleuse qui se charge de leur fermeture. L'encolleuse est sous forme d'une table ayant des pieds réglables en hauteur, à cette table est fixée deux support sous forme de vis sans fin, qui supportent des poutres dirigés le long de la table, ces poutres contiennent des rouleaux qui permettent le passage facile des caisses et aussi, les maintiennent afin de les serrer le temps que la colle refroidisse.

L'entrainement des caisses se fait à l'aide de deux tapis posés sur les bords de la table, ces tapis sont entrainés par des moteurs électriques triphasés. Deux injecteurs servant à injecter la colle sur les caisses, ainsi que deux barres courbées servant à refermés les bords du carton sur la colle. Une photocellule permet de détecter les caisses. Un fondoir pour colle de type NORDSON, pour la fonte de la colle, et la commande des injecteur de projeter la colle lors du passage de la caisse.

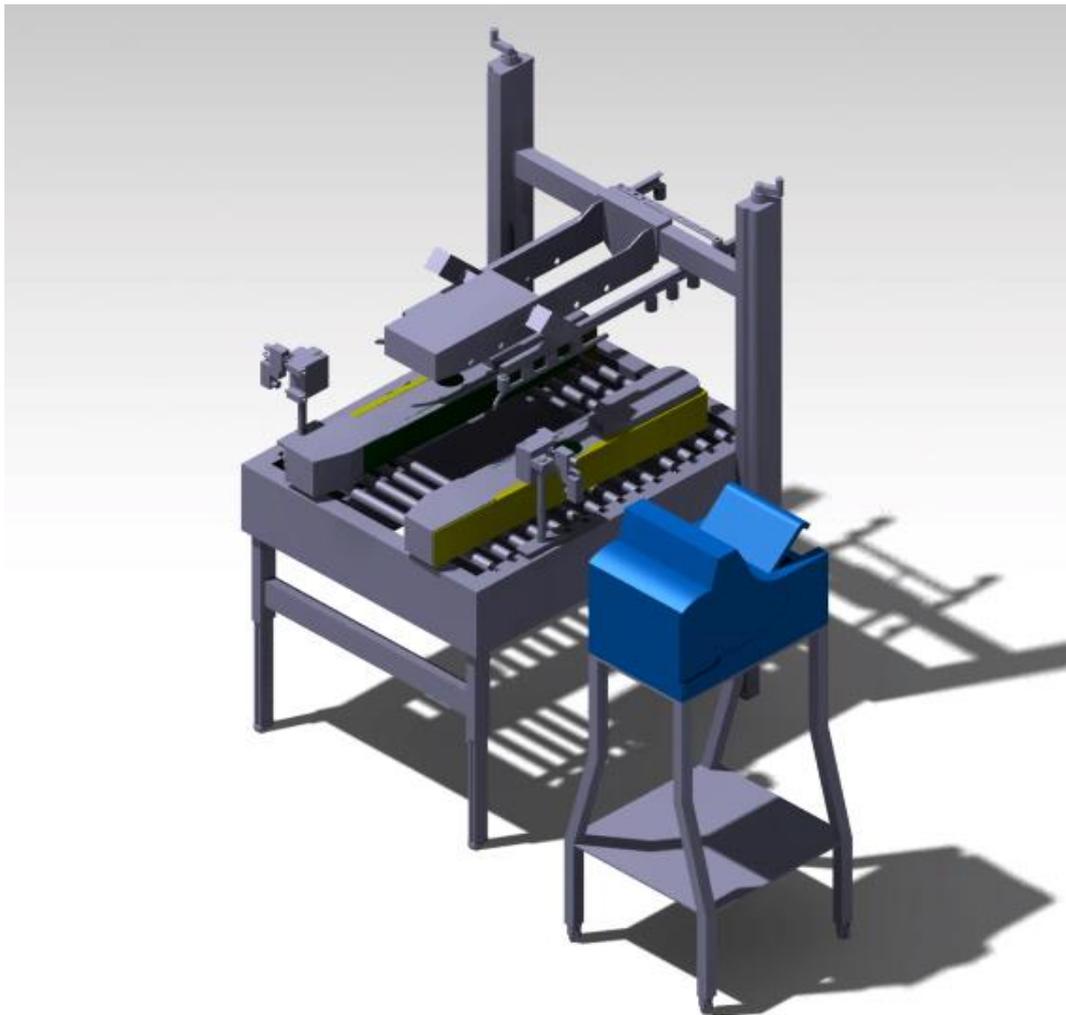


Figure 53: dessin de l'encolleuse actuelle

4. Fermeture des caisses en carton

D'abord une ouvrière est chargée de refermer la caisse avant le passage par l'encolleuse, puis des injecteurs sont chargés de mettre la colle sur la partie où il doivent être collés, les bords se referment sur cette colle, la caisse doit rester un bout de temps serrée entre des barres pour avoir un temps de refroidissement, c'est-à-dire le temps que la colle doit avoir pour se raffermir, et ensuite la boîte est directement lancée dans le convoyeur de sortie, ou des ouvriers sont chargés de les prendre pour les mettre sur des palettes.

La figure suivante montre la façon dont les cartons sont refermés :

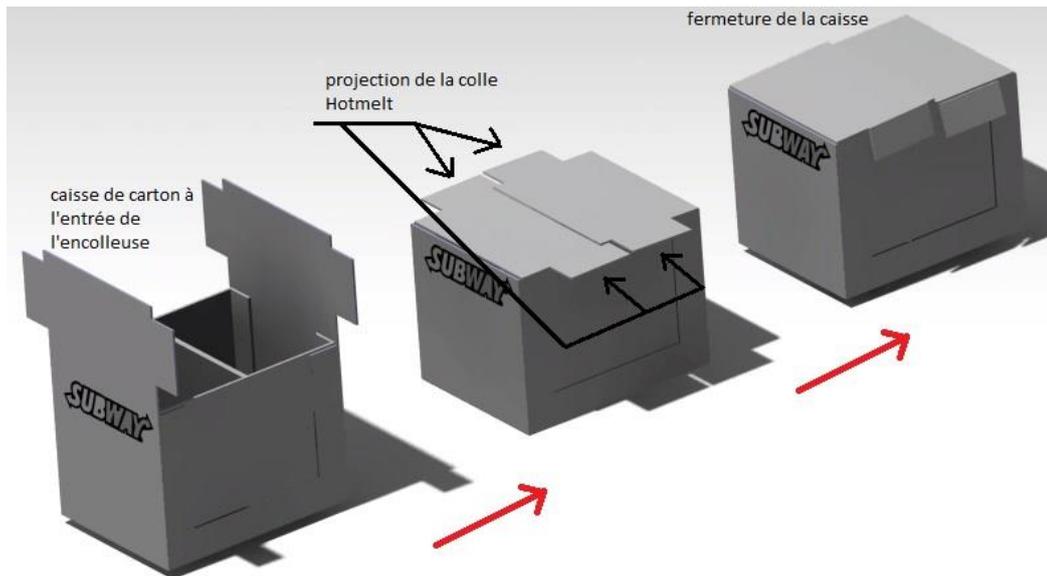


Figure 54: fermeture des caisses de cartons

III. Cahier des charges

1. Bref historique

La ligne d'emballage a connu des problèmes au niveau de la mise des poches en cartons, vu que certains cartons s'abiment soit au niveau de la mise en forme soit au niveau de la fermeture des caisses. Pour être plus clair, un schéma dont les endroits où la colle est mise au niveau des cartons est comme suit

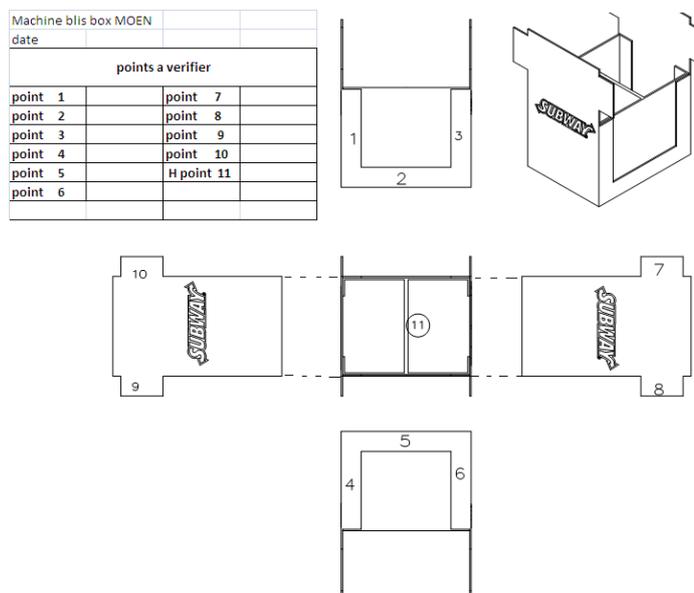


Figure 55: point de collage de la caisse

2. Description du contexte actuel

Une fois remplies, les caisses en cartons passent par le convoyeur à rouleau situé à l'entrée de l'encolleuse pour caisses, il est entraîné manuellement, un opérateur se charge de le coller par-dessus à l'aide d'un pistolet à colle et conduit à sa fermeture puis les bouts de cartons situés à gauche et à droite de la caisse sont fermés automatiquement grâce aux injecteurs de colles situés sur l'encolleuse pour ensuite atteindre la sortie de l'encolleuse.

3. Les difficultés présentes

L'encolleuse actuelle montre des problèmes durant son fonctionnement, on a mené une observation pour pouvoir les identifier ainsi nous pouvons proposer des améliorations pour augmenter la qualité de l'encollage.

L'observation a mené à quelque problème survenant lors de la marche de la machine

- ✓ Blocage des caisses lors du passage
- ✓ Résidu de la colle aux niveaux des rouleaux empêchant leur rotation autour de leurs axes
- ✓ Nécessité de pousser les caisses
- ✓ Parfois il y'a un manque d'injection obligeant l'ouvrier d'y remédier à l'aide d'un pistolet à colle posé à part.
- ✓ Nécessité de fermer les cartons manuellement et de les maintenir fermés jusqu'à ce que la caisse arrive entre les rouleaux.
- ✓ Manque de sécurité pour les employés,
- ✓ Arrachement des caisses lors du passage
- ✓ Parfois la colle n'a pas assez de temps pour sécher.
- ✓ Encombrement des caisses à l'entrée de l'encolleuse
- ✓ Pression des caisses au milieu jusqu'à déformation.

Les problèmes observés ont été classés suivant les causes qui les entraînent

Tableau 13: cause des problèmes de l'ancienne encolleuse :

Problème	Cause
- Blocage des caisses	-mauvais serrage sur les caisses lors du séchage de colle
- nécessité de pousser les caisses	- manque de cinétique
- Résidus de colle sur les rouleaux	- Mauvaise injection de la colle
- Manque d'injection	- vitesse non constante du passage des caisses
-manque de sécurité	- pas de protection contre la colle
-Nécessité de fermer les cartons manuellement	-La machine ne permet pas leur fermeture
-recoller les parties mal collés à l'aide d'un pistolet	
- Arrachement des caisses lors du passage	- Mauvais guidage des caisses
-Pas assez de temps pour la colle pour sécher	Les ouvriers ne lui laissent pas le temps en le tirant

-Encombrement des caisses à l'entrée de l'encolleuse	Pas de continuité
--	-------------------

Le fait que la moitié de l'opération se fait manuellement ce qui contraint l'opérateur à être près des injecteurs de colle ce qui conduit à une insécurité de celui-ci. Aussi le manque de cinétique pousse les employés qui sont chargés de prendre les caisses après leur fermeture et les mettre sur la palette à tirer parfois la caisse quand elle est coincée entre les rouleaux qui permettent de la presser afin que la colle fasse effet en séchant.

La déformation des caisses parfois causées par la barre qui se trouve en haut des caisses et qui n'atteint pas la largeur de toute la caisse ce qui fait que la caisse subit une déformation au milieu

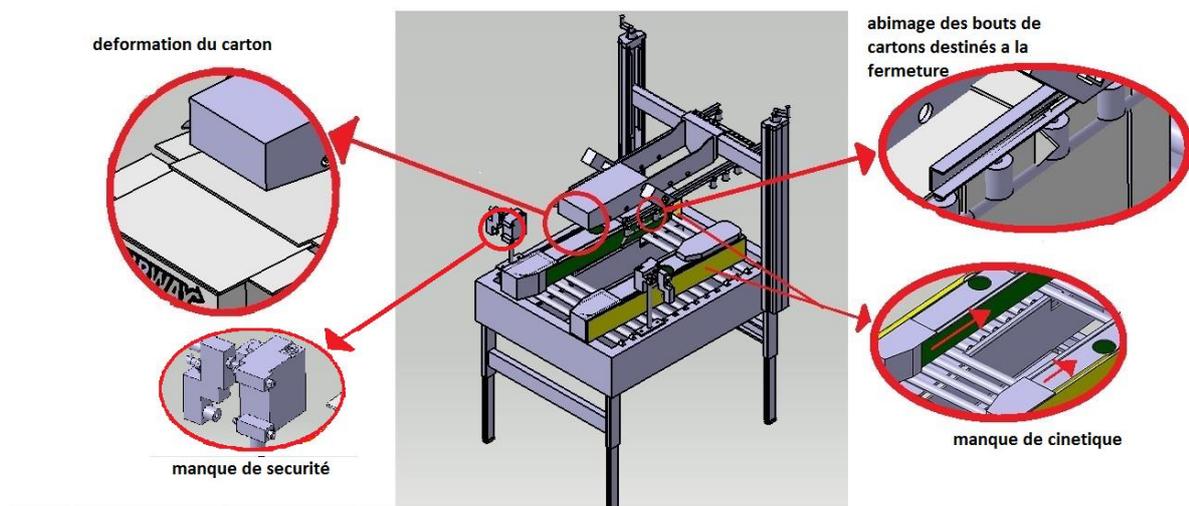


Figure 56: anomalies de l'ancienne encolleuse

4. Définition du problème

On définira le problème grâce à la méthode des 3qocp

- ✓ **Qui** : les personnes concernées par la ligne d'emballage et les opérateurs s'y trouvant. Les clients qui exigent une bonne qualité des caisses.
- ✓ **Quand** : l'étude est menée aux mois de février et mars de l'année 2015
- ✓ **Quoi** : les caisses en cartons sont mal fermées ou abîmés lors de l'emballage
- ✓ **Où** : au sein de la société SICOPA
- ✓ **Comment** : en optimisant la fermeture des caisses en carton tout en apportant des solutions.
- ✓ **Pourquoi** : un bon conditionnement des poches olives.

A partir de cette méthode on pourrait formuler le problème d'une manière claire :

Permettre une bonne fermeture des caisses en cartons pour poches d'olives tout en optimisant la ligne d'emballage et l'utilisation des ressources humaines, en respectant l'ergonomie des postes de la ligne avec maintien de sécurité pour les opérateurs, tout en respectant les délais de mise en place de la solution adéquate.

5. Objectif visé :

Durant cette étude, j'ai eu quelques exigences à respecter de la part des responsables de l'usine, ces exigences sont les suivants :

- ✓ Avoir un cout optimum
- ✓ Travailler avec ce qu'on possède
- ✓ Diminution du temps de fermeture de la caisse
- ✓ Optimiser le nombre du personnel présent dans le poste

6. Recherche d'information

Les informations dont on aura besoin pour travailler sur la conception de la nouvelle encolleuse sont définis par des exigences qui ont été imposés par les responsables de la société, et ils sont comme suit :

La chaine de la fermeture des cartons doit être continue nécessitant la présence d'un convoyeur à bande d'une longueur d'un peu près 4 mètres

La vitesse du convoyeur exigée est de : 28 m/ min

7. Analyse fonctionnelle

Diagramme bête à corne

Pour faire une analyse fonctionnelle, on traduira sa fonction principale à l'aide du diagramme bête à corne:

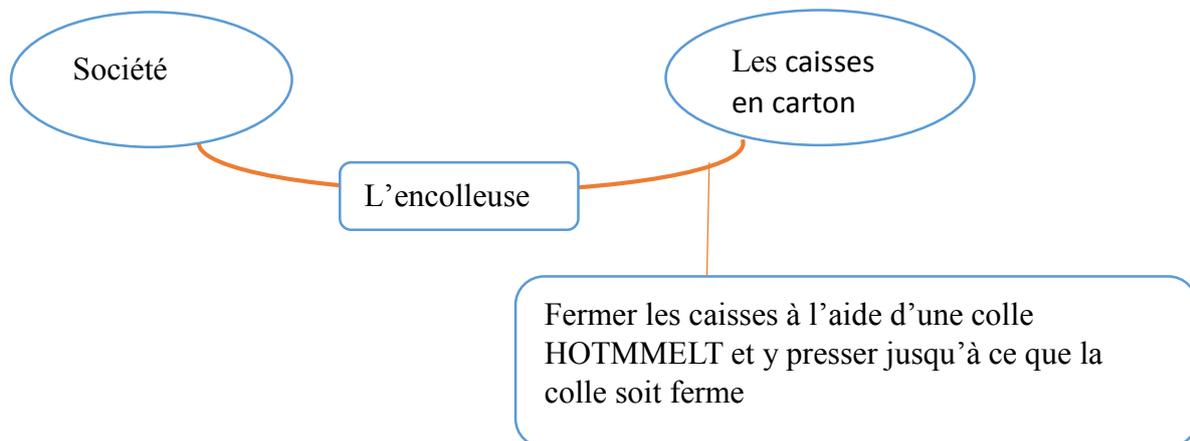


Figure 57: diagramme bête à corne de la machine encolleuse

Méthode RESEAU

La méthode RESEAU est une étape de l'analyse fonctionnelle qui a pour objectif de formuler les fonctions d'un produit, on utilisera ces étapes pour trouver les fonctions que doit remplir la machine.

R echerche intuitive
E xamen de l'environnement
S equential Analysis of Functional Elements
E xamen des efforts et des mouvements
A nalyse d'un produit de référence
U tilisation des normes et des règlements

✓ **Recherche intuitive**

La méthode consiste à poser les fonctions suivant les premières idées qui nous viennent à l'esprit, voici quelques fonctions :

- ✓ être esthétique
- ✓ avoir une vitesse optimum
- ✓ avoir un cout minimum
- ✓ être facile à maintenir

✓ **Examen de l'environnement**

Les fonctions d'adaptation sont les fonctions qui permettent à un produit de s'adapter aux inter acteurs et réciproquement.

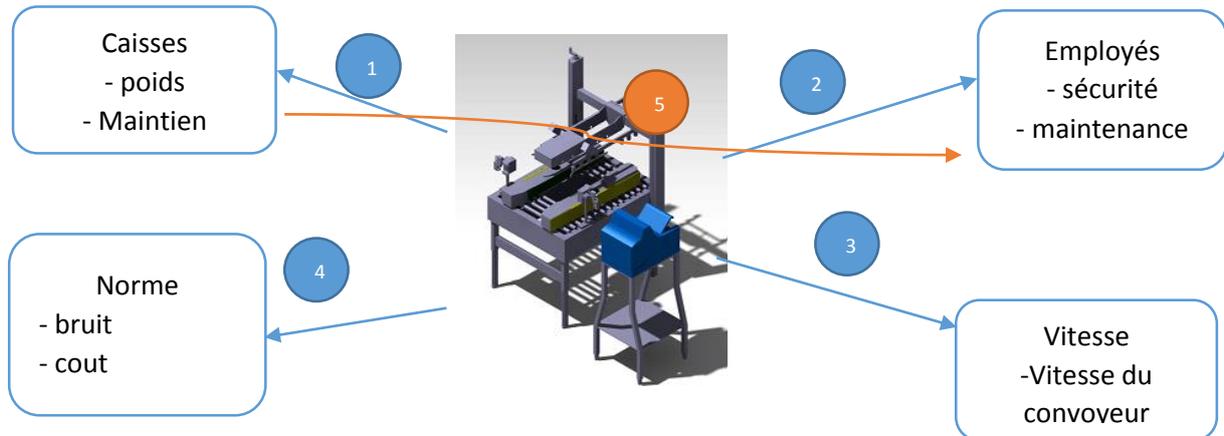


Figure 58: diagramme des inters acteurs de la machine encolleuse

Les fonctions principales

- 1 : supporter les poids accumulés des caisses remplies de poches d'olives
- 2 : Assurer un bon guidage et maintien des caisses en carton
- 3 : assurer la sécurité des employés
- 4 : Être facilement maintenable
- 5 : respecter la vitesse imposé par le cahier des charge
- 6 : respecter le niveau sonore
- 7 : Avoir un cout optimum

Les fonctions contraintes

5

: Être ergonomique pour une facile utilisation par les employés

✓ **Sequential Analysis of Functional Elements (SAFE)**

La méthode SAFE est basée sur l'étude des séquences d'utilisation du produit ainsi que l'étude des cheminements des efforts et mouvement. Il est donc nécessaire d'avoir une idée, et de trouver des fonctions à partir de la séquence imaginée lors du fonctionnement d'un produit

Dans notre cas on imaginera des scènes de fonctionnement de l'encolleuse, le scenario sera comme suit

La caisse sera remplie par les employés ensuite elle devra suivre son chemin vers l'encolleuse ou son bout de carton sera rabattue. Une colle y passera pour ensuite mettre sur le trait de colle le deuxième bout de carton, puis elle passera par l'endroit où la colle sera projetée sur celle-ci dans les côtés, enfin les bouts de cartons se trouvant aux cotes se rabattront sur les traits de colle et la caisse sera serrée sur les parties qui ont été collés pendant un certain moment pour ensuite prendre la sortie du convoyeur ou elle doit être facilement prise par les employés chargés de la mettre sur la palette.

✓ **Examen des efforts et des mouvements**

Certaines scènes du scenario décrit précédemment nécessitent quelques efforts. On cite comme fonctions techniques

- ✓ L'effort qu'appliquent les caisses sur le tapis
- ✓ le poids de la machine doit être maintenu par un support robuste

✓ **Analyse d'un produit de référence**

On s'est inspiré d'une vidéo d'une encolleuse pour caisses à cartons, pour trouver des solutions aux problèmes rencontrés avec l'encolleuse actuelle.



Figure 59: Photo montrant un exemple d'une encolleuse à caisse

✓ **Utilisation des normes et des règlements**

La fermeture des caisses en cartons nécessite l'utilisation de la colle thermo fusible « hotmelt » pour ceci on a besoin de poser certaines réglementations vis-à-vis de celle-ci pour une protection de tout utilisateur

D'après les Fiche de données de sécurité selon (CE) N° 1907/2006

Dans la SECTION 8: Contrôles de l'exposition/protection individuelle, au niveau des Contrôles de l'exposition, on a quelque réglementation de sécurité qui se présente comme suit :

Protection respiratoire	Pas nécessaire.
Protection des mains	Les gants recommandés sont des gants en caoutchouc nitrile (épaisseur >0.1mm, temps de pénétration < 30s). Les gants devront être changés après chaque contact même court ou contamination. Gants disponibles en magasins spécialisés: laboratoires, pharmacies...
Protection des yeux	Lunettes de protection
Protection du corps	vêtement de protection approprié

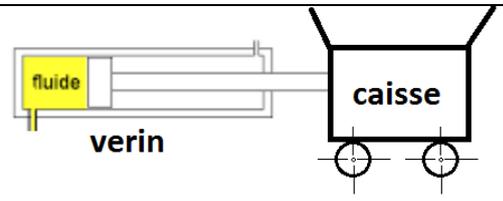
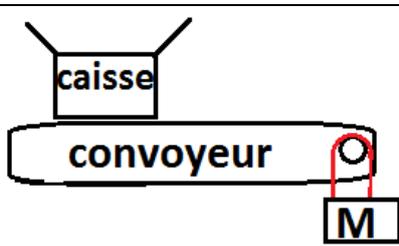
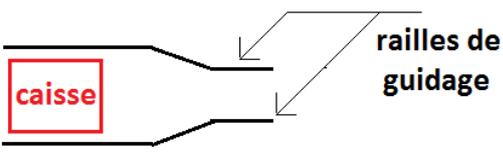
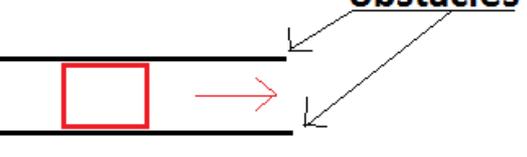
On remarque qu'il y a des réglementations sur la sécurité contre l'exposition de celle-ci, au niveau de la conception de la machine, on devra donc tenir compte de la protection des projections de la colle, pour ainsi protéger les opérateurs se trouvant à proximité.

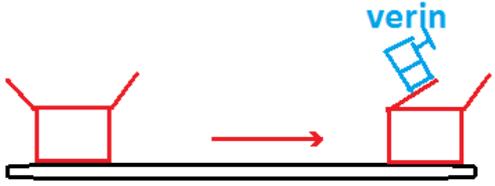
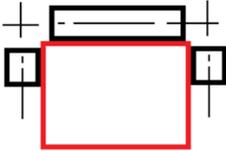
IV. Recherche de solutions

On recherchera pour chaque fonction principale des solutions envisageable.

1. Matrice morphologique :

Tableau 14: matrice morphologique

Fonctions	Concepts	
Pousser des caisses vers l'encolleuse	 A diagram showing a yellow rectangular block labeled 'fluide' inside a cylinder. A piston rod extends from the cylinder to the left side of a box labeled 'caisse'. The box is on two wheels.	 A diagram showing a box labeled 'caisse' on a horizontal conveyor belt labeled 'convoyeur'. A motor labeled 'M' is connected to the end of the conveyor belt.
Guider la caisse	 A diagram showing a red box labeled 'caisse' on a track. The track has two parallel lines that narrow towards the right, labeled 'raillages de guidage'.	 A diagram showing a red box on a track. The track has two parallel lines. A red arrow points to the right. The space between the lines is labeled 'obstacles'.

Fermer des caisses		
Serrage lors du séchage de colle		

2. Conception de la machine

J'ai réalisé à l'aide de l'outil CATIA un dessin décrivant la forme de la nouvelle encolleuse, d'après les fonctions décrites précédemment dans l'analyse fonctionnelle, la forme finale est comme le montre la figure suivante :

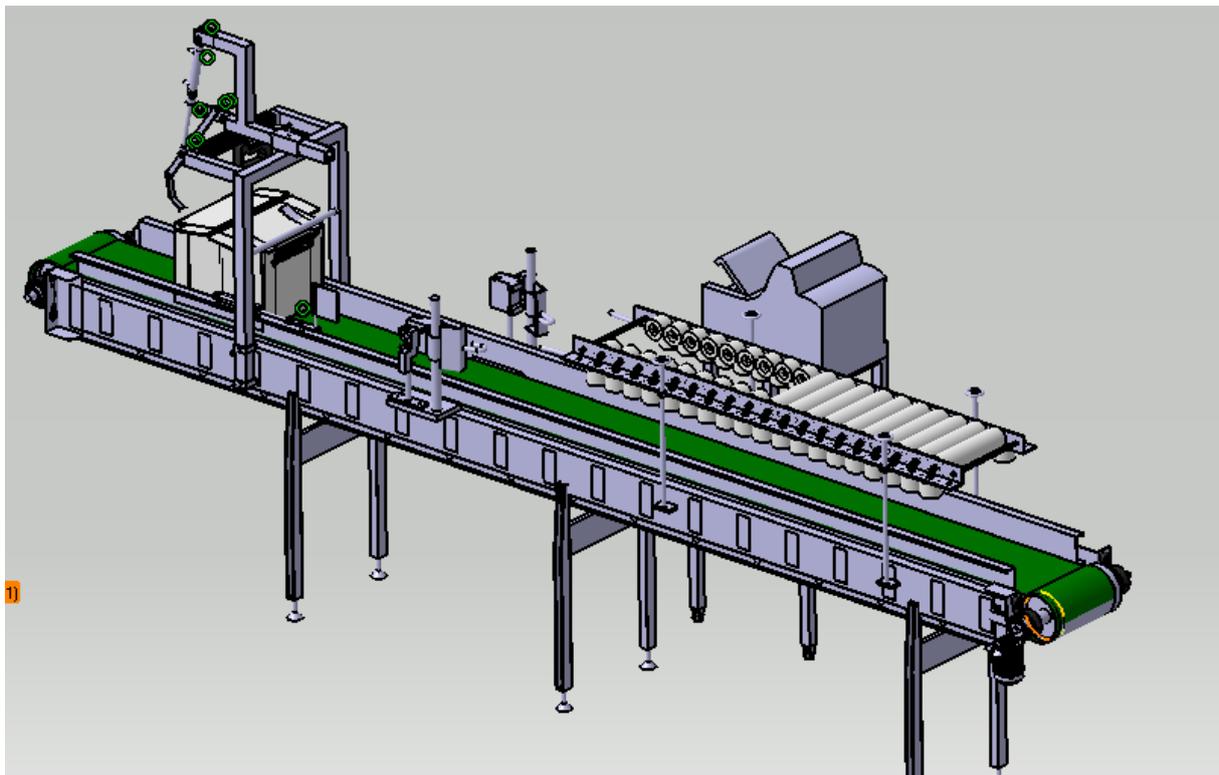


Figure 60: Conception de l'encolleuse à l'aide du logiciel CATIA

Durant la re-conception de l'encolleuse, on a ajouté plusieurs améliorations telles qu'il suit dans ce paragraphe

- ✓ La continuité de la ligne d'emballage

En posant un convoyeur a bande la partie avale de la ligne d'emballage deviendra continue et les caisses passeront par la fermeture d'une manière continue après qu'ils soient remplis par les opératrices

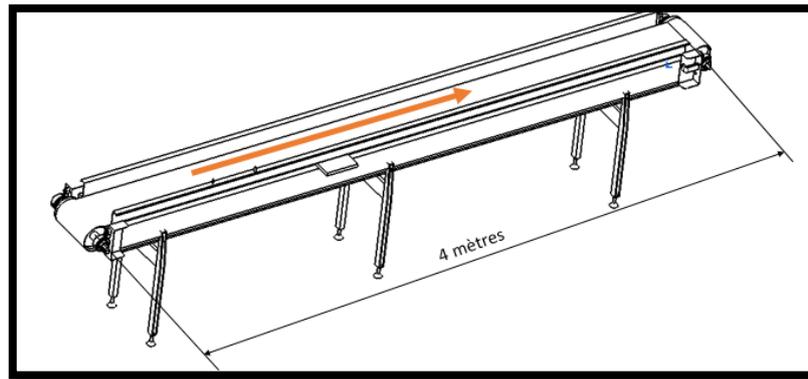


Figure 61 : CAO du convoyeur a bande

- ✓ Le collage par-dessus la caisse

C'est-à-dire l'ajout d'un trait de colle automatiquement par-dessus la caisse en carton, ce qui conduira à une meilleure fermeture

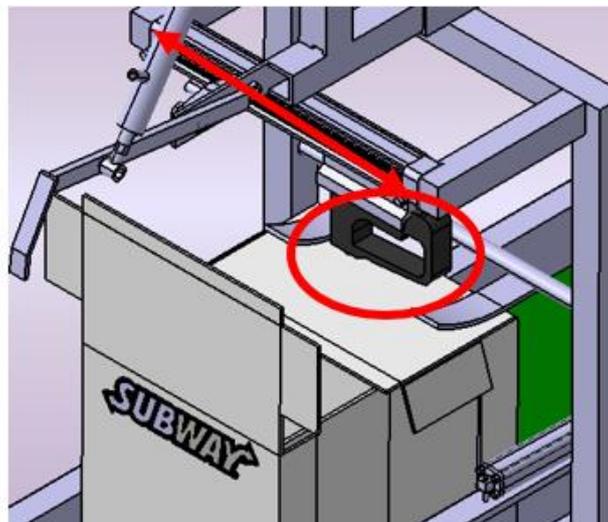


Figure 62: fonctionnement du pistolet à colle

Le trait de colle que doit mettre le pistolet à colle va être assuré par un vérin linéaire.

- ✓ Fermeture automatique :
La fermeture automatique nous a permis de :

Rendre la ligne semi manuelle, on pourra donc optimiser le nombre de personnel présent sur la ligne

Eloigner la personne chargée de pousser les caisses du danger que peut engendrer la colle haute fusion

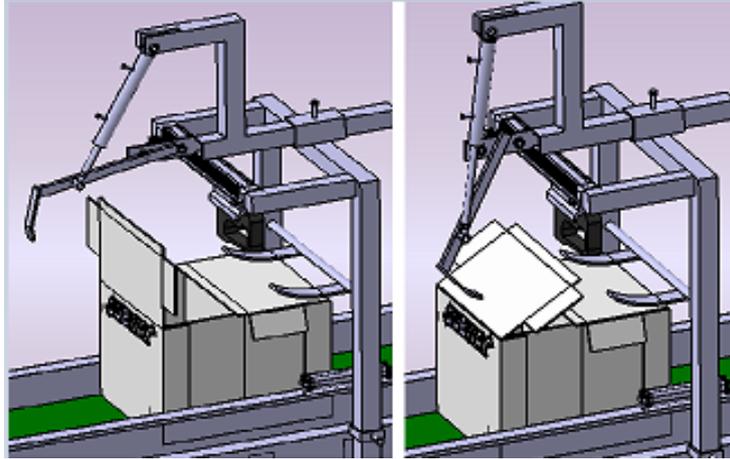


Figure 63: Fermeture automatique des caisses

✓ Protection contre la colle

Des protections ont été conçu, placés devant les injecteurs de colles quand la caisse est absentes, elles sont automatiquement mises devant les buses des injecteurs afin d'éviter tout incident de contact avec les operateurs

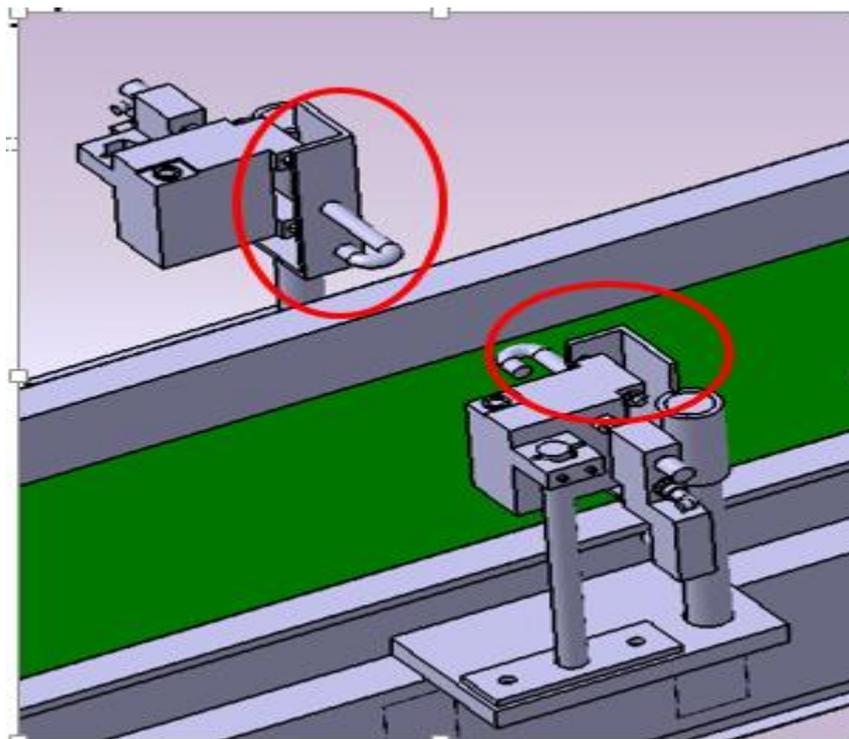


Figure 64: protection contre la colle haute fusion

✓ Maintien de la caisse pendant le séchage

Pour un meilleur maintien de la colle, une partie de la machine est faite spécialement pour le séchage de colle, elle est sous forme d'un support pour rouleaux qui vont permettre de maintenir serré la caisse le temps que la colle prenne effet.

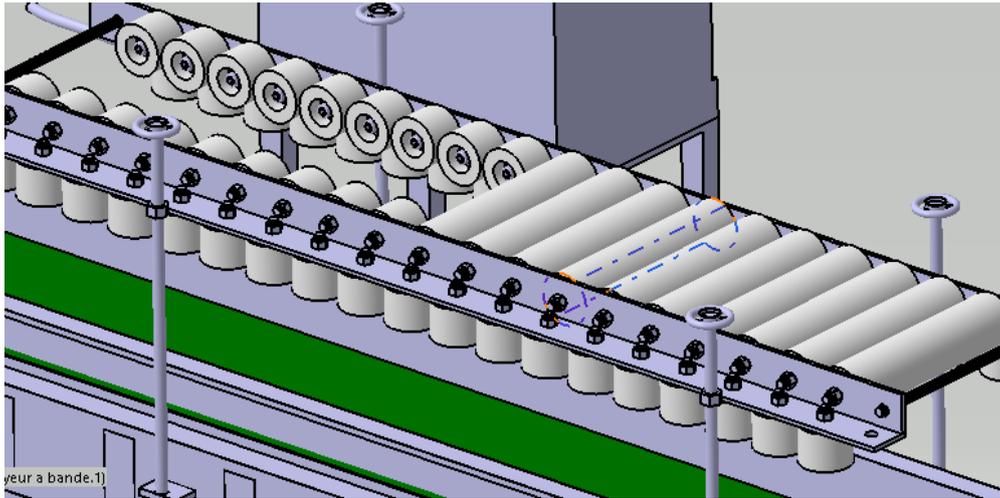


Figure 65: rouleaux pour le serrage

- ✓ Choix du tapis du convoyeur

Le fait que les caisses doivent passer entre des rouleaux pendant le séchage de colle, ceci va influencer sur le passage de celles-ci, c'est pour cela qu'on a décidé d'utiliser pour le convoyeur, une bande rugueuse tel le montre la photo suivante :



Figure 66: tapis rugueux

V. Calcul et dimensionnement

1. Dimensionnement du moteur et du réducteur

Pour le choix des caractéristiques, on doit connaître la puissance du moteur qu'on veut utiliser, pour cela on devra calculer le couple nécessaire et la vitesse adéquate avec laquelle le renverseur doit tourner :

Pour dimensionner le moteur chargé de la rotation des tambours du convoyeur de l'encolleuse des cartons, on a besoin des paramètres principaux qu'on rassemblera do à cet effet

- ✓ La vitesse du convoyeur a bande

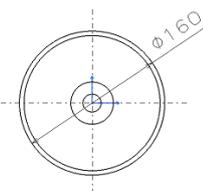
La vitesse du convoyeur de l'encolleuse, elle exigée par les responsables et elle est égale à :

$$V_{convoi} = 28 \text{ m/min}$$

- ✓ La longueur du convoyeur $L = 4\text{m}$
- ✓ Largeur du convoyeur $l = 0.29 \text{ m}$
- ✓ la masse d'une caisse d'olive $m = 10 \text{ kg}$
- ✓ diamètre du tambour qui entraine la rotation du tapis $d = 0.16 \text{ m}$

Les autres données, on va procéder à leur calcul :

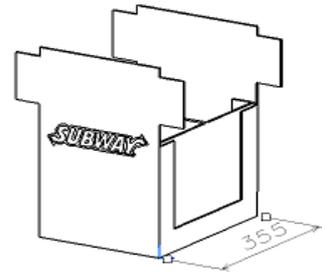
- ✓ La charge que devra transporter le convoyeur



On estimera le charge par la multiplication du poids d'une seule caisse par le nombre maximum que pourra transporter le convoyeur a bande soit :

Chaque caisse a une longueur de 355 mm, $4/0.355 = 11.2$

Pour la bonne marche de l'encolleuse on laissera à peu près un espace de 10 cm entre deux caisses, cela nous donnerait 8 caisses sur le convoyeur a bande au plus, pour le reste du calcul on tiendra compte de ce nombre pour optimiser la puissance du moteur.



La masse de la charge est $m = 8 * 10 = 80\text{kg}$.

✓ Calcul du débit

Le débit a été calculé comme suit :

La charge étant de 80 kg, donc la charge linéaire que supporte le convoyeur est de :

$$\frac{80\text{kg}}{4\text{m}} = 20\text{kg/m}$$

La longueur du convoyeur est de 4m et la vitesse du convoyeur est de 28m/min

$$\Rightarrow \frac{20\text{kg}}{\text{m}} * 28 * 60\text{m/h}$$

$$\Rightarrow \text{debit} = 33.6 \text{ tonnes /h}$$

✓ Calcul de la vitesse de rotation du tambour

La vitesse du convoyeur sera convertie en vitesse angulaire du tambour, ce qui nous donnera :
Il possède 80 mm de rayon et $V = 28 \text{ m / min} = 466 \text{ mm / s}$

$$\omega_{\text{tambour}} = \frac{V_{\text{tapis}}}{R_{\text{tambour}}}$$

$$\omega_{\text{tambour}} = \frac{466.67}{80}$$

$$\omega_{\text{tambour}} = 5.83 \text{ rad/s}$$

✓ Estimation de la masse du tapis

On estime la surface du tapis, en multipliant la longueur de celui-ci par la largeur du convoyeur à bande

La longueur du convoyeur est de 4 m, on estimera le double pour le tapis $L = 8\text{m}$

Sa largeur est de 290 mm

$$\rightarrow S = 8 * 0.29 = 2.32 \text{ m}^2$$

D'après les informations sur le tapis pris d'un site commercial, son poids est de 5 kg/m²

Détails rapides

Point d'origine:	La chine(continentale)	Nom de marque:	beltar	Numéro de Type:	B-v50-2/2-l-c
matériel:	pvc	épaisseur:	5.0mm	épaisseur de couverture:	3.0mm
couches de fibres:	2 plis	classe de fibres:	polyester	motif de surface:	rough top
motif de fond:	fil de polyester	couleur:	vert	poids:	5 kg/m ²
plage de température:	-10 à +90 degrés centigrades				

$$m_{tapis} = S_{tapis} * m_{surfactive}$$
$$m_{tapis} = 11.6 \text{ kg}$$

✓ Calcul de la charge

La charge sera due aux produits sur le convoyeur ainsi que le tapis de celui-ci

Charge = masse de la charge + masse du tapis

$$charge = m_{caisses} + m_{tapis}$$
$$charge = 91.6 \text{ kg}$$

✓ Calcul de l'accélération

La vitesse à atteindre comme cité précédemment est de 0.47 m/s, comme les cartons sont fragiles et risquent des déchirures durant leur collage, on prendra un temps d'accélération assez grand pour la bonne marche de l'encolleuse

Temps d'accélération : 10s

$$\Rightarrow a = \frac{v}{t_{acc}} = \frac{0.47}{10} = 0.047 \text{ s}^{-2}$$

✓ Calcul du couple lors de l'accélération

Lorsque la vitesse initiale est nulle on a :

$$f_a = m(a + g\mu_{statique})$$
$$f_a = 91,6 * (0.047 + 10 * 0.09)$$
$$f_a = 86.71 \text{ N}$$

Pour le couple lors de l'accélération

$$M_a = f_a * r = 86.71 * 0.08$$
$$M_a = 6.93 \text{ Nm}$$

✓ Calcul du couple lors de l'accélération

$$f_a = m(a + g\mu_{dynamique})$$
$$f_a = 91,6 * (0.047 + 10 * 0.07)$$
$$f_a = 68.42$$

Pour le couple lors de l'accélération

$$M_a = f_a * r = 68.42 * 0.08$$

$$M_a = 5.47 \text{ Nm}$$

- ✓ Calcul du couple lors de l'opération normale

$$f_s = mg\mu_{dynamique}$$

$$f_s = 91,6 * 10 * 0.07$$

$$f_s = 64.12$$

Pour le couple lors de l'accélération

$$M_s = f_a * r = 64.12 * 0.08$$

$$M_s = 5.12 \text{ Nm}$$

- ✓ Calcul de la puissance du moteur

On sait que la puissance est égale au couple multiplié par la vitesse de rotation angulaire

$$P = M\omega$$

Le plus souvent les moteurs ont un rendement de 0.98 c'est le rendement avec lequel on travaillera :

Durant l'accélération on a

$$P = \frac{M_a * \omega}{\eta} = 32.54 \text{ w}$$

Durant la marche normale

$$P = \frac{M_s * \omega}{\eta} = 30.45 \text{ w}$$

- ✓ Calcul du module de l'engrenage :

D'après le guide du calcul en mécanique le module de l'engrenage est égale à :

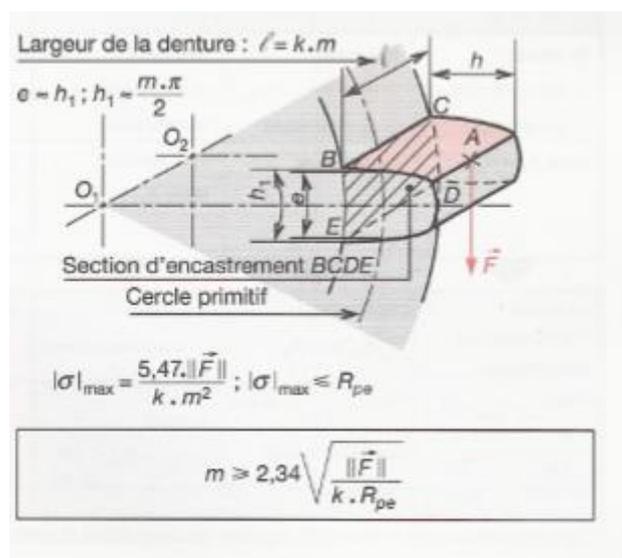


Figure 68 : calcul du module d'engrenage

Estimation de la force f :

La force à laquelle est soumise la dent de la roue dentée est estimé à la force qui est créé à partir du poids calculé précédemment ajouté au poids des deux tambours

J'ai estimé le poids du tambour d'après CATIA v5 comme le montre la figure suivante :

$$2 \times p_{tambour} = 290 \text{ N}$$

$$F = \text{Poids} = 916 + 210$$

$$F = 1126 \text{ N}$$

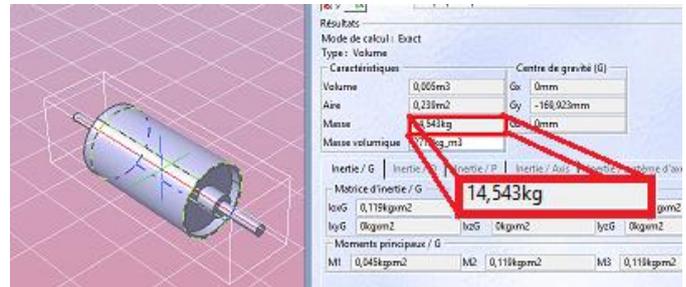


Figure 69 : poids du tambour

Choix de k :

k est un coefficient qui dépend de la forme de la dent on prendra $k = 2$.

Pour la résistance, la limite d'élasticité sera égale à celle de l'acier puisque il sera notre matériau de construction :

$$\text{On a } R_{pe} = \frac{R_e}{s} \text{ avec } s : \text{coefficient de sécurité}$$

On prendra 1 comme coefficient de sécurité car ce n'est pas un mécanisme qui présente beaucoup de danger

$$\Leftrightarrow m \geq 2.34 \sqrt{\frac{\|\vec{F}\|}{k.R_{pe}}}$$

$$m \geq 2.34 \sqrt{\frac{1126}{2.250}}$$

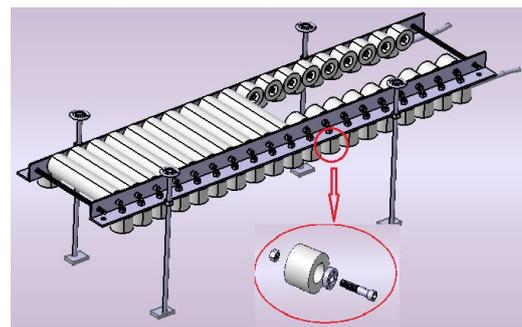
$$m \geq 3.5$$

$$m = 4$$

2. Dimensionnement du support des poutres en cornière

La partie qui permet à la caisse d'être serrée durant le séchage contient plusieurs rouleaux en téflon, qui sont vissées à des cornières, tournant autour de leurs axes à l'aide de roulements à billes à contact radiales. Ces cornières sont posées sur des tiges filetées.

Pour estimer les diamètres de ces tiges, j'ai effectué un calcul RDM pour s'assurer de la résistance à la compression.



J'ai estimé le poids total de tous les composants qui sont posés sur les quatre tiges filetées, l'estimation est faite à l'aide du logiciel CATIA, en attribuant le matériaux de chacun des composants, et en activant la fonction « mesure d'inertie ». Les différents matériaux que j'ai attribué à chacun des constituants est comme suit :

- Les rouleaux : plastique
- Les boulons : acier
- Cornière : acier
- Goujons : acier

Et j'ai calculé la masse totale tel que le montre le schéma suivant :

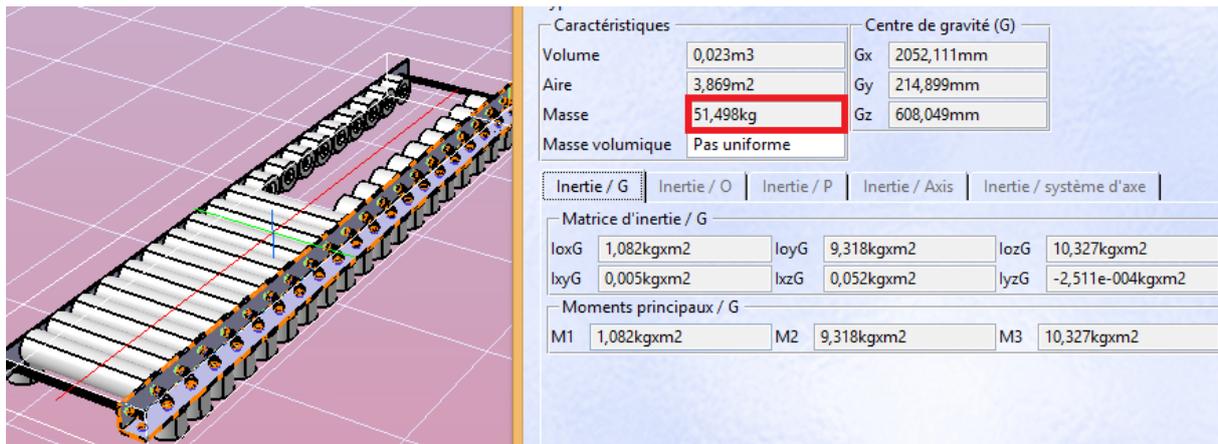


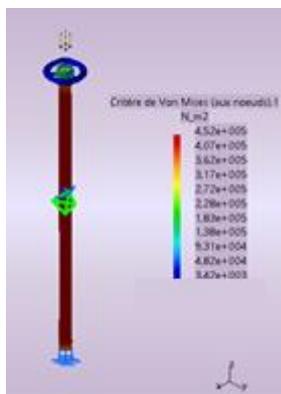
Figure 67: calcul de masse à l'aide de CATIA

$$M_{totale} = 52 \text{ kg}$$

Les tiges devront supporter alors une charge de 520 N, ce qui veut dire 130 N pour chacune d'elle

On a choisi un diamètre de 24mm pour chaque tige, et on a fait une estimation des contraintes appliquées sur une tige à l'aide du logiciel CATIA dans l'atelier « générative structural analysis »

D'après le critère de Von mises la plus grande contrainte calculé par le logiciel est de 0.452 MPa ce qui est très inférieure à la limite d'élasticité de l'acier.



3. Schéma cinématique

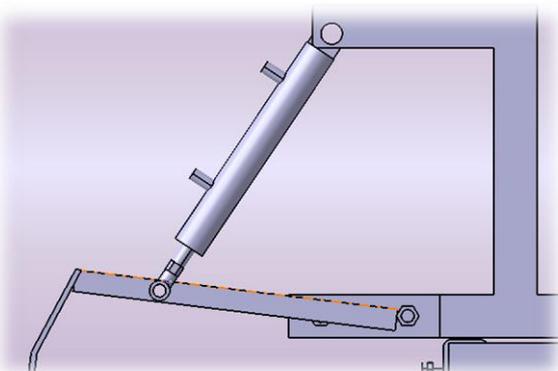


Figure 68 : rabatteuse de caisses

Au moment de la mise de la colle sur la partie supérieure du carton, le carton doit être refermé, on a automatisé sa fermeture grâce à un vérin pneumatique.

Pour mieux expliquer le mécanisme, j'ai réalisé un schéma cinématique montrant les différents composants de la rabatteuse de cartons que voici :

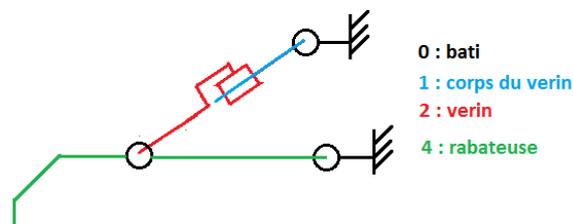


Figure 69: Schéma cinématique de la rabatteuse à caisse

Un autre vérin a été placé sur la machine qui constituera un obstacle pour le carton, il l'empêchera d'avancer, le temps que la colle se projette en haut de la caisse.

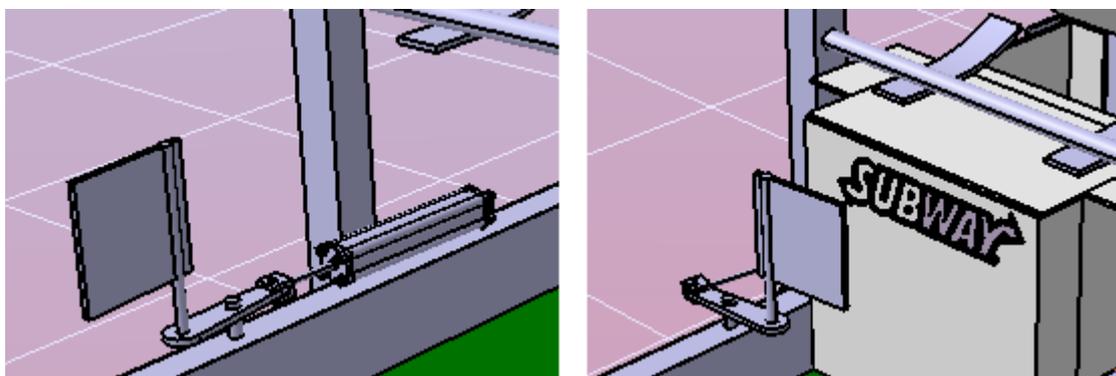


Figure 70: obstacle de la caisse

Durant le passage de la caisse, elle sera arrêtée par un obstacle moyennant un vérin simple effet. Le mécanisme fonctionne tel que le montre le schéma cinématique suivant :

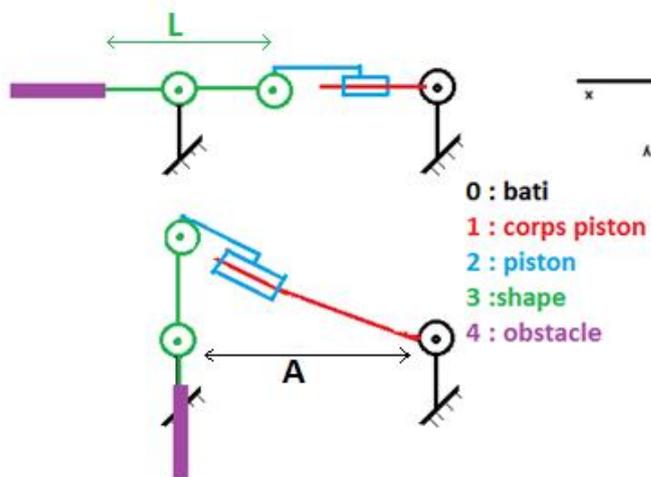


Figure 71: schéma cinématique de l'obstacle pour la caisse

Pour une longueur de la shape L
Dans le premier cas

$$A = C_{piston} + \frac{L}{2}$$

Dans le deuxième cas ou l'obstacle fait une rotation de 90°

$$A^2 + \frac{L^2}{4} = C_{piston}^2$$

La course du piston est connue car elle est imposée par le constructeur

On déduira les deux autres.

$$\frac{1}{2}L^2 + \frac{C}{2}L = 0$$

C'est une équation de second degré dont la résolution est :

$$\Rightarrow L = \frac{-\frac{C}{2} + \sqrt{\frac{C^2}{4} - 8}}{2 \cdot \frac{1}{2}}$$

On a estimé la course du piston $C = 400$ mm

$$\Rightarrow L = 100$$

$$\Rightarrow A = 450$$

VI. Automatisme de l'encolleuse

1. Introduction

L'automatisation est l'art d'utiliser les machines afin de réduire la charge de travail du travailleur tout en gardant une productivité et la qualité.

Elle fait appel à des systèmes électroniques qui englobent toute la hiérarchie de contrôle-commande depuis les capteurs de mesure, en passant par les automates, les bus de communication, la visualisation, l'archivage jusqu'à la gestion de production et des ressources de l'entreprise.

Dans notre cas on utilisera deux capteurs, un capteur placé au début de la machine pour capter la caisse afin d'être arrêté pour que la colle y passe par-dessus. Et le deuxième capteur servira pour enclencher les deux buses à gauche et à droite de la caisse.

Pour les vérins, on en utilisera trois, le premier est celui de la rabatteuse de la caisse, le deuxième celui du pistolet à colle pour le dessus de la caisse, le troisième est celui de l'obstacle qui arrêtera la caisse le temps que le pistolet à colle éjecteur sur le dessus.

Afin de mieux comprendre le fonctionnement de la machine, un graficet a été établi dans le paragraphe suivant.

2. Grafcet

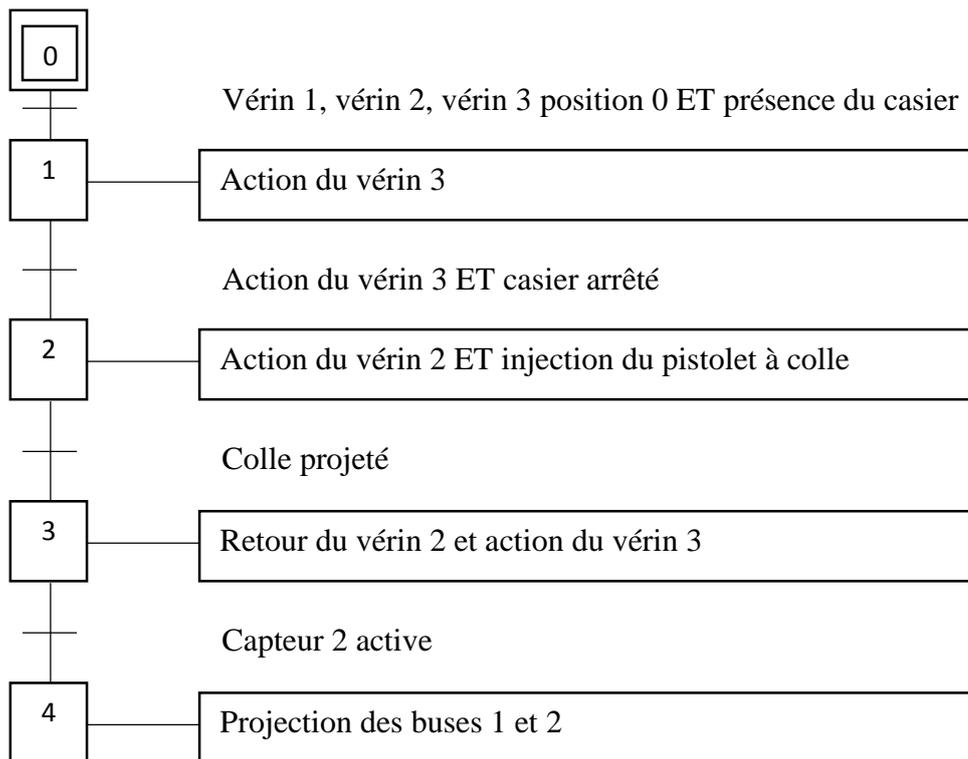


Figure 72: grafcet de l'encolleuse

Pour mieux expliquer ces étapes une figure à l'aide du logiciel CATIA est placée dans l'annexe (voir annexe 3)

Conclusion

Le travail présenté dans ce document est l'aboutissement de plusieurs semaines partagées entre réflexion, recherche, développement et analyse.

Ce travail était l'occasion de mettre en œuvre mes connaissances théorique et pratique acquises pendant ma formation d'ingénieur ainsi qu'une expérience de plus gagnée dans le chemin professionnel.

L'étude nous a permis de trouver des solutions au niveau des lignes de production des olives vertes et noires, notre objectif était de contribuer à l'amélioration des lignes de productions des olives, noires et vertes, aussi au niveau de leur conditionnement qu'au niveau de leur production, afin d'accroître la productivité et d'essayer de minimiser les failles que connaissent ces deux lignes, tout en passant par le Lean management et ses outils, ainsi la conception d'une nouvelle machine.

A la fin de notre projet nous avons pu :

- Déterminer les arrêts majeurs au niveau de l'ensacheuse TOYO 1 et minimiser ces arrêts à travers l'étude de ses causes.
- Proposer des solutions dans les deux lignes OVD et OND
- Améliorer le circuit des olives vertes durant leur production.
- Améliorer la ligne de conditionnement des olives vertes en la lissant et optimisant son ergonomie
- Standardiser le travail au sein de la ligne de conditionnement des OVD pour une meilleure productivité à l'avenir
- améliorer la partie avale de la ligne de conditionnement des olives noires à travers la conception d'une nouvelle machine.

Nous espérons atteindre notre objectif et que notre projet trouvera son application au sein de l'entreprise et qu'il donnera satisfaction à ses besoins.

Pour un meilleur résultat des améliorations des lignes de production, le travail fait au cours des 4 mois de stage ne doit pas s'arrêter, et connaître un suivi pour les années à venir.

Annexe 1 : exemple de feuille calcul TRS

		A	B	C	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
1		Suivi journalier du TRS et non TRS																									Date: le				
2		Mois de Janvier 2015																									Emetteur:				
3																											SICOPA				
4																															
5																															
6																															
7																															
8																															
9																															
10																															
11																															
12																															
13																															
14																															
15																															
16																															
17																															
18																															
19																															
20																															
21																															
22																															
23																															
24																															
25																															
26																															
27																															
28																															
29																															
30																															
31																															
32																															
33																															
34																															
35																															
36																															
37																															
38																															
39																															
40																															
41																															
42																															
43																															
44																															
45																															
46																															
47																															
48																															
49																															
50																															
51																															
52																															
53																															
54																															
55																															
56																															
57																															
58																															
59																															
60																															
61																															
62																															
63																															
64																															
65																															
66																															
67																															
68																															
69																															
70																															
71																															
72																															
73																															
74																															
75																															
76																															
77																															
78																															
79																															
80																															
81																															
82																															
83																															
84																															
85																															
86																															
87																															
88																															
89																															
90																															
91																															
92																															
93																															
94																															
95																															
96																															
97																															
98																															
99																															
100																															

Annexe 2 : standard de la zone de conditionnement des OVD

Zone de conditionnement de la ligne (OVD)

Tour d'atelier hebdomadaire

Responsable du tour :

...../...../2015

Semaine :

Trier / Mettre en ordre	0	1	2	3	Total	Correct ion imméd iate ?
1- La pièce est débarrassée de tout ce qui est inutile (cartons usés, caisses non utilisées,...)						
2- Les palettes, chariot, tables, transpalette ne sortent pas de l'espace zonés.					
Nettoyer	0	1	2	3	Total	Correct ion imméd iate ?
3- Les sols, murs et surfaces de travail sont propres (pas de déchets, liquides, salissures, etc....)						
4- Le matériel et équipements (tables, cartons, palette, chariots ...) sont propres.					
5- Le nettoyage de la zone est effectué selon la fréquence définie (1fois par semaine)						
Impliquer / Suivre	0	1	2	3	Total	Correct ion imméd iate ?
6- Les divers affichages, standards, consigne de sécurité sont présents et à jour						
7- Les procédures appliquées sont présentes, à jour et respectées					
8- Les tours d'atelier sont effectués à la fréquence définie (1 fois par semaine)						

Système de cotation :

●	Rouge :		Inadmissible, intolérable, inexistant	0
●	Orange :		Mauvais	1
●	Vert clair :		Correct	2
●	Vert foncé :		Idéal	3

**Total :
objectif :**

.....
24

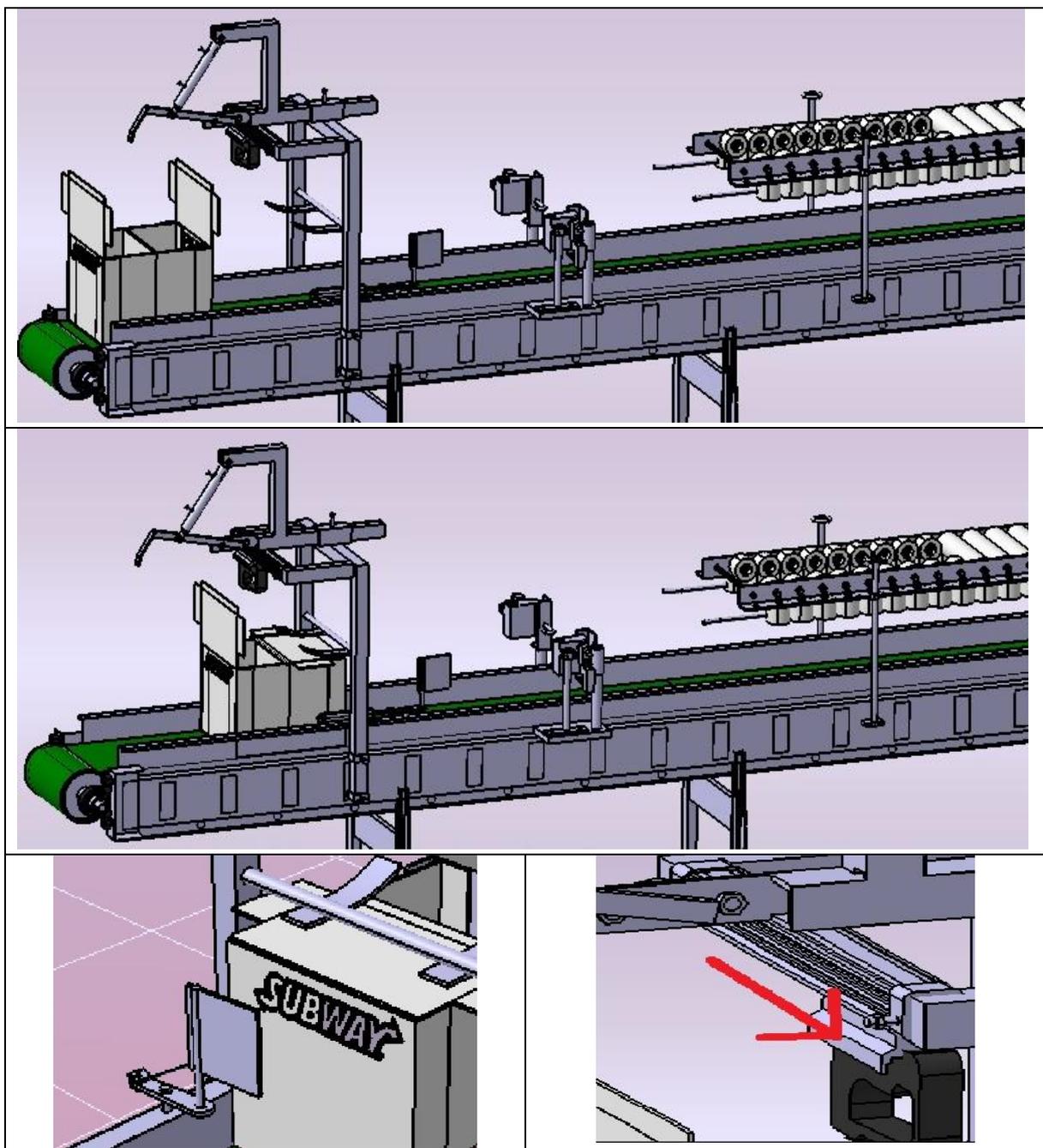
Commentaire:

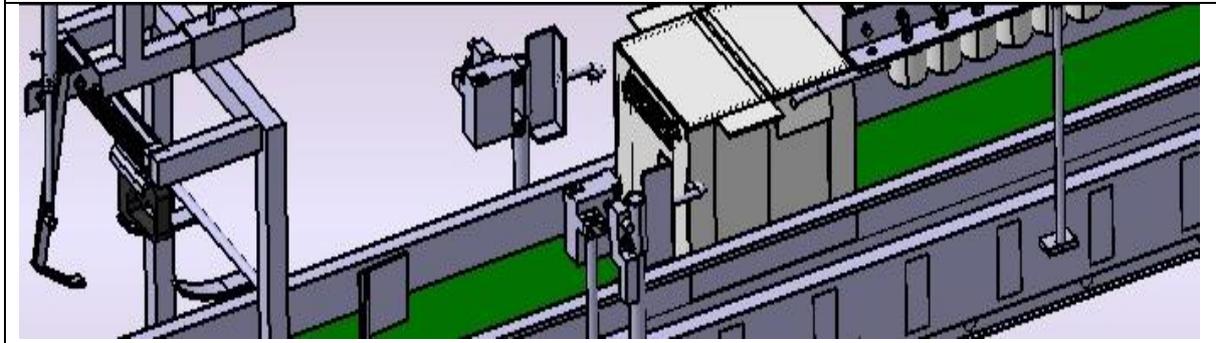
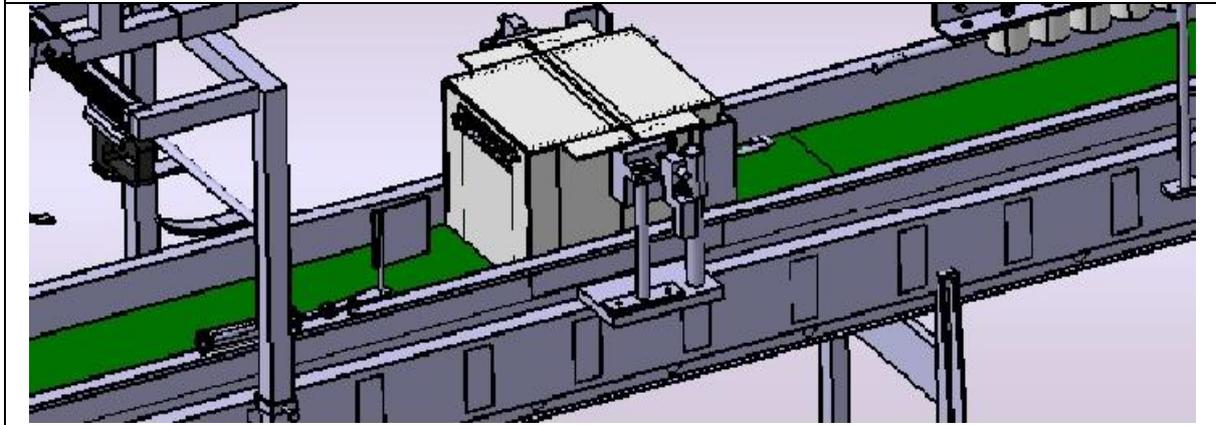
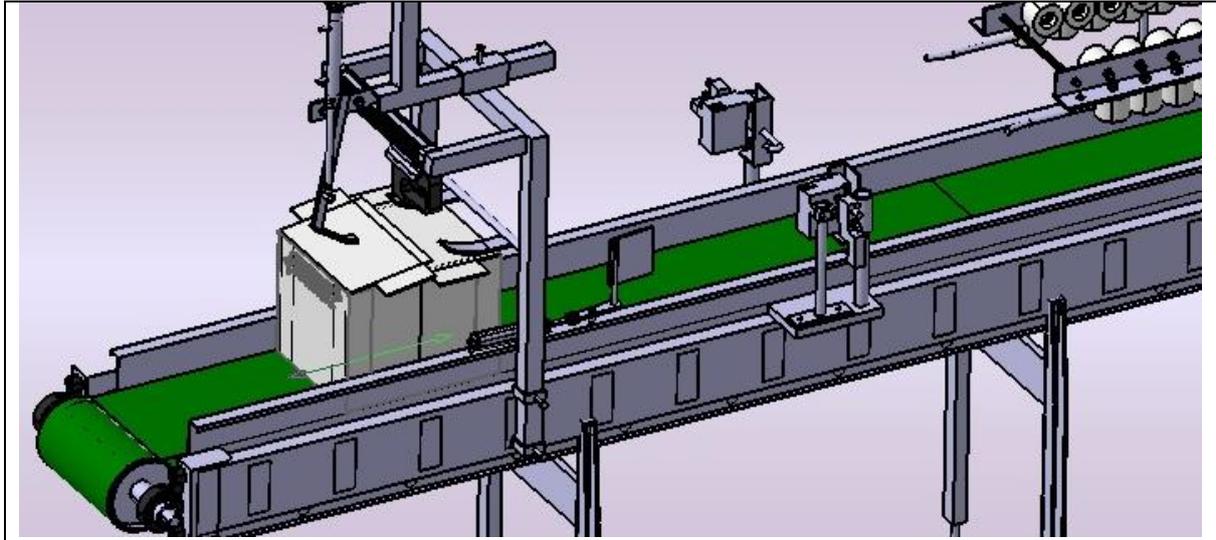
Date et visa auditeur :

Plan d'action proposé :

Espace ou matériel concerné	Actions proposées	Délai

Annexe 3 : Différentes étapes du fonctionnement de l'encolleuse





Annexe 4 : analyse des tiges filetées des cornières supportant les rouleaux de la machine

Maillage :

Entité	Nombre
Noeuds	354
Eléments	878

Qualité des éléments :

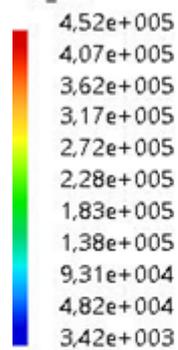
Critère	Bon	Médiocre	Mauvais	Plus mauvais	Moyenne
Etirement	878 (100,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0,359	0,588
Rapport hauteur-largeur	788 (89,75%)	90 (10,25%)	0 (0,00%)	3,791	1,905

Matériaux :

Matériau :	Acier
Module d'Young	2e+011N_m2
Coefficient de Poisson	0,266
Densité	7860kg_m3
Coefficient d'expansion thermique	1,17e-005_Kdeg
Limite élastique	2,5e+008N_m2

Solution statique – critère de Von Mises (aux nœuds)

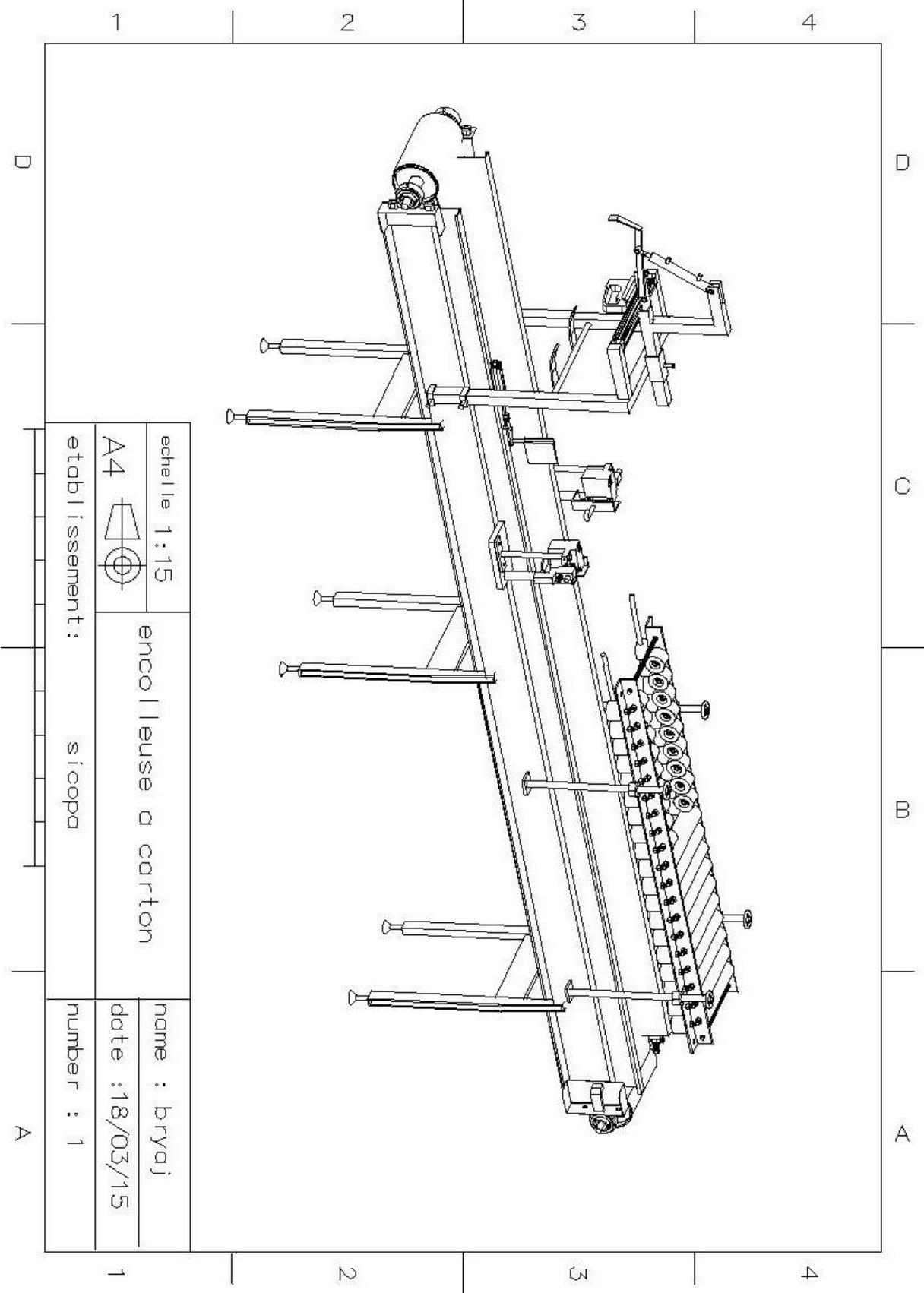
Critère de Von Mises (aux nœuds).2
N_m2



Uniquement sur la peau



Annexe 5 : dessin de l'encolleuse



Bibliographie

- *Documentation de l'usine - Modules d'INMAA*
- *Guide du calcul en mécanique – D. Spenlé – R. Gourhant*
- *Calcul autour des moteurs et de leurs charges – guy gauthier ing., Ph.D*
https://cours.etsmtl.ca/gpa668/aCours/Charge_moteurs_E2011.pdf
- *Guide du dessinateur industriel – A. Chevalier*
- *Fiche de données de sécurité selon (CE) N° 1907/2006, Pattex hot Sticks transparent*
- *Initiation au Lean Manufacturing - Christophe Rousseau Ingénieur et Production Manager*
www.LeLeanManufacturing.com
- *Encyclopédie en ligne*
www.wikipedia.org