



Année Universitaire : 2014-2015

Filière ingénieur
Industries Agricoles et Alimentaires



Rapport de stage de Fin d'études

**Réduction des pertes en mix au niveau du
conditionnement du yaourt au sein de la
Centrale Laitière de Salé**

Réalisé par :

Rachid Rhioui

Encadré par :

- M^r. O. ALAMI (CL Salé)
- P^r. A. AZZOUZI (FST Fès)

Présenté le 02 Juillet 2015 devant le jury composé de :

- P^r. L. AARAB
- P^r. Y. KANDRI RODI
- P^r. A. AZZOUZI

Stage effectué à : Centrale Laitière site de Salé

Dédicaces

Je commence par rendre grâce à dieu et à sa bonté, pour la patience, la compétence et le courage qu'il m'a donné pour arriver à ce stade.

Avec tout mon amour éternel et avec l'intensité de mes émotions. Je dédie ce modeste travail

A l'âme de mon cher père,

Qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde J'espère que tu habites le paradis.

A ma mère.

Je n'oublie pas ses sacrifices : l'amour qu'elle m'a donné, ses encouragements : je vous souhaite la joie et la bonne santé.

A mes sœurs.

En témoignage de mon amour éternel que Dieu vous garde, vous protège et vous offre une vie pleine de joie et de réussite.

A toute ma grande famille

Je vous souhaite le succès dans vos vies, la joie et la bonne santé.

A mes chers ami(e)s,

Pour chaque moment de joie et de folie que j'ai passé en votre compagnie.

Et toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, je leur exprime toute ma gratitude et mon profond respect pour les efforts qu'ils ont déployé afin de me soutenir.

Tous les mots que je pourrais utiliser seraient insuffisants pour vous témoigner l'amour que je vous porte.

Remerciements

C'est avec un grand plaisir que je réserve ces lignes en gage d'obligeance et de gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration et la réussite de ce travail.

Mes vifs remerciements vont conjointement à **M^r Said AOUI** directeur de l'usine de Salé de la Centrale Laitière et à **M^{me} Souad** de m'avoir accordé ce projet de fin d'études.

Je tiens à remercier vivement mon maître de stage, **M^r Otmane ALAMI**, responsable de la fabrication, pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien. Grâce aussi à sa confiance j'ai pu m'accomplir totalement dans mes missions avec son aide précieuse dans les moments les plus délicats.

Je tiens à exprimer cordialement toute ma reconnaissance à mon encadrant pédagogique **M^{me}. Amal AZZOUZI** pour son suivi, pour l'aide les conseils et les instructions pertinentes qu'elle m'a apporté lors des différents suivis

J'aimerais également remercier très particulièrement et solennellement tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en acceptant de juger ce travail.

Et enfin, j'adresse mes remerciements les plus sincères à tout le personnel de l'usine de Salé pour son accueil chaleureux, sa sympathie, son soutien et son aide permanente durant toute la période du projet.

Liste des Abréviations

- AIB** : American Institute of Baking
- AMDEC** : Analyse des modes de défaillance et de leurs effets
- CL** : Centrale Laitière
- DP** : Début de Production
- DMAIC** : Define, Measure, Analyze, Improve and Control
- ESD** : Extrait Sec Dégraissé
- EST** : Extrait Sec Total
- FP** : Fin de Production
- HACCP** : Hazard Analysis Critical Control Point
- MG** : Matière Grasse
- NEP** : Nettoyages En Place
- PLMX** : Polymix
- PM** : Pertes Mix
- PS** : Plastique
- SIPOC** : Supplier Input Process Output Customer
- TE** : Tanks Etuvés
- TT** : Tank Tampon
- TR** : Tank de Réception
- TM** : Tank de Maturation

Liste des figures

Figure 1: La répartition des différentes plateformes de CL au Maroc.....	3
Figure 2 : Organigramme hiérarchique de la société.....	7
Figure 3: Plan d'usine Centrale laitière Salé.....	10
Figure 4: Les principales étapes du procédé de fabrication.....	11
Figure 5: Schéma synoptique de la réception et du traitement du lait.....	12
Figure 6: Schéma synoptique du traitement des recettes.....	14
Figure 7: Les différentes étapes de la chaîne de production d'une conditionneuse	16
Figure 8 : Diagramme SIPOC.....	25
Figure 9: Représentation graphique des pertes en dirhams durant le mois Mars	29
Figure 10: Représentation graphique des pertes en dirhams durant le mois Avril	29
Figure 11: Schéma récapitulatif des pertes liées au Début de Production.....	30
Figure 12: Diagramme D'Ishikawa pour les pertes liées aux purges.....	32
Figure 13: Diagramme de Pareto des pertes en Mix dû aux défauts de la machine Arcil 2	33
Figure 14: Diagramme Ishikawa pour « Ecrasement des pots ».....	34
Figure 15: Diagramme Ishikawa pour « Bourrage Décor ».....	34
Figure 16: Diagramme Ishikawa pour le problème : Défaut de fromage	35
Figure 17: Diagramme Ishikawa pour « Décalage Polymix ».....	35
Figure 18: Diagramme Ishikawa pour le problème « Variation du poids »	36
Figure 19: Diagramme Ishikawa pour « Perçage des pots ».....	36
Figure 20: Evolution de l'EST du DP d'ARCIL3	38
Figure 21: Evolution de l'EST du DP de CMA2	39
Figure 22: Evolution de l'EST du FP de CMA2	40
Figure 23: Vues de face et de dessus de la ligne ARCIL	44
Figure 24: Base de données pour enregistrer les pertes.....	51

Liste des tableaux

Tableau 1: Les sites de production de la centrale laitière	4
Tableau 2: Gamme des produits de la Centrale laitière - Salé.....	8
Tableau 3: Les différentes étapes de la chaine de production d'une conditionneuse (ARCIL)	17
Tableau 4: Charte du projet	26
Tableau 5: Les différentes caractéristiques des six machines conditionneuses.....	28
Tableau 6: Résultats des des analyses de l'EST réalisés lors des débuts de production d'ARCIL3.....	37
Tableau 7: Résultats des des analyses de l'EST réalisés lors des débuts de production de CMA 2.....	38
Tableau 8: Résultats des analyses de l'EST réalisés lors des fin de production de CMA 2	39
Tableau 9: Synthèse des corrections des standards des purges	41
Tableau 10: Gains réalisés pour toutes les machines conditionneuses lors des DP et FP	42
Tableau 11: Composants de la ligne ARCIL	44

Sommaire

Dédicaces	I
Remerciements.....	II
Liste des Abréviations	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux.....	V
Sommaire	VI
Introduction générale	1
Chapitre I : Contexte général du projet.....	1
1. Présentation de la Centrale laitière :	2
1.1. Carte d'identité :.....	2
1.2. Couverture géographique :.....	3
1.3. Valeurs de l'entreprise :	4
1.4. Sites de production :.....	4
2. L'usine Centrale Laitière de Salé :	5
2.1. Identification :	5
2.2. Date clés :.....	5
2.3. Ressources humaine :.....	6
2.4. Gamme des produits Centrale Laitière de Salé :.....	7
2.5. Structure de l'usine de Salé :.....	9
3. Description du procédé de fabrication.....	10
3.1. Différentes étapes du procédé de fabrication	11
3.2. Réception et préparation du lait	12
3.3. Poudrage.....	12
3.4. Traitement des recettes.....	13
3.5. L'homogénéisation.....	13
3.6. La pasteurisation	13

3.7. La fermentation	13
3.8. Conditionnement	14
3.9. Tunnel à froid	17
3.10. La chambre froide	18
Chapitre II : Présentations des méthodes et des outils utilisés	19
1. La méthode DMAIC	19
2. Diagramme SIPOC	20
3. Diagramme d'Ishikawa.....	20
4. Diagramme de PARETO :.....	20
5. AMDEC.....	21
5.1. Définition	21
5.2. Le but de l'AMDEC.....	21
5.3. Les différentes AMDEC	21
5.4. Applications	22
5.5. Les éléments de l'AMDEC	22
5.6. Les grandes étapes de l'AMDEC.....	22
Chapitre III : Travail réalisé.....	22
1. Phase « Définir » :	24
1.1. Objectifs et étapes de la phase :	24
2. Phase « Mesurer » :	27
2.1. Démarche adoptée pour calculer les pertes Mix	27
2.2. Description des trois phases du conditionnement	30
.3 Phase «Analyser» :	31
3.1. Diagramme Ishikawa des pertes relatives aux purges :	31
3.2. Diagrammes Pareto des défauts des machines.....	33
3.3. Diagramme Ishikawa des pertes relatives défaillances de la machine :....	33
4. Phase « Améliorer »	37

4.1. Vérification et Correction des standards des purges lors des phases de conditionnement	37
4.2. Étude AMDEC des défauts de la machine (cas d'ARCIL).....	42
4.3. Création d'une base de données afin de faciliter l'enregistrement des pertes : 51	
4.4. Recommandations	51
5. Phase « Contrôler ».....	52
Conclusion générale.....	54
Glossaire	X
Références bibliographiques	XI
Annexes	XII

Introduction générale

L'acquisition d'un avantage concurrentiel est conditionnée par la réactivité de l'entreprise, sa capacité à relever le défi de la compétitivité en prenant des mesures nécessaires d'économie. Par conséquent, elle ne peut se permettre ou tolérer un tel gaspillage et doit par contre bien gérer son budget et optimiser ses dépenses pour réussir à surmonter cette rude épreuve. Une gestion efficace du système de production constitue un point crucial pour toute entreprise industrielle afin d'optimiser ses bénéfices.

La qualité totale du produit, la maîtrise des coûts et l'amélioration de la performance industrielle sont des facteurs primordiaux pour assurer la pérennité et l'excellence de n'importe quelle entreprise face à ces concurrents.

L'industrie agroalimentaire, en particulier, l'industrie laitière vise la mise en place de nouvelle démarche et de nouvelles pratiques permettant d'améliorer la qualité totale et la productivité. Actuellement, les perspectives d'amélioration ont touché essentiellement le processus de conditionnement.

En tant qu'entreprise industrielle leader dans son secteur, la Centrale Laitière cherche toujours à augmenter sa productivité et veille à mieux gérer ses coûts à travers l'élimination des pertes de production qui constituent le problème majeur à maîtriser.

Elle doit donc se focaliser sur l'ajustement de son fonctionnement interne en maîtrisant le processus de production et en chassant tous les types de gaspillages qui jalonnent la chaîne de valeur.

Pour bien cerner le sujet et limiter son périmètre, nous avons adopté la démarche **DMAIC**. Cet outil permet d'identifier les causes des pertes, de les évaluer et de mettre en place les actions les plus appropriées pour les limiter.

Ce rapport comprenant les détails de cette étude est constitué de trois chapitres qui seront présentés comme suit :

- Le premier chapitre regroupe les données sur le contexte général du projet
- Le deuxième chapitre est dédié à la présentation des outils de gestion utilisés le long de la réalisation du projet.
- Le troisième chapitre, décrira un cas pratique de réduction des pertes en mix au cours du conditionnement du yaourt, en appliquant la démarche DMAIC

Chapitre I : Contexte général du projet

Afin de connaître l'environnement du travail, nous avons consacré ce chapitre à la présentation de la société centrale laitière, et les différentes étapes du procédé de fabrication.

1. Présentation de la Centrale laitière :

Pionnière de l'industrie laitière depuis 1940, Centrale Laitière est le premier producteur marocain de lait conditionné et de produits laitiers frais.

Centrale Laitière a su affirmer, au fil des années, un savoir-faire, une expertise métier et une proximité qui ont fait de l'entreprise le numéro 1 de la filière lait sur le plan national.

Depuis sa création, Centrale Laitière a accompagné le développement du marché marocain grâce à une politique d'innovation continue et à une écoute attentive des besoins des consommateurs nationaux.

L'entreprise s'est aussi et surtout illustrée dans sa démarche de démocratisation soutenue de la nutrition en mettant sur le marché des produits laitiers frais enrichis, accessibles et répondant aux meilleures normes de sécurité alimentaire.

1.1. Carte d'identité :

- **Siège social :** Tour A, Twin Center, Angle Bd. Zerktouni et Bd. Al Massira Al Khadra., Casablanca
- **Forme juridique :** Société Anonyme de droit privé marocain à Conseil d'Administration
- **Date de constitution :** 29 juin 1959
- **PDG :** Jacques PONTY
- **L'effectif total :** 3 588 personnes toutes catégories socio- professionnelles confondues (cadres, ETAM, les CDD).
- **Durée de vie :** 99 ans
- **Nombre d'actions :** 33 440 080
- **Capital social :** 94 200 000 Dhs.
- **Filiales :** Fromagerie des Doukkala, LAITPLUS, AGRIGENE, LES TEXTILES, SCI JAMILA, CELACO, STE YAM.

Centrale Laitière va prendre une place importante au sein du groupe Danone. Elle devient la 6ème société par la taille du pôle Produit Laitier Frais et représente environ 5% de son chiffre d'affaires. Elle devient aussi la première société par la taille de Danone sur le continent Africain.

1.2. Couverture géographique :

Centrale Laitière compte 70 000 points de vente répartis sur l'ensemble du royaume et dispose 36 plateformes réparties géographiquement sur tout le Maroc (figure 1) ainsi que deux Hubs de stockage. Les principales caractéristiques de ces plateformes se présentent comme suit:

- **30 Agences** : réparties sur tout le territoire, leur rôle est de stocker les produits finis, préparer les commandes pour le commercial
- **6 Cross docks** : au nombre de 6, leur rôle est d'assurer des opérations de manutention simple.
- **2 Hubs** : l'approvisionnement plateformes au plus juste des besoins pour une meilleure date de péremption et une réduction des abimés, l'optimisation des flux de convoyage, la concentration des flux.

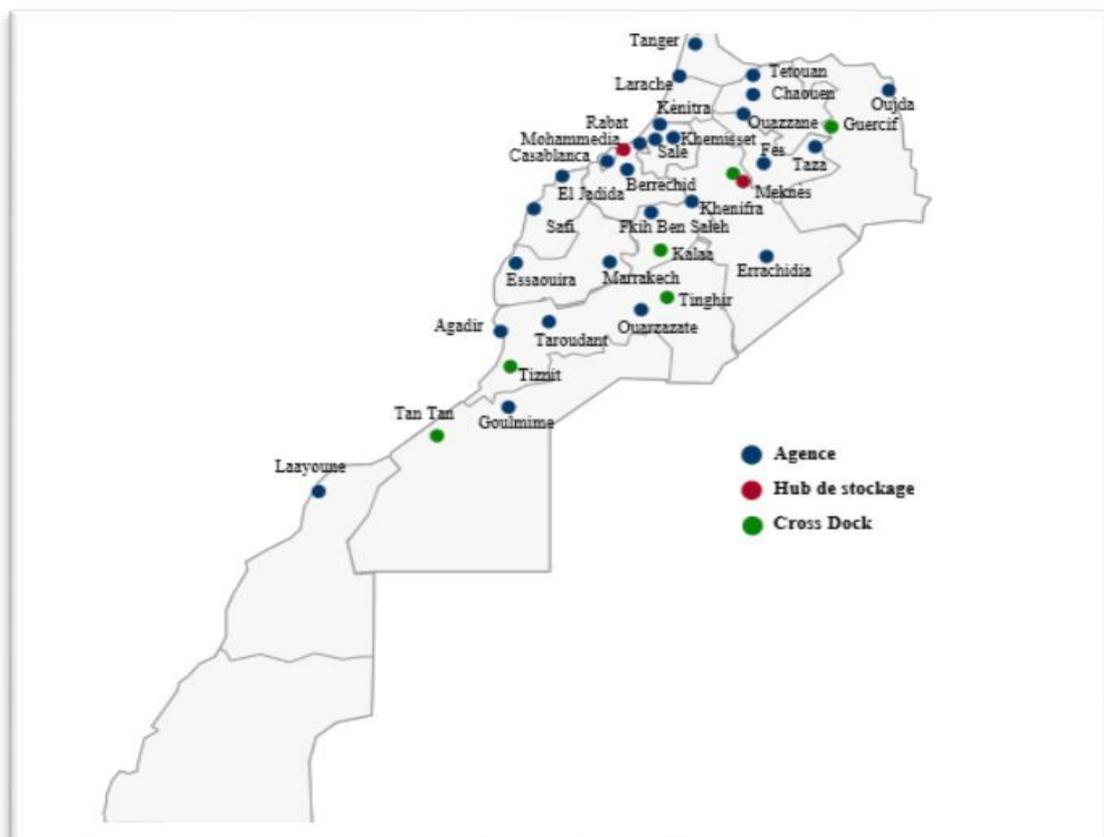


Figure 1: La répartition des différentes plateformes de CL au Maroc

1.3.Valeurs de l'entreprise :

Depuis 1997, tous les sites de production de CENTRALE LAITIERE s'engagent dans une logique de recherche de qualité et d'améliorations continues.

La responsabilité, l'implication et l'adhésion, l'ambition et la création de la valeur ainsi que la sécurité et l'environnement sont les valeurs que la CENTRALE LAITIERE tient à respecter.

Afin de maintenir ce niveau d'excellence, elle s'appuie sur une politique basée sur les principes suivants :

- Le management de qualité au quotidien et la maîtrise de sa régularité
- L'assurance de la sécurité alimentaire à travers des outils approuvés (AIB, HACCP...)
- Un fonctionnement transversal et décloisonné en processus orienté vers les clients.
- Une démarche de progrès continue avec la recherche constante de l'efficacité de la compétitivité et de l'innovation.
- Le développement humain par la formation, la motivation et la responsabilité.
- L'exemplarité de souci du travail bien fait du premier coup.
- La mise en œuvre du système de management de la qualité totale en conformité avec la norme ISO 9001.

1.4.Sites de production :

Centrale Laitière dispose d'un outil industriel moderne, évolutif hautement productif qui lui permet de proposer un large panel de produits tout en respectant les normes et standards internationaux en vigueur. La société est implantée sur quatre sites de production spécialisés :

Tableau 1: Les sites de production de la centrale laitière

Site de production	Types de produits commercialisés
Salé	Yaourt : brassés, étuvés et drinks.
Meknès	Lait frais pasteurisé, Drinks, Fromage frais et les desserts lactés (Danino, Dannette, fromage frais, ...)
Fquih Ben Saleh	Lait frais pasteurisé

El Jadida	Lait frais pasteurisé, Lait fermenté aromatisé, Lait UHT & Beurre et Yawmy Assiri
------------------	---

2. L'usine Centrale Laitière de Salé :

2.1. Identification :

L'usine Centrale Laitière de Salé est le plus important des sites industriels de production laitière de l'entreprise. Construit en 1982, cette unité s'étale sur une superficie de 28 221 m².

Cette unité est spécialisée dans la fabrication, le conditionnement et l'expédition des produits laitiers des Produits Laitiers Frais (PLF) à partir de produits intermédiaires traités au niveau des autres sites.

2.2. Date clés :

1985 : L'usine de Salé assure le lancement de la gamme FROMAGE FRAIS.

1991 : Lancement des gammes passion et velouté.

1992 : Le transfert de la ligne de fromage frais à l'unité de Meknès.

1993 : lancement du produit DAN'UP.

2000 : Lancement de yaourt brassé aromatisé et nature sucré(MAMZOUJ)

2001 : Lancement de passion crème de yaourt aromatisé, nature sucré et aux fruits.

2003 : Lancement de yaourt brassé aromatisé et nature sucré dans le cadre du projet MOUFID, et arrêt de fabrication de passion aromatisé, lancement de TIBI fruit et MOUFID biscuit.

2004 : Lancement de MOUFID 60g.

2005 : Lancement d'ACTIVIA brassé aux fruits.

2008 : Implantation de 3 lignes de production de yaourt.

2009 : Lancement de projet extension de l'usine pour la mise en place d'une nouvelle station de nettoyage (NEP).

2010 : L'usine obtient la certification iso 9001 versions 2008.

2011 : L'usine obtient la certification iso 22 000.

2013 : Transfert de la fabrication de RAIBI a l'unité de Meknès.

2.3.Ressources humaine :

Le site dispose d'une équipe qualifiée qui veille sur la bonne organisation 24h /24 et 7j/7 ; Il comprend 411 employés dont 13 cadres, 375 ouvriers et 23 techniciens. L'équipe est répartie en 3 groupes, chacun d'eux travaille 8h par jour.

L'usine est constituée de 7 services :

- La direction générale
- Le service process.
- Le service conditionnement.
- Le service projet et développement.
- Le service entretien et maintenance.
- Le service qualité.
- Le service ressource humaine.

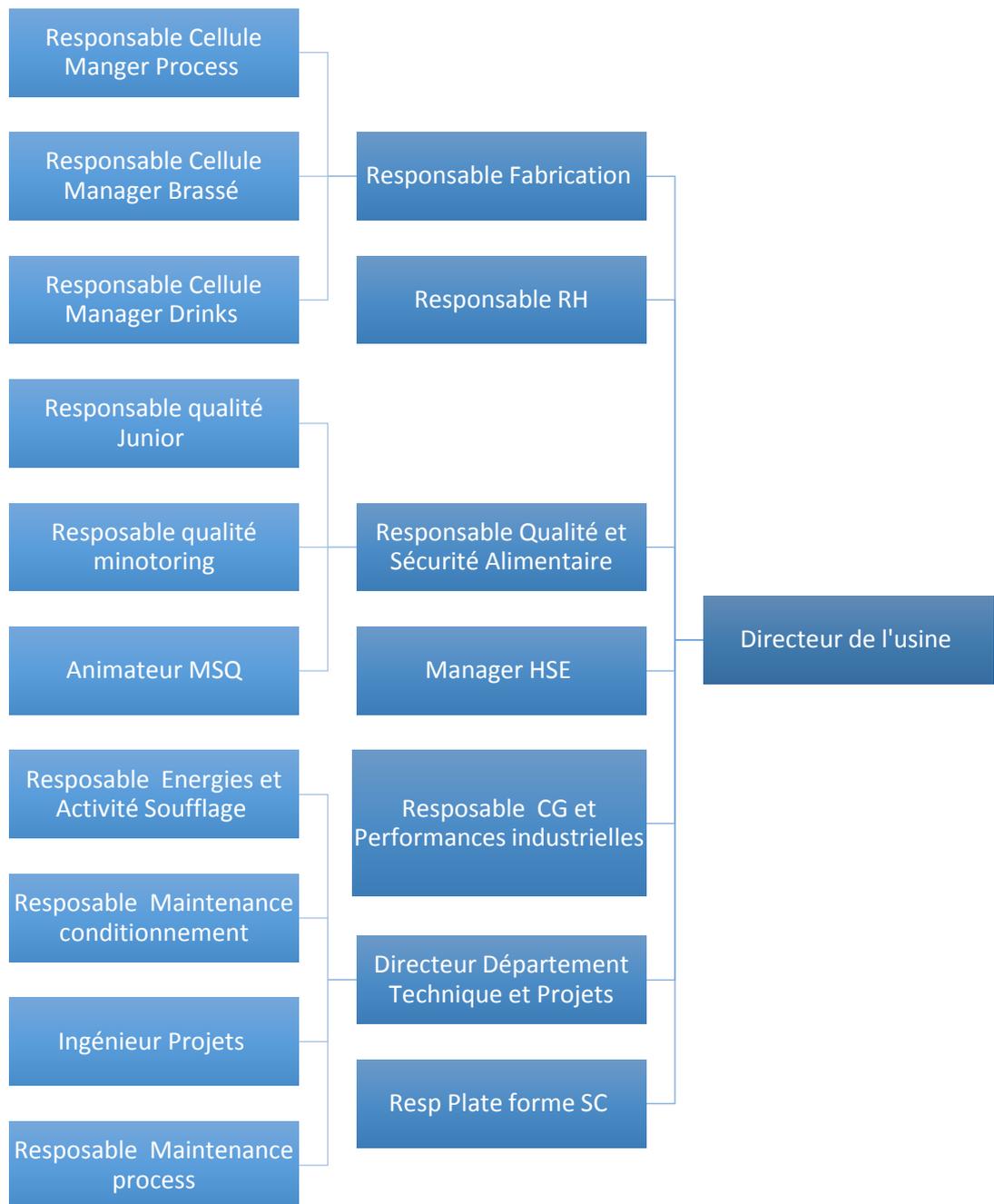


Figure 2 : Organigramme hiérarchique de la société

2.4. Gamme des produits Centrale Laitière de Salé :

L'unité de Salé est spécialisée dans la production de produit laitier ultras frais (PLF). On distingue 3 familles :

- Brassés.

- Etuvés.
- Drinks.

Le tableau ci-dessous associe chaque type de produit à la marque à laquelle il appartient et aux parfums correspondants :

Tableau 2: Gamme des produits de la Centrale laitière - Salé

Type de produit	Marque des produits	Parfums
Etuvés	Yawmi Assil	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Fraise</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Vanille</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Banane</div> </div>
Brassés	Mamzouj	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Vanille</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pistache</div> </div>
	Moufid	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Banane</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Vanille</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Abricot</div> </div>
	Velouté	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Fraise</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pêche</div> </div>
	Activia	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Céréales</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Musli</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pomme</div> </div>
	Grec	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Coco-Ananas</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Citron</div> </div>
	Nature	 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Nature</div>

Drinks	Danone à boire	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Fraise</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Céréales</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Vanille</div> </div>
	Danup	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pêche melba</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Rouge sensations</div> </div>

2.5. Structure de l'usine de Salé :

L'usine de Salé est répartie en trois zones

- La zone process : C'est l'amont de l'usine, là où se déroule l'opération de réception et de préparation du lait.
- La zone conditionnement : C'est l'aval de l'usine, l'endroit où s'effectuent la fabrication et le conditionnement des différents produits.
- Le laboratoire : cette zone veille sur la qualité de la production.

Recouvrant une superficie de 2.5 hectares, c'est une unité qui contient toutes les installations nécessaires pour une production en continu de yaourts brassés, étuvés et les drinks.

L'unité comporte deux zones principales, la première est celle du process où se déroule la réception et préparation du lait, la deuxième zone est celle du conditionnement, où s'effectuent la fabrication et le conditionnement des produits de la Centrale Laitière. C'est un site en fonctionnement continu 24h/24, et cela par le relais de quatre équipes différentes.

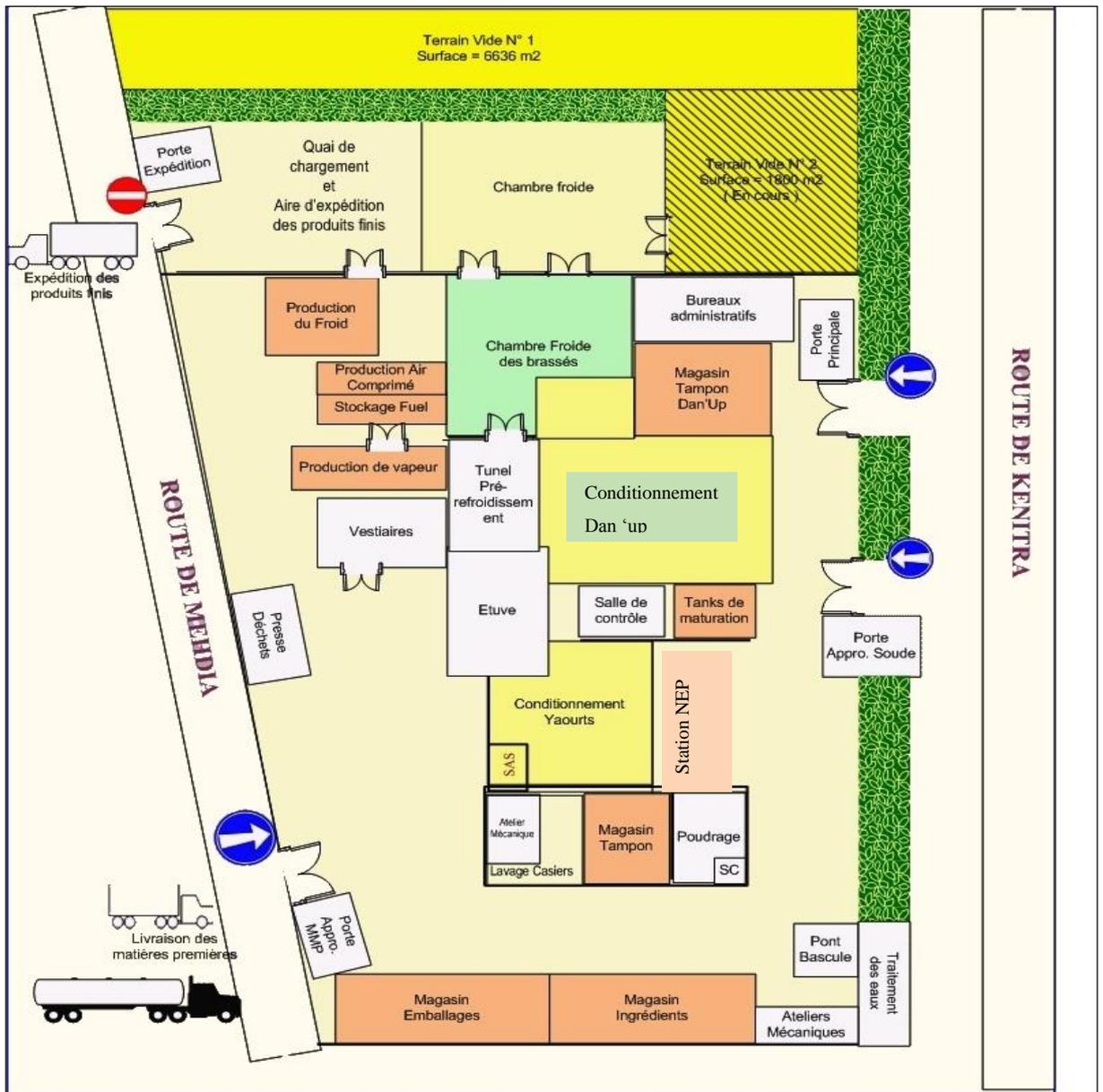


Figure 3: Plan d'usine Centrale laitière Salé

3. Description du procédé de fabrication

Les produits sont fabriqués à base de lait reconstitué, de lait frais ou de lait concentré. Ce dernier est reçu thermisé de l'usine de Fkih Ben Saleh ou de Meknès, et il est standardisé à l'usine de Salé.

3.1. Différentes étapes du procédé de fabrication

Les différentes étapes du procédé de fabrication sont résumées dans la figure 4.

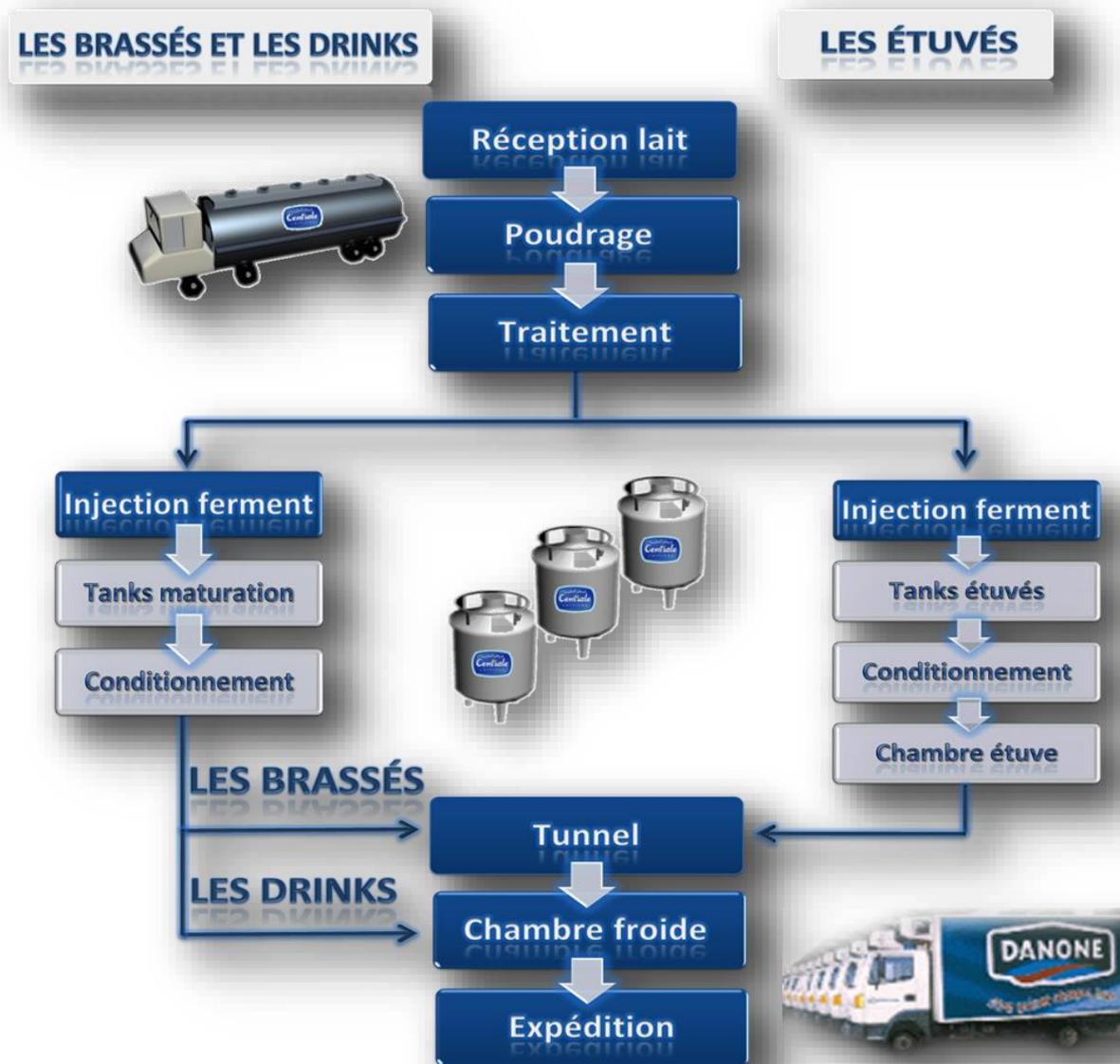


Figure 4: Les principales étapes du procédé de fabrication

Le procédé de fabrication comprend généralement six étapes communes à tous les produits et qui sont : la réception et la préparation du lait, le poudrage, le traitement des recettes, le conditionnement et enfin le passage par la chambre étuve pour les produits étuvés. Juste après, tous les produits passent par le tunnel puis par la chambre froide avant leur expédition vers les agences commerciales concernées.

3.2. Réception et préparation du lait

Le lait arrive dans des camions-citernes du site expéditeur. Celui-ci subit une filtration pour éviter le passage des particules indésirables. Il est envoyé ensuite vers un refroidisseur où il est refroidi à une température de 4 °C, avant d'être transféré vers l'un des sept tanks de réception (TR) pour un stockage qui ne dépasse pas 15 heures.

3.3. Poudrage

Le lait est pompé vers la salle de poudrage où il y aura un ajout de différents ingrédients (sucre, poudre de lait écrémé, agent de texture, vitamines ...). Une fois ces ingrédients ajoutés au lait, préalablement préparé, on obtient ce qu'on appelle le Mix auquel sera ajouté par la suite l'arôme ou le fruit pour obtenir les produits étuvés, brassés ou les Drinks. L'usine de Salé possède 3 lignes de poudrage qui peuvent assurer l'enrichissement de 60 000 l/h simultanément.

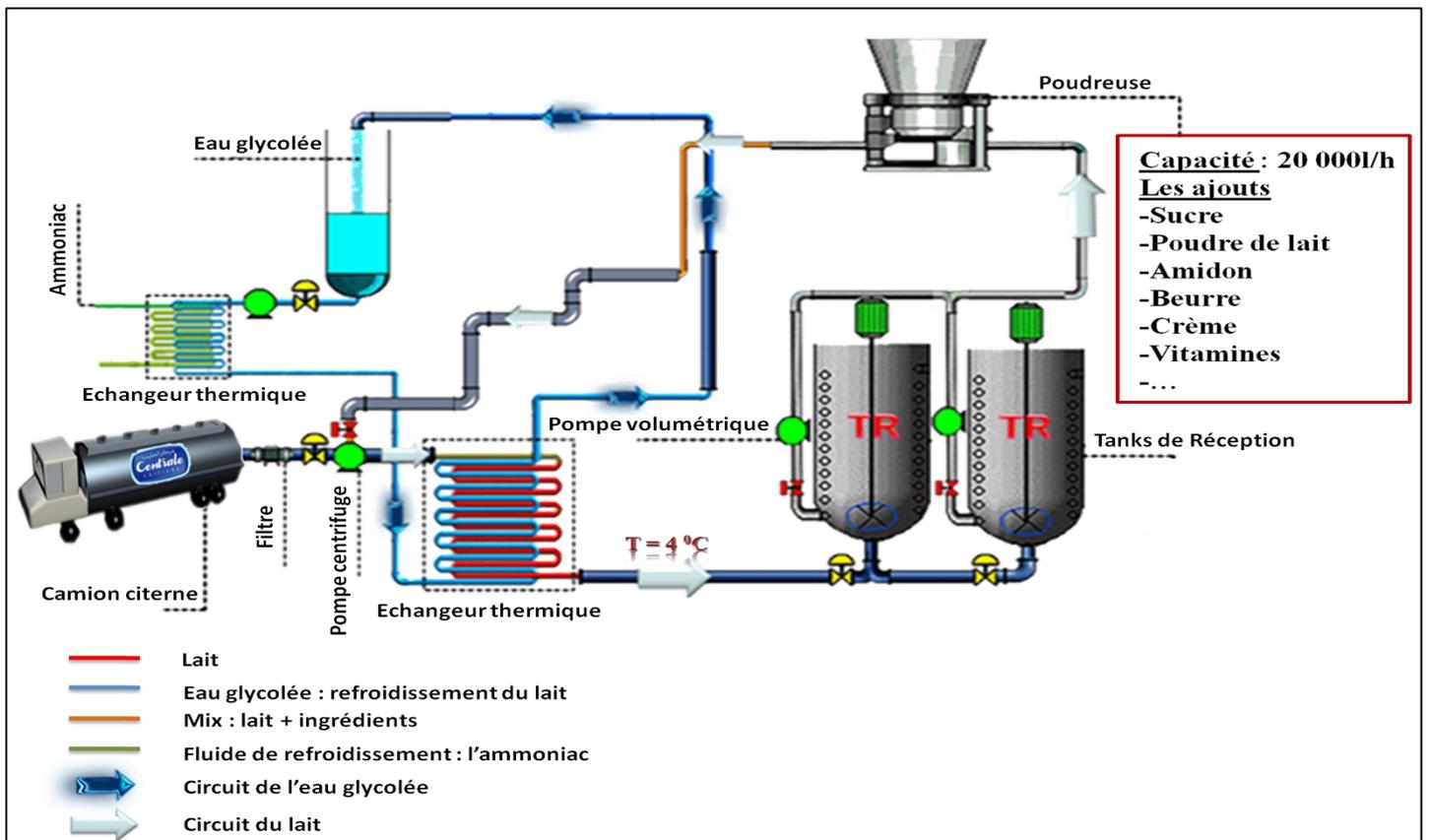


Figure 5: Schéma synoptique de la réception et du traitement du lait

3.4. Traitement des recettes

Cette étape comprend trois sous étapes qui sont l'homogénéisation, la pasteurisation et la fermentation.

3.5. L'homogénéisation

Après le préchauffage à 55 °C, le lait entre dans l'homogénéisateur à une faible pression de l'ordre de 3 bars et à $T = 70$ °C, il se fait projeter à travers un clapet de diamètre réglable à une grande pression (180 bars), et sous l'effet du mouvement du va et vient des pistons se trouvant à l'intérieur de l'homogénéisateur, le Mix sera alors bien homogénéisé.

3.6. La pasteurisation

L'usine de Salé possède quatre pasteurisateurs d'une capacité globale de 50 000 l/h. Chacun de ces pasteurisateurs se présente sous forme d'un échangeur à plaque, qui est lié à un chambreur ayant la structure d'une longue conduite isolée dans laquelle séjournera le Mix pendant 5 minutes à 95 °C.

3.7. La fermentation

Immédiatement après le traitement thermique et l'homogénéisation, le lait est refroidi à la température de fermentation, Il sera directement mis dans des tanks où la fermentation aura lieu.

Pour les yaourts brassés et les Drinks, la fermentation se fait dans les Tanks de Maturation (TM) qui sont maintenus à une température voisine de 45 °C. Lorsque la maturation touche à sa fin, le Mix est refroidi à 6 °C pour arrêter la fermentation, avant de le stocker dans des Tanks Tampon (TT) d'où il sera soutiré vers la ligne de conditionnement.

Pour les yaourts étuvés, le schéma de fabrication est légèrement différent. En effet, juste après sa sortie du pasteurisateur (qui comprend une section de refroidissement à l'eau glacée), le Mix pasteurisé sera conservé à 6 °C dans des tanks appelés Tanks Etuvés (TE). Il sera ensuite envoyé vers les lignes de conditionnement du yaourt étuvé.

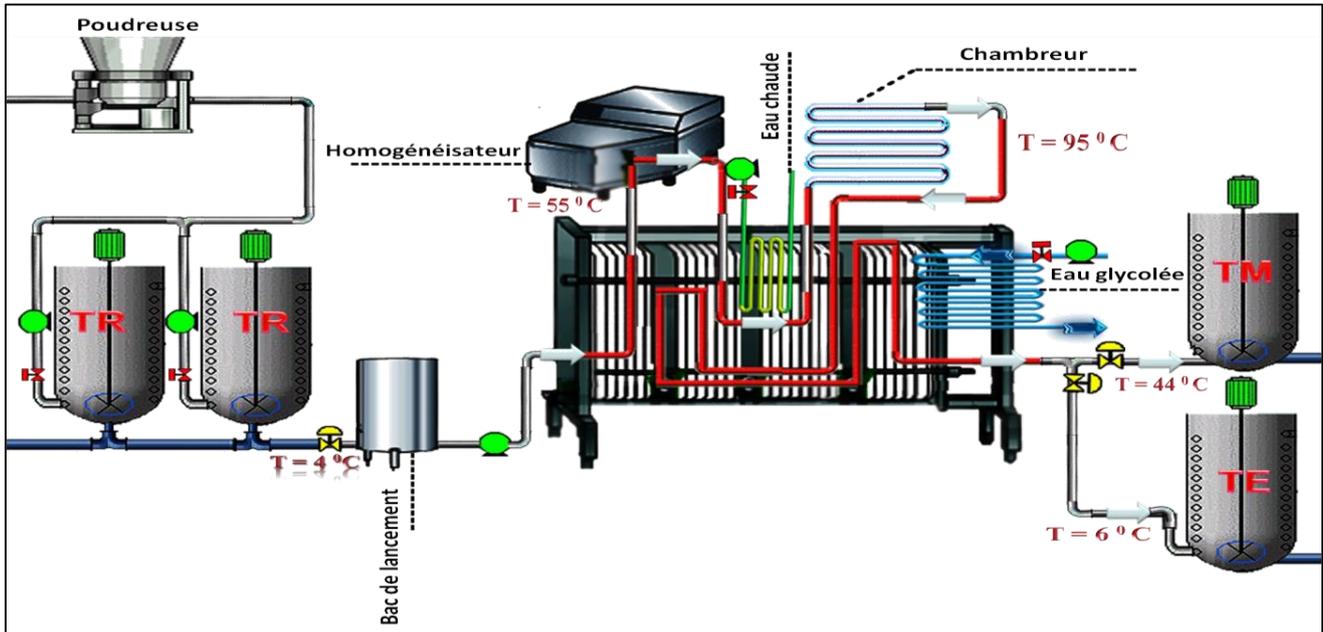


Figure 6: Schéma synoptique du traitement des recettes

3.8. Conditionnement

Le conditionnement est le dernier maillon de la chaîne de fabrication des produits finis avant leur passage par la chambre étuve (pour les produits étuvés), le tunnel puis par la chambre froide. Les yaourts fabriqués sont conditionnés dans des pots en plastique. L'opération de conditionnement est assurée par 10 automates appelés "conditionneuses" qui sont gérées par des conducteurs.

Les machines de conditionnement se composent de plusieurs parties. D'un côté, un chariot permet l'obtention de la matière plastique "polystyrène" (PS) dont le chauffage est assuré par des boîtes de chauffe. D'un autre côté, des moules donnent la forme désirée au PS chauffé. Ceux-ci sont munis d'un circuit d'eau froide pour faciliter le démoulage des pots fabriqués. Un autre chariot fournit l'emballage des pots (le décor) et des doseurs permettent l'injection de la quantité voulue du produit dans les pots. Tandis qu'une hotte à flux laminaire permet d'éviter la contamination lors du remplissage. Une soudeuse permet la fermeture des pots, par scellage de l'opercule sur le pot à $T = 230\text{ °C}$. Ce couvercle qui est le polymix (PLMX)

est fourni par un troisième chariot. Et enfin une découpeuse permet la séparation des pots en lots de 4 ou 6 selon le produit fabriqué.

En premier lieu, le rouleau de PS est tiré vers la boîte de chauffe qui est un ensemble de résistances dont le rôle est de rendre le PS plus mou sous une température de 250 à 300 °C.

Après, l'opération du moulage commence par un préformage de la surface par des poinçons. En même temps, le moule se met en place pour prendre les décors et recevoir le PS entraîné dans le moule par les poinçons. Le formage du pot se fait par soufflage d'air comprimé et stérile sous une pression de 3 bars, puis juste après, le décor se colle sur le pot formé grâce à une couche de cire se trouvant sur la face interne du papier décor.

Ensuite, le remplissage s'effectue à l'aide des buses du doseur (16 ou 24 buses selon la machine) sous une hotte qui est une zone maintenue en surpression par de l'air ultra propre, pour que le produit soit en sécurité vis-à-vis des moisissures et de tout micro-organisme qui peut l'altérer. L'injection de l'arôme ou du fruit (selon le produit) se fait simultanément avec le Mix qui est soutiré à partir des Tanks Etuvés (TE) ou des Tanks Tampon (TT) vers une trémie. Ensuite, un mélangeur assure un bon mélange du Mix avec l'arôme (ou le fruit) prêt à être utilisé. Juste après, vient la soudure du PLMX par thermo scellage à une température de 230 °C. Le PLMX passe tout d'abord par le dateur, puis par un flash IR sous forme d'ampoules ayant une forte puissance dont le rôle est l'élimination des microbes du PLMX.

Enfin le découpage qui découpe les pots produits en lots de 4 ou 6 selon la machine, avant qu'ils ne soient encaissés dans des casiers prévues à cet effet, et qui sont mis par la suite dans des palettes qui comportent 72 casiers. Ces palettes sont transportées à l'aide de transpalettes vers le tunnel puis vers la chambre froide. Avant leur passage par le tunnel, les produits étuvés sont transportés vers la chambre étuve afin d'assurer leur fermentation. L'encaissage et la palettisation se font soit manuellement soit automatiquement à l'aide d'un robot.



Figure 7: Les différentes étapes de la chaîne de production d'une conditionneuse

Tableau 3: Les différentes étapes de la chaîne de production d'une conditionneuse (ARCIL)

1	Rouleau de Plastique PS
2	Pré-nettoyage
3	Zone de Moulage : Principe formage
4	Zone de découpage du décor
5	Doseur
6	Buses du doseur
7	Trémie
8	Mélangeur
9	Zone de découpage de l'opercule
10	Salle de contrôle
11	Encaissage (rassemblement des Yaourts dans des casiers)
12	Palettisation (rassemblement des casiers dans les palettes)

3.9. Tunnel à froid

Après le conditionnement des produits brassés et l'étuvage des produits traditionnels dans l'étuve (passage des produits étuvés par l'étuve pour assurer leur fermentation), il y a le passage à l'étape froide. Cette étape consiste à désactiver la fermentation et améliorer la consistance des produits finis.

La Centrale Laitière possède 4 tunnels à froid. Chacun possède à son tour 3 grands ventilateurs qui assurent l'aspiration de l'air chaud refoulé par des petits ventilateurs dans chaque cellule du tunnel.

L'ouvrier arrive avec la palette du produit fini pour la placer dans la cellule. Chaque cellule est équipée d'une sonde photo-électrique qui se déclenche suite à la rupture de son fonctionnement, c'est à ce moment-là que le petit ventilateur placé derrière la palette se met en marche pour refouler l'air chaud du produit généralement sorti de l'étuve.

La sonde photo-électrique donne le temps initial à un système informatique pour compter 2 h, après ce temps un écran à l'extérieur du tunnel affiche à l'ouvrier la fin de l'opération d'une cellule donnée (les cellules sont numérotées) suivi par un arrêt du ventilateur de refoulement. L'ouvrier prend la palette à la chambre froide.

La première heure dans le tunnel est nécessaire pour diminuer rapidement la température du produit, tandis que la deuxième heure sert à stabiliser la fermentation lactique par l'inhibition de l'activité du ferment lactique.

Le refroidissement se fait grâce à un circuit fermé d'ammoniac qui passe dans un serpentin. L'échange entre l'air chaud aspiré par les ventilateurs d'aspiration et refoulé par les ventilateurs de refoulement (circuit fermé) et l'ammoniac provoque la baisse de la température des palettes à une vitesse relativement grande. La Température régnant dans le tunnel est de $3 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

3.10. La chambre froide

Il existe deux chambres froides au sein de l'usine de Salé, leur rôle est de désactiver temporairement l'activité microbienne et de permettre l'amélioration de la consistance du produit fini. La température habituelle des chambres froides est de l'ordre de **4 °C**. Le refroidissement s'effectue avec un principe similaire à celui du tunnel à froid mais avec des débits de refoulement et d'aspiration moins grands.

Chapitre II : Présentations des méthodes et des outils utilisés

Ce chapitre sera consacré au cadre théorique en parlant brièvement des outils et des méthodes utilisés pour bien atteindre les objectifs visés.

Réussir à améliorer la qualité, la productivité (interne et externe) et à inscrire durablement son entreprise dans une réelle dynamique d'amélioration continue, ne peut pas être le fruit d'un hasard. Cela passe par l'utilisation des méthodes et outils adaptés à la situation, à l'objectif recherché et à la mobilisation des ressources de l'entreprise. Pour chaque situation, il existe un ou plusieurs outils facilitants l'atteinte des objectifs, car ils apportent des méthodologies éprouvées, et permettent de canaliser les efforts de tous afin d'éviter toute dispersion contre-productive. Pour réussir à mettre en œuvre des actions d'amélioration pertinentes nous avons utilisé plusieurs outils dont nous présenterons dans ce chapitre en commençant par la méthode DMAIC, ainsi que les outils tel que le SIPOC, le diagramme Ishikawa, le diagramme Pareto et l'AMDEC.

1. La méthode DMAIC

Le processus DMAIC est une composante de base de la méthodologie Six Sigma. C'est une méthode de management se référant à une stratégie fondée sur des données de qualité et d'efficacité afin d'améliorer des processus existants au sein d'une entreprise. DMAIC représente un acronyme pour cinq phases interconnectés : Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer et Contrôler (en anglais : Define Measure Analyze Improve Control), chaque étape est nécessaire pour assurer les meilleurs résultats possibles.

- a. **Définir** : définition du problème, du périmètre étudié et des objectifs associés (en terme de performance, attente utilisateurs...).
- b. **Mesurer** : choix des variables qui doivent être analysées et des instruments de recueil, mise en œuvre de la collecte des données.
- c. **Analyser** : appréciation des écarts entre la situation actuelle et les objectifs fixés. Identification des causes et des leviers actionnables pour y remédier.
- d. **Améliorer** : inventaire, classement et choix des solutions. Mise en place des actions retenues.
- e. **Contrôler** : définition d'un plan de contrôle de la solution mise en place, choix d'indicateurs pertinents. Le but est de se donner les moyens de corriger le plan si les résultats souhaités ne sont pas au rendez-vous.

Cette méthode utilise sur de nombreux outils comme : les "cinq pourquoi", le diagramme Ishikawa, le diagramme Pareto, la méthode des cinq S, Kaizen

2. Diagramme SIPOC

Le sigle SIPOC correspond aux cinq éléments permettant d'analyser la relation client-fournisseur :

- **Supplier(sous-traitant ou fournisseur)** : la personne ou le groupe de personnes qui fournit l'information, le produit, ou toute autre ressource indispensable au bon fonctionnement du processus.
- **Input(entrées)** : ce qui est apporté par le sous-traitant ou le fournisseur .
- **Processus**: ce qui concerne le processus, c'est-à-dire la boîte noire.
- **Output(sorties)** : le produit final du processus.
- **Customer(client)** : la personne, le groupe de personnes ou le processus qui reçoit le produit final.

Le modèle SIPOC permet de clarifier correctement le périmètre des processus. Il identifie un ensemble d'éléments (les acteurs, les fournisseurs, les clients, les équipes). Cet outil est utilisé pour le management du changement et le management de projet.

3. Diagramme d'Ishikawa

Le diagramme d'Ishikawa, ou plus communément appelé « arête de poisson », est un modèle permettant d'identifier les causes possibles d'un effet perçu et, par conséquent, de mettre en place les solutions remédiant aux causes relevées.

4. Diagramme de PARETO :

- **Objectif d'utilisation :**

Le diagramme de PARETO est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance. Ce diagramme et son utilisations ont aussi connus sous le nom de « Règle des 20/80 » Ou « Méthode de ABC ».

Les objectifs sont :

- ✓ Faire apparaître les causes essentielles d'un phénomène.
- ✓ Hiérarchiser les causes d'un phénomène.
- ✓ Evaluer les effets d'une solution.
- ✓ Mieux cibler les actions à mettre en œuvre.

- **Méthodologie – Démarche :**

1. Etablir les listes des données.
2. Classer les valeurs du critère étudié en ordre décroissantes.
3. Calculer le cumule de ces valeurs.
4. Calculer, pour chaque cumule le pourcentage.
5. Représenter le graphique des pourcentages cumulés.

5. AMDEC

5.1.Définition

Il s'agit d'un process régulier qui a pour objectif d'identifier différentes défaillances, et qui permet de les traiter avant qu'elles n'arrivent, dans le but de les supprimer en réduisant les risques associés. Il s'agit d'une méthode d'évaluation fondée sur les défaillances d'un process, d'un produit ou d'un service et qui permet d'identifier le niveau de fiabilité dudit process, produit ou service.

5.2.Le but de l'AMDEC

Maîtriser les risques grâce à une étude des défaillances « possibles » d'un système, d'un produit ou d'un service, en imaginant tous les scénarii possibles, en s'appuyant sur une analyse des risques et de leurs conséquences sur l'utilisateur final avec pour principal but l'élimination ou la réduction des pannes ayant les conséquences les plus importantes sur le système, le produit ou le service.

5.3.Les différentes AMDEC

- AMDEC Concept : système non défini dans ses détails (non figé) mais dont on connaît les fonctions attendues.
- AMDEC : système défini dans ses moindres détails, les pièces constituantes sont connues (plans) mais leur définition peut encore être modifiée grâce aux conclusions de l'AMDEC.
- AMDEC Process : enchaînement de tâches techniques et mécaniques, qui conduisent à la fabrication d'un produit et sont rassemblées dans un synoptique.

- AMDEC Moyen : machine ou outil générant une ou plusieurs tâches.

5.4.Applications

Les fournisseurs doivent utiliser l'AMDEC dans la planification qualité du procédé et dans le développement de leurs plans de contrôle. L'Automotive Industry Action Group (AIAG) et l'American Society for Quality Control (ASQC) émettent les standards AMDEC en février 1993.

Le travail en équipe est essentiel pour identifier les éléments AMDEC. L'équipe multidisciplinaire devrait être constituée de personnes bien informées avec un expert, le bureau d'études, le fabricant et la qualité.

5.5.Les éléments de l'AMDEC

- Mode de défaillance

Il s'agit d'une anomalie qui empêche le système de fonctionner correctement. Par exemple, la photocopie est illisible.

- Effet

Il s'agit de la conséquence de la défaillance pour l'utilisateur du système. Par exemple, la lecture de la feuille est impossible.

- Criticité

Elle détermine l'importance relative de la défaillance au sein du système. Elle dépend de trois critères :

- La gravité de l'effet pour l'utilisateur ;
- La fréquence d'apparition de la défaillance, par exemple la photocopieuse a très souvent des problèmes avec son bac de papier A4 ;
- Le risque de non-détection, par exemple je n'ai pas relu les éditions papier avant la présentation.

5.6.Les grandes étapes de l'AMDEC

Voici les grandes étapes de l'AMDEC :

- L'analyse fonctionnelle : définit les limites du système étudié. Tout ce qui est en dehors du système sera considéré comme étant conforme lors de l'analyse.
- Recherche des fonctions principales du produit : fonctions pour lesquelles le produit a été conçu.
- Recherche des fonctions contraintes du produit : contraintes auxquelles le produit doit répondre (normes environnementales, résistance mécanique...).
- Recherche des défaillances : identification précise des causes de la défaillance. Par exemple : la mauvaise élasticité du matériau a entraîné la déformation des contacts lors du transport.
- Cotation selon les critères AMDEC : on attribue un niveau de criticité à chaque défaillance. Cela sert à hiérarchiser les différents modes de défaillance. Les actions les plus critiques doivent faire l'objet d'actions préventives.

Chacun de ces trois critères (gravité, fréquence, détection) fait l'objet d'une note d'autant plus élevée que le critère est défavorable.

La criticité est déterminée en multipliant les trois notes précédentes entre elles : $G \times F \times D$

Le résultat permet de déterminer le seuil de criticité = niveau de priorité de risque (NPR). Pour hiérarchiser les NPR, dont les causes de défaillance, un diagramme est réalisé. Il permet de présenter les risques de défaillance détectés au cours de cette étape.

Chapitre III : Travail réalisé

Ce chapitre sera dédié à la présentation des étapes effectuées pour traiter la problématique

1. Phase « Définir » :

1.1.Objectifs et étapes de la phase :

Après avoir entériné la décision de réaliser le projet, il faut à présent en dessiner plus précisément ces contours, connaître ces différentes limites, et faire une estimation des gains pour l'entreprise, cette première étape se compose en trois parties qui sont :

- Définition du projet ;
- Le périmètre du projet (SIPOC) ;
- Rédaction de la charte de projet.

1.1.1. Définition du projet :

Au cours du processus de conditionnement, les conditionneuses engendrent des pertes de produit (mix) des yaourts brassés et étuvés, ayant des répercussions sur la productivité et l'efficacité de la performance des dans les lignes de conditionnement. Pour ce faire, nous avons, d'une part, appliqué la démarche DMAIC pour estimer les pertes en matière et améliorer les performances de conditionnement, et d'autre part, élaboré des standards pour réduire et stabiliser ces pertes.

1.1.2. Le périmètre du projet

Le diagramme de SIPOC (fig.8), nous a permis d'avoir une idée claire sur les sorties du processus, qui peuvent être sous forme de pots pleins, pot écrasés, pertes en lignes, rebuts emballages, etc...

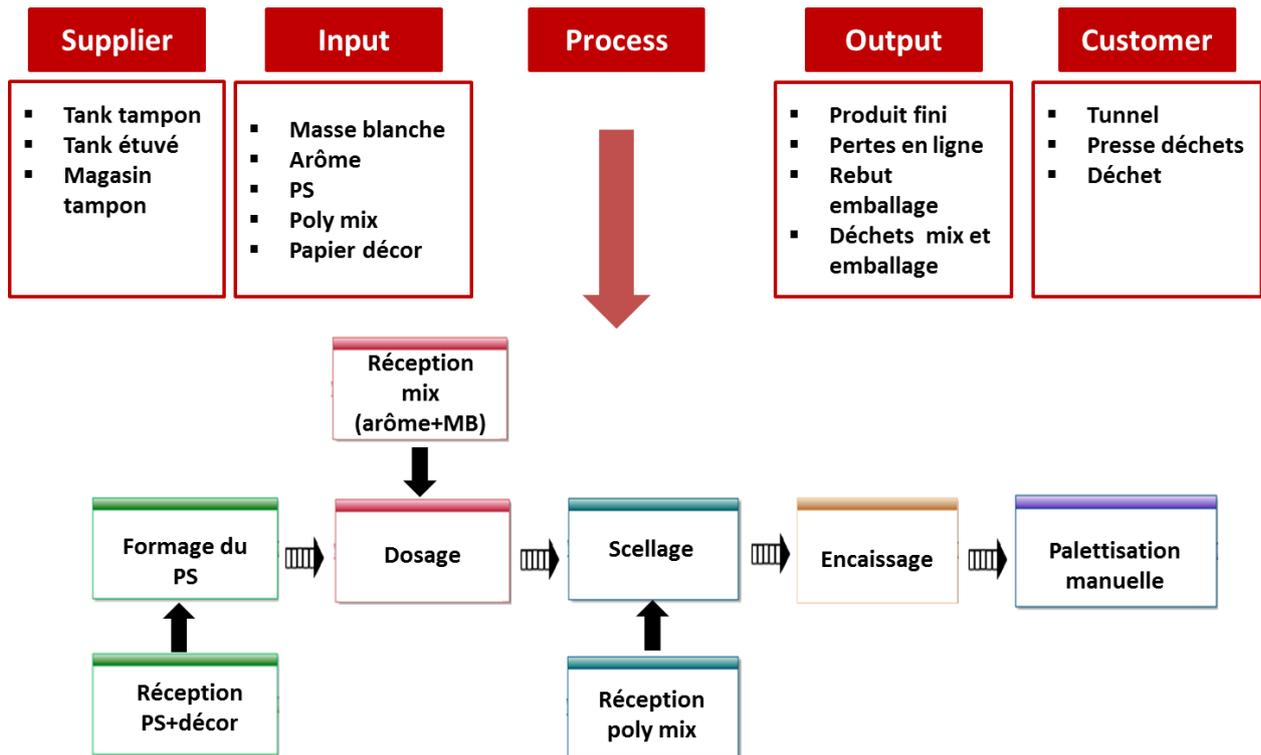


Figure 8 : Diagramme SIPOC

1.1.3. Charte de projet :

A l'aide de la charte de projet, nous avons essayé de matérialiser l'ensemble des éléments de la phase « Définir » afin de poser des bases solides pour la suite du projet. On trouve sur cette charte :

- La définition du problème ;
- L'identification des caractéristiques critiques pour les clients ;
- La mise en évidence de l'état actuel et de l'état souhaité ;
- La définition du groupe de travail ou du moins en listant les personnes qui seront susceptibles d'intervenir dans le projet ;
- Le responsable de projet dont la responsabilité sera de piloter la mise en œuvre de la méthode voire sa réalisation concrète ;
- La définition du périmètre du projet ;
- L'objectif à atteindre ;

Cette charte engage le groupe de travail tant en termes de délais qu'en matière de résultats attendus, sur sa base se déroulera notre projet, que nous pourrons modifier si son évolution l'exige.

Tableau 4: Charte du projet

Charte de projet	
Nom du projet :	Réduction des pertes MIX
Produits concernés	Yaourt Euvé et Brassé
Responsable :	Mr Otmane ALAMI
Black Belt	Mr Rachid RHIOUI
Date début	1 Mars 2015
Date fin	31 Mai 2015
Description	
Présentation du projet :	Dans le cadre de l'optimisation de la performance industrielle au sein de la Centrale laitière-Danone-Salé, cette dernière a décidé de mener le projet suivant : Réduction des pertes MIX au niveau du conditionnement.
Objectif du projet :	Réduire les pertes MIX Diminuer le pourcentage des pertes MIX le minimum possible
Périmètre et équipe du projet :	Le projet aura lieu la majorité du temps au niveau de la salle de conditionnement, avec une équipe de travail constituée de : les conducteurs des machines, les responsables de la salle de commande, les responsables de la sortie ainsi que le responsable chargé de calculer les pertes en lignes et moi-même.
Budget nécessaire :	Non estimé à l'état actuel
Les principaux Jalons :	Le projet doit être parfaitement finalisé avant le 31 Mai 2015 ; On doit arriver à notre objectif qui est la réduction des pertes MIX à travers les différents outils que nous allons appliquer.
Contrainte du projet :	Les contraintes que pourrai rencontrer le projet lors de la réalisation sont : -le non-respect du temps de réalisation de chaque étape de la démarche
Planning du projet :	Semaines
	D
	M
	A
	I
C	
Résultats attendus :	Réduction des pertes jusqu'à 25% des pertes actuelles.

2. Phase « Mesurer » :

L'objectif de la phase *Mesurer* consiste à collecter toutes les informations de la situation courante, pour obtenir les données de base sur la performance actuelle du procédé. Cette étape est essentielle à l'application de la méthode DMAIC puisque sa particularité est d'être basée uniquement sur des données réelles. Par la suite, les relations de cause à effet basées sur les données relevées seront exposées dans la phase « Analyser ».

Au cours de cette phase, nous avons rassemblé les informations sur les éléments et les lignes de base de l'état actuel, ainsi nous avons déterminé les pertes en produit qui résultent d'un suivi durant trois mois en consultant les machines conditionneuses.

2.1.Démarche adoptée pour calculer les pertes Mix

Le calcul des pertes Mix a été réalisé sur 8 machines conditionneuses caractérisées par six caractéristiques à savoir : la cadence de la machine (le nombre de pots réalisés par heure), le type du produit fabriqué "étuvé" ou "brassé", la gamme de produit fabriqué, les parfums possibles, le pas de la machine (nombre de pots réalisés à chaque coup purgé par le doseur) ainsi que le poids net du Yaourt fabriqué. Ces caractéristiques sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5: Les différentes caractéristiques des six machines conditionneuses

Machine	Type de produit	Gamme de produit	Cadence (pots/h)	Poids net du Yaourt (g)	Pas de la machine (pot/coup)
ARCIL 2	Brassés	<ul style="list-style-type: none"> • Velouté • Activia • Grek 	43200	120	24
ARCIL 6	Brassés	<ul style="list-style-type: none"> • Velouté • Activia • Grek 	43200	120	24
RK 3	Brassés	Moufid	25000	60	16
ARCIL5	Brassés	Moufid	43200	60	24
TP 1	Brassés	Mamzouj	25000	110	16
RK 1	Brassés	Mamzouj Yawmi assil	27000	110	16
ARCIL 3	Etuvés	Yawmi assil	43200	110	24
CMA 2	Etuvés	Yawmi assil	25000	110	16

Au cours du suivi, on a travaillé 6 heures par jour pendant deux mois, les pertes sont calculées d'après la différence entre la consommation réelle déclarée dans des fiches fournies par « le process » et la consommation théorique calculée à partir du nombre de pots produits. . En outre la somme de pertes observées lors du suivi, est notée avec les causes (Défaillance machine) de chaque perte.

La méthode de suivi adopté consiste à consulter les lignes de conditionnement, après avoir vérifié le « planning » du jour de chaque machine. Les données sont saisies dans un tableau (Extrait de suivi : Annexe 1)

Après avoir quantifié les pertes durant le suivi, nous avons pu déterminer le pourcentage de chaque type des pertes par rapport à la somme des pertes engendrées au niveau des conditionneuses.

Les figures 9 et 10 représentent les pourcentages des pertes en DH durant les deux mois Mars et Avril

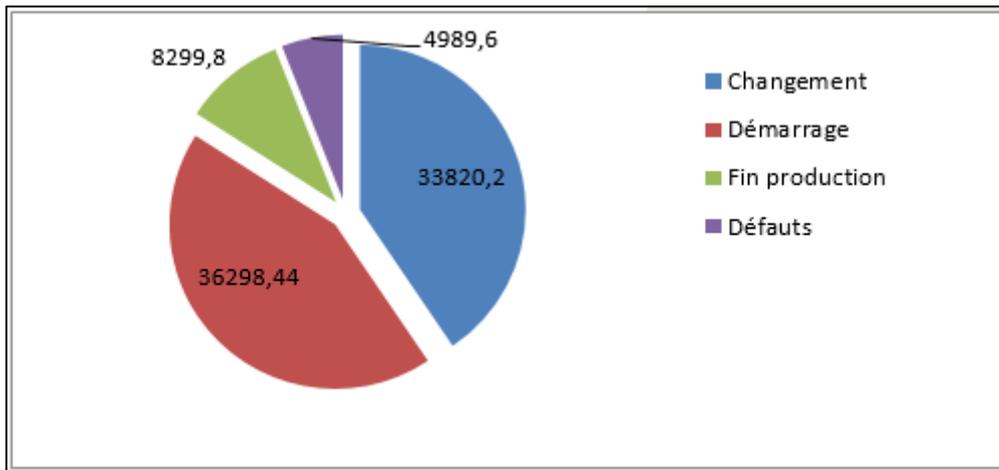


Figure 9: Représentation graphique des pertes en dirhams durant le mois Mars

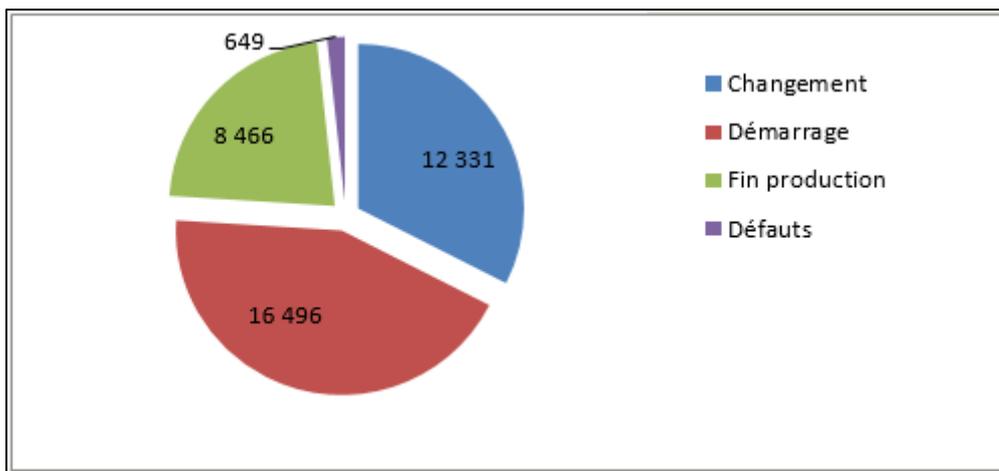


Figure 10: Représentation graphique des pertes en dirhams durant le mois Avril

Les résultats de suivi montrent que le pourcentage des pertes dû aux différentes phases du conditionnement est plus élevé que le pourcentage des pertes causées par les défauts de la machine.

Donc nous concluons que les pertes se manifestent plus le souvent sous forme de purges évacuées lors du début de production, changement du parfum, et la fin de production.

2.2. Description des trois phases du conditionnement

2.2.1. Début de Production

Le démarrage ou début de production est une phase qui vient après le nettoyage de la machine. Celui-ci a lieu à la fin du cycle de production de chaque automate. Pour une machine fabriquant des produits étuvés, le cycle de production varie entre 10 et 12 h, tandis que celui d'une machine produisant des brassés est de 48 h. En outre, le nettoyage a lieu dès que la machine (produisant des étuvés ou des brassés) s'arrête pendant une durée supérieure ou égale à 30 min ou si le Mix se trouvant dans les Tanks de Maturation ou dans les Tanks Etuvés est achevé.

Le Mix, préalablement préparé dans des TE ou des TT, une fois prêt, il passe dans des conduites pour arriver aux machines conditionneuses, mais ces conduites sont déjà remplies par l'eau existant après le nettoyage,

Le but de cette étape est de vider les conduites de l'eau qu'elles contiennent. La plus grande quantité de l'eau est purgée directement vers les égouts sans passage vers la trémie. Par la suite, quand le mix arrive à la machine, un mélange eau + mix se forme, qui est envoyé vers la trémie (machine), puis purgé par le doseur suivant le circuit normal du mix.

Le conducteur de la machine de conditionnement purge ce mélange pendant une certaine durée. Dès qu'il s'assure de la conformité du mix, il cesse de purger et lance la production. Plus le conducteur purge, plus la quantité des pertes est importante.

Le schéma suivant (figure 11) montre qu'en premier lieu, nous avons dans les canalisation de l'eau qui est directement envoyé vers les égouts, dans un second lieu, le mélange eau/mix est suivi par du mix conforme qui sont tous deux envoyés vers la trémie.



Figure 11: Schéma récapitulatif des pertes liées au Début de Production

2.2.2. Changement de parfum

Durant cette partie du conditionnement, le but étant de basculer d'un parfum 1 vers un parfum 2 sans nettoyage et sans avoir des mélanges de parfum dans les pots de yaourts.

Pour cela, certaines étapes sont obligatoires, et sont :

- changement du décor et du polymix
- purge du mix contenant les deux parfums (le mélange)
- purge du fruit s'il s'agit d'un changement de fruit

2.2.3. Fin de Production

La fin de production pour le conditionnement suit le système inverse que celui du début de production, dans ce cas, c'est l'eau de nettoyage qui permet l'évacuation du mix présent dans les canalisations et dans la trémie. Pour cela, le conducteur purge la quantité de Mix restante dans la trémie ainsi que celle restée dans le doseur et les évacue dans les égouts.

Les pertes dues à la Fin de Production sont celles des purges et celles du Mix évacué vers les égouts.

3. Phase «Analyser» :

Après avoir accomplir les étapes « Définir » et « Mesurer », la démarche DMAIC se poursuit avec l'étape « Analyser ». Cette étape a pour objectif d'augmenter notre connaissance du processus de conditionnement afin de découvrir les causes racines des pertes.

En effet, l'analyse des données récoltées dans l'étape « Mesurer » doit être conduite de manière rigoureuse en utilisant les outils analytiques suivants :

- diagramme d'Ichikawa ;
- diagramme de Pareto.

3.1. Diagramme Ishikawa des pertes relatives aux purges :

Pour déterminer les différentes causes des pertes liées aux purges, un travail d'équipe est réalisé et chacun a émis ses opinions sur les origines possibles. Ces causes sont ensuite classées en 5M et présentées dans la figure 12.

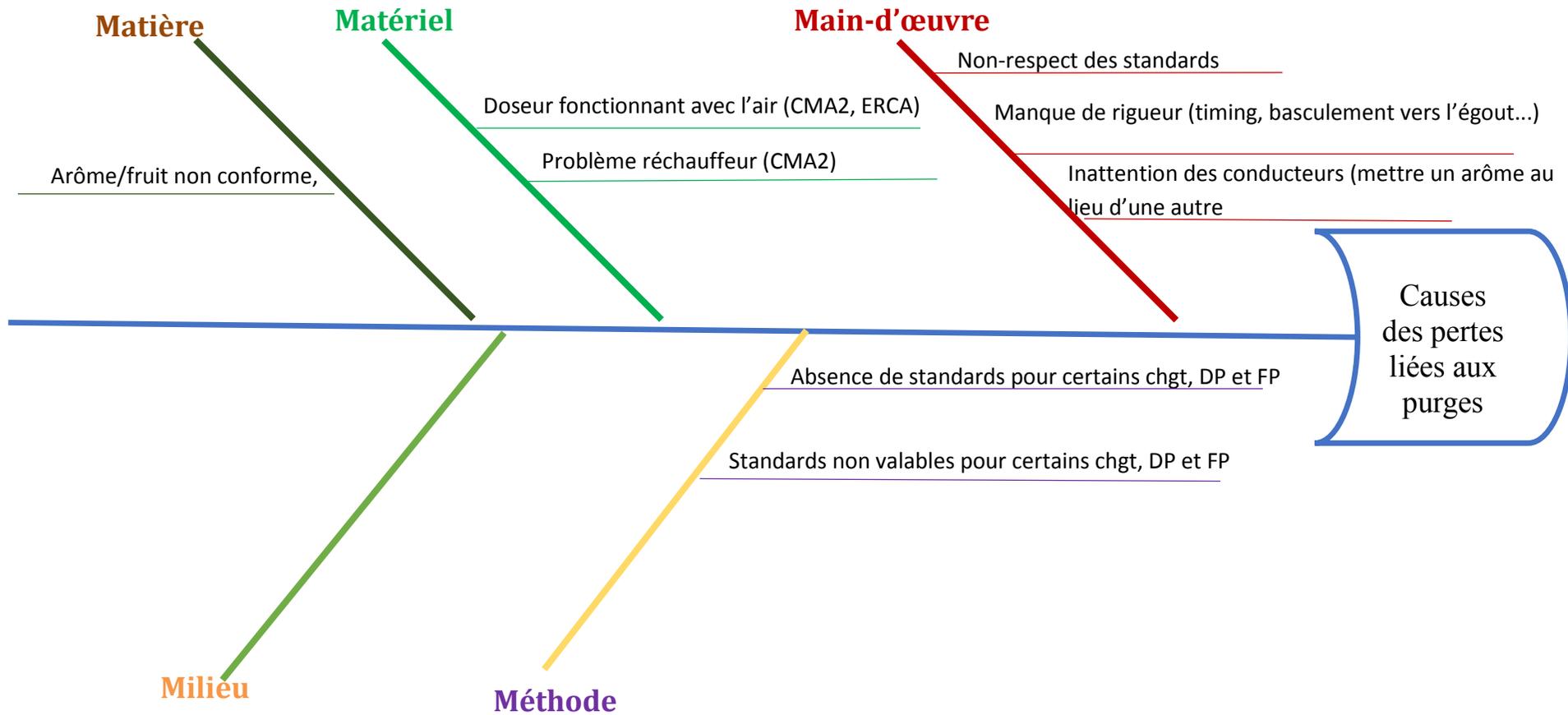


Figure 12: Diagramme D'Ichikawa pour les pertes liées aux purges

3.2. Diagrammes Pareto des défauts des machines

L'analyse Pareto consiste à classer les causes par ordre croissant en termes des pertes engendrées, calculer les pourcentages de celle-ci puis le cumul afin d'identifier les causes responsables de 80 % de perte. La figure 13 représente le diagramme de Pareto des pertes en Mix dû aux défauts de la machine conditionneuse ARCIL1 (l'annexe 1 représente les diagrammes de Pareto des pertes en Mix des autres machines).

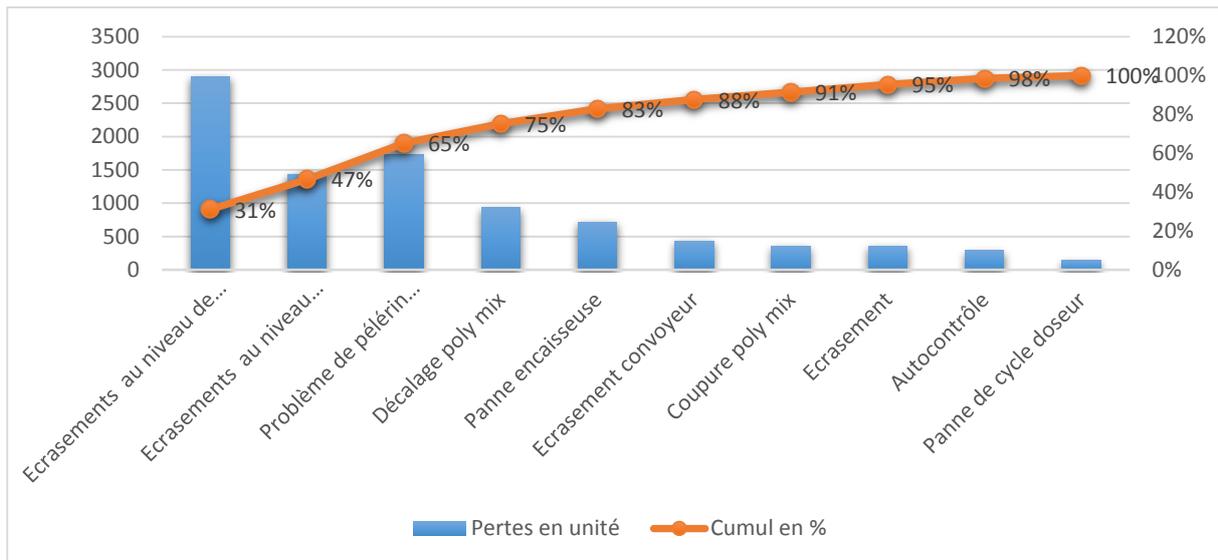


Figure 13: Diagramme de Pareto des pertes en Mix dû aux défauts de la machine Arcil 2

• Synthèse du diagramme Pareto

Les causes majeures des pertes en Mix (responsables de 80 % des pertes) dans les différentes machines sont : Ecrasements des pots, Bourrage décor, défaut fromage, décalage POLYMIX, Variation de poids, et le perçage des pots.

3.3. Diagramme Ishikawa des pertes relatives défaillances de la machine :

Après avoir identifiées les causes ayant le plus d'effet sur le diagramme de Pareto, on a traité chaque cause au cours des discussions avec les conducteurs des machines et leurs responsables pour trouver les causes profondes potentielles associées au processus. Ensuite on les a organisées sur le diagramme d'Ishikawa.

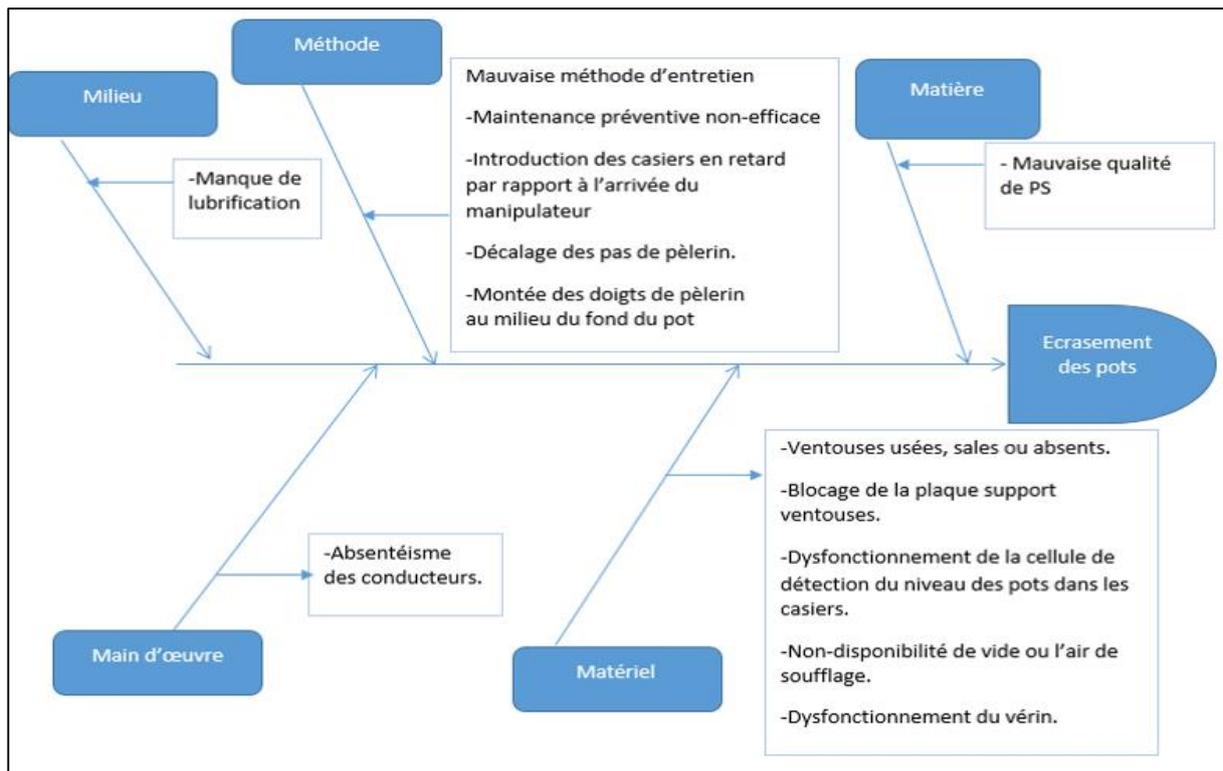


Figure 14: Diagramme Ishikawa pour « Ecrasement des pots »

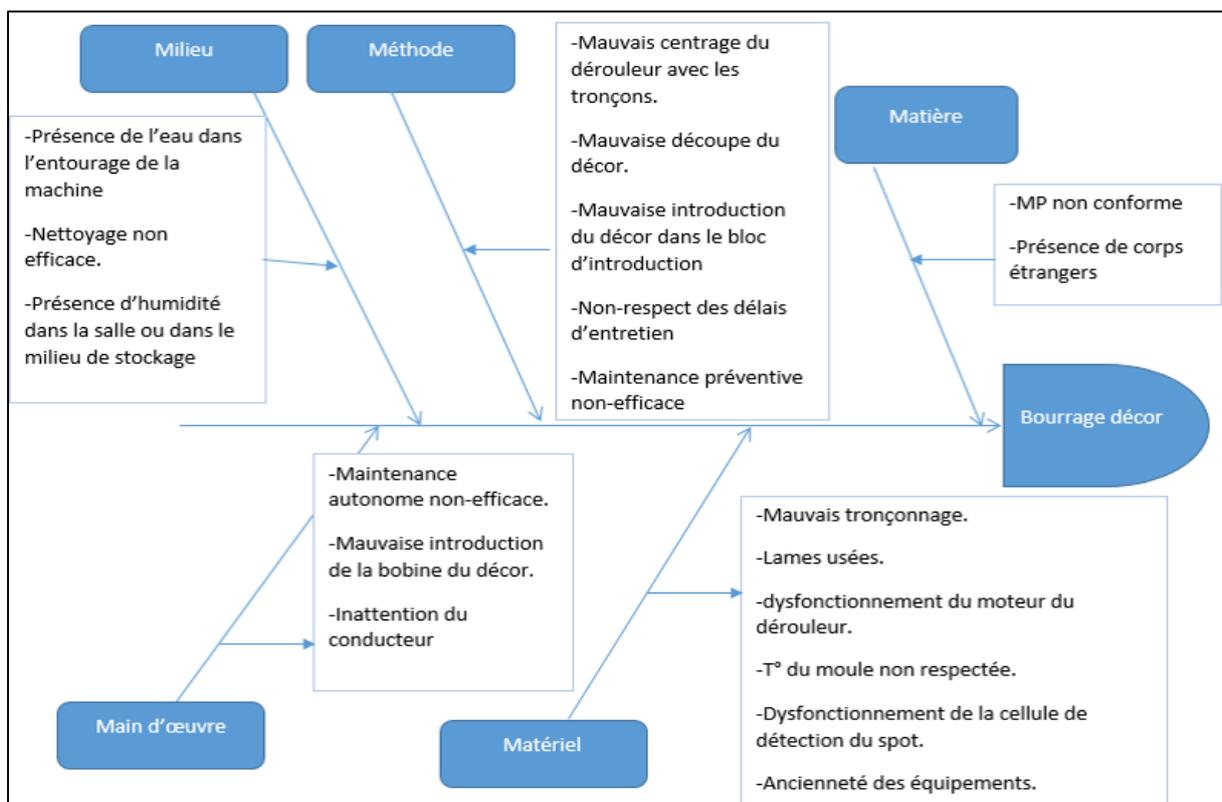


Figure 15: Diagramme Ishikawa pour « Bourrage Décor »

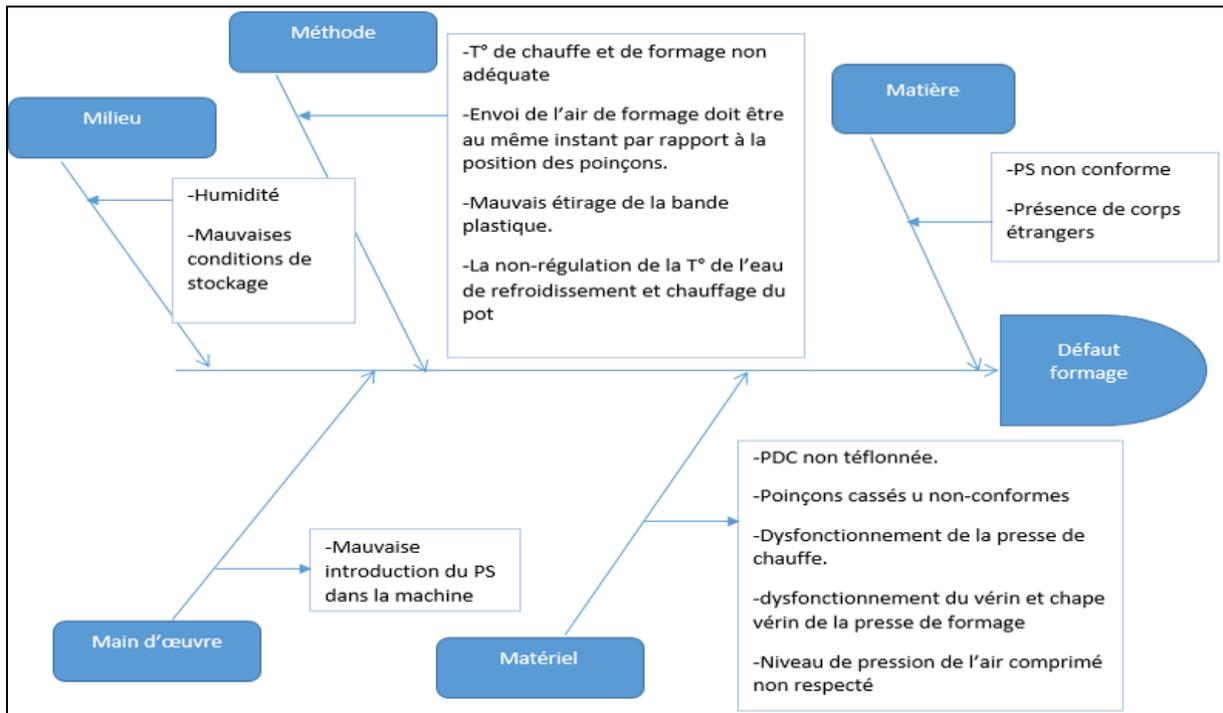


Figure 16: Diagramme Ishikawa pour « Défaut de formage »

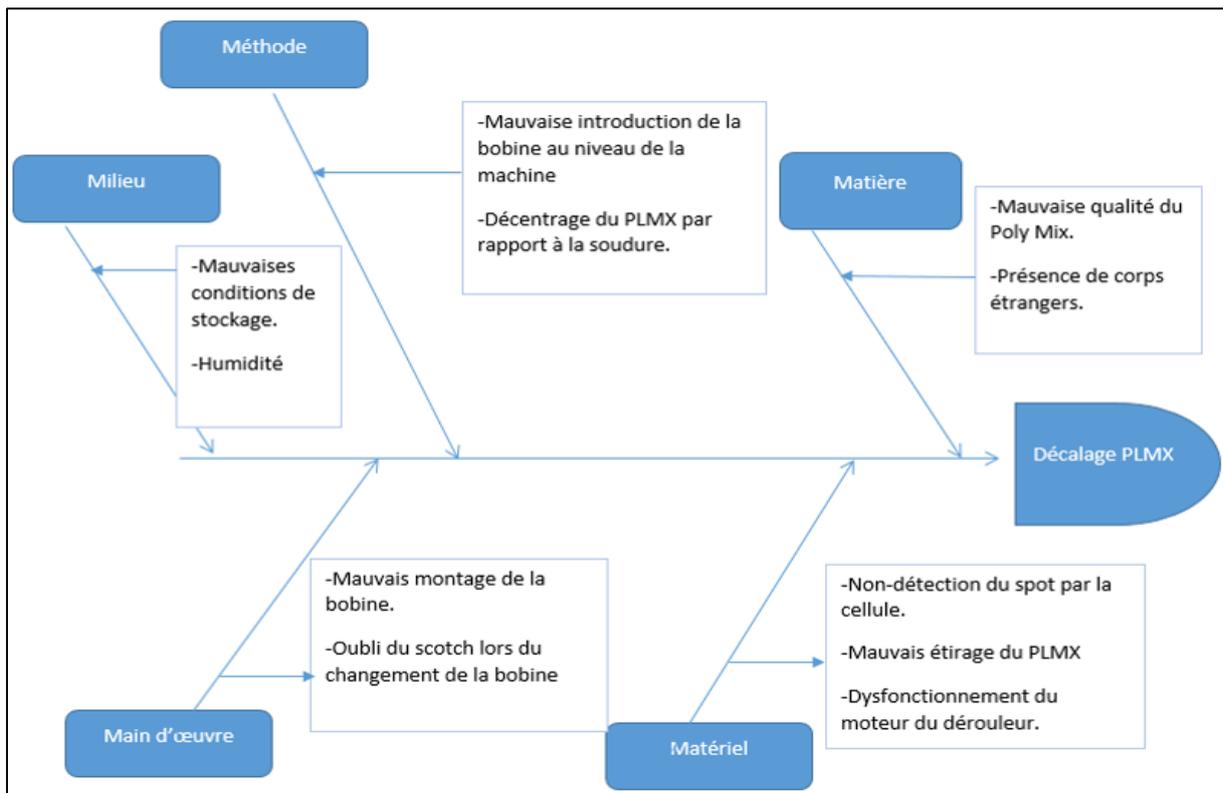


Figure 17: Diagramme Ishikawa pour « Décalage Polymix »

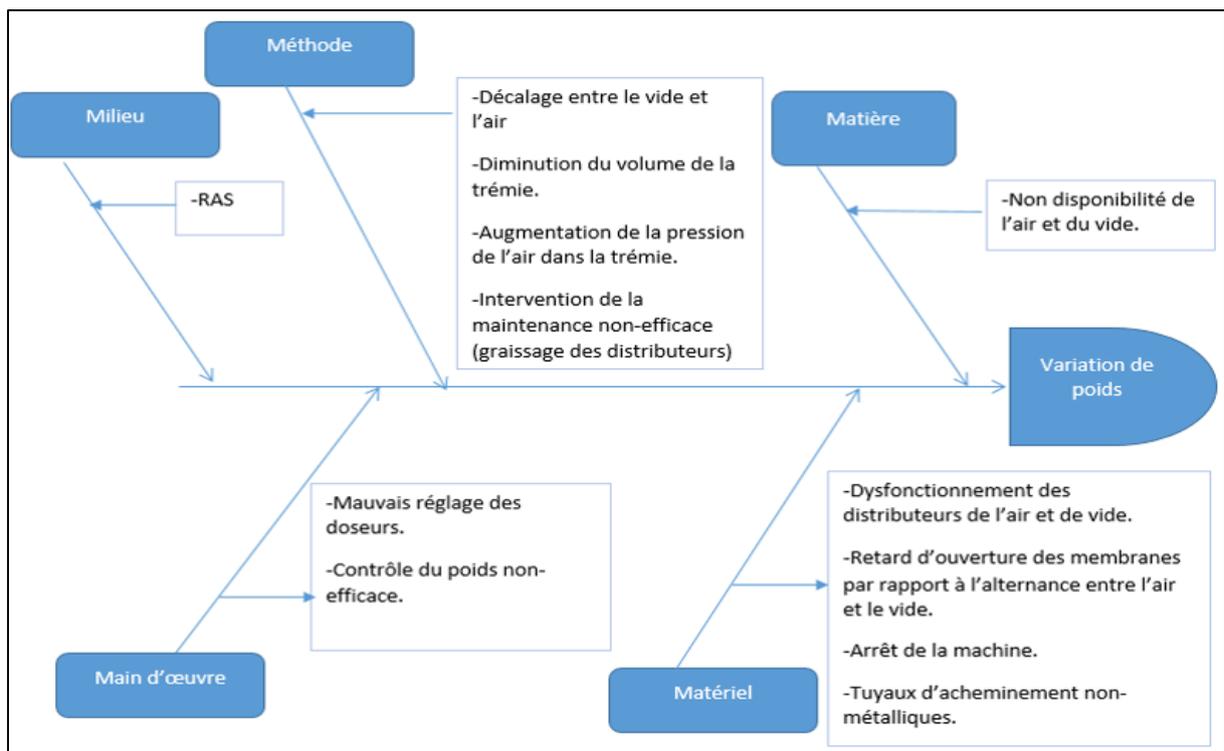


Figure 18: Diagramme Ishikawa pour le problème « Variation du poids »

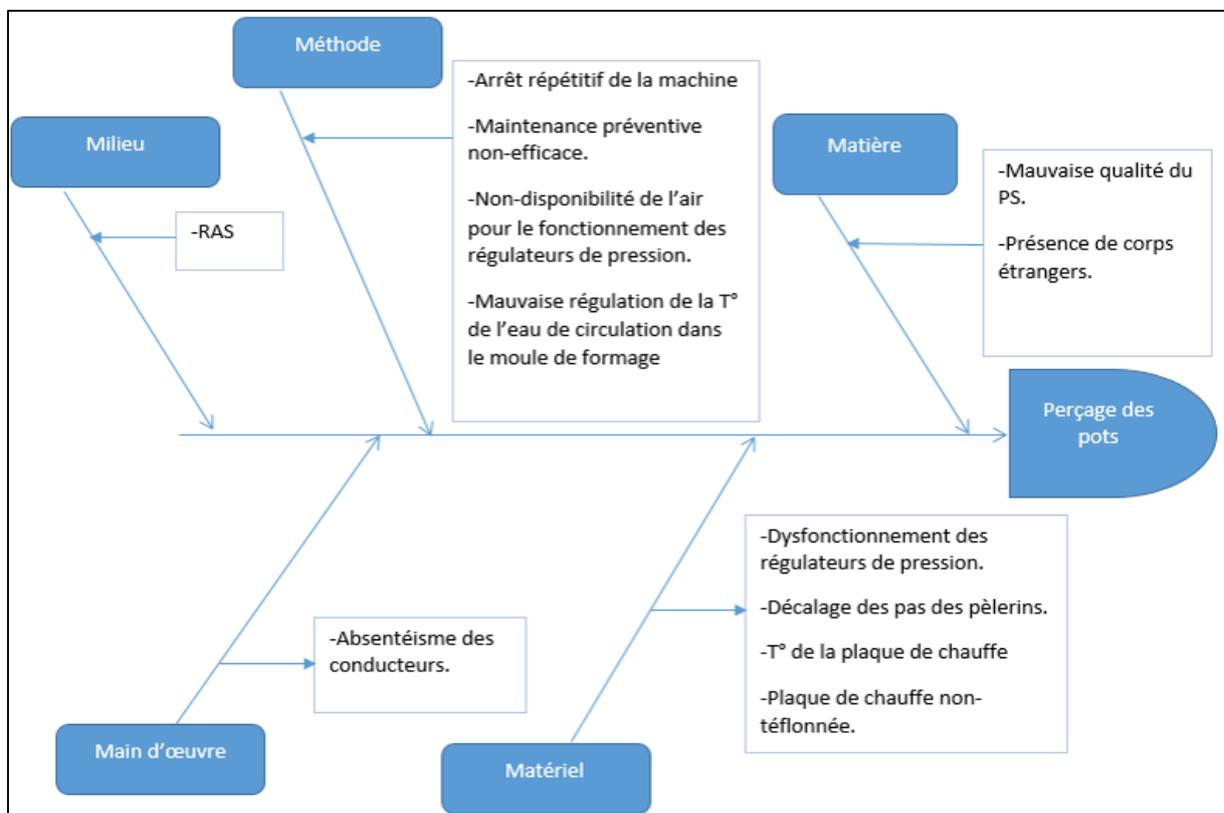


Figure 19: Diagramme Ishikawa pour « Perçage des pots »

4. Phase « Améliorer »

Dans cette phase, nous avons mis des actions d'amélioration pour la réduction des pertes en produit :

- Vérification correction des standards des purges lors des phases de conditionnement en mesurant les EST et en le comparant avec les normes posées par l'usine
- Créer une base de données pour faciliter l'enregistrement des pertes.
- Une étude AMDEC des défauts de la machine ARCIL
- Apporter des recommandations.

4.1. Vérification et Correction des standards des purges lors des phases de conditionnement

4.1.1. Résultats et discussion de l'EST :

Nous avons réalisé au même temps que les suivis, les analyses de l'extrait sec au début et de fin de production (Annexe 3), afin de vérifier et corriger leurs standards. (Nous avons traité en détails les machines CMA2 et ARCIL 3, les autres résultats restant seront regroupés dans un tableau de synthèse)

a) Début de production :

Après avoir effectué les analyses nécessaires des extraits secs totaux du mix au moment du début production, les résultats obtenus sont classés dans des tableaux (Tableau 6 et 7).

- **ARCIL3**

Tableau 6: Résultats des des analyses de l'EST réalisés lors des débuts de production d'ARCIL3

Date	Type	Nombre de coups perdus	Prélèvement	EST (g/kg)
23/03/2015	DP Vanille	32	1	163
			7	198
			20	209,1
			25	209,7
			28	211,5
01/04/2015	DP Fraise	25	2	170
			5	182,3
			10	203
			15	205
			18	208,5

10/04/2015	DP Vanille	30	3	173
			8	199,5
			12	204
			14	203,8
			19	208,7

Ces résultats sont présentés sous forme d'une courbe qui porte des limites inférieures et supérieures de la valeur de l'EST (figure 20)

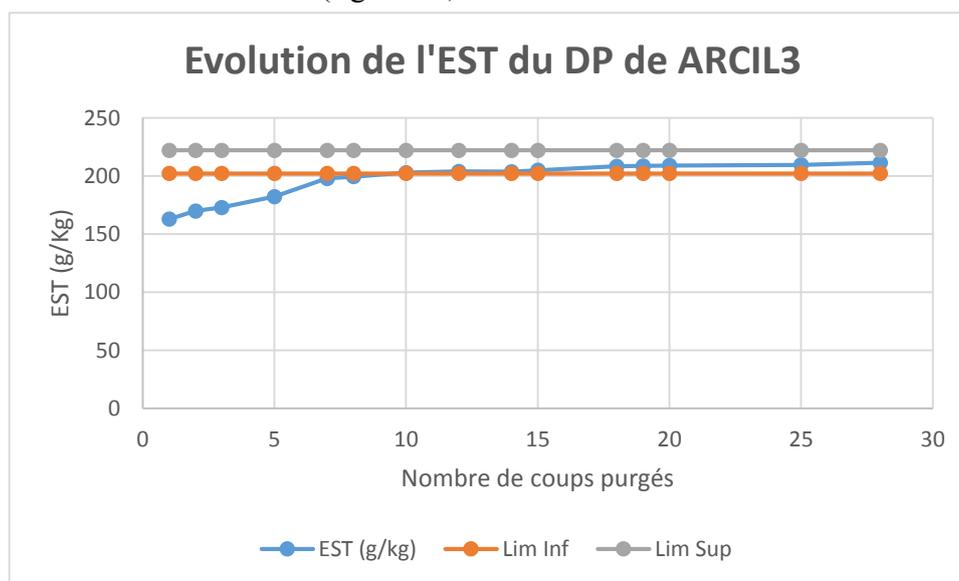


Figure 20: Evolution de l'EST du début de production pour ARCIL3

Les conducteurs purgent normalement 20 à 25 coups. D'après la courbe nous constatons que les valeurs de l'EST sont considérées conformes à partir du 10^{ème} coups. Nous avons donc décidé de réduire le nombre de coups purgés et d'une moyenne de 15 coups à 20 coups afin de les conditionnés. Ainsi, nous allons gagner 15 coups supplémentaires l'équivalent de 39,6 kg par DP et de 14454 kg par an.

- **CMA 2**

Tableau 7: Résultats des des analyses de l'EST réalisés lors des débuts de production de CMA 2

Date	Type	Nombre de coups perdus	Prélèvement	EST (g/kg)	Lim Inf.	Lim Sup.
04/04/2015	DP Vanille	80	28	183,2	202,2	222,2
			32	209,9	202,2	222,2
			36	213,9	202,2	222,2
			42	217,1	202,2	222,2
			48	220,9	202,2	222,2
			54	230,6	202,2	222,2

18/04/2015	DP Vanille	45	30	189	202,2	222,2
			32	210,4	202,2	222,2
			39	214,6	202,2	222,2
			42	216,2	202,2	222,2
			50	225,2	202,2	222,2

Les résultats sont présentés sous forme de la courbe ci-dessous (figure 21)

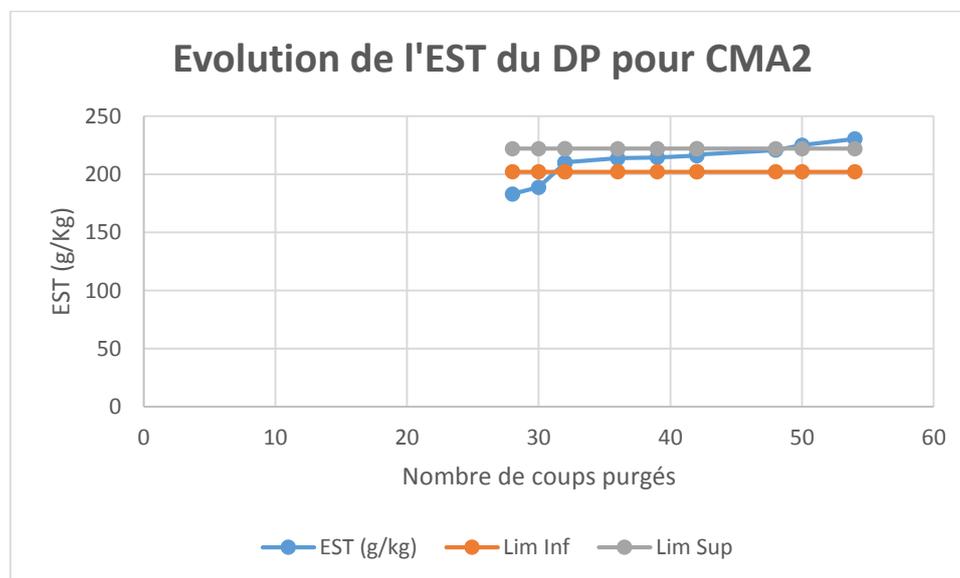


Figure 21: Evolution de l'EST du début de production pour CMA2

Nous remarquons qu'à partir du 32^{ème} coups, les valeurs de l'extrait sec sont conformes. Cependant on peut réduire le standard de 13 coups, ce qui est l'équivalent de gagner 22.88 Kg par DP qui est 8351 Kg par an.

b) Fin de production :

De même, nous avons effectué les analyses de l'EST à la fin de production, les résultats obtenus sont classés dans le tableau 8.

Tableau 8: Résultats des analyses de l'EST réalisés lors des fin de production de CMA 2

Date	Type	Nombre de coups perdus	Prélèvement	EST (g/kg)
13/04/2015	FP Vanille	60	3	235,8
			6	235,5
			8	241,1
			42	216,2
20/05/2015	FP Banane	48	2	234,9
			4	253,2
			6	236,7
			9	233,7

			13	227,6
			22	163
26/05/2015	FP Vanille	58	9	231,7
			12	221,8
			15	182,8
			23	62,8

Les résultats sont présentés dans la courbe ci-dessous (figure 22)

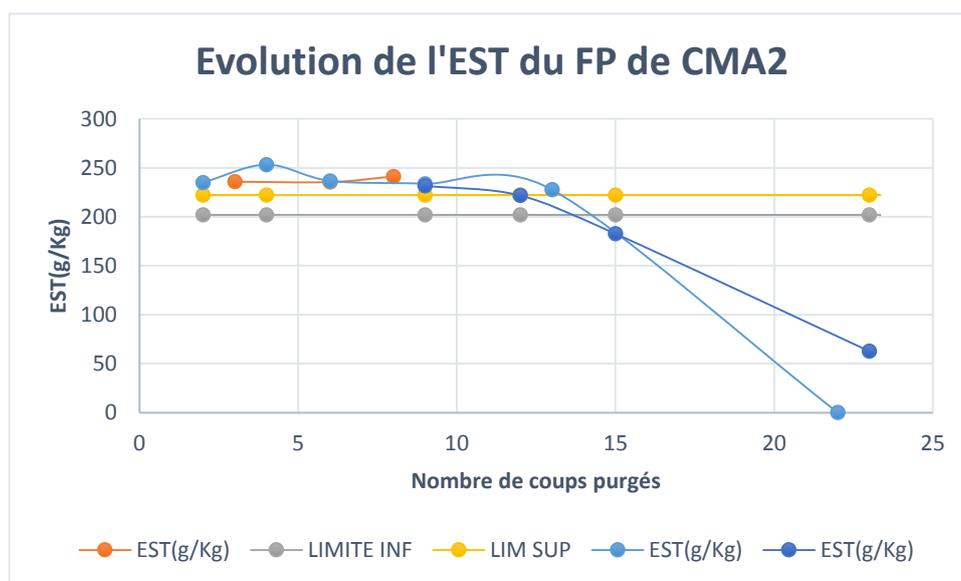


Figure 22: Evolution de l'EST du fin de production pour CMA2

La moyenne des coups perdus après fin de production est de l'ordre de de 40 à 50 coups. A partir de la courbe nous constatons que les valeurs de l'extrait sec total (EST) sont conformes à partir du 12^{ème} coups. Cependant, nous avons décidé de conditionner le mix résultant de ces 12 coups.

Les 12 coups que nous avons gagné sont l'équivalent de 22kg/FP, ce qui nous fait un gain annuel total plus de 7000 kg/an.

Nous ne pouvons pas gagner plus de 12 coups de doseurs lors des FP après car cela engendra des pots mouillés.

4.1.2. Synthèse des corrections des standards des purges

Le tableau suivant présente une synthèse des corrections des standards des purges que nous avons fait, en se basant sur les résultats des EST :

Tableau 9: Synthèse des corrections des standards des purges

Machine	Nbre de coups Ancien standard		Nbre de coups après vérification de l'EST		Nbre de coups gagnés	
	DP	FP	DP	FP	DP	FP
ARCIL 2	52	12	44	10	8	2
ARCIL 6	52	12	46	8	6	4
RK 3	40	10	30	10	10	-
ARCIL5	50	12	40	9	10	3
TP 1	40	20	35	15	5	5
RK 1	40	20	32	14	8	6
ARCIL 3	25	7	12	7	13	-
CMA 2	45	45	32	33	13	12

4.1.3. Gains estimés

Comme nous avons vu déjà chacune de ces machines a un Mix propre à elle selon le produit fini qu'elle fabrique. Par conséquent le coût du Mix varie d'une conditionneuse à une autre selon le produit fabriqué. Ainsi, pour les brassés à base d'arôme (le produit "Mamzouj", "Moufid", et les étuvés "Yawmi Assil"), le coût d'un kilogramme de Mix est de 5 Dhs tandis que celui des brassés à base de fruit ("Velouté", "Activia", "Grec") s'élève à 7 Dhs.

Aussi, la fréquence des débits de production pour chaque machine conditionneuse dépend de son cycle de production. Ainsi, les machines fabriquant des brassés et ayant un cycle de production de 48 h subissent généralement un DP tous les trois jours (10 DP/mois) tandis que les machines produisant des étuvés le subissent tous les jours (30 DP/mois) car leur cycle de production est de 12 h.

En conséquence, la formule avec laquelle ont été calculés les gains annuels relatifs aux Débits de Production consiste à multiplier le gain réalisé (en Dhs) pour chaque machine conditionneuse par le coût d'un kilogramme de Mix (5 Dhs ou 7 Dhs selon le produit fabriqué)

et par la fréquence de réalisation des débuts de production pour chaque machine (10 ou 30 DP/mois). Cela revient à appliquer la formule suivante pour chaque machine conditionneuse :

$$\text{Nombre de coups gagnés} \times \text{poids d'un coup} \times \text{coût d'1 KG de mix} \times \text{Fréquence des DP ou FP}$$

Les résultats des gains annuels réalisés pour toutes les machines conditionneuses sont représentées dans le tableau 10 Ces gains ont été calculés en faisant une soustraction entre les pertes avant et après leur optimisation).

Tableau 10: Gains réalisés pour toutes les machines conditionneuses lors des DP et FP

Machine	Pertes avant l'optimisation en DHs/an	Pertes après l'optimisation en DHs/an	Gains réalisé en DHs/an
ARCIL 2	12902,4	10886,4	2016
ARCIL 6	12902,4	10886,4	2016
RK 3	18000	14400	3600
ARCIL5	22320	17640	4680
TP 1	3960	3300	660
RK 1	3960	3036	924
ARCIL 3	6336	3762	2574
CMA 2	17820	12870	4950
Total	98200,8	76780,8	21420
Taux d'optimisation	22 %		

4.2.Étude AMDEC des défauts de la machine (cas d'ARCIL)

Après avoir une idée sur les défauts de machines et leurs causes dans la phase précédente (Analyser), nous passons maintenant à l'étude de ces défauts afin de proposer des améliorations pour diminuer la répétition de ces défauts.

4.2.1. Description du fonctionnement de la ligne

Présentation de la ligne ARCIL

ARCIL est une machine de thermoformage intégré destinée au conditionnement alimentaire de façon automatique des produits.

Pour mener à bien ce conditionnement, la machine réalise les opérations suivantes sous atmosphère contrôlée :

- Tirage de la feuille blanche polystyrène et chauffage de ses extrémités à l'aide de deux résistances (80°-90°) pour que les picots puissent la pénétrer.
- Découpe du papier décor en unités pour entourer les pots.
- Formage à chaud de pots à l'aide de quatre boîtes de chauffe (140°-145°), la feuille blanche se dilate pour permettre le formage des pots avec l'outil de formage qui est composé du moule, de fond de pots et des poinçons.
- Dosage du produit dans un doseur et remplissage des pots avec le produit à l'aide des buses.
- Etirage du couvercle du pot en polyéthylène appelé opercule.
- Datage du Polymix qui est l'opercule.
- Décontamination du film opercule avec des rayons ultra-violet ou infra rouge.
- Soudure des pots c'est-à-dire la fermeture des pots à l'aide d'un outil de soudure (230°-240°).
- Découpe des pots en unités de vente (quatre par quatre) à l'aide d'un outil de découpe.
- Découpe des déchets à l'aide de la coupe déchets.

Décomposition matériel de la ligne

La figure 23 représente les différents composants de la ligne ARCIL.

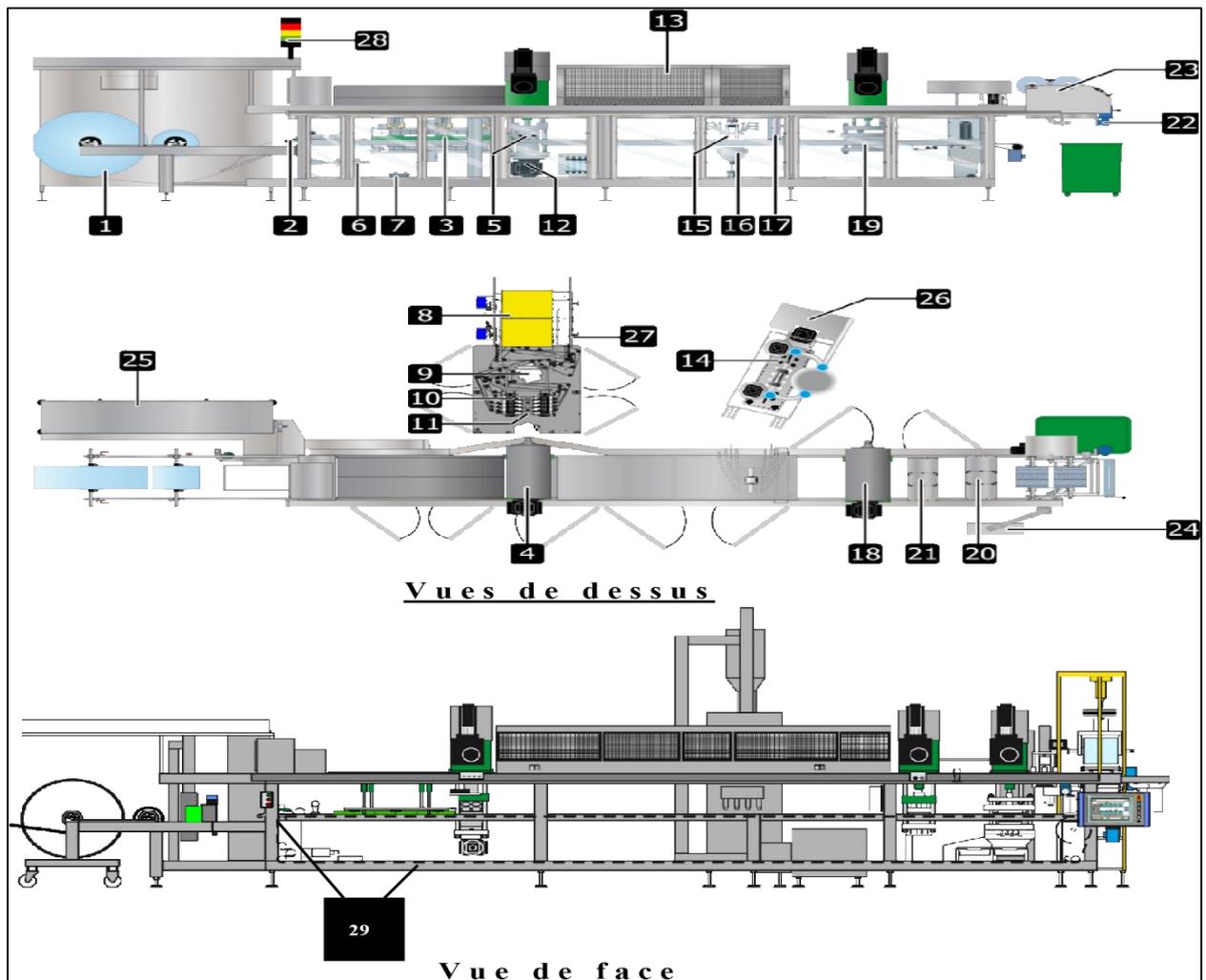


Figure 23: Vues de face et de dessus de la ligne ARCIL

Le tableau 11 représente les différents composants de la ligne ARCIL

Tableau 11: Composants de la ligne ARCIL

Numéro	Désignation	Numéro	Désignation
1	Dérouleur plastique	16	Bac de lavage
2	Introduction plastique	17	Infrarouge
3	Boite de chauffe	18	Presse de soudure / découpe
4	Presse de thermoformage	19	Outil de soudure / découpe
5	Outil de formage	20	Etirage opercule
6	Tension de chaines	21	Datage opercule
7	Huilage chaines par pinces	22	Coupe déchet

8	Dérouleur bobine décor 1	23	Dérouleur bobine opercule
9	Festonnage	24	Pupitre operateur
10	Découpe triangle	25	Armoire principale
11	Introduction décor	26	Armoire doseur
12	Rotation de moules	27	Thermostatage
13	Hotte à flux laminaire	28	Vérine
14	Doseur	29	Tirage chaine
15	Plaque porte buses		

4.2.2. Synthèse de l'étude AMDEC

Afin de proposer des actions amélioratrices pour les défauts qui engendrent les pertes et qu'on a analysés, nous avons traité chaque défaut au cours d'un brainstorming avec les responsables de maintenance, l'ensemble des données sont regroupées dans le tableau suivant :

Bloc	Elément	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Calcul de la criticité				Action de la maintenance
						F	G	N	C	
Formage	Polystyrène	Mauvaise qualité	Recyclage du PS	-Etirage lors du chauffage du PS -Présence de fissures	Visuelle	3	2	2	12	C'est le conducteur de la machine qui est chargé de changer la bobine du PS non conforme
	Plaque de chauffe	Déformation du PS	Téflonnage enlevé	-Mauvais formage au bord des pots -Perçage des pots	Visuelle	2	4	3	24	Changement de la plaque (la plaque est changée une fois par an)
		Blocage de vérin de BC	Problème d'air comprimé	Arrêt de la machine						
	T° des plaques chauffantes	T° de formage non adéquate	T° basse	-Mauvais formage au fond des pots -Perçage	Visuelle	4	2	2	16	Régulation à l'aide de l'automate de la T° des plaques
			T° élevée	-Fissuration des pots -Perçage						
	Poinçons	Présence de corps étrangers	Poinçons trop dure et facilement cassable	-Perçage des pots	Visuelle	3	2	3	18	
		Poinçons non conformes	Diminution de la longueur des poinçons	Mauvais formage au fond des pots						
	L'eau de circulation	Dysfonctionnement de la vanne		Perçage des pots	Visuelle	4	2	1	8	-Remise en état l'asservissement du régulateur -Rajout de l'eau
		T° de moule élevée	-Manque eau -mauvaise régulation de la T°	-Perçage -Fissuration de PS -Mauvais formage au bord de pots						
	Presse de formage	Mauvaise fermeture des traverses	Défaillance du vérin et chape de vérin	Mauvais formage	Visuelle	1	5	2	10	Changement de galets et roulement après démontage
Mauvaise soudure										
Mauvaise découpe des pots										

Décor	Dérouleur de la bobine	Décentrage du décor	Dérouleur de la bobine n'est pas centré	Pots sans décor car avant tronçonnage on n'a pas de bourrage	Visuelle	5	2	2	20	Le conducteur doit centrer la bobine avec attention
	Tronçonnage	Mauvais découpage de décor	Coupons des tronçons altérés	Bourrage décor	Visuelle	3	4	3	36	Changement des coupons
	Carters	Mauvais acheminement du décor	Carter non nettoyé et non aligné	Bourrage décor	Visuelle	4	2	2	16	Maintenance autonome du conducteur qui est chargé du nettoyage des carters
	Chariot décor	-Usure des couteaux -A synchronisation de la coupe par rapport au tronçonnage -A synchronisation de la sortie vérin d'introduction par rapport au basculement moule	-Décentrage des guides décor -Usure des joints des rouleaux du décor -Mauvais état des lames et couteaux -La paraffine se dépose sur les différents sous-ensembles	Bourrage décor	Visuelle	4	3	3	36	
	Décor	-Contact de décor avec l'eau -Décor Humide	Etat de stockage	Bourrage décor	Visuelle	3	3	2	18	Application de la Maintenance autonome tel le nettoyage de

		-Fragilité du décor									l'entourage de la machine
Doseur	L'air stérile de la trémie	Augmentation du volume de l'air dans la trémie	Instabilité de l'air	Variation de poids	Lors du calcul du poids	4	2	3	24		Remettre la pression à l'échelle
	Le dosage des pots	Surdosage ou sous dosage	Diminution ou augmentation du volume de l'air	Variation de poids entre les pots	-Visuelle avant soudure -Lors du calcul du poids	5	2	3	30		
	Distributeurs de l'air stérile et du vide	Retard des ouvertures des membranes	Mauvais bascule entre l'air et le vide	-Variation de poids -Présence de mousse	Lors du calcul du poids	4	2	3	24		Graissage et changement des distributeurs
	Le niveau du MIX dans la trémie	Sortie de grande quantité de MIX	Lorsque le niveau du MIX diminue dans la trémie, on a une augmentation de la pression de l'air	Arrêt de la machine	Lors du calcul du poids	5	2	3	30		Intervention de la maintenance process
Encaisseuse	Doigts de pèlerin	Montée des doigts de pèlerins	-A synchronisation des vérins -Avancement des pas de pèlerins	Perçage des pots	Visuelle	5	2	2	20		Graissage des vérins des doigts de pèlerins et réglage de ses pas lors d'un décalage

	Vérin de la chaîne métallique	Blocage de la chaîne métallique	Dysfonctionnement des vérins	Perçage des pots	Visuelle	4	2	2	16	-Réglage de la pression des vérins -Assurer l'air continu pour le mouvement des vérins
	Vérin de séparation	Décalage des pas de pèlerins		Perçage et écrasement des pots	Visuelle					
	Encaisseuse	Sortie des doigts de pèlerin lors de la descente des plaques portes ventouses	Décalage des pas	Ecrasement des pots	Visuelle	5	2	2	20	
	Plaques portes ventouses (Manipulateur)	Absence de prise de pots	-Manque de ventouses -Bouchage de circuit vide -Manque de vide	Ecrasement pots	Visuelle	3	2	1	6	-Changement de ventouses -Maintenance de conditionnement doit vérifier la pompe de vide
Introduction du Poly Mix (Opércule)	Cellule de détection de Poly Mix	Non détection du spot	-Lentille de la cellule non propre -Passage du spot hors la zone de lecture -Décentrage du PLMX par rapport à la cellule	Décalage PLMX	Visuelle	4	2	2	8	

	La bobine de poly mix	Décentrage de la bobine	Mauvais montage de la bobine de Poly mix	Décalage PLMX	Visuelle	5	2	2	20	Le conducteur doit centrer la bobine avec attention
--	-----------------------	-------------------------	--	---------------	----------	---	---	---	----	---

- Réaliser l'étalonnage de compteurs du Mix au niveau de l'unité de conditionnement afin de pouvoir suivre rigoureusement les pertes.
- Réduire la durée du contrôle du poids par le conducteur à 30 min pour les ERCAs au lieu d'une heure et régler le doseur sur place.
- Prévoir des conduites avec moins de coudes et avec un plus grand diamètre afin de réduire la variabilité du poids au niveau du doseur.
- Respecter les plannings de la maintenance préventive et la maintenance autonome afin qu'elles soient efficaces.
- Prévoir quelques minutes (5 min par exemple) lors des changements de groupes pour évoquer les événements marquants du poste par les conducteurs de la même machine.
- Présence d'une deuxième personne (contremaître par exemple) lors des DP, des changements de parfum et des FP afin de contrôler rigoureusement le respect des standards des purges et d'évoquer s'il y a des modifications à apporter aux standards.
- Contrôler rigoureusement la qualité de l'emballage avant de l'introduire à la machine pour éviter les pertes engendrées par la mauvaise qualité de l'emballage.
- Vérifier la correspondance de l'arôme avec ce qui est mentionné sur la caisse contenant le bidon d'arôme.
- Eviter les arrêts de longues durées pour empêcher l'apparition de certains défauts d'emballage (par exemple la banderole décollée qui est due à une baisse de température).

5. Phase « Contrôler »

Cette cinquième étape a pour objectif de donner les moyens de mettre sous contrôle le processus afin de s'assurer de la stabilité de la solution trouvée. Les améliorations sont maintenant mises en œuvre et des outils sont mis en place pour faire en sorte que les variables clés restent dans les limites acceptables au fil du temps afin de maintenir les performances de processus à long terme

Un plan de contrôle doit se faire pour s'assurer de l'application de ces standards par les opérateurs. De plus il faut évaluer l'efficacité les actions amélioratrices d'une période à l'autre par un contrôle continu et compléter l'élaboration des standards pour la fin production.

Conclusion générale

Réalisé au sein de la Centrale Laitière de Salé, ce projet a pour objectif d'évaluer et de réduire les pertes en mix en améliorant les performances de la zone de conditionnement.

Nous avons appliqué la démarche DMAIC pour réduire au maximum les pertes en matière. Cette méthode nous permet tout d'abord de définir le périmètre du projet et d'identifier les dysfonctionnements de l'atelier de conditionnement.

Ensuite, nous avons mesuré fait des suivi dans des lignes de conditionnement de pour déterminer les moyennes des pertes.

Dans les phases suivantes de la démarche DMAIC, nous avons utilisé des outils de résolution des problèmes tel que le diagramme d'Ishikawa et le diagramme Pareto afin d'identifier et d'analyser les causes racines des pertes. Une fois les principales causes sont déterminées, nous avons élaboré des actions amélioratrices telle que la mise à jour de la standardisation des opérations de démarrage, de fin production. La réduction estimée après l'application de ces standards arrive à 22 %. Après avoir fixé les actions amélioratrices, l'équipe du projet doit s'assurer de la pérennité de l'application de ces actions par l'élaboration d'un plan de contrôle.

Ce travail pourrait être poursuivi par l'évaluation de l'efficacité des solutions proposées, et par l'évaluation des pertes en produit dans les autres zones de production de l'usine.

Glossaire

Amorcer

Lors de la phase de DP, c'est l'action de pousser l'eau existant dans les canalisations par le Mix et le fruit (ou l'arôme) dans le but de l'évacuer vers les égouts.

Lors de la phase de changements de parfums, c'est l'action de pousser le fruit 1 existant dans les conduites de fruit par le fruit 2.

Brassés

Ce sont les produits qui sont fabriqués à base d'un Mix fermenté dans les Tanks de Maturation. Par conséquent, ils ne passent pas par la chambre étuve mais passent directement au tunnel après leur conditionnement. Il s'agit des produits "Yawmi Velouté" et "Moufid".

Doseur / Pas / Coup

C'est le responsable de l'injection de la quantité voulue du produit fini dans les pots. Le doseur est constitué de buses dont le nombre est de 16 ou 24 selon la machine conditionneuse. Le nombre des buses représente le pas de la machine nommé également coup. En effet, on a :

1 pas = 1 coup = 16 ou 24 pots selon la machine.

Etuvés

Ce sont les produits qui sont fabriqués à base d'un Mix qui n'est pas fermenté dans les Tanks de Maturation. Par conséquent, les produits étuvés doivent passer par la chambre étuve où leur fermentation a lieu avant de passer au tunnel. Il s'agit du produit "Yawmi Assil".

Mix

Lorsque le lait est pompé vers la salle de poudrage, il y a un ajout de différents ingrédients (sucre, poudre de lait écrémé, agent de texture, vitamines ...). Une fois ces ingrédients ajoutés au lait, préalablement préparé, on obtient ce qu'on appelle le Mix

Purge / Purger

C'est l'action d'évacuer (d'un appareil, d'une conduite) un fluide gênant. Dans le cadre de ce projet, l'opération de purger a lieu lors des différentes phases de production (les DP, les FP ainsi que les changements de parfums) pendant lesquelles le conducteur de la machine purge un certain nombre de coups non-conformes vers les égouts. Cela revient à se débarrasser de la quantité non-désirée du produit non-conforme et qui constitue les pertes à optimiser.

Références bibliographiques

- Gérard Landy, 2007 : AMDEC : Guide pratique, Deuxième édition, AFNOR
- Gilles Teneau, Jean-Guy Ahanda, 2009 : Guide commenté des normes et référentiels. Éditions d'Organisation, Groupe Eyrolles.
- Jean-Marc Gallaire, 2008 : Les outils de la performance industrielle. Editions d'Organisation, Collection : Livres outils – Performance, Groupe Eyrolles.
- Lamarche, 2005 : Mettre en œuvre le Six Sigma. Éditions d'Organisation, Groupe Eyrolles.
- Le Coz E., 2001. Méthodes et outils de la qualité- Outils classiques : Technique de l'ingénieur. Références AG 1770.
- Maurice Pillet, Chantal Martin-Bonnefous, Pascal Bonnefous, Alain Courtois, 2000. Gestion de production : Les fondamentaux et les bonnes pratiques, 5ème édition.
- Nicolas V., 2009 : Lean six sigma - Deployer et exploiter. Éditions d'Organisation, Groupe Eyrolles.
- Pillet M., 2004. Six Sigma. Comment l'appliquer. Edition d'Organisation : Eyrolles, Paris.
- Pillet M., Duret D., 2007. Qualité en production : de l'ISO 9000 à Six Sigma. Troisième édition, Ed. d'Organisation, Paris.
- Wireman T., 2004 : « Total productive maintenance », Édition Industrial Press

Annexes

Annexe 1 : Tableau des suivi des pertes pendant 6 jours (une partie de tableau)

Date	Machine	Type Perte	Nombre coups	Perte en KG	Commentaire
01/03/2015	RK3	Démarrage	120	13,2	démarrage après essai masse blanche
01/03/2015	ARCIL6	Démarrage	41	4,51	
01/03/2015	CMA 2	Démarrage	56	6,16	
01/03/2015	ARCIL 3	Démarrage	28	3,08	
01/03/2015	ARCIL5	Fin production	91	10,01	Panne soudure
01/03/2015	RK1	Fin production	48	5,28	
01/03/2015	ARCIL5	Démarrage	36	3,96	
01/03/2015	ARCIL6	Changement	68	7,48	Chagt de nature vers pomme
01/03/2015	RK1	Démarrage	36	3,96	
01/03/2015	ARCIL6	Changement	72	7,92	chagt de pomme vers céréales
01/03/2015	ARCIL 3	Fin production	12	1,32	
01/03/2015	CMA 2	Fin production	26	2,86	
01/03/2015	ARCIL2	Démarrage	36	3,96	
02/03/2015	ARCIL 3	Démarrage	40	4,4	
02/03/2015	CMA 2	Démarrage	42	4,62	
02/03/2015	ARCIL6	Changement	47	5,17	Chgt de parfum de céréales ==> muesli pêche
02/03/2015	CMA 2	Fin production	65	7,15	
02/03/2015	CMA 2	Démarrage	56	6,16	
02/03/2015	ARCIL 3	Fin production	26	2,86	
02/03/2015	ARCIL5	Changement	54	5,94	
02/03/2015	RK3	Changement	50	5,5	
02/03/2015	ARCIL2	Changement	66	7,26	
02/03/2015	CMA 2	Fin production	23	2,53	
02/03/2015	TP1	Démarrage	28	3,08	

03/03/2015	ARCIL 3	Démarrage	37	4,07	
03/03/2015	CMA 2	Démarrage	40	4,4	
03/03/2015	RK1	Démarrage	36	3,96	
03/03/2015	ARCIL 3	Fin production	156	17,16	fin production à cause la lame non conforme
03/03/2015	CMA 2	Fin production	108	11,88	fin production à cause la lame non conforme
03/03/2015	ARCIL 3	Démarrage	26	2,86	
03/03/2015	RK3	Fin production	24	2,64	
04/03/2015	CMA 2	Démarrage	43	4,73	
04/03/2015	ARCIL 3	Fin production	6	0,66	
04/03/2015	ARCIL5	Changement	42	4,62	chgt de vanille ==> fraise
04/03/2015	RK3	Démarrage	36	3,96	
04/03/2015	ARCIL 3	Démarrage	20	2,2	
04/03/2015	RK1	Défauts	10	1,1	nettoyage des buses
04/03/2015	CMA 2	Fin production	25	2,75	
04/03/2015	ARCIL 3	Fin production	12	1,32	
04/03/2015	ARCIL 3	Démarrage	42	4,62	
04/03/2015	TP1	Démarrage	56	6,16	
04/03/2015	ARCIL5	Fin production	56	6,16	Pb de formage
04/03/2015	ARCIL5	Démarrage	32	3,52	
04/03/2015	ARCIL6	Changement	46	5,06	
05/03/2015	ARCIL6	Démarrage	47	5,17	
05/03/2015	CMA 2	Démarrage	43	4,73	
05/03/2015	TP1	Fin production	18	1,98	
05/03/2015	CMA 2	Fin production	30	3,3	
05/03/2015	ARCIL 3	Démarrage	20	2,2	
05/03/2015	RK1	Fin production	26	2,86	
05/03/2015	RK3	Fin production	36	3,96	
05/03/2015	ARCIL5	Changement	44	4,84	chagt de fraise vers vanille
05/03/2015	ARCIL 3	Fin production	10	1,1	
05/03/2015	TP1	Démarrage	28	3,08	
05/03/2015	RK1	Démarrage	34	3,74	

Annexe 2 : Diagrammes Pareto des autres machines

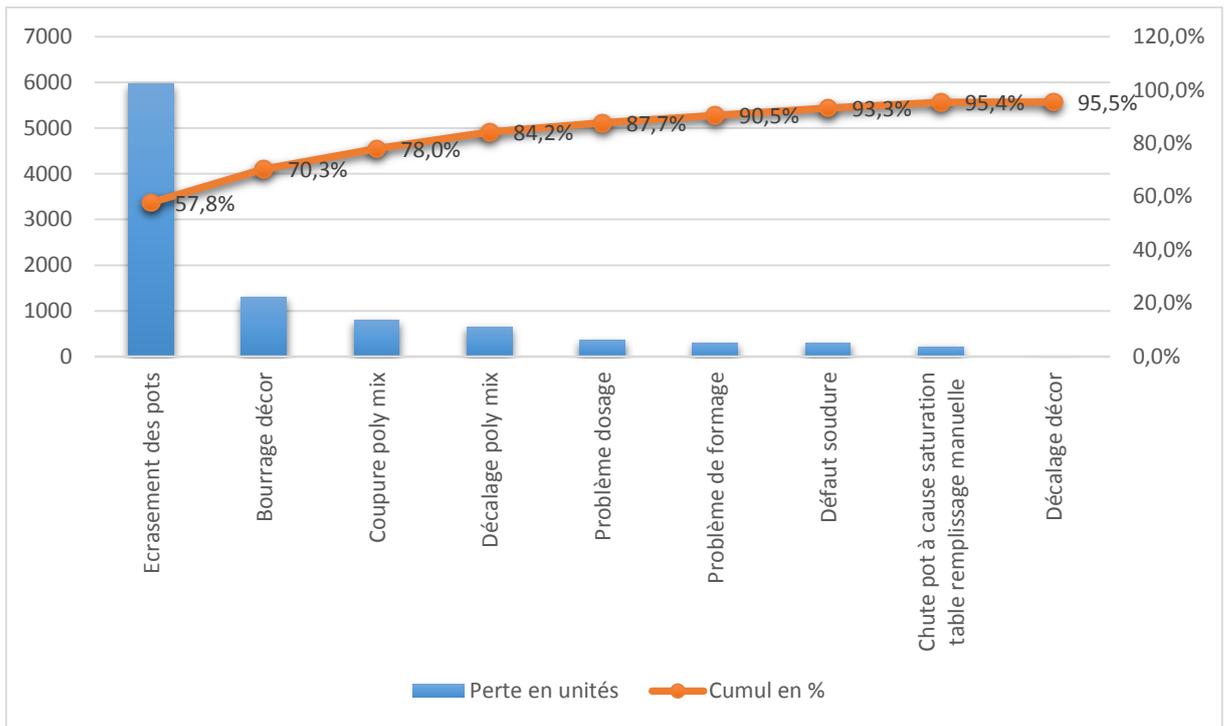


Diagramme Pareto des pertes en Mix de TP1 (Kg)

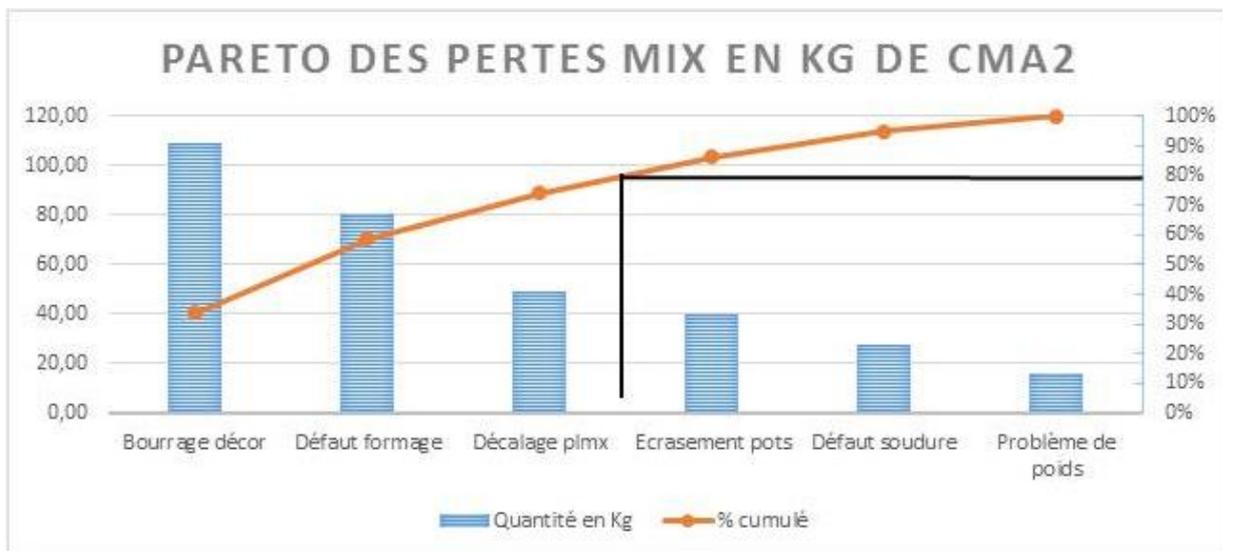


Diagramme Pareto des pertes en Mix de CMA2 (Kg)

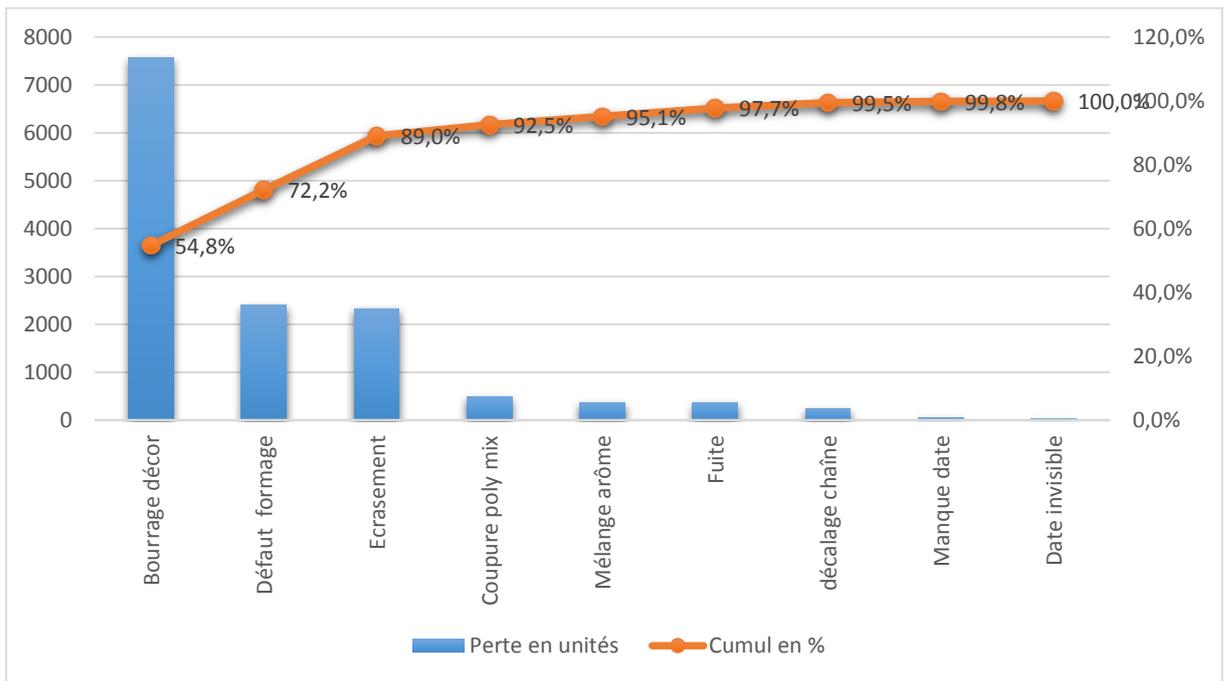


Diagramme Pareto des pertes en Mix d'ARCIL 5 (Kg)

Annexe 3 : Le mode opératoire pour la mesure et le calcul de l'extrait sec total (EST).

On place une capsule vide (préalablement lavée, séchée dans le four et refroidie dans le dessiccateur) dans l'appareil de mesure (Capsule Vide) et on la tare grâce à la balance intégrée. Ensuite, on dépose environ 10 g de l'échantillon à analyser sur la capsule et on mesure une deuxième fois (Echantillon Avant étuve) la capsule remplie par l'échantillon est déposée dans l'étuve 16 heures afin de perdre totalement son eau, après on effectue une troisième mesure (Echantillon après étuve)

L'extrait sec total en (g/kg) est exprimé par :

$$\text{EST (g/kg)} = ((m_f - m_i) / m_e) * 1000$$

m_f : masse de capsule + échantillon du mix après le passage à l'étuve,

m_i : masse de capsule vide,

m_e : la prise d'essai (échantillon du mix après le passage à l'étuve).

Annexe 4 : liste des intervalles de conformité des EST par produit :

Produit	EST (g/kg)	
	Limite inférieur	Limite supérieur
Yawmy Velouté	248	261
Moufid	216	221
Mamzouj	230	241
Yawmy Assil	202.1	222.1



Industries Agricoles et Alimentaires



Résumé

Nom et prénom : RHIOUI Rachid

Année Universitaire : 2014-2015

Titre : Réduction des pertes en Mix au niveau du conditionnement du yaourt au sein de la Centrale Laitière de Salé

L'objectif du présent travail, réalisé dans la Centrale Laitière de Salé, est d'améliorer la performance des lignes de conditionnement dans le but de réduire les pertes en matière du mix des yaourts brassés et étuvés. Notre approche a reposé sur la démarche DMAIC. Pour ce faire, nous avons commencés par la détermination du périmètre du projet par l'outil SIPOC et la charte du projet. Ensuite, nous avons déterminé les origines et les moyennes des pertes en effectuant des suivis et en utilisant, les outils suivants : le diagramme de Pareto, et le diagramme d'Ishikawa afin d'identifier les causes réelles des pertes. Puis, nous avons essayé de réduire les pertes par l'élaboration de nouveaux standards et la vérification et la correction des standards déjà existants lors du début de production, du changement de parfum, et de fin production. En outre nous avons proposé des recommandations amélioratrices, tel qu'un plan de contrôle qui permettra d'assurer l'application de ces actions par les conducteurs.

Mots clés : Réduction - Pertes - Mix - DMAIC –Conditionnement - Yaourt- Purges - Standard - Centrale laitière Salé - AMDEC - Pareto - Ishikawa – SIPOC.