Sommaire

Introduction 3
chapitre I: Etude bibliographique 4
I. Historique du secteur de la biscuiterie 5
I.1.Biscuit 5
I.2.Gaufrettes 6
I.3.Pâtisserie 6
II. Aperçu sur la société BIMO 7
II.1.Présentation du groupe ONA 7
II.1.1.Mines 7
II.1.2.Agroalimentaires 7
II.1.3.Distribution 8
II.1.4.Activités financières 8
II.1.5.Vision du groupe 9
II.2.Historique de BIMO 9
II.2.1.L'unité industrielle de BIMO 10
II.3.Fiche technique de BIMO 12
II.4.Classement des produits de BIMO 13
II.5.Organigramme de l'usine 14
III. Processus de fabrication 15
III.1.Stockage et manutention des matières premières 15
III.2.La production de MERENDINA 15
III.2.1.Préparation de la pâte 15
III.2.2.La cuisson 16
III.2.3.Le façonnage et le fourrage 17
III.2.4.Enrobage, refroidissement et conditionnement 17
III.3.Processus de fabrication de la génoise 19
III.4.Service laboratoire 20
III.4.1.Autocontrôle 20
III.4.2.Contrôle au cours de la production 20
III.4.3.Contrôle du produit fini 22
chapitre II: partie pratique 23
I. Introduction 24
II. Description de la problématique 24
III. Délimitation du champ d'étude 25
IV. Description du produit MERENDINA-MINI 26
V. Stratégie du travail prévue 27
V.1.Etape de diagnostic: technique choisie (brainstorming modifié) 27
V.2.Diagramme d'ISHIKAWA 28
V.3.AMDEC-processus 30

V.3.1.Aperçu sur la méthode AMDEC 30
V.3.2.Description de l'AMDEC-processus 30
V.3.3.Définition de défaillance, du trio : cause-mode-effet, et de la criticité 31
V.3.4.Démarche du travail 31
V.3.4.1.Hiérarchisation des causes 34
V.3.4.2.La recherche et la prise des actions correctives 36
V.4.Plan d'expériences 36
V.4.1.Aperçu général 36
V.4.2.Choix des facteurs 36
V.4.3.Le plan d'expériences choisi 37
V.4.4.Terminologie des plans d'expérience 37
V.4.5.Réalisation des essais 38
V.4.6.Traitement des résultats obtenus 40
V.4.6.1.Etudes graphiques 41
V.4.6.2.Modèle mathématique proposé 43
V.4.6.3.Validation du modèle par des points test 44
V.4.7.Proposition du réglage nécessaire pour remédier l'anomalie 45
V.4.8.Réévaluation des résultats 46
VI. RECOMMANDATION 47
Conclusion et perspectives 49
Références bibliographiques 50
Annexes 51

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Introduction

Avec la libéralisation des échanges et la mondialisation, l'entreprise marocaine se voit dans l'obligation d'assurer sa mise à niveau par l'optimisation de ses moyens humains, techniques et matériels, en vue d'assurer sa compétitivité dans un contexte ou seules les structures les plus performantes seront viables. Cette compétitivité ne se pose pas en terme de production seulement, mais aussi en terme de qualité, de management et d'innovation.

Dans ce sens, les industries agroalimentaires marocaines connaissent une forte progression avec les nouveaux plans lancés par le gouvernement (plan Maroc vert, plan

émergences 1 et 2,…) et la nouvelle loi 28-07 relative à la sécurité sanitaire des aliments, cette nouvelle vision gouvernementale prévoit l'encouragement de la production nationale et la promotion de son image à l'extérieur.

Au Maroc, BIMO a été créé en 1981 et devient vite le leader de la biscuiterie marocaine, toujours à l'affut du progrès et de la qualité de ses produits, tenant tête à la concurrence qui se fait de plus en plus rude de nos jours. C'est dans cette perspective que BIMO, société anonyme du groupe ONA, veille à la bonne gestion de la production, pour augmenter ainsi sa productivité et mieux gérer ses coûts.

Dans ce présent rapport qui est élaboré dans le cadre d'un stage de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Industries Agricoles et Alimentaires, nous verrons un aperçu sur l'entreprise BIMO, une présentation détaillée de la section génoise ainsi que sa gamme phare MERENDINA-MINI. En suite nous mettrons l'accent sur le sujet de stage qui traite la résolution d'un problème persistant dans la chaine de production nommé : décalage de MERENDINA-MINI.

Etude bibliographique

I-Historique du secteur de la biscuiterie : [1, 4]

I.1.Biscuit :

L'origine du biscuit remonte aux civilisations les plus anciennes de Mésopotamie. Il est alors toutefois, difficile de bien distinguer le biscuit du pain, des biscottes et d'autres produits.

Le mot "biscuit" apparaît, pour la première fois en France, dans un écrit d'un chroniqueur du 9ème siècle A.D (*anno domini)*. Il pouvait signifier soit "cuit deux fois" (bis-cuit), soit "cuit d'avance" (be-cuit). Il servait à désigner de petites galettes dures.

Plus tard, dans l'Europe du Moyen Age, le mélange d'épices et de jus de viandes rendit les "galettes" plus agréables à déguster.

Dès cette époque, le biscuit s'affirme comme la nourriture par excellence des marins. Comme le rappelle l'expression passée depuis dans le vocabulaire courant « Ne pas s'embarquer sans biscuits". Par la suite, le développement de la biscuiterie coïncide avec l'essor du commerce maritime entre l'Europe, l'Afrique, l'Amérique et l'Asie. Ces longs voyages en bateaux nécessitent une nourriture qui se conserve longtemps et très énergétique. C'est pourquoi le biscuit est sec et composé de farine, sucre, corps gras, œufs et lait. Tous les grands ports Européens disposent alors d'une production importante de biscuits de mer fournissant sous une forme réduite un apport énergétique important aux équipages des bateaux.

La naissance de la « biscuiterie industrielle » est donc liée aux besoins en aliments de longue conservation des marins et des populations au cours des phases des grandes découvertes qui se sont déroulées entre le 15ème et le 19ème siècles. Les biscuits de marin ou de guerre encore fabriquée aujourd'hui permettent de fournir sous forme concentrée un élément énergétique à base de farine, facile d'emploi, transportable en tous lieux et dont le stockage ne pose pas de problème de volume ni sanitaire insurmontables contrairement aux produits de boulangerie ou de la farine.

Dès le 18ème siècle, l'essor de la culture à grande échelle de la canne à sucre dans les territoires portugais, anglais et français d'Amérique, permet aux villes et aux régions de ces pays engagées dans le commerce avec ces territoires de disposer d'une matière première en quantité importante. Des villes telles que Nantes ou Bordeaux en France disposent rapidement de nombreuses sucreries et raffineries ; le sucre devient alors disponible en quantité et à un prix abordable. Les biscuits sucrés tels que les galettes bretonnes ou les sablés datent de cette période.

La première révolution industrielle qui débute en Grande Bretagne à la fin du 18éme siècle conduit à l'installation d'usines de plus en plus grandes. Ce phénomène touche tous les secteurs, il n'est donc pas étonnant de voir que l'industrialisation de la biscuiterie commence réellement dans ce pays dès 1815. La croissance rapide de ce secteur industriel permet au biscuit anglais de connaître une vogue prodigieuse et une extension considérable. Le biscuit

Albert- dénommé ainsi en l'honneur de l'époux de la Reine d'Angleterre Victoria- fut alors un succès mondial exporté dans tous les pays du monde.

L'essor de la biscuiterie en Angleterre et le développement des nouvelles technologies en Angleterre et dans les ports français a connu un succès considérable. Le biscuit a donc été à son origine un produit dont les caractéristiques nutritionnelles étaient essentielles. Au fur et à mesure de l'intensification des échanges commerciaux (disponibilités des matières premières tropicales, disponibilités de quantités importantes du sucre suite à l'essor des plantations de canne du nouveau monde) et de l'élévation du niveau de vie, les biscuits sont passés du statut d'aliment de réserve énergétique à celui d'aliment plaisir intégrant de plus en plus de produits sucrés et d'arômes, de fruits, …

La naissance de la biscuiterie Française date de 1862 lorsque le fils d'un boulanger de Bordeaux, Honoré-Jean OLIBET, importe en France les procédés de fabrication anglais. De cette époque date aussi la naissance de la société LEFEBVRE UTILE (LU) à Nantes qui après une croissance remarquable au cours du 20ème siècle fut rachetée par la société DANONE en 1990.

Depuis, le marché a largement évolué, tant sur le plan de la quantité que sur le plan de la diversité. Les impératifs de la biscuiterie des années 1990 ne sont plus les mêmes que ceux de la fin du siècle dernier, car la société a évolué. Le biscuit est devenu un produit nutritionnel qui doit procurer du plaisir au consommateur. La recherche de fantaisie et de différenciation par des formules de plus en plus sophistiquées incorporant des matières premières de plus en plus variées telles que le chocolat, les fruits, les épices vise à flatter la gourmandise du consommateur. Par ailleurs, des produits allégés en calories ou enrichis en éléments nutritionnels (vitamines, minéraux, fibres, etc.) sont proposés aux consommateurs soucieux de maîtriser l'apport énergétique de leur alimentation et nutritionnel. La texture des produits a également évolué, de dure et cassante, elle est passée à friable et fondante. L'essor rapide des produits de pâtisserie moelleux constaté depuis une cinquantaine d'années en Europe et une dizaine d'années au Maroc répond à cette logique de recherche de plaisir par le consommateur. L'emballage est devenu un élément essentiel du marketing de ces produits. On peut résumer ainsi l'évolution du secteur de la biscuiterie "Le produit d'antan était imposé, aujourd'hui il est demandé.

I.2.Gaufrettes :

Avant le 12ème siècle, on avait déjà découvert que la pâte cuite entre deux pierres donnait un produit léger et de bon goût. Pendant le Moyen âge, les religieux catholiques préparèrent des gaufrettes ornées de symboles religieux. Plus tard, les pâtissiers améliorèrent les qualités gustatives des produits obtenus par addition d'œufs, de sel, de graisse et de lait. Ainsi, les anciennes recettes diffèrent peu de celles employées aujourd'hui.

I.3.Pâtisserie :

La pâtisserie a pris naissance à une époque, à peu près semblable à celle où la panification fut découverte, c'est-à-dire dès les temps les plus reculés de l'humanité.

L'idée d'incorporer à la pâte quelques assaisonnements tels que matières grasses et produits sucrés suffit à la créer. Aussi a-t-elle existé de tous temps et chez tous les peuples, dont beaucoup possèdent encore leur gâteau national ou plutôt leur pâtisserie régionale.

Dans l'antiquité grecque on rencontrait notamment les beignets (faits de farine de sarrasin, d'huile et de miel), les galettes (cuites sur le gril et mangées chaudes trempées dans du vin), les tourtes faites de raisins et d'amandes.
Même en Chine, où il n'est pas fait usage de pain, la pâtisserie est développée avec ses nombreux gâteaux à base de riz cuit à l'eau et ses petits fours secs à base de farine de sésame et de confitures desséchées.

En France, le gâteau national au Moyen âge fut la fouace, sorte de galette de farine fleur et de beurre, qui a donné naissance aux gâteaux feuilletés.
En Angleterre se furent les puddings à base de farine, graisses et raisins, puis les cakes, si en vogue dans le monde anglo-saxon actuel. La pâtisserie orientale, souvent très sucrée, à base de sésame ou d'amandes reste très développée et consommée dans tous les pays du moyen orient et du sud de la méditerranée.

II. Aperçu sur la société BIMO : [1, 4, 10]

II.1. Présentation du groupe ONA :

Avec plus de 20 000 collaborateurs et un chiffre d'affaires annuel près de 23 milliards de dirhams, ONA est un groupe industriel et financier marocain.
Opérant au Maroc, en France et en Afrique subsaharienne, le Groupe ONA est constitué d'un holding et de sociétés organisées en quatre métiers stratégiques : Mines, Agro-alimentaire, Distribution et Activités Financières.

II.1.1. Mines :

Acteur historique du secteur minier marocain, ONA est aujourd'hui un opérateur de dimension internationale. Plus de 1 400 chercheurs, géologues, ingénieurs et techniciens, opérant sur plusieurs sites d'exploitation minière, dans une société de valorisation ou des sociétés de service, travaillent à optimiser sans cesse la qualité, la rentabilité et la sécurité de leurs productions.

- *Société opérante : MANAGEM*.

II.1.2. Agroalimentaire :

L'agro-alimentaire, métier traditionnel de l'ONA, continue d'afficher une croissance soutenue grâce à la contribution des filières du Lait, du Sucre et des Corps Gras, chacune bâtie sur une forte position de leader sur le marché marocain. Tout en stimulant les activités en amont et en aval de l'agriculture et de l'agro-industrie, ces filières contribuent à accroître l'efficience industrielle et la capacité à innover grâce aux efforts de recherche et développement. Face à une compétition de plus en plus acerbe sur le terrain jusqu'aux rayons des moyennes et grandes surfaces, ces filières capitalisent sur la maîtrise des coûts et des facteurs de production mais aussi sur l'optimisation des systèmes de distribution. Les leviers du modèle de croissance rentable de ce secteur sont : des produits accessibles, des marques à forte notoriété et des systèmes de distribution garantissant une large diffusion des ventes.

- *Sociétés opérantes :*

Produits laitiers : CENTRALE LAITIERE, FROMAGERIES DES DOUKKALAS.
Eau : SOTHERMA.
Biscuiterie : BIMO.
Corps gras: LESIEUR CRISTAL.
Produits de la mer : LA MONEGASQUE, MAROST.
Pêche hauturière : MARONA.
Sucre : COSUMAR.

II.1.3. Distribution :

Un secteur à fort potentiel, la distribution réunit les deux enseignes, Acima et Marjane pour les activités de grande distribution, Sopriam pour la distribution des marques Peugeot et Citroën et Optorg pour les activités de distribution des biens d'équipement et de transport en Afrique principalement. L'année 2004 aura été fortement animée, et plus particulièrement dans le secteur automobile, comme en témoignent les principales tendances de ce secteur en l'occurrence une rivalité accrue, guérilla des offres promotionnelles, extension des lignes de produits, arrivée prochaine de la nouvelle voiture économique. Le succès de ces filières s'appuie sur la maîtrise des coûts et de la chaîne des valeurs, l'apport en termes d'expertise marketing, de portefeuille produits, ou encore la construction d'une relation de proximité avec le client.

- *Sociétés opérantes :*

Automobile : SOPRIAM.
Bien d'équipement : OPTORG.
Hypermarchés : MARJANE.
Supermarchés : ACIMA.

II.1.4. Activités Financières :

Les activités financières de l'ONA dans l'assurance, la banque et le courtage, constituent un métier stratégique pour le Groupe. Elles s'appuient sur des partenariats internationaux de premier plan comme AXA dans l'assurance et Banco Santander Central Hispano dans la banque.

- Sociétés opérantes :

Banque : ATTIJARIWAFA BANK.
Courtage : AGMA- LAHLOU TAZI.
Assurance : AXA Assurance Maroc.

En 2002, ONA s'est engagé dans de nouveaux Métiers en Développement, dits ''métiers d'avenir'' : les Nouvelles Technologies de l'Information, le Tourisme et l'Environnement.

Autant de secteurs clés pour le pays, dans lesquels les filiales d'ONA opèrent avec un souci de performance économique, de qualité de gestion, de bonne gouvernance et d'éthique.

II.1.5. Vision du groupe :

Depuis 1999, sur la base d'une situation financière saine et solide, le groupe ONA s'est engagé dans une nouvelle étape de développement.

Cela s'est traduit notamment par des partenariats stratégiques avec de grands groupes internationaux et par la prise de contrôle de la SNI qui confère au groupe ONA une dimension nouvelle.

- **Un groupe performant :**

ONA est soucieux d'optimiser ses grands équilibres financiers afin de créer de la valeur à la fois pour ses actionnaires, ses collaborateurs et son environnement.

- **Un groupe volontariste :**

ONA investit, prend des risques, experte son savoir-faire et noue des partenariats gagnants avec des leaders mondiaux. Ainsi, il contribue à la dynamisation et à l'ouverture de l'économie marocaine.

- **Une vision managériale :**

Les collaborateurs de l'ONA sont au cœur de son projet d'entreprise :
Alphabétisation, formation, évolution de carrière, management participatif et responsabilisation valorisent la contribution de chaque collaborateur.

II.2.Historique de BIMO :

Dès sa création en 1981 par Monsieur Driss Meskini à Ain Sebaâ, le mot BIMO (Biscuiterie Industriel de Moghreb) est devenu synonyme de biscuit pour des millions de petits marocains. Grâce à son équipe dynamique, ses lignes sophistiquées et ses experts, BIMO a conquis le marché et a pu offrir à ses petits consommateurs une gamme diversifiée de produits (biscuits, gaufrettes, génoises …). En 1994, BIMO a élargi son site de production par la constitution d'un nouveau site « BIMO II », à Ain Sebaâ pour conforter sa place de leader en augmentant sa capacité de production ainsi que sa possession du marché (56% de la part du marché). En 1999, pour pérenniser son succès et bénéficier de l'expérience et du savoir-faire des experts, l'entreprise a été cédée par son fondateur aux groupes ONA et DANONE. Les deux entités se partagent le capital à parts égales et entendent bien perpétuer grâce à leur savoir-faire respectif, une réussite exemplaire dans l'économie marocaine. Les produits BIMO sont présents sur tout le territoire marocain grâce à une force de vente dotée de moyens importants en marketing et en transport (Figure 1). Prince de LU référence de nombreux enfants européens est depuis décembre 2001, produit et commercialisé par BIMO. C'est le premier fruit du partenariat dynamique entre BIMO et DANONE grâce au transfert de savoir faire et de technologie.

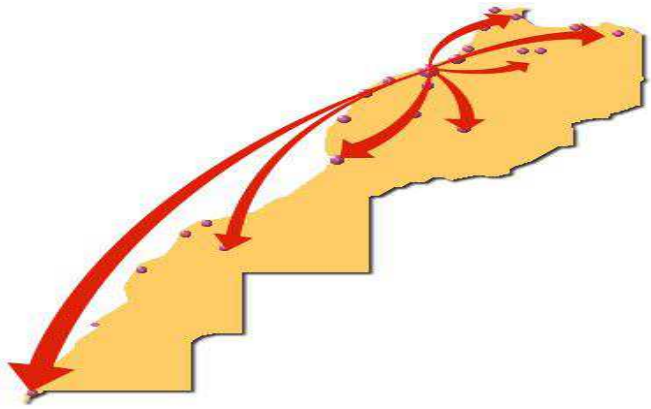

Figure1: Répartition de la distribution des produits de BIMO au Maroc

II.2.1. L'unité industrielle de BIMO :

BIMO est depuis le début des années 80 synonyme de biscuit pour la majorité des enfants du Maroc. Un résultat qui repose sur une innovation permanente et une recherche constante de qualité. Sur un marché longtemps caractérisé par la cohabitation entre une

biscuiterie locale, bon marché mais peu attractive, et des produits d'importations présentés dans des packaging aguicheurs mais vendus à des prix élevés, l'innovation a toujours été le parti pris fondamental de BIMO. Un positionnement résumé par la formule un enfant, une pièce, un biscuit qui aura permis à la marque de faire face en 2001 à l'arrivée abondante des importations d'origines turque, saoudienne et égyptienne. S'adressant à un public jeune mais de plus en plus expert et exigeant, BIMO a su faire preuve de créativité pour séduire des consommateurs demandeurs d'originalité et de prix accessibles.

BIMO est une biscuiterie industrielle qui fabrique des biscuits sucrés et salés, des gaufrettes et des pâtisseries. Le nombre de produits commercialisés est très important au niveau du marché local, sa production annuelle s'élève à 45 000 tonnes avec 800 ouvriers.

En septembre 1999, BIMO est acquise à part égale 50% par l'ONA (Omnium Nord Africa) et 50% par le groupe KRAFT. Cette acquisition a changé le statut de la société d'une entreprise familiale à une société multinationale aux grandes perspectives et permettra de développer les activités de BIMO à l'échelle internationale. C'est une société anonyme de droit marocain, qui possède deux unités industrielles dotées d'un équipement moderne.

Les produits BIMO sont présents aussi bien sur le territoire marocain qu'à l'étranger : le Maghreb, le Moyen Orient, l'Europe du Nord (Danemark). BIMO croit de + 6% par rapport à l'an 2000 grâce à la mise en exploitation d'une nouvelle ligne de pâtisserie, à l'effort accru et optimisé de communication sur les marques. En tant qu'entreprise agroalimentaire, filière du groupe DANONE et sous les tensions de la mondialisation, devant une clientèle de plus en plus exigeante, les besoins évolutifs des consommateurs et la concurrence rude, BIMO s'est trouvée obligée d'adopter une démarche qualité. A cet effet, BIMO a lancé en 2000 un vaste programme pour atteindre une traçabilité totale et obtenir les certifications HACCP & ISO 9001 version 2000. Le 3 juillet 2007, Danone confirme la vente de l'entreprise LU. Franck Riboud, le patron de Danone, justifie cette stratégie par le fait que le secteur du "biscuit", bien que rentable, ait un potentiel de développement plus faible que ceux des produits laitiers frais et des boissons sur lesquels il veut recentrer son activité. De plus, ces derniers correspondent mieux à l'image de "produits santé" qu'il entend développer. Sachant que LU est cédé à une autre société européenne géante en agro-alimentaire, l'ONA s'est retrouvé avec un nouveau partenaire d'envergure internationale.

BIMO se compose de quatre sections réparties comme le montre la figure ci-dessous

Tableau 1: Organigramme de répartition des différents sites et sections de BIMO

L'unité BIMO dispose des laboratoires de contrôle pour veiller à la bonne qualité de ses produits. De l'amont à l'aval (de la réception jusqu'à la libération du produits finis), il y a

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

des contrôles qualité qui se font au fur et à mesure, pour assurer une production répondant continuellement aux normes exigées.

II.3.Fiche technique de BIMO

Tableau 2: Fiche technique de l'unité industrielle BIMO

RAISON SOCIAL	**Biscuiterie Industriel du Moghreb.**
LOGO:	
CHIFFRES D'AFFAIRE :	537, 1 Million de dirhams.
PART DE MARCHÉ:	57,1% en valeur
Date de création	1981
N ° CNSS	1214125
PRODUCTION	Biscuits, gaufrettes, génoises
CAPACITE DE PRODUCTION	40.000 tonnes /an
EFFECTIF	1431 personnes
DOMAINES D'ACTIVITÉS:	Agroalimentaire
Nombre de cadres	49
Nombre des ouvriers	715
Nombre des non cadre	892
Personnels intérimaires	177
ADRESSE:	Bd. Chefchaouni rue E, route 110 Ain Sebaâ, Casablanca-maroc
Siège social	Twin center
TÉLÉPHONE:	0522353783/0522353531/0522353555

FAX:	05 22 35 45 80
SITE WEB:	www.bimo.co.ma

II.4. Classement des produits de BIMO :

Tableau3: les différents produits de BIMO

Gamme	***Type***	***Produit***
Biscuit	*Biscuit sec* *Biscuit fourré* *Biscuit enrobé* *Biscuit fourré et enrobé*	***GOLDEN, BIMO-EXTRA, COOKIES. BIMO SANDWICH,TANGO,PRINCE*** ***ORANGIS, BISCUIT CARAMEL, OKEY*** ***OKEY, PEPITO.***
Gaufrette	*Gaufrette sèche* *Gaufrette enrobée* *Gaufrette caramélisée*	***TONIK, Mini TONIK. TAGGER. TAGGER CARAMEL.***
Génoise	*Génoise fourrée et enrobée* *Génoise fourré, enrobée et roulé*	***MERENDINA CLASSIQUE, MERENDINA MINI, PEPITO ROULE***

cake	*Cake nature*	***GOLDEN MADELEINE***

II.5. Organigrammes de l'usine :

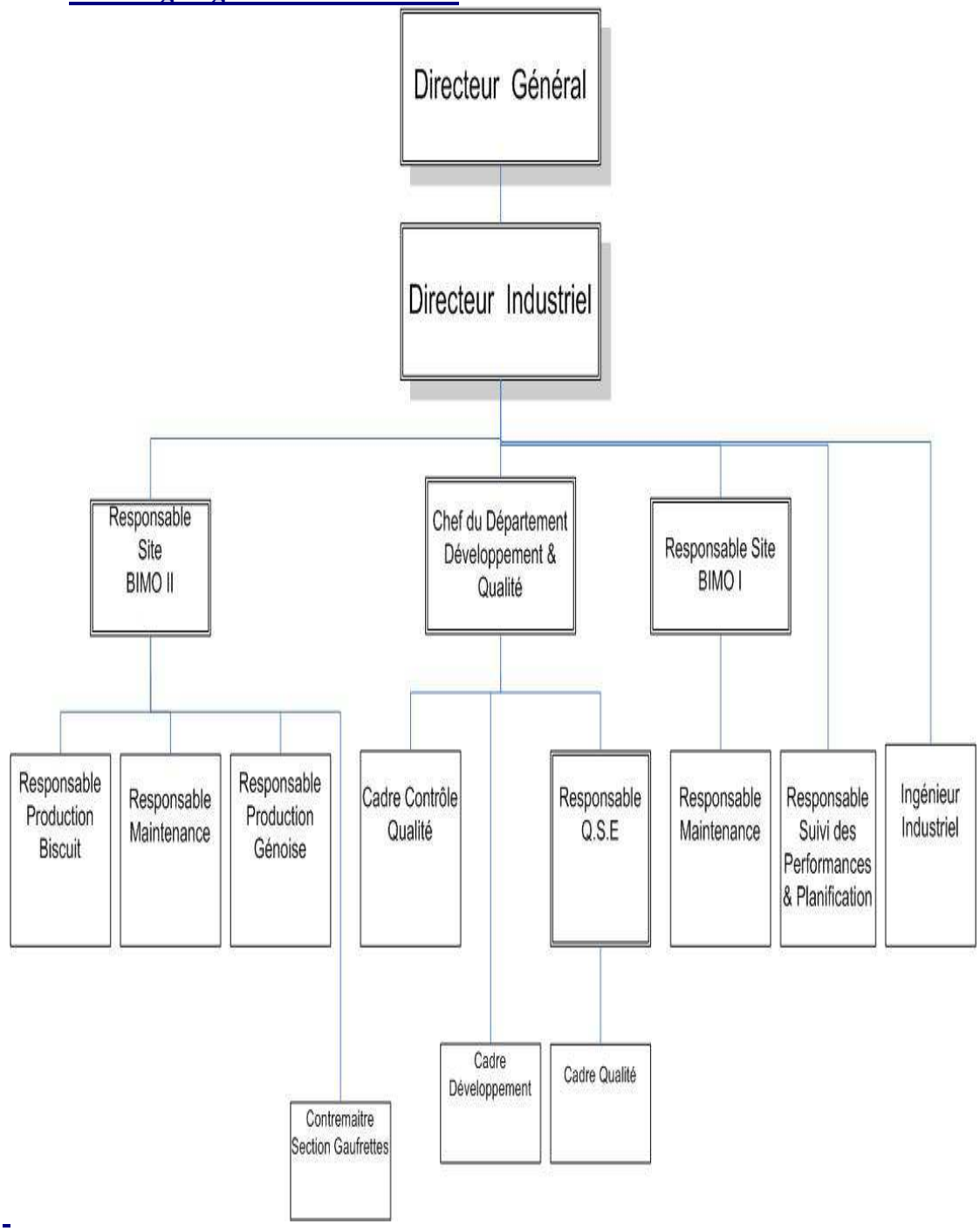

Figure 2 : Organigramme montrant l'hiérarchisation au sein de BIMO

III-Processus de fabrication : [1, 4]

III.1. Stockage et manutention des matières premières :

Chaque matière première, après l'avoir reçu du fournisseur, va subir des tests afin de confirmer les caractéristiques de celle-ci déclarées par le bon de réception (contrôle à la réception).

Après ce contrôle la matière première est stockée dans des bonnes conditions, puis elle sera acheminée vers les chaînes de productions.

III.2. La production du Merendina : (Génoise fourrée et enrobée)

III.2.1. Préparation de la pâte :

Au cours de la production de Merendina, trois types de pâtes sont utilisées, la pâte de la génoise, la pâte de la crème et celle de chocolat.

Pour préparer une pâte, l'opératrice, au niveau de la cuisine, pèse les ingrédients nécessaires, puis cette matière première est mélangée dans un pétrin selon un mode opératoire bien défini (ordre d'ajout des ingrédients, la température, et le temps de pétrissage).

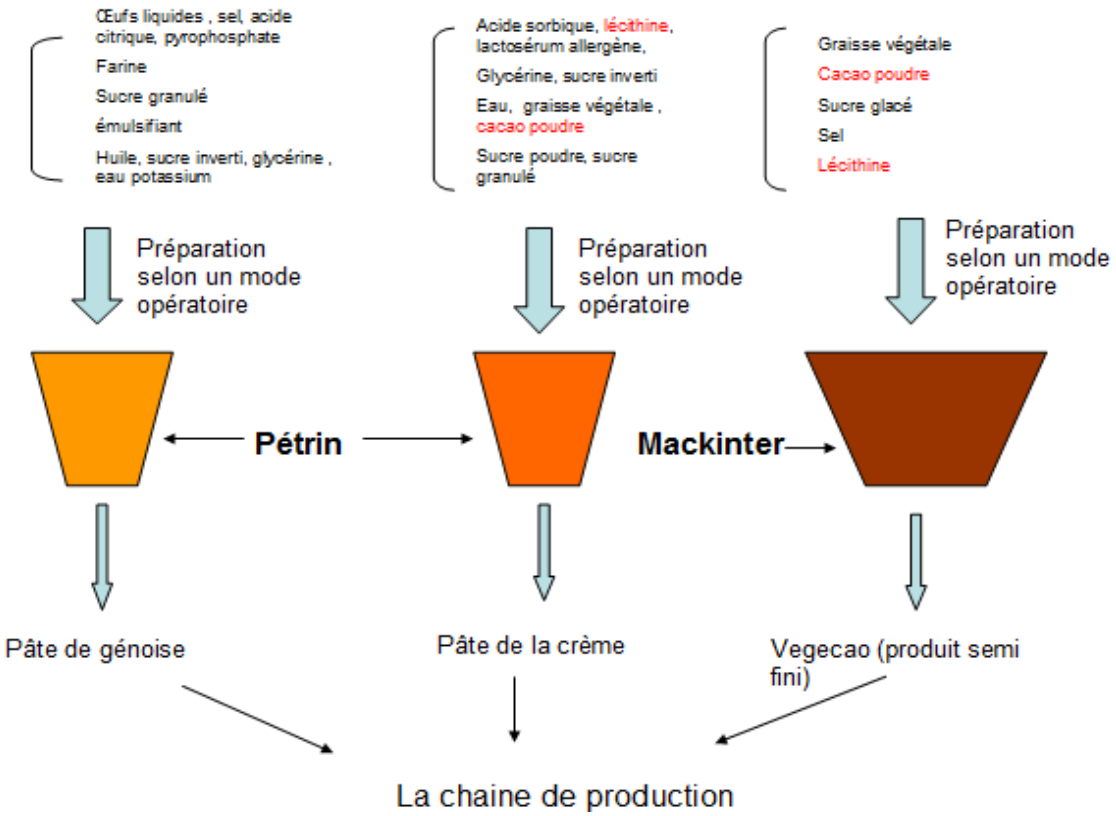

Figure 3 : préparation des pâtes de Merendina

III.2.2. Cuisson : [1]

Après filtration de la pâte de la génoise à la fin du pétrissage, celle-ci subit une étape de foisonnement avant d'être cuite.
Lorsque la pâte est transférée vers la foisonneuse sa densité diminue (suite à l'incorporation de l'air), et elle passe de 0.80 à la fin de pétrissage jusqu'à 0.65.
Avec un débit constant, la pâte est posée sur une bande, qui se charge de la transporter tout au long du four, celle-ci est conçue de telle sorte d'être résistante à la chaleur de cuisson.

Afin d'éviter tout attachement de la génoise sur la bande après cuisson, une huile végétale est étalée sur la bande.

La pâte est cuite en premier lieu d'une façon directe dans la zone 1 (190°C), puis d'une façon indirecte (conviction par l'air) dans la zone 2 (236°C) du four, puis le refroidissement s'effectue à l'air atmosphérique. (Cas de Merendina Classique).

Au cours de la cuisson, la pâte subit des modifications physico-chimiques. A une température supérieure à 100°C, il y a dégradation des sucres intrinsèques (amidon) et aussi une oxydation de la matière grasse. En même temps les protéines réagissent avec les produits de dégradation des sucres et matière grasse.

Ces réactions sont responsables du développement de la couleur, de la texture et des flaveurs de la génoise.

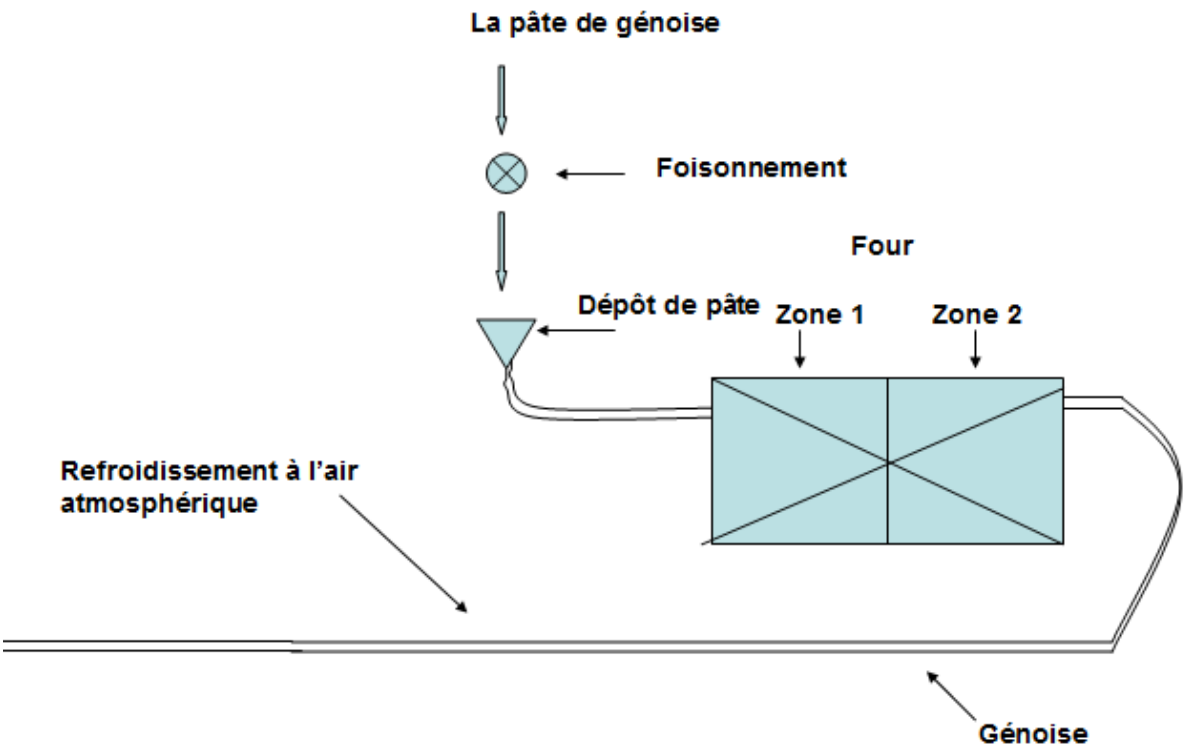

Figure 4 : Etape de cuisson de la pâte de génoise.

III.2.3. Le façonnage et le fourrage :

La pâte est coupée longitudinalement sous forme de longues lignes à l'aide des couteaux cylindriques dentés, la génoise est ensuite mouillée par des gouttes de sirop, fourrée par ajout de la crème et chaque ligne est renversée sur l'autre.

La génoise en double couche est coupée transversalement afin d'obtenir des unités de dimensions convenables.

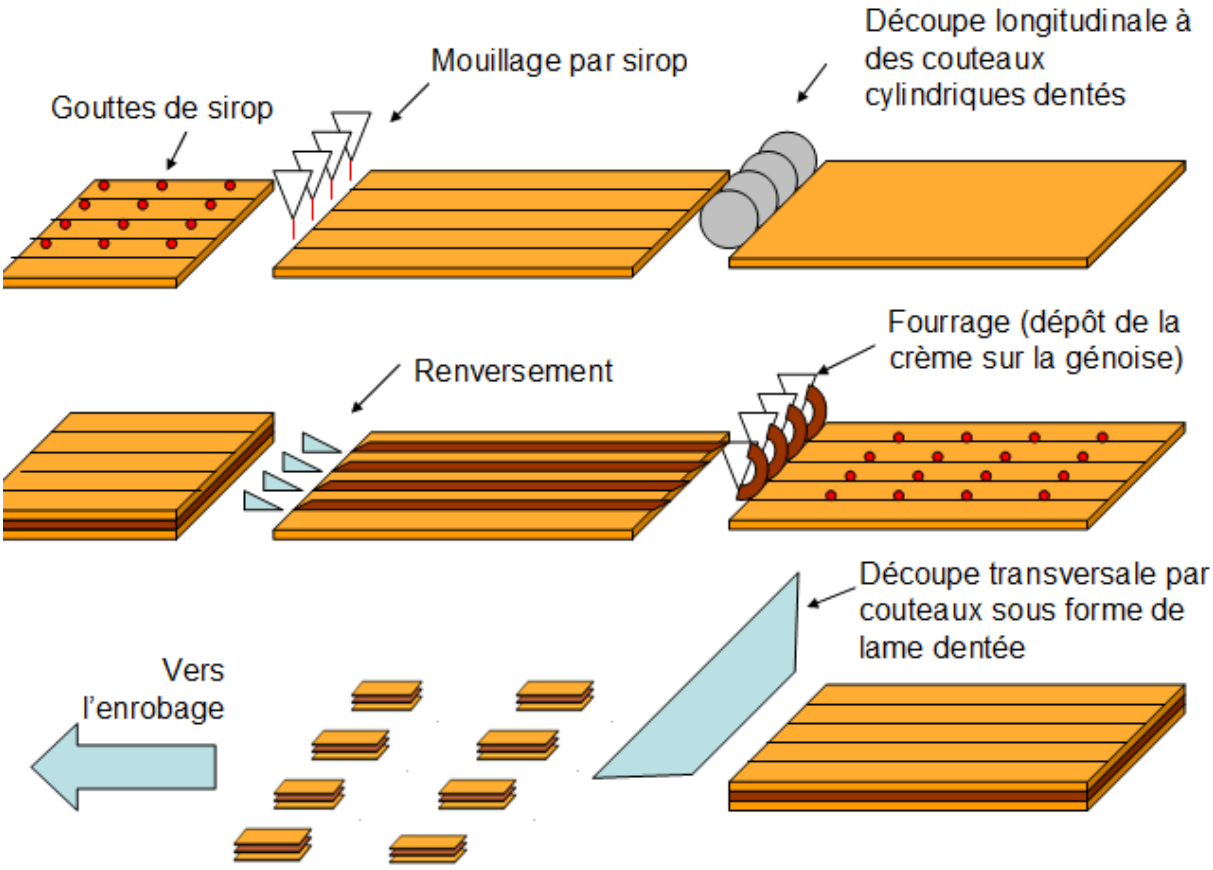

Figure 5 : étape de façonnage et de fourrage de la génoise.

III.2.4. Enrobage, refroidissement et conditionnement :

La génoise fourrée passe au dessous d'une pompe de chocolat dont le but est d'être enrobée, cette étape se déroule dans une enrobeuse où il y a plusieurs accessoires et réglages qui permettent d'ajuster le poids d'enrobage (souffleur, la vitesse de la grille, coupe queue…), ensuite vient une étape de décoration suivi d'un refroidissement dans un tunnel a l'aide de l'air froid pour refroidir la face supérieure , par contre la face inférieure est refroidie par conduction sur une plaque dans laquelle circule l'eau froide à l'intérieur. Le produit est ensuite emballé et stocké jusqu'à la livraison.

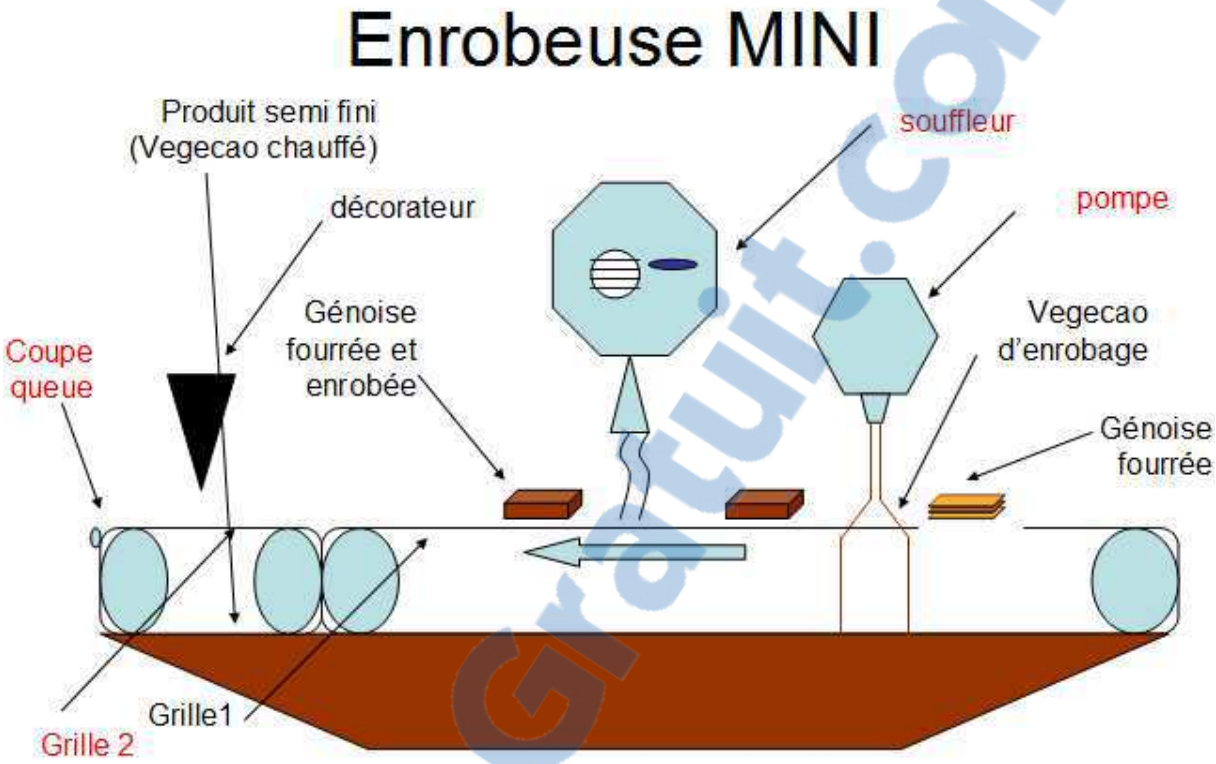

Figure 6 : les différents constituants de l'enrobeuse mini-Merendina

L'enrobeuse est caractérisée par un tableau de bord à réglage manuel qui sert à modifier les paramètres suivants : Vitesse de la grille.
Débit du végécao d'enrobage.
Débit du végécao de décoration
Vitesse de l'air dans le souffleur
Température au sein de l'enrobeuse.

III.3.Processus de fabrication de la génoise : [1, 4]

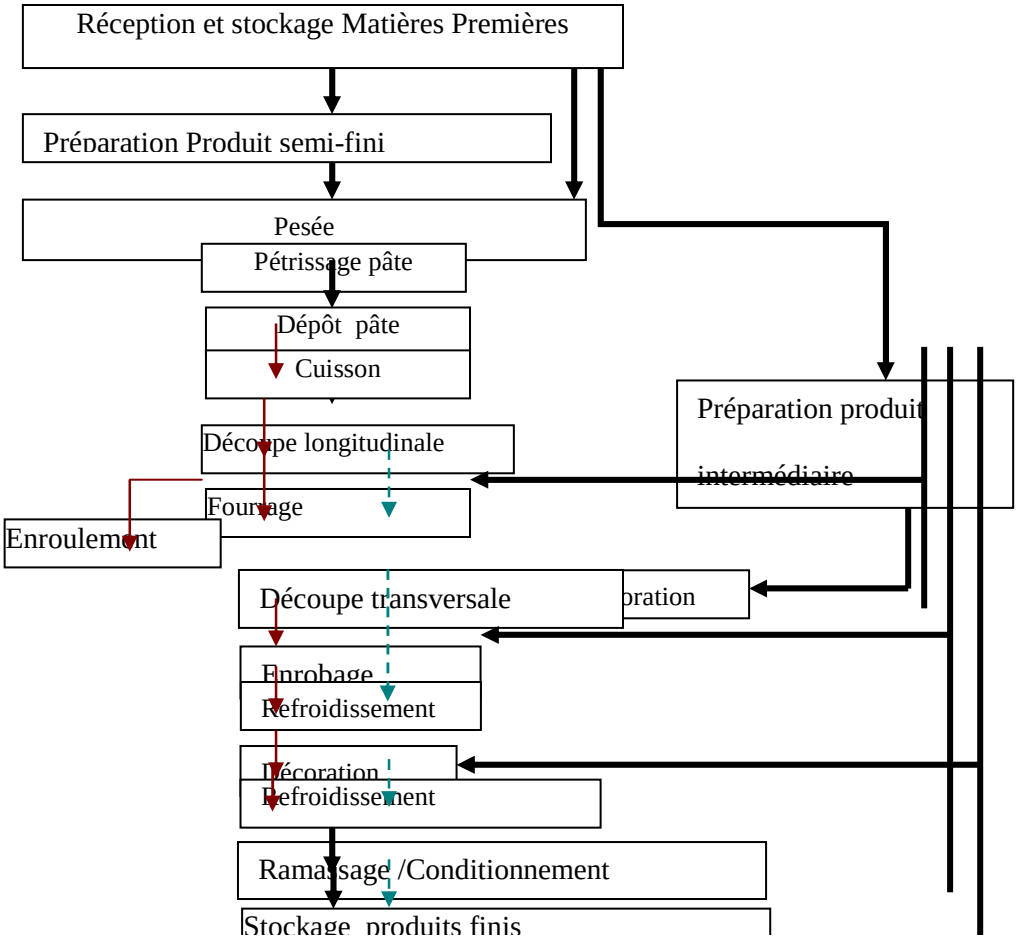

Figure 7 : diagramme de fabrication de la génoise

Légende Étapes communes : Merendina mini et classique : pépito rollé

Chaque entreprise a pour objectif de produire de la qualité afin de garder et d'augmenter sa part dans le marché, mais le maintien de la qualité nécessite la présence d'un service laboratoire dont le rôle essentiel est de réaliser des contrôles rigoureux et périodiques commençant de la matière première passant par les différentes étapes de production, et arrivant jusqu'à la livraison et même le suivit du produit jusqu'au consommateur.

Au niveau de BIMO il existe un système de contrôles et aussi un autocontrôle qui ne dépend pas de laboratoire mais de la production.

III.4.1. Autocontrôle :

Chaque opérateur au niveau de la production contrôle lui-même les paramètres liés à sa position par exemple le fournier doit contrôler les températures des 2 zones du four, l'humidité, et la densité de la pâte ainsi que la largeur et l'épaisseur de chaque pièce de la génoise.

L'autocontrôle est un plu value pour la qualité.

III.4.2. Contrôle au cours de la production :

Chaque type de produit a ses propres analyses à réaliser en fonction de procédé de fabrication et des ingrédients utilisés.

Tout au long du processus de production, on vérifie si la génoise, répond aux normes exigées.

Les fiches renseignant sur les normes de chaque produit sont à la disposition des laborantins.

Ainsi le tableau ci-dessous représente les différents contrôles effectués au sein de la section Merendina.

Tableau4 : contrôles effectués pour chaque étape de fabrication de MERENDINA.

Etape de la production	Contrôle à effectuer
Cuisson	Poids des feuilles*
	Humidité absolue*
	Couche de crème noire**
	Poids de la plaque*
	Activité de l'eau de la génoise
	Ph
	Epaisseur
Refroidissement / Découpe	Largeur*
	Longueur*
	Poids moyen produit nue*
Enrobage	Poids enrobage et décoration*
Fourrage	Poids crème
	pH crème
	Activité de l'eau de la crème

N.B :* : au cas de non-conformité on procède à un rejet de produit

** : au cas de non-conformité on procède à un réglage de paramètres

Le rôle essentiel des plans de contrôle c'est le suivi de toutes les étapes de production pour que les intervenions nécessaires se font au fur et à mesure de la fabrication, comme ça s'il y a une anomalie, elle se traite à son stade pour avoir un produit à la fin de bonne qualité et répond aux normes de la qualité.

III.4.3. Contrôle du produit fini : [1]

Il est évident que si on veut préserver la qualité du produit fini, il faut qu'il soit bien emballé de telle manière qu'il ne soit pas en contact de l'air donc emballé en assurant une étanchéité.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Méthode de contrôle :

Après emballage, la mise en carton et la mise en palette du produit.les laborantins prennent au hasard un carton par palette et l'ouvre pour procéder à un ultime contrôle.

Tableau 5 : données à vérifier sur le produit fini

Etape de la production	Contrôle à effectuer
Conditionnement	N de lot du carton*
	Date du paquet*
	Poids inferieur au poids net d'emballage*
	Poids produit*
	Humidité produit fini*

*: au cas de non-conformité on procède à un rejet de produit

Une fois les contrôles effectués, on rempli une fiche de libération renseignant si le produit est conforme ou non.

On note aussi que les paramètres quantitatifs, au niveau de chaque étape de la production, sont contrôlés à l'aide des cartes de contrôle où il y a des intervalles de tolérance qu'il ne faut pas dépasser. Lorsque le paramètre atteint un niveau supérieur au seuil de tolérance, l'opérateur procède à un réglage mais lorsque ce paramètre dépasse une limite critique, le produit doit être rejeté.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Partie pratique

I. Introduction :

Devant le souci majeur des entreprises d'améliorer la qualité des produits fabriqués ou en vue de création, les industriels accordent ces dernières années une place importante à l'amélioration continue de leurs produits afin de satisfaire les besoins du marché et des clients.

Aujourd'hui, selon les exigences du client sur le plan qualité d'une part et la course des entreprises vers des réductions des coûts de développement d'autre part, les entreprises

nécessitent l'utilisation des démarches qui assurent l'amélioration de la production tout en respectant les exigences de la qualité du produit fini.

BIMO s'est engagé dans une vision d'amélioration continue de ses produits et donne beaucoup d'intérêts à ses gammes phares qui doivent garder toujours leurs réputations dans le marché.

Parmi les gammes les plus importantes et les plus demandées par le consommateur, on trouve MERENDINA. Ce produit phare a connu un grand succès chez le consommateur marocain dés son lancement depuis 1985. La demande continue en ce produit par le consommateur a poussé l'administration de BIMO à développer un produit secondaire qui porte le nom : MERENDINA-MINI.

II. Description de la problématique :

La gamme MERENDINA-MINI est l'une des gammes les plus consommées sur le marché marocain. Ce produit connait un problème persistant exprimé par une défaillance au cours de sa production présentée sous forme d'un décalage de feuille supérieure de la génoise par rapport à la feuille inférieure (figure 8). Ce problème a poussé les responsables de BIMO de proposer une action corrective qui consiste à faire un réglage manuel de ce décalage après l'étape d'enrobage « figure 5 et 6 ». Cette action corrective déjà mise en place dans la ligne de production peut engendrer des problèmes d'hygiène vu que le produit fini ne doit pas subir un contact direct avec les mains des ouvriers.

Face à ces soucis, on m'a proposé de faire une étude sur le plan processus de fabrication afin de trouver une solution faisable et efficace à ce problème de décalage et aussi prévenir tout risque de non respect de la sécurité alimentaire qui peut être engendrer par l'action de réglage manuel du décalage.

Dans les paragraphes suivants on va détailler les différentes interventions qu'on a proposées tout au long de ce stage.

Figure 8 : problème de décalage de MERENDINA-MINI

III. Délimitation du champ d'étude :

Cette étude d'amélioration de la production concerne la section génoise et plus précisément la ligne MERENDINA-MINI.

L'amélioration va porter sur le plan processus de fabrication avec proposition de solutions faisables pour résoudre ce problème de décalage.

IV. Description du produit MERENDINA-MINI : [1]

Tableau6 : description de MERENDINA-MINI

NOM DU PRODUIT :	Merendina Mini
DESCRIPTION	Génoise nature de 88mm de longueur, 25mm de largeur et 24mm d'épaisseur, fourrée et enrobée au chocolat noir, décorée au Végécao de décoration.
IMPORTANTES CARACTÉRISTIQUES DU PRODUIT	Poids moyen produit fini ~23.3g Humidité produit fini ~15% A_w produit fini 0.70 - 0,73 pH~6,1 Poids indiqué sur l'emballage : 20g
LISTE DES INGRÉDIENTS	Pâte génoise : Farine, Sucre, Glycérine, Lactosérum, Sodium, Sel Pyrophosphate, Acide citrique, Phosphate Monosodique, Gomme xanthan, potassium, Ammonium, Huile, Amidon30 Crème de fourrage : Huile de palme, Sucre en poudre, Cacao, Glycérine, Glucose, Sucre inverti, Lactosérum, Acide sorbique, Lécithine. Sirop de mouillage: Potassium, Glycérine, S.I, Eau Végécao d'enrobage : AKOCOTE, Cacao, Sucre en poudre, Lécithine, Sel. Végécao de décoration : AKOCOTE, Cacao, Sucre en poudre, Lécithine, Sel, Lactosérum
ALLERGENES	Œufs, lait, soja, gluten.
EMBALLAGE	Emballages primaire et secondaire (60 unités / boite en carton)
DURÉE DE CONSERVATION	6 mois à l'abri de l'humidité et de la chaleur.
INSTRUCTIONS D'ÉTIQUETAGE	Dates de fabrication et de péremption, ingrédients, coordonnées de la société, code barre, dénomination et poids net du produit, nom de la marque du produit, informations allergènes et conditions de préservations sur le carton et l'étui de vente.

N.B : la liste des ingrédients cités dans le tableau 6(sucre inverti, végécao et crème de fourrage) est détaillée dans les annexes (1,2 et 3).

V. Stratégie de travail prévue :

Face a ce problème persistant, on a proposé de d'utiliser les techniques de résolution industrielles suivantes :

- Brainstorming modifié
- Diagramme d'ISHIKAWA
- AMDEC processus
- Plans d'expériences

Ces techniques nous ont permis de bien connaitre le processus de fabrication et aussi de savoir les différentes interventions et actions correctives convenables.

V.1.Etape de diagnostic : technique choisie (brainstorming modifié) : [6, 7, 8, 9]

Au cours de notre diagnostic de la chaîne de production de la ligne MERENDINA-MINI, on a choisi la technique de brainstorming afin de faire sortir les différentes causes qui peuvent être l'origine de l'anomalie de décalage.

Le **Brainstorming** est une méthode permettant de produire un maximum d'idées en un minimum de temps. Il est utilisé pour résoudre un problème en recherchant les causes et les solutions possibles.

Le brainstorming est un travail de groupe qui consiste à faire sortir le maximum d'idée, on a procédé par poser des questions aux différents opérateurs et intervenants dans la chaîne de production de MERENDINA-MINI, et on a pu relever les causes suivantes :

- Les ingrédients de la génoise.
- Les ingrédients et la viscosité de la crème de fourrage.
- La façon de la cuisson.
- L'aspect de la surface de la génoise cuite : aspect lisse.
- La nature de l'huile de graissage.
- La quantité de la crème de fourrage.
- La forme des têtes fourreuses.
- Les renverseurs de la génoise.
- Le couteau de découpage transversal.
- La nature des guides utilisés au niveau de la bande roulante après l'étape de renversement.
- Les mouvements de vibration de la grille roulante au niveau de l'enrobeuse.
- La température du végécao d'enrobage.
- La température ambiante élevée entre l'étape de fourrage et l'étape de découpe transversale
- Le débit du végécao d'enrobage.
- L'épaisseur de la génoise.
- Graissage de la bande.
- La largeur de la génoise après découpage longitudinale.

Après la collecte de ces différentes causes possibles on a prévu de les mettre sous la forme du diagramme d'ISHIKAWA.

V.2.Diagramme d'ISHIKAWA : [2, 6, 7, 9]

Le **diagramme d'Ishikawa** est également appelé le **diagramme causes-effet**, le **diagramme en arête de poisson** ou la **méthode des 5M**.

Les 5M sont : -Mains d'œuvre ;

-Milieu ;

-méthode ;

-Matériel ;

-Matière première.

- Le diagramme d'**Ishikawa** est un outil graphique qui se présente sous la forme d'une **arête de poisson**. Il permet de visualiser et d'analyser le rapport existant entre un problème (effet) et toutes ses causes possibles, Au cours de l'élaboration de ce diagramme on a fait un classement des causes selon la catégorie dont elles font partie. L'utilisation du **diagramme d'Ishikawa** présente les avantages suivants:
- Il permet de classer les causes liées aux problèmes posés.
- Il permet de faire participer chaque membre de l'équipe à l'analyse.
- Il permet de limiter l'oubli des causes par le travail de groupe.
- Il permet de fournir des éléments pour l'étude de ou des solutions.

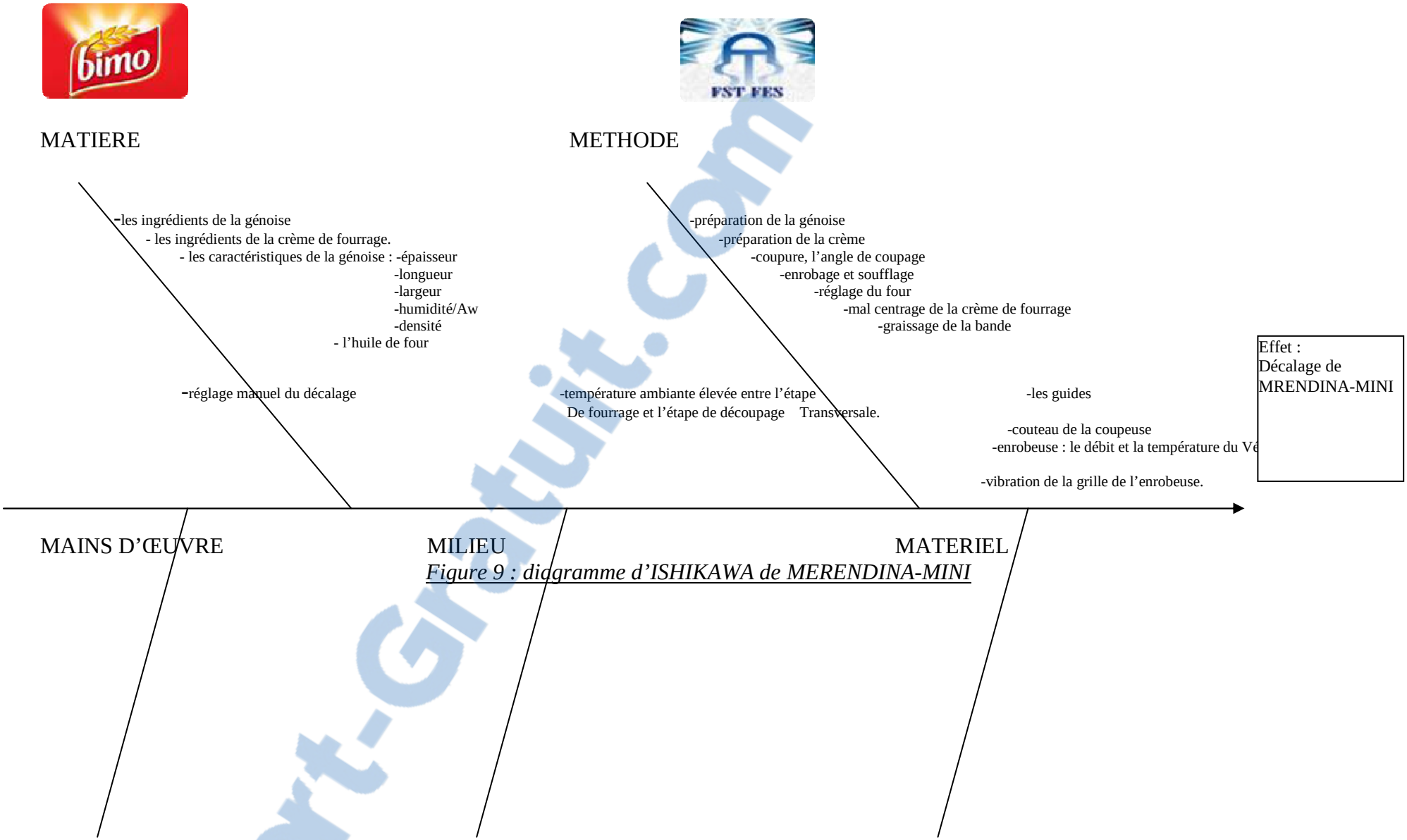

Figure 9 : diagramme d'ISHIKAWA de MERENDINA-MINI

Support-Gratuit.com

Après avoir collecté les différentes causes possibles qui peuvent provoquer l'anomalie du décalage et qui sont citées dans le diagramme d'ISHIKAWA.
On a adopté la technique de l'AMDEC (Analyses des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité) basée sur les résultats d'ISHIKAWA.

V.3.AMDEC-processus : [2, 5, 6, 7, 9]

V.3.1.Aperçu sur la méthode AMDEC :

L'existence d'une entreprise est basée sur des inter-relations entre son personnel et ses clients d'une part, ses actionnaires, ses dirigeants et son personnel d'autre part. L'ensemble de ses inter-relations est régi par un processus d'affaires qui interagit aussi avec des partenaires externes, en amont et en aval. La stratégie qui vise la satisfaction simultanée de toutes ses parties est nommée la qualité totale qui est simple à définir et complexe à réaliser.

Le processus d'affaires consiste en un ensemble de systèmes qui doivent être parfaitement organisés et intégrés. Un système se compose de plusieurs processus, un processus de plusieurs procédés, un procédé de plusieurs activités et tâches. Si on identifie tout ce qui ne pourrait pas fonctionner dans les systèmes et si on peut éliminer les causes probables de défaillance qui peuvent survenir, tous les systèmes fonctionneraient alors correctement, sans conflits, sans arrêts, dans une optique qualité totale. Cette logique conduit à prendre des actions à *priori* et non à *postériori*, comme on le faisait par le passé et comme certains le font encore, d'où l'importance et la nécessité d'une approche préventive pour la réalisation de la qualité totale.

Les approches telles que l'inspection et le contrôle du produit ainsi que le contrôle statistique des procédés sont insuffisantes pour prévenir et résoudre les problèmes qui peuvent apparaitre ultérieurement dans les différents systèmes du processus d'affaires d'une entreprise. Parmi les outils et techniques de *prévention* des problèmes potentiels, la méthode AMDEC s'avère une méthode simple et très efficace. AMDEC est l'acronyme de « Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leur Criticité » (Failure Modes and Effect Analysis, FMEA).
Cette technique a pour but d'étudier, d'identifier, de prévenir ou au moins de réduire les risques de défaillances d'un système, de processus, ou d'un produit.

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

V.3.2. Description de l'AMDEC processus : [2, 5, 7, 9]

L'**AMDEC processus** s'applique à des processus de fabrication. Elle permet d'analyser et évaluer la **criticité** de toutes les **défaillances potentielles** d'un produit engendrées par son processus de fabrication. Elle peut être utilisée pour les postes de travail.

V.3.3.Définition de défaillance, du trio : cause-mode-effet, et de la criticité: [5, 10]

Par **défaillance,** on entend qu'un produit, un composant ou un ensemble :

- Ne fonctionne pas
- Ne fonctionne pas au moment prévu
- Ne s'arrête pas au moment prévu
- Fonctionne à un instant non désiré
- Fonctionne mais les performances requises ne sont pas obtenues

Le mode de défaillance est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, ou un processus manifeste en défaillance ou s'écarte des spécifications.

Une cause de défaillance est évidemment ce qui conduit à une défaillance.

Les effets d'une défaillance sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisation finale du produit.

La criticité : dite aussi NPR (niveau de priorité de risque) est le produit : FxGxD, avec

- F : fréquence d'apparition de la défaillance.
- G : gravité perçue du produit fini.
- D : niveau de détection de la défaillance.

V.3.4. Démarche du travail :

1- constitution du groupe : on va choisir un certain nombre d'intervenant qui vont nous aider à déterminer de façon précise le ou les causes principales de la défaillance.
2- étude qualitative : détermination causes – modes – effets de défaillance.
3- étude quantitative : évaluation de la criticité.
4- hiérarchisation par criticité :
5- la recherche et la prise des actions correctives.
6- la présentation des résultats.

Afin de déterminer les causes principales de cette défaillance de MERENDINA-MINI, on doit tout d'abord mettre en place un tableau d'évaluation qui va nous permettre de cibler et hiérarchiser le trio : cause – mode – effet.

Tableau 7 : cotation de l'AMDEC

Cotation	Gravité	Fréquence	Non détectabilité
1	**Négligeable** : Cause passagère	**Pratiquement improbable** : <1 fois /1 an	A l'œil nu
2	**Marginale** :	**Improbable** :	Par un examen

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

	Cause intervenant de façon indirecte sur la défaillance	<1 fois /6 mois	simple ou l'œil de l'expérimenté
3	**Grave** : Cause intervenant de façon directe sur la défaillance	**Rare** <1 fois / 3mois	Par un examen détaillé
4	**Critique** : Le produit est touché de façon directe et presque permanente	**Fréquent** <1 fois / mois	Par une analyse
5	**Catastrophique** : Cause principale de la persistance de défaillance	**Très fréquent** <1 fois / semaine	Indétectable

- N.B : cette cotation a été mise en œuvre par consensus avec les différents intervenant dans la section de la production du produit fini MERENDINA-MINI.

Ainsi on a procédé de faire un tableau pour l'évaluation de l'AMDEC qui va être rempli par les membres de l'équipe de travail.
Le tableau ci-dessous présente un exemple de cotation faite par un intervenant dans l'équipe du travail.

Tableau8 : exemple de cotation remplis par Saïd ESSAIH chef de section

Effet de défaillance	Causes possibles de défaillance	Evaluation			Criticité = FxGxD
		Fréquence F*	Gravité G*	Détection D*	
Pr od uit fi	Réglage du four	4	4	2	32

	Epaisseur de la génoise cuite	5	3	2	30
	Préparation de la crème	4	4	3	48
	Fourrage (quantité de crème sur génoise)	4	4	2	32
	centrage de la crème de fourrage	3	3	3	27
	Découpe transversal	3	2	2	12
	Les renverseurs de génoise	4	4	2	32
	Enrobeuse (enrobage-soufflage-coupe queue-température)	3	3	2	18
	Vibration de la grille (enrobeuse)	3	3	2	18
	Graissage de la bande de four.	2	2	2	8
	Etat d'uniformité de la surface de génoise	2	2	3	12

* : cotation de 1 à 5

N.B : les causes cité dans le tableau 8 ci-dessus on été choisies par consensus avec les intervenants dans la production à partir des causes déjà relevé dans le diagramme d'ISHIKAWA.
Une fois que les membres de l'équipe ont rempli les tableaux de criticités, on a procédé par faire une moyenne générale de la criticité afin d'arriver a l'étape d'hiérarchisation.

V.3.4.1.hiérarchisation des causes : [2, 5, 9]

La difficulté essentielle d'une étude qui vise à anticiper les problèmes et rechercher les solutions préventives provient de la très grande variété des problèmes potentiels à envisager. D'où le besoin d'une hiérarchisation qui permet de classer les modes de défaillances et d'organiser leur traitement par ordre d'importance.

L’hiérarchisation des causes dans le tableau ci-dessous nous a permis de bien cibler les causes principales qui engendrent la défaillance du décalage de MERENDINA-MINI.

Tableau 9 : hiérarchisation des causes selon la valeur de leur criticité

causes de défaillance	A	B	C	D	E	F	criticité moyenne	pourcentage	commentaires
préparation de la crème	48	125	8	32	24	24	43,5	17,55%	!
épaisseur de la génoise cuite	30	80	10	16	32	8	29,33	11,83%	!
Centrage (largeur) de la crème de fourrage	27	36	24	27	40	18	28,66	11,56%	!
enrobeuse (enrobage-soufflage-coupe queue-température)	18	2	24	18	80	27	28,16	11,36%	!
fourrage (quantité de crème sur génoise)	32	3	12	36	36	27	24,33	9,81%	
les renverseurs de génoise	32	24	12	16	40	8	22	8,87%	
vibration de la grille	18	1	1	12	60	24	19,33	7,79%	
réglage du four	32	4	30	30	12	6	19	7,66%	
graissage de la bande de four	8	1	27	12	36	8	15,33	6,18%	
découpe transversal	12	1	1	4	12	36	11	4,43%	
état d'uniformité de la surface de génoise	12	2	5	6	8	12	7,5	3,03%	

Remarques : - Les lettres (A, B, C, D, E, F) correspondent aux fiches remplies par les différents membres de l'équipe choisie suivant leurs interventions dans la chaîne de production.

- Toute cause ayant une criticité supérieure à 25 sera retenue dans la suite de cette analyse.
- Le choix de la valeur de criticité est établi par consensus avec le tuteur dans l'entreprise.

V.3.4.2. La recherche et la prise des actions correctives :

Après avoir hiérarchisé les causes qui interviennent dans le phénomène du décalage de MERENDINA-MINI (voir tableau 9), l'étape suivante consiste à mettre en place les actions correctives adéquates. Pour cela on a suggéré d'appliquer les plans d'expérience qui vont nous aider à faire les essais nécessaires et par conséquent tirer le maximum d'informations et savoir la façon idéale pour agir contre l'anomalie de décalage.

V.4.Plans d'expérience : [3, 6]

V.4.1. Aperçu général :

Les plans d'expériences font partie de l'ensemble des outils de la qualité qui permettent aux entreprises de progresser dans la maîtrise de la conception de produits nouveaux et dans la maîtrise des procédés de fabrication. Ils forment avec d'autres outils statistiques un ensemble cohérent d'une redoutable efficacité pour résoudre de nombreux problèmes de qualité.

Ignorer ces méthodes aujourd'hui, serait se priver d'un potentiel important d'amélioration pour l'entreprise.

Quel que soit le secteur d'activité et quel que soit l'industriel, on est toujours amené à procéder à des essais pour répondre aux exigences du marché. Or ces essais sont malheureusement trop souvent conduits sans méthode ordonnée et ciblée. On procède sans planification de façon rigoureuse les essais pour obtenir un ensemble de résultats que l'on ne sait pas toujours très bien exploiter.

Cependant, la méthode des plans d'expériences permet de conduire de façon rigoureuse les essais en vue d'un objectif parfaitement défini. Elle permettra, en outre, une diminution considérable du nombre d'essais par rapport aux techniques traditionnelles.

Mais plus encore, elle permettra une interprétation rapide et sans équivoque des résultats des essais en fournissant un modèle expérimental du système étudié.
En fait, c'est exactement ce que recherche le technicien confronté à un problème. La méthode, une fois comprise, constitue une étape irréversible dans la carrière de celui-ci qui ne pourra plus envisager de réaliser des essais sans utiliser un plan d'expériences.

V.4.2.Choix des facteurs :

Les facteurs qui seront l'objet des plans d'expériences sont ceux qui ont eu le niveau élevé de criticité (les quatre premiers facteurs cités dans le tableau 9 d'hiérarchisation ci-dessus).

Or, on s'est basé sur les facteurs qui semblent être réglable, à fin de pouvoir les régler de façon permanente durant les expériences.

N.B : on a pris en considération le respect de la confidentialité des recettes, c'est pourquoi on a pas intégré le facteur préparation de la crème parmi les paramètres des essais.

Le tableau ci-dessous représente les facteurs choisi ainsi que leurs valeurs numériques.

Tableau10: les facteurs étudiés dans le plan d'expérience

	Facteurs	centre	Pas de variation	Unité
X1	Largeur de la crème	15	2,5	mm
X2	La quantité de la crème de fourrage	2,9	0,2	g
X3	Débit de la pompe d'enrobage	1,5	0,1	L/s
X4	Epaisseur de la génoise cuite	11,5	0,5	mm

V.4.3.Le plan d'expérience choisi :

Vu la nature et les caractéristiques des facteurs étudiés, notre choix s'est porté sur un plan factoriel complet à deux niveaux avec interactions. Ce qui va nous donner le tableau suivant.

Tableau 11 : les niveaux choisis des facteurs

	Facteurs	Niveau bas (-1)	Niveau moyen(0)	Niveau haut (+1)
X1	Largeur de la crème	12,5	15	17,5
X2	La quantité de la crème de fourrage	2,7	2,9	3,1
X3	Débit de la pompe d'enrobage.	1,4	1,5	1,6
X4	Epaisseur de la génoise cuite	11	11,5	12

Avantage des PFC : [3]

Les plans factoriels complets à deux niveaux permettent de :

- Trouver les facteurs influents sur le phénomène
- Trouver La valeur de l'influence
- Mettre en évidence Les interactions entre les facteurs

Pour notre cas, on va travailler par un nombre de 16 expériences, car la règle dit que pour un plan factoriel complet on à 2^K expériences avec : 2 : nombre de niveaux

K : nombre des facteurs

Donc on a (2^4= 16) expériences à faire.

V.4.4.Terminologie des plans d'expériences : [3, 6]

Sous forme mathématique, on peut écrire que la grandeur d'intérêt *y*, que nous appellerons également réponse, est une fonction de plusieurs variables x_i (variables que nous appellerons aussi facteurs). On a : $y = f(x1, x2, x3……, xk)$.

L'étude du phénomène se ramène à déterminer la fonction *f* qui lie la réponse *y* aux différents facteurs *x1, x2, …, xk*.

Pour approfondir cette approche, il faut introduire quelques notions particulières et une terminologie spécifique aux plans d'expériences.

La grandeur d'intérêt, qui est généralement notée *y*, porte le nom de réponse. Les variables qui peuvent modifier la réponse sont appelées facteurs. On parle donc des facteurs qui influent sur

une réponse. Les termes facteur et réponse sont universellement employés dans le domaine des plans d'expériences.

V.4.5.Réalisation des essais :

La réalisation des essais doit se faire en respectant les conditions expérimentales.
- Les facteurs doivent être bien aux niveaux préconisés.
- La réponse (le résultat) doit être donnée avec la plus grande précision.
- les mesures doivent être réalisées de préférence par le même expérimentateur en cas de répétitions.
- Traitements statistiques: calcul des effets des facteurs étudiés et de leurs interactions, modélisation, le choix du logiciel ainsi que sa maîtrise sont très déterminant pour la précision et l'interprétation des résultats statistiques.
- Interprétation des résultats: L'effet propre de chaque facteur est relativement simple à interpréter mais l'effet d'interaction est parfois délicat à expliquer car les causes ne sont pas toujours explicites.

La réponse y :

La réponse y présentée dans le tableau ci-dessous a été mis en place après une étude avec les différents membres de l'équipe de travail, vu que le décalage est un paramètre visuel, on a proposé de rendre cette réponse sous forme numérique selon la démonstration suivante :

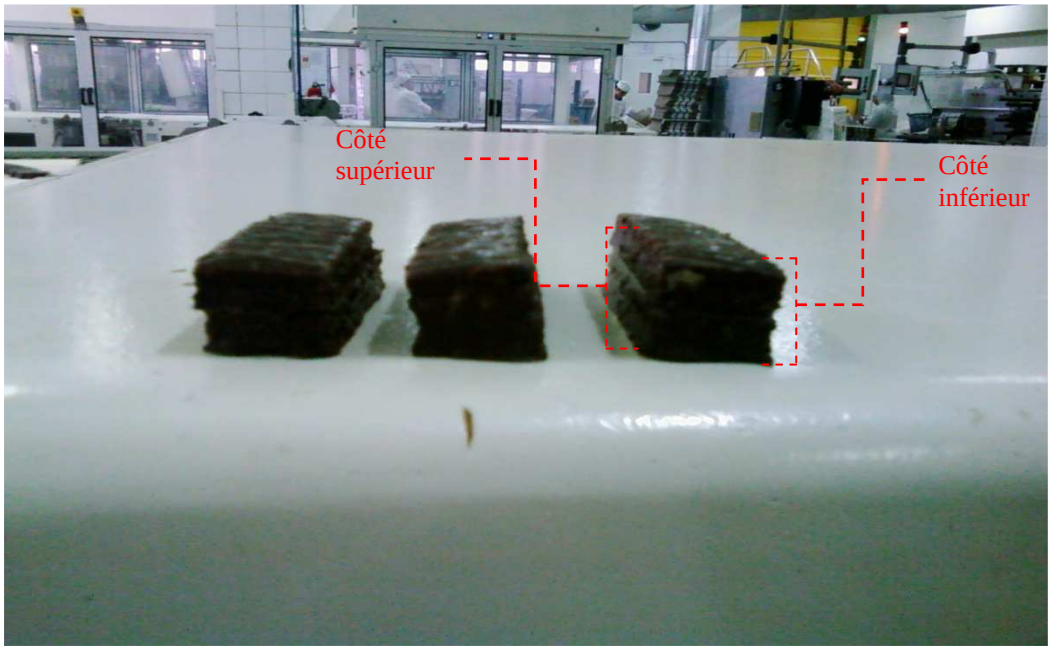

Figure10 : MERENDINA-MINI décalé

-Par l'intermédiaire d'un pied à coulisse on mesure l'épaisseur des deux côtés inférieur et supérieur.

-Puis on calcule y comme suis : côté inférieur/côté supérieur

Le résultat numérique obtenu nommé R (=Y : la réponse recherchée) donne le niveau de décalage selon de tableau suivant :

Tableau 12: niveau numérique de décalage

R	Niveau de décalage correspondant
R=1	Pièce idéale
0.95≤R≤1	Décalage léger
0.9≤R≤0.95	Décalage marginal
0.85≤R≤0.9	Décalage dangereux

Après établissement du plan d'expérience, on commence la réalisation des essais dans l'ordre et on note la valeur de R obtenue pour chaque expérience.
Voici au dessous le tableau qui regroupe tous les essais effectués ainsi que les réponses de chaque essai :

Tableau13 : les expériences et les niveaux choisis pour chaque facteur.

N°Exp	Rand	largeur de la crème	qtté de la crème	débit de la pompe	épaisseur génoise
		mm	g	l/s	mm
1		12,5	2,7	1,4	11
2		17,5	2,7	1,4	11
3		12,5	3,1	1,4	11
4		17,5	3,1	1,4	11
5		12,5	2,7	1,6	11
6		17,5	2,7	1,6	11
7		12,5	3,1	1,6	11
8		17,5	3,1	1,6	11
9		12,5	2,7	1,4	12
10		17,5	2,7	1,4	12
11		12,5	3,1	1,4	12
12		17,5	3,1	1,4	12
13		12,5	2,7	1,6	12
14		17,5	2,7	1,6	12
15		12,5	3,1	1,6	12
16		17,5	3,1	1,6	12

N.B : le logiciel choisi pour le traitement des résultats : est le logiciel NEMRODW.

Tableau14 : matrice d'expériences.

RapportGratuit.com

N°Exp	X1	X2	X3	X4	Y1
1	-1	-1	-1	-1	0.89
2	1	-1	-1	-1	0.97
3	-1	1	-1	-1	0.89
4	1	1	-1	-1	0.97
5	-1	-1	1	-1	0.92
6	1	-1	1	-1	0.95
7	-1	1	1	-1	0.91
8	1	1	1	-1	0.95
9	-1	-1	-1	1	0.84
10	1	-1	-1	1	0.90
11	-1	1	-1	1	0.88
12	1	1	-1	1	0.93
13	-1	-1	1	1	0.86
14	1	-1	1	1	0.96
15	-1	1	1	1	0.85
16	1	1	1	1	0.93

Avec : X1 : largeur de la crème (mm)
X2 : quantité de la crème de fourrage (g)
X3 : débit de la pompe (l/s)
X4 : épaisseur de la génoise (mm)

V.4.6.Traitement des résultats obtenus :

Une fois on a réalisé les essais industriels prévu, vient l'étape la plus importante qui consiste à traiter les résultats et tirer le maximum d'informations qui vont nous faciliter la compréhension du phénomène étudié et par conséquent la mise en place des actions correctives nécessaires pour remédier la problématique traitée et par conséquent résoudre l'anomalie (sujet du stage).

L'utilisation du logiciel NEMRODW, nous a permis de faire une interprétation pertinente des effets des facteurs étudiés.

V.4.6.1.Etudes graphiques :

Figure 11 : étude graphique des effets des facteurs étudiés ainsi que leurs interactions.

Commentaire : selon le graphe ci-dessus on peut dire que le phénomène de décalage peut être engendré par les facteurs suivants :
-La largeur de la crème qui influence de façon significative lorsqu'elle est dans le niveau haut (17,5 mm de largeur de la crème étalée sur la génoise).

-l'épaisseur de la génoise influence de façon significative lorsqu'elle est situé dans son niveau bas (11mm d'épaisseur de la génoise après l'étape de la cuisson).

On peut aussi se baser sur la droite d'HENRY qui sert à déterminer aussi de façon graphique les facteurs qui interviennent de façon significative sur le phénomène étudié à savoir que :

-les contrastes négligeables qui forment une population moyenne nulle seront alignés.
-les contrastes significatifs s'écartent de la droite.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

N .B : le mot contraste est symbolisé par la lettre b, il est calculé de la façon suivante :

$$b1 = 1/16(-y_1+y_2-y_3+y_4-y_5+y_6-y_7+y_8-y_9+y_{10}-y_{11}+y_{12}-y_{13}+y_{14}-y_{15}+y_{16})$$

Avec y est la réponse de chaque expérience faite de 1à 16.
Et on calcule par la suite pour chaque facteur ou interaction le contraste correspondant.

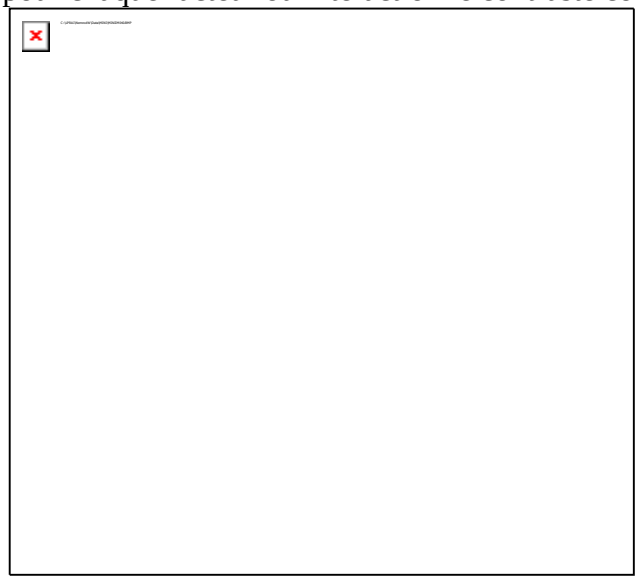

Figure12 : la droite d'HENRY.

Selon la droite d'HENRY on constate que les point qui portent la couleur rouge sont ceux qui s'écartent de la droite et par conséquent sont les contrastes correspondants aux facteurs et interactions suivantes :
-b1 : largeur de la crème
-b4 : l'épaisseur de la génoise
-b134 : l'interaction : largeur de la crème*débit de la pompe*épaisseur de la génoise.

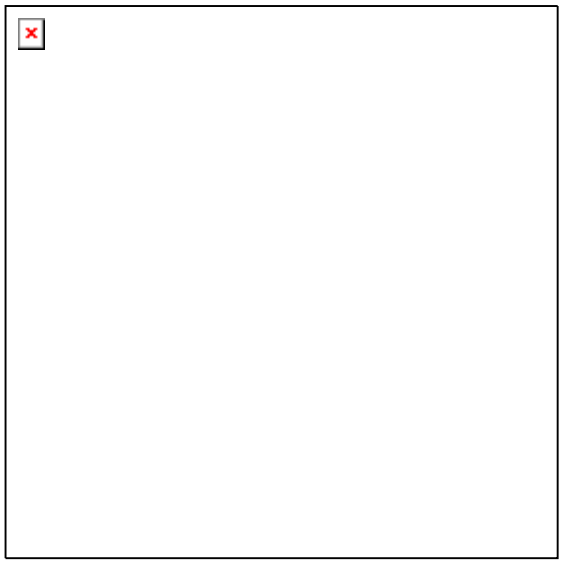

*Figure 13 : effet d'interaction : largeur de la crème*débit de la pompe*épaisseur de la génoise.*

En se basant sur la figure 13, on peut dire que l'interaction peut donner une réponse y=0.97 dans le cas ou on a : -le débit de la pompe d'enrobage est à son niveau bas : 1,4 l/s
- l'épaisseur de la génoise situé aussi au niveau bas : 11mm
- la largeur de la crème étalée au niveau haut : 17,5 mm

Commentaire : d'après les tests graphiques cités ci-dessus, on peut dire que le problème de décalage de MERENDINA-MINI est engendré par : la largeur de la crème étalée sur la surface de la génoise, l'épaisseur de la génoise après l'étape de la cuisson, ainsi que l'interaction : largeur de la crème*débit de la pompe*épaisseur de la génoise.

Donc en se basant sur ces résultats graphiques on peut proposer le postulat mathématique qui représente le phénomène étudié.

V.4.6.2.Modèle mathématique proposé :

Un plan factoriel complet à deux niveaux avec 4 facteurs étudié est représenté par l'équation mathématique suivante :

$$Y=a_0+a_1X_1+a_2X_2+a_3X_3+a_4X_4+a_{12}X_1X_2+a_{13}X_1X_3+a_{14}X_1X_4+a_{23}X_2X_3+a_{24}X_2X_4+a_{34}X_3X_4+a_{123}X_1X_2X_3+a_{124}X_1X_2X_4+a_{134}X_1X_3X_4+a_{234}X_2X_3X_4+a_{1234}X_1X_2X_3X_4.$$

Avec :
- a_0: la valeur moyenne des réponses : $\sum y_i / 16$
- a_1, a_2, a_3, et a_4 : sont appelés effets principaux des facteurs de réponse
- a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{23}, a_{24}, a_{34}, a_{123}, a_{124}, a_{134}, a_{234}, a_{1234}: appelés effets d'interactions

Exemple de calcule :

Pour $a_1 = (-y_1+y_2-y_3+y_4-y_5+y_6-y_7+y_8-y_9+y_{10}-y_{11}+y_{12}-y_{13}+y14-y_{15}+y_{16})/16$
$= (-0.89+0.97-0.89+0.97-0.92+0.95-0.91+0.95-0.84+0.90-0.88+0.93-0.86+0.96$
$-0.85+0.93)/16$

Donc $a_1= 0.0032$

Les signe (- et +) sont les signes correspondantes à chaque expérience pour chaque facteur.

Pour les interactions, les signes utilisés sont les produits des signes des différents facteurs présentés dans l'interaction en question.

N.B : les contrastes (b_1, b_2,….) cités dans la droite d'HENRY sont équivalents aux effets (a_1, a_2,….).

Par la même méthode de calcule cité ci-dessus on trouve :

a_0= 0.912	a_{23}= -0.007
a_1= 0.032	a_{24}= 0.003
a_2=0.001	a_{34}= 0.002
a_3=0.0004	a_{123}= 0
a_4= -0.019	a_{124}= -0.003
a_{12}= -0.001	a_{134}= 0.01
a_{13}= -0.001	a_{234}= -0.006
a_{14}= 0.004	a_{1234}= -0.001

Après avoir calculé les différents effets, on va mettre en place l'équation mathématique modèle qui explique le phénomène étudié.

Pour cela on va se contenter d'éliminer les effets négligeables des facteurs et des interactions, et on ne va prendre en considération que les effets des facteurs et des interactions significatifs déjà relevé à partir des tests graphiques, ce qui va nous donner l'équation modèle finale suivante :

$$Y= 0,912+0,032X_1-0,019X_4+0,01X_1X_3X_4$$

Jusqu'à ce niveau on a pu déterminer par l'outil plan d'expérience les principaux effets significatifs des facteurs et des interactions, afin de confirmer les résultats obtenus par le plan d'expérience adopté, on doit savoir sa validité ou non, pour cela on va faire appelle à la techniques de points tests ou point au centre.

V.4.6.3.Validation du modèle par des points test :

On a effectué 3 points test et on a comparé les résultats expérimentaux avec ceux prédits par le modèle.

Pour effectuer ce travail, on doit prendre les valeurs des facteurs au niveau zéro, c'est-à-dire :

- Largeur de la crème étalée à la surface : 15 mm
- Quantité de la crème utilisée : 2,9 g
- Débit de la pompe d'enrobage : 1,5 L/s
- L'épaisseur de la génoise après cuisson : 11,5 mm

Puis, on a procédé par faire les essais, et on a trouvé les résultats suivants :

Tableau 15 : les points test

essais	largeur de la crème	quantité de la crème	débit de la pompe	épaisseur de la génoise	Yexp	Ycalcu	différence

1	15	2,9	1,5	11,5	0,92	0,912	0,008
2	15	2,9	1,5	11,5	0,915	0,912	0,003
3	15	2,9	1,5	11,5	0,91	0,912	0,002

On voit clairement que la différence entre les valeurs expérimentales et les valeurs prédites par le modèle est faible, donc le modèle est validé expérimentalement.

V.4.7.Proposition du réglage nécessaire pour remédier l'anomalie :

Après avoir mis en place l'équation modèle, on va essayer de trouver le réglage optimal pour atteindre l'objectif prévu : pièce de MERENDINA-MINI qui ne présente aucun décalage.

Dans le tableau 12, on a déjà mentionné que la pièce idéale doit représenter une réponse Y=1, notre travail consiste à calculer les valeurs des facteurs qui vont nous donner la réponse prévue.

Or $Y= 0,912+ 0,032 X_1 -0,019 X_4+ 0,01 X_1X_3X_4$

D'après l'équation trouvée, les interprétations graphiques et aussi le système d'autocontrôle installé dans l'entreprise on peut dire que :

-La largeur de la crème est le facteur (X_1) dont l'influence est plus significative.

-La norme interne d'autocontrôle au sein de BIMO exige que l'épaisseur avant l'étape d'enrobage doit être absolument inférieur à 12 mm, pour que le produit fini (deux feuilles de génoise renversée l'une sur l'autre fourrées et enrobées de végécao) doit avoir une épaisseur finale de 24mm (tableau 3, page 23/24). Donc le réglage exige que le facteur X4 doit être à son niveau bas (-1) c'est-à-dire 11mm d'épaisseur.

-l'interprétation graphique de l'interaction (figure 13) informe que les facteurs interagissant entre eux doivent avoir le réglage suivant :

- X_1 : niveau haut (17,5 mm de largeur de la crème)
- X_3 : niveau bas (1,4 l/s comme débit de la pompe d'enrobage)
- X_4 : niveau bas (11mm d'épaisseur de la génoise après la cuisson)

En se basant sur ces résultats on peut dire que le facteur le plus influençant et le plus facile à régler est la largeur de la crème étalée sur la surface de la génoise.

Donc on a proposé le réglage suivant :

Tout d'abord on va fixer les deux facteurs X_3 et X_4 sur leurs niveaux bas (-1) donc l'équation sera comme suit :

$Y=1= 0,912 + 0,032*X_1 – (0,02*-1) + 0,01*X_1*(-1)*(-1)$

$1=0,912 + 0,019 + 0,042X_1$

Alors $X_1= (1 – 0 ,912 – 0,019) / 0,042$

$$X_1= 1,64$$

Alors pour atteindre Y=1, il faut que : $-X_1$ soit au niveau +1,64
$-X_3$ soit au niveau -1
$-X_4$ soit au niveau -1

L'étape suivante consiste à déterminer la valeur exacte de X_1 afin de réévaluer les résultats trouvés :

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Pour cela on note que : le niveau zéro de X_1 = 15 mm d'épaisseur et le pas de variation égale à 2,5 mm, donc la nouvelle valeur de X_1 proposée est :

$$X_1 = 15 + (1{,}64 * 2{,}5) = 19{,}1 \text{ mm}$$

V.4.8.Réévaluation des résultats :

Afin de confirmer les résultats trouvés on a prévu de faire un nouveau test avec le réglage proposé, en prenant le niveau bas pour le facteur X_2 afin d'assurer une optimisation économique de la quantité de la crème de fourrage utilisée.

Donc le test a été fait avec les valeurs de facteurs suivantes :

- X1 : niveau + 1,64 correspondant à la valeur 19,1 mm de largeur
- X2 : niveau -1 correspondant à la valeur 2,7 g de crème
- X3 : niveau -1 correspondant à la valeur 1,4 l/s comme débit de la pompe
- X4 : niveau -1 correspondant à la valeur 11mm d'épaisseur de la génoise

Le test nous a donné le résultat ci-dessus :

Figure 14 : MERENDINA-MINI après test final

N.B : on a effectué un étalage manuel de la crème de fourrage afin d'assurer la largeur prédite par le modèle mathématique.

Commentaire : -l'évaluation visuelle du résultat obtenu confirme de façon claire que le problème de décalage a été remédié.

-le contrôle par le pied à coulisse donne un résultat R= 0,99

Donc on voit de façon claire que l'objectif a été atteint.

VI. RECOMMANDATION :

En relation avec le problème de décalage de MERENDINA-MINI, après une longue discussion avec les différents intervenants dans la chaine de production et vu la stratégie interne de l'entreprise qui vise à minimiser les coûts de production et d'investissement, on a prévu de recommander les actions correctives suivantes :

-Changements des têtes fourreuses (figure 15 ci-dessous), on jouant sur leurs conceptions tout en provoquant des changements au niveau des dimensions de leurs ouvertures, sachant que la quantité actuelle de crème de fourrage qui peut sortir ne dépasse pas 17,5 mm.

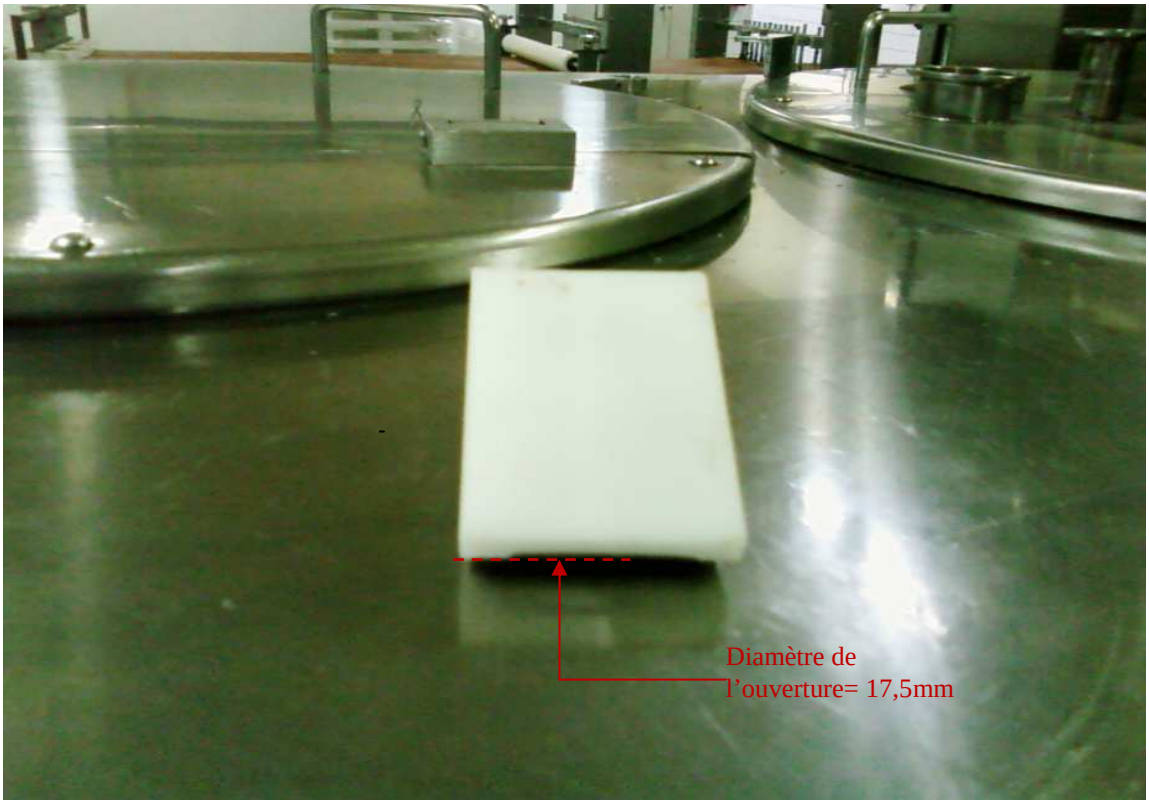

Figure 15 : les têtes de fourrage utilisées au sein de BIMO

Notre proposition consiste à augmenter la largeur de l'ouverture passant de la largeur actuelle qui est 17,5 à une largeur plus grande de l'ordre de 20 mm.

- Notre deuxième recommandation comprend une conception d'un système d'étalement qui va corriger la défaillance des têtes fourreuses en proposant un outil qui va s'installé juste après l'étape de fourrage. Ce système va avoir comme fonction l'étalement de la quantité de la crème qui sort du

système de fourrage afin d'arriver à assurer la largeur de la crème prédite par les plans d'expérience.

Ce système va comporter 12 étaloires qui sont inclinés de façon à assurer un bon étalement de la crème (figure 16). On a proposé 20 mm comme longueur des étaloires afin de répondre toujours au modèle de réglage prédit.

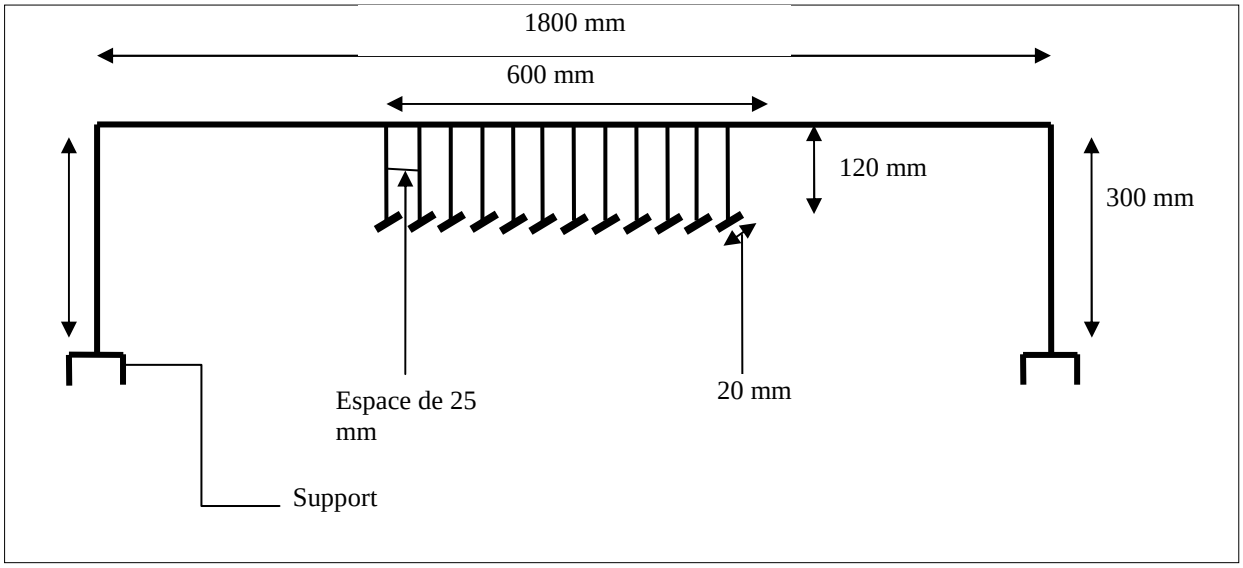

Figure 16 : le système de correction d'étalement de la crème proposé

Conclusion et perspectives

Le diagnostic primaire de la ligne de production nous a permis de trouver un nombre important des causes de décalage de MERENDINA-MINI ce qui va nous posé des problèmes d'intervention.

Face à cette situation délicate, on a fait une hiérarchisation des causes (par la méthode AMDEC) afin de les minimiser et de pouvoir désigner les interventions convenables de façon directe et spécifique. Ainsi on avait au départ 17 causes qui peuvent engendrer le problème de décalage, après l'étape de l'hiérarchisation, on a pu les diminuer en quatre principales qui sont les suivantes :

1) la préparation de la crème : ce facteur peut influencer le décalage de façon directe vu les caractéristiques de la crème qui doivent subir des modifications au niveau de la viscosité et de la densité.

2) la largeur de la crème étalée sur la génoise : on a constaté que la crème de fourrage n'est pas bien étalée sur l'ensemble de la surface de génoise, ce qui provoque des espaces dans les deux extrémités après l'étape de renversement des feuilles.

3) L'épaisseur de la génoise après l'étape de la cuisson : ce paramètre intervient de façon directe sur le décalage, en outre il' est choisi pour garder toujours l'adéquation avec l'autocontrôle et avec les normes internes du produit.

4) le débit du végécao utilisé pendant l'étape de l'enrobage : il s'agit de la force avec laquelle le végécao enrobe la génoise, cette force peut provoquer le décalage si le paramètre épaisseur de la génoise n'est pas bien respecté.

L'hiérarchisation des causes était l'étape préalable de l'intervention qu'on a proposé faire, en se basant sur la mise en place des essais industriels selon le plan d'expérience factoriel complet à deux niveaux qui nous a permis de trouver la relation (sous forme d'une équation) entre l'anomalie de décalage et les causes prédites par la méthode AMDEC.

A l'aide de cette équation on a pu mettre en place le réglage optimal qui va permettre de résoudre l'anomalie et par conséquent on est arrivé à proposer les actions correctives nécessaires qui nous ont permis de réduire le taux de décalage à un niveau minimal.

Références bibliographiques

1) Archive de BIMO

Rapport-Gratuit.com

2) Cours : maitrise et management qualité dans les industries agroalimentaires, Pr Y.KANDRI RODI, année universitaire : 2009-2010.

3) Cours : plan d'expériences, Pr. E.M.EL HADRAMI, année universitaire : 2010-2011

4) Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état IAA intitulé : « optimisation de l'enrobage de MEREDINA », année universitaire 2010-2011

5) Joseph KELADI : AMDEC, 1994, page : 6 - 11

6) Daniel DURET, Maurice PILLET : qualité en production de l'ISO 9000 à SIX SIGMA, 2005, page : 134 - 218

7) Alain courtois, Maurice PILLET et Chantal MARTIN-BONNEFOUS : gestion de production, 2003, page : 357 - 373

8) SCHOLTES Peter R. le guide pratique du travail en équipe, 1992, page 2

9) www.azaquar.com/ outils qualité

10) www.BIMO.ma

Annexes

Annexe 1 : description du sucre inverti

Nom du produit semi fini	Sucre Inverti
DESCRIPTION	Produit liquide, visqueux de couleur miel
IMPORTANTES CARACTÉRISTIQUES	Brix : 71°B pH~2.3
INGRÉDIENTS	Sucre granulé, acide tartrique, acide sorbique, l'eau.
UTILISATION PREVUE	Incorporation dans diverses recettes selon les quantités prescrites. Ne pas utiliser à température > 45°C
DURÉE DE CONSERVATION AVANT INCORPORATION	Max 3 mois

Le sucre inverti est utilisé pour son pouvoir sucrant élevé, parce qu'il ne dessèche pas la pâte et permet de réduire le temps de cuisson.

Annexes 2 : description de la crème de fourrage

NOM DU PRODUIT	Crème de Fourrage
DESCRIPTION	Crème de fourrage gras couleur noire à base de graisse de palme & cacao

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

IMPORTANTES CARACTÉRISTIQUES	- pH max = 6.3. - Densité =0.95-1.05. - A_w = 0.64 – 0.71.
INGRÉDIENTS	Arôme Butter scotch, acide sorbique, cacao, graisse végétale hydrogénée (palme), lécithine de soja, sucre poudre et sucre inverti.
UTILISATION PREVUE	Utilisation immédiate en fourrage de génoise nature
DURÉE DE CONSERVATION AVANT INCORPORATION	Max 3 jours stockée en cuve fermée et refroidie

La crème de fourrage est l'une des préparations les plus exigeantes en termes de matière première et de respect de temps de préparation.
Remarque importante : il faut réaliser une étude sur les paramètres viscosité et finesse de la crème de fourrage afin de fixer les normes internes de la crème de MERENDINA.

Annexe 3 : description du Végécao

NOM DU PRODUIT	Végécao d'enrobage

DESCRIPTION	Végécao d'enrobage visqueux, de couleur chocolat
IMPORTANTES CARACTÉRISTIQUES	Densité : 1.22 à 1.24 A_w = 0.5 pH= 4.5
INGRÉDIENTS	Cacao, graisse, lécithine de soja, sel et sucre en poudre
UTILISATION PREVUE	Utilisation pour enrobage des génoises/biscuits/gaufrettes
DURÉE DE CONSERVATION AVANT INCORPORATION	Max 3 mois dans tank de stockage protégé et maintenu à température de 45°c

Le terme Végécao désigne la préparation de cacao utilisé pour l'enrobage du produit MERENDINA.