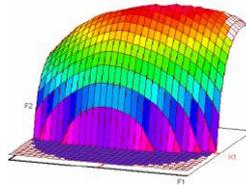




Année Universitaire : 2016-2017



Master Sciences et Techniques CAC Ageq
Chimométrie et Analyse Chimique : Application à la gestion de la qualité

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Essai d'évaluation et d'amélioration de la performance métrologique :
cas des Débitmètres

Présenté par:

EL HAJJAJI Kenza

Encadré par:

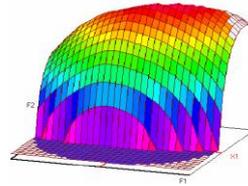
- SALMANE Abdelmajid
- SAFFAJ Taoufiq

Fromageries Bel
FST Fès

Soutenu Le 12 Juin 2017 devant le jury composé de:

- Pr. T.Saffaj
- Pr. Y.Kandri.R
- Pr.C.Ameziane

Stage effectué à : Fromageries Bel Maroc



Master ST CAC Ageq

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: EL HAJJAJI Kenza

Année Universitaire : 2016/2017

Titre: Essai d'évaluation et d'amélioration de la performance métrologique

Résumé

Actuellement, au Maroc, le secteur de l'agroalimentaire, et plus précisément celui de l'industrie fromagère, connaît l'intensification de la concurrence avec l'arrivée de nouveaux acteurs.

Dans cette perspective, et dans le but de conserver sa position et de maintenir ses parts de marchés, Fromageries BEL dispose d'un service d'Assurance qualité qu'elle met à jour régulièrement à travers l'optimisation continue des outils de qualité. Parmi ces derniers on cite la métrologie qui est devenu un axe incontournable pour garantir la qualité du produit ainsi d'optimiser les pertes matières de l'entreprise.

Le présent projet de fin d'études vient à point nommé pour résoudre une problématique qualité due aux pertes matières engendrées par la non maîtrise des équipements de mesure au sein de la fabrication. Ainsi, après un diagnostic détaillé, un plan d'actions d'amélioration a été élaboré et mis en œuvre, pour résoudre la problématique et diminuer les recyclages intempestifs au cours de la production.

Mots clés: 5 mots au maximum : Agroalimentaire, métrologie, débitmètre, qualité

Table des matières

Introduction :	2
CHAPITRE 1 : LE SECTEUR FROMAGER MAROCAIN	5
Diagnostic du marché :	5
Consommation Nationale.....	6
Présentation du groupe Bel.....	7
FROMAGERIES BEL MAROC.....	8
Chapitre 2 : Généralités sur les fromages fondus	13
1. Réglementation et hygiène	13
2. Composition du fromage fondu	13
3. Différents types de fromage fondu	14
4. Theorie de la fonte des fromages.....	15
5. Ingrédients utilisés en fabrication des fromages :	18
6. Chaîne de fabrication des produits de fromageries Bel	21
Chapitre 3 : Généralités sur la métrologie	26
1. Définition	26
2. Domaine d'application est utilité :.....	27
3. Les différents aspects de la métrologie :	27
4. La relation entre la métrologie et la qualité	30
Chapitre 4 : Mise en place de la fonction métrologique au sein d'une société	37
Les acteurs :.....	37
Activités de la fonction métrologie	37
Chapitre 5: La métrologie en pratique	44
I. Méthode d'étalonnage et de vérification des débits mètres.....	45
II. Calculs des incertitudes :	46
conclusion	50

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents : Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mon frère Hamza et ma sœur Meryem qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Mes professeurs de la Faculté des Sciences et Techniques qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis

Remerciements

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et témoigner de ma grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet, et leur exprimer ma gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils m'ont généreusement accordé.

Mes remerciements s'adressent spécialement à Monsieur Zaidi Jaouad de m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce stage au sein de son service. J'adresse mes vifs remerciements à Madame Imane El Idrissi, pour sa disponibilité, ses conseils malgré ses préoccupations.

Que mon professeur SAFFAJ TAOUFIQ, avec qui j'ai eu l'honneur de collaborer pendant la durée de stage et auprès duquel j'ai énormément appris et progressé trouve ici mes sincères remerciements. Mes remerciements les plus chers s'adressent aux membres de jury Monsieur C.Ameziane Hassani et Monsieur Youssef Kandri Rodi qui m'ont honorés en acceptant de juger ce modeste travail.

Je tiens aussi à remercier vivement le corps professoral de la FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES dont le principal souci est de veiller à bien mener notre formation et à perpétuer l'excellence de notre établissement, ainsi qu'à l'ensemble du personnel de Fromageries Bel Maroc qui veille à assurer les meilleures conditions de travail pour une parfaite intégration, un apprentissage optimal et un épanouissement complet.

Introduction :

Dans l'important secteur des produits laitiers, le marché des fromages est aujourd'hui un élément qui compte, grâce à une consommation en hausse, quoique peu diversifiée et ancrée particulièrement sur le fromage fondu, présent dans tous les foyers marocains.

Avec l'avènement des fromages d'importation et la création de nouvelles entreprises fromagères nationales, le secteur fromager marocain vivra une concurrence accrue

En effet, les progrès de la productivité et le rythme de l'innovation génèrent une offre chaque jour plus importante et variée et le consommateur peut désormais se montrer plus exigeant sur la qualité. Dans ce contexte mondial d'évolution des marchés, la qualité est devenue une condition essentielle pour la compétitivité des entreprises dans tous les domaines de l'industrie.

Par ailleurs si la satisfaction des attentes des clients et la qualité doivent être le moteur de progrès des entreprises, toute démarche qualité dans une entreprise est fondée sur la rigueur. La qualité s'appuie et s'appuiera toujours sur des essais et des mesures tant il est vrai que l'on progresse que si l'on mesure. La qualité même de ces mesures repose sur une bonne métrologie. Que ce soit au niveau de la production, de la gestion de la qualité ou des essais de conformité, la globalisation des marchés et la concurrence accrue et surtout les certifications livrées par les organismes de normalisations imposent à l'entreprise une fonction métrologie non seulement performante et adaptée aux besoins, mais aussi apte à prouver aux clients l'exactitude des mesures et le bien-fondé des méthodes.

En fait la métrologie industrielle consiste à maîtriser et à optimiser l'utilisation des appareils de mesure qui peuvent avoir une influence sur la qualité du produit fini. A cette fin, la firme doit mettre en œuvre un système pertinent de gestion de leur parc d'instruments de mesure qui permet d'en assurer épisodiquement le raccordement aux étalons nationaux et d'en vérifier régulièrement la fiabilité. C'est dans cette optique que s'inscrit ce projet de fin d'études.

Dans le présent travail, nous avons tenté de résoudre un problème étroitement lié à l'amélioration de la performance métrologique des débits mètres au sein de la société Fromageries Bel Maroc, précisément sur la chaîne de fabrication où la non maîtrise du débit de la crème entraîne des pertes alarmantes.

Ce rapport décrit en première partie une synthèse bibliographique concernant des généralités sur le fromage et son industrie d'une part et sur la métrologie et son utilisation industriel d'autre part. En deuxième partie est réservée à l'étude expérimentale effectuée sur la métrologie des débits mètres et le calcul des incertitudes. Pour terminer une conclusion générale.

CHAPITRE 1 : LE SECTEUR FROMAGER MAROCAIN

Introduction

Le lait et ses dérivés ont des qualités nutritionnelles qui leur apportent une place privilégiée dans l'équilibre alimentaire. Ils sont la source principale de calcium, élément bien connu dans la constitution du squelette et des dents. Ils sont aussi des fournisseurs importants de protéines, de lipides, de sucre, de vitamines et d'énergie. De ce fait, la consommation des produits laitiers est évidente pour chaque individu. Dans l'important secteur des produits laitiers, le marché des fromages est aujourd'hui un élément qui compte, Bien que très diversifié dans ses formes, le fromage n'est pas encore entré dans les habitudes alimentaires marocaines. Seul, le fromage fondu est fortement consommé.

Diagnostic du marché :

Vendus au rayon ou à la coupe, les fromages se déclinent en une large panoplie. Or, malgré la diversification de l'offre fromagère sur le marché, la consommation des Marocains en matière de fromage reste limitée, en raison de leurs habitudes culinaires. En effet, avec un peu plus de 1 kg/an/ habitant, le Maroc est dépassé non seulement par l'Algérie ou la Tunisie, mais aussi par l'Egypte et les pays du Golfe. Le consommateur marocain reste limité quant à son choix, avec en premier lieu le fromage fondu, l'edam (la fameuse « boule rouge ») et les fromages frais (Figure 1). Selon le panéliste Euromonitor Internationale fromage fondu domine largement, avec un volume global estimé à environ 30.000 Tonnes, suivent les fromages à pâte pressée, autour de 8.000 T, dont 4.500 à 5.000 T d'edam, et enfin les fromages à pâte fraîche et molle (4.700 T), avec en tête la mozzarella .

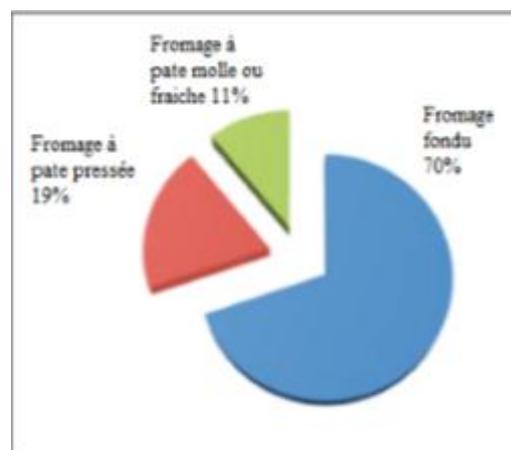


Figure 1 : Répartition du marché en volume par catégorie.

La croissance en volume du marché des fromages était de 6,4% en 2010, contre une moyenne de 3,8% par an entre 2005 et 2010. Cette croissance a bénéficié à toutes les catégories de façon à peu près équivalente, sauf pour le fromage fondu en tranches (+ 3,2% seulement) et, dans une moindre mesure, pour le frais (+ 5,7%). La croissance en valeur (Figure 2) suit la même tendance, avec + 6,2% en 2010, contre une moyenne de 4,5% par an ces 5 dernières années. A noter que le segment des fromages à pâte pressée croît moins en valeur qu'en volume, du fait d'une baisse des prix

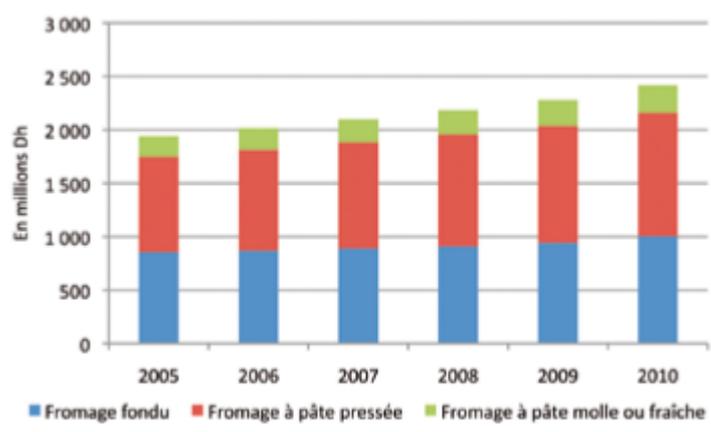


Figure 2 : Evolution du marché en valeur

Comme tout secteur alimentaire, le marché des fromages au Maroc connaît quelques difficultés, en commençant par la production, notamment en termes de matériel, car peu de sociétés proposent des équipements de Fromagerie, en termes de conditions de fabrication (température et humidité), de formation du personnel et de commercialisation (respect de la chaîne du froid). A cela s'ajoute le coût des matières premières.

Consommation Nationale

Le fromage le plus consommé au Maroc reste le fromage fondu (ou à tartiner). Si autrefois le marocain ne consommait que les fromages fabriqués traditionnellement par les femmes, tels le Jben, manière de valoriser leur surplus de lait, il n'a pas mis longtemps à adopter les fromages fondus en portions individuelles, à l'image des célèbres triangles enveloppés dans du papier aluminium du groupe Bel, sous la marque « La Vache Qui Rit » qui ont fait le tour du monde. D'abord importé, ce fromage est produit au Maroc à partir de 1977. Aujourd'hui, le marché du fromage fondu reste dominé par cet opérateur historique qui revendique 60 à 70% de parts de marché sur le fondu, avec « La Vache Qui Rit », « Kiri », « Mini Babybel » (import) et la marque locale « Les enfants »

Le reste du marché se partage essentiellement entre deux opérateurs locaux. En 1997, Fromagerie des Doukkala, née d'un partenariat entre Centrale Laitière et le groupe Bongrain, avec sa marque de fromage fondu « Cœur de Lait ». Margafrique investit également ce segment en 2006 avec sa marque « La Hollandaise ». Avec une consommation qui ne fait qu'augmenter, le marché du fromage au Maroc connaît une évolution notable ponctuée par une demande croissante en produits de qualité. Néanmoins, il demeure axé sur le fondu, principalement en portion. Or, le marché du fromage fondu étant désormais arrivé à maturité – il a pénétré quasiment tous les foyers marocains - les fromagers doivent développer les niveaux et les fréquences de consommation. Pour cela, ils rivalisent de créativité et s'intéressent de plus en plus aux diverses déclinaisons de ce fameux produit laitier afin de proposer les meilleurs fromages en terme de qualité nutritionnelle et organoleptique

Présentation du groupe Bel

Bel est un groupe familial internationale, d'origine française, spécialisé dans l'élaboration et la fabrication de fromages de marque de qualité, originaux et accessibles à tous. Présent dans plus de 120 pays à travers des marques internationales fortes comme La vache qui rit, Mini Babybel, Kiri, Leerdammer, Apéricube et de nombreuses marques régionales bien implantées. Le groupe emploie près de 12 000 salariés animés par des valeurs partagées d'éthique, d'innovation, d'enthousiasme, de compétence et de cohésion. Avec un chiffre d'affaires consolidé de plus de 2.2 milliard d'euros en 2008 et environ 80% des ventes en volume réalisées hors de France (Figure 3), Bel poursuit sa stratégie de croissance durable fondée sur une rentabilité et un leadership forts sur chacun de ses marchés.

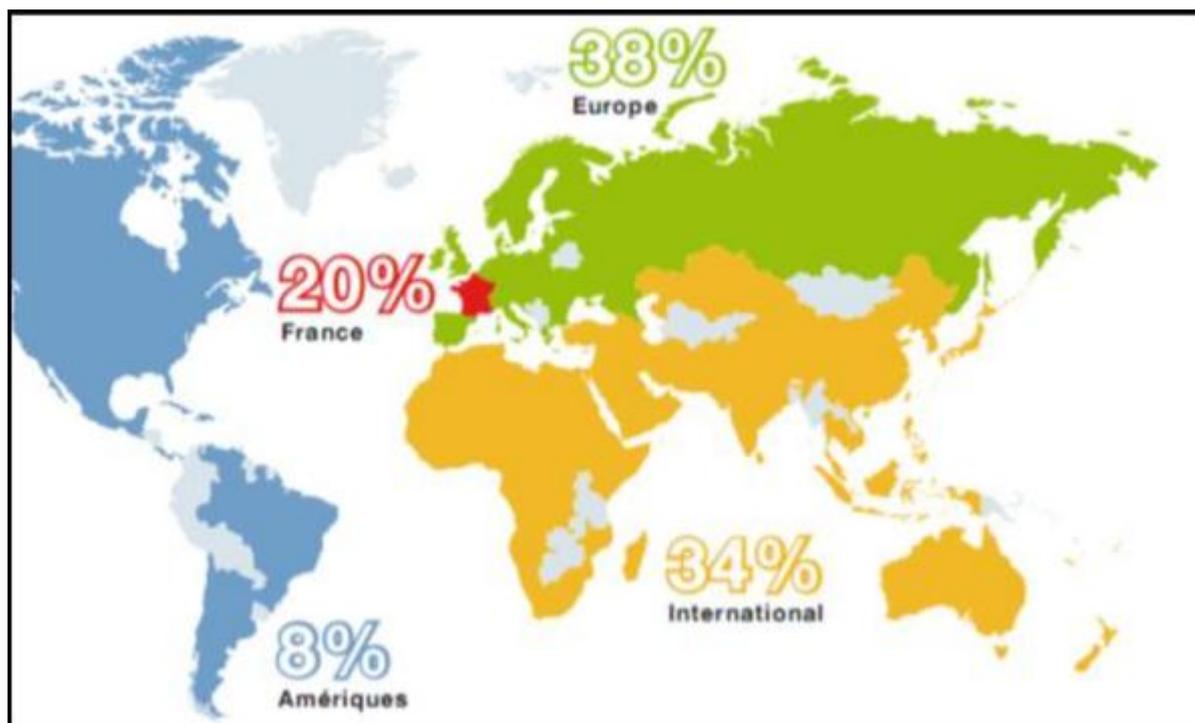


Figure 3 : Répartition du groupe Bel dans le monde

L'organisation de Bel en 4 zones géographiques (Tableau 1) lui permet d'être plus proche de ses consommateurs et d'adopter sur chaque grand marché la meilleure approche pour maximiser ses opportunités.

Afrique	Amérique	Asie	Europe
Maroc, Algérie, Egypte, Tunisie	Etats Unis, Canada	Turquie, Liban, Iran, Syrie, Chine, Vietnam et Japon	France, Suisse, Belgique, Pays-Bas, Autriche, Allemagne, Royaume Uni, Suède, République Tchèque, Slovaquie, Pologne, Italie, Grèce, Portugal, Espagne

Tableau 1 : Organisation géographique du groupe Bel

FROMAGERIES BEL MAROC

4.1. Historique

L'aventure du fromage fondu est récente. Jusqu'en 1971, les produits Bel étaient distribués par un grossiste-importateur de Casablanca. Le tonnage annuel ne dépassait guère 200 tonnes. En 1972, les Fromageries Bel ouvrent une succursale à Casablanca. C'est le début de leur véritable implantation au Maroc. Le marché des fromages est alors inexistant si l'on excepte les grandes villes. En trente mois, les tonnages passent

de 378 à 570 tonnes, soit une progression de 50%. En 1974, la marocanisation a amené la succursale à fermer le 31 mai. Le lendemain, le 1er juin, la Compagnie Fromagère Franco-Marocaine (COFRAMA), filiale créée par les Fromageries Bel, prend le relais. Avec 14 personnes, venues pour la plupart de la succursale, et un capital de 250.000 Dirhams, l'activité de COFRAMA redémarre [3]. En janvier 1977, les Fromageries Bel s'associent avec des hommes d'affaires marocains à la tête desquels se trouve Abdelwahab Laraki pour créer la Société Sialim, Il s'agit de créer à Tanger une Fromagerie capable de produire 500 tonnes de fromage fondu par an, puis de monter ensuite à 800 tonnes en deux équipes. C'est ainsi qu'en novembre 1977, les premières boîtes de La Vache Qui Rit " made in Morocco" sont fabriquées par Sialim et commercialisées par COFRAMA. Le reste des dates marquantes de la vie de la société sont les suivantes :

- ✚ En 1979 lancement de la belle vache et prolongement de la journée de production par la création d'une deuxième équipe de travail ;
- ✚ En 1981 lancement de Kiri ;
- ✚ Entre 1980 et 1983 construction de la nouvelle usine à la zone industrielle Moghogha;
- ✚ En 1984 lancement du produit les enfants ;
- ✚ En 1995 démarrage de l'export vers le Moyen Orient et l'Afrique subsaharienne et mise en place d'une troisième équipe de production la nuit ;
- ✚ En 1999 acquisition de la 1ère partie des locaux de la Société Zycsa et construction du bâtiment du service technique, le nouveau atelier de la cartonnerie, le magasin des pièces détachées, la salle de préparation et de fabrication de la pâte, la salle de lavage et le laboratoire ;
- ✚ En 2001 certification ISO 9001 version 2000 ;
- ✚ En 2003 acquisition de la 2ème partie des locaux de la Société Zycsa et extension de SIALIM, qui deviendra par la suite Fromageries Bel Maroc ;
- ✚ En 2004 début des constructions du nouveau site et déménagement des services administratifs vers le nouveau bâtiment sur l'allée N°1 au mois d'octobre de la même année. En 2007 : Obtention de la certification du système de management de la sécurité alimentaire ISO22000,
- ✚ En 2009 : Intégration du progiciel SAP (Systems, Applications, and Products for data Processing) qui est un logiciel de gestion et de planification de la production.

- ✚ En 2010 : Obtention de la certification OHSAS 18001 de la santé et sécurité au travail,
- ✚ En 2011 : Obtention de la certification 14001 de l'environnement et Conformité Sociale.

Les plus importantes certifications obtenues par l'entreprise sont représentés sur la figure 4.



Figure4: Les certifications obtenues par Fromageries Bel Maroc

4.2. Produits de FBM

L'usine de Tanger fabrique une diversité de produits, qui sont destinées aussi bien à l'export qu'au marché national, le tableau 3 représente les différents produits fabriqués :

Kiri : Nature : Fromage frais fondu.	
Kiri douceur de jben : Nature : Fromages frais fondus	
KIRI Al Jarra : Nature : Fromage frais fondu	
La vache qui rit en pot : Nature : Fromage fondu	
Picon & Régal Picon (Abou Lwalad) Nature : Fromage fondu	
La vache qui rit Nature : Fromage fondu.	
Les enfants : Nature : Fromage fondu	

Tableau 3: liste des produits fabriqués au sein des Fromageries Bel Maroc

4.3 Organigramme de l'entreprise :

La figure ci-dessous illustre l'organigramme de l'entreprise.

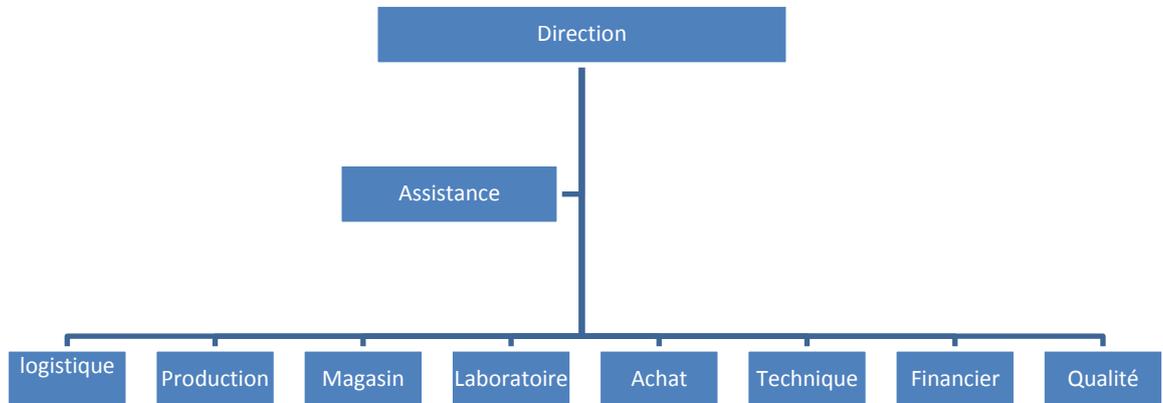


Figure 5: Organigramme de Fromageries Bel Maroc

Chapitre 2 : Généralités sur les fromages fondus

Introduction :

Le fromage a toujours été une valeur sûre de l'alimentation humaine c'est le résultat d'une transformation du lait très ancienne puisque des écrits témoignent de sa fabrication quelque trois mille ans avant notre ère en basse Mésopotamie.

Source précieuse de protéines, le fromage a été l'un des premiers moyens de conservation du lait, matière première rapidement périssable. Cependant, la coagulation du lait et l'égouttage du caillé qui en résulte n'offrent qu'une stabilité relative et variable selon les fromages qui sont des produits laitiers « vivants ».

D'ailleurs plusieurs procédés ont été développés afin de prolonger la durée de vie du fromage. Le fromage fondu est une préparation beaucoup plus récente, qui a permis une stabilisation bien plus poussée des protéines lactiques, tout en conservant plus au moins au produit fini l'aspect d'un fromage. Produit initialement destiné à la consommation directe, c'est encore aujourd'hui un type de fromage parfaitement adapté aux habitudes de consommation.

1. Réglementation et hygiène

La dénomination « Fromage Fondu » est réservée au produit de la fonte du fromage ou d'un mélange de fromage, éventuellement additionné d'autres produits laitiers. Sa teneur minimale en matière sèche est de 43g pour 100 g produit fini, et sa teneur minimale en gras sur sec (masse en grammes de matière grasse pour 100 g de produit après complète dessiccation) est de 40g.

En réalité, il s'agit plus d'une dissolution suivie d'une dispersion de protéines dans l'eau que d'une fonte qui, correspond au sens physico-chimique du terme, à la désintégration d'une structure solide cristalline par l'apport d'énergie thermique ou l'exercice d'une pression.

2. Composition du fromage fondu

Tartinable, de saveur douce, c'est un aliment énergétique riche en protéines et en minéraux ; il est digeste, d'une grande sécurité microbiologique et de surcroît, il se conserve à température

ambiante tout en offrant une grande praticité pour son utilisation. Le tableau ci-dessous résume la composition d'une portion de fromage fondu.

Eau	Matière Organique			Matière minérale			Vitamines		
	protéines	lipides	Glucides	Ca	Mg	P	A	B9	B12
11,5g	2,1g	4,7g	1,4g	121mg	3,8mg	148mg	100µg	18,9µg	18,9µg

Tableau2 : composition d'une portion de fromage fondu

Les fromages fondus se caractérisent par une texture humide et moelleuse, de la forte teneur en eau ainsi qu'une agréable odeur de crème avec une matière grasse pas trop élevée. Avec leur saveur douce et leurs culinaires, ils constituent d'excellentes alternatives pour ceux qui n'aiment pas les fromages affinés au caractère puissant. D'un point de vue nutritionnel, leur composition se rapproche en effet des fromages qui les constituent, avec en particulier une excellente teneur en calcium. Par contre, ils contiennent une petite quantité de glucides, du fait de l'ajout de sucre au cours de la fabrication.

Les fromages fondus sont donc parfaitement adaptés pour entrer dans les 3 produits laitiers journaliers recommandés par le Programme National Nutrition Santé

3. Différents types de fromage fondu

Ces produits issus de la fonte des fromages peuvent être regroupés en cinq familles classées ici par ordre chronologique d'apparition sur le marché mondial :

Fromage fondu type « bloc » : Le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée et une bonne tranchabilité, comparable à celle d'un fromage classique. Pour assurer sa stabilité, sa teneur en matière sèche est élevée et il est fondu partiellement ou totalement à partir de citrate de sodium. L'objectif est de retrouver l'aspect d'un fromage à pâte pressée bien que celui-ci ait fait l'objet d'un chauffage

Fromage fondu type « coupe » : Moins ferme que le bloc il n'est pas autant tartinable. Il contient trois à quatre points de moins de matière sèche que le précédent, ce qui le rend plus agréable à la dégustation. L'élasticité, parfois recherchée n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat sur les machines classiques.

Fromage fondu tartinable : C'est le processus de crémage qui permet en partie de régler la consistance du produit fini et de lui conférer une certaine tartinabilité. Cette famille

représente la majeure partie du marché français. Ces produits peuvent être aromatisés et conditionnés en emballages souples (portions) ou rigides (pots, barquettes, tubes)

Fromage fondu toastable : pour refonte, il se présente généralement sous forme de tranches adaptées à une utilisation dans les cheese burgers. Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle, comme une tranche d'emmental par exemple ce qui exige une préservation importante de la structure protéique des matières premières.

Fromage fondu thermostable : A l'inverse du précédent, c'est un fromage fondu qui ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur. Il subit un crémage très poussé. Et à des températures élevées, les cubes de fromage fondu doivent rester intacts après la stérilisation.

4. Theorie de la fonte des fromages

Le fromage fondu est un produit de seconde transformation dans la mesure où il est issu du fromage, lui-même issu du lait. Afin de bien comprendre les principes mis en œuvre et les réactions obtenues durant la fonte des fromages, il est indispensable de rappeler quelques notions relatives à la transformation du lait en fromage.

4.1 Transformation du lait en fromage :

Les micelles de caséine représentent la substance clé de la Fromagerie, leur composition et leur comportement revêtent une importance primordiale durant le processus de fonte. La caséine dans le lait est présente à raison de 26 g/kg et se compose en fait de quatre caséines différentes, dont chacune possède une série de variantes génétiques, en l'occurrence les caséines α_1 , α_2 , β et κ . Ces caséines disposent d'une structure spatiale bien définie, et contrairement à la plupart des autres protéines, elles ne peuvent pas se déployer en structures ordonnées. En raison de leur concentration dans le lait, ces molécules protéiques sont agglutinées sous forme de micelles grâce à leurs parties hydrophobes. Quant aux parties hydrophiles, elles sont positionnées en surface, ce qui les rend hydrosolubles. Cependant, ces micelles sont des structures dynamiques qui évoluent en permanence au gré des modifications du milieu, et notamment des variations de pH. Par exemple, lorsque le pH diminue, elles perdent leur caractère hydrophile et leur capacité de rétention en eau décroît. Ces micelles sont composées de sous-unités appelés submicelles, résultant d'une association de dix à cent molécules de caséine d'un diamètre de 10 à 15 nm, voir 20 nm, et d'une masse molaire

comprise entre 250 000 et 2 000 000 dalton (1 dalton = $1,65 \cdot 10^{-24}$ g/mol). Dans le lait, c'est le phosphate de calcium colloïdal qui, comme un ciment, entraîne des réticulations, c'est-à-dire l'agglutination des submicelles en micelles. Plusieurs voies sont possibles pour obtenir du caillé puis du fromage à partir du lait, ce qui justifie partiellement la grande diversité des produits finis obtenus. Cela dit, la grande majorité des fromages est produite par coagulation avec de la présure et même si, le plus souvent, on réalise une fermentation lactique durant la fabrication, celle-ci est relativement limitée. Par conséquent, les caséines conservent la majeure partie du calcium et de leur structure micellaire. Ainsi, les teneurs en calcium s'échelonnent de 0,7 à 11,0 g/kg selon les fromages. La présure extraite de la caillette de veau contient une enzyme, la chymosine, qui, compte tenu des conditions du milieu, entraîne une hydrolyse spécifique de la caséine k présente en surface des micelles. Cette action enzymatique sépare le glycomacropéptide, fraction hydrophile, et libère ainsi la partie intérieure hydrophobe. Lorsque près de 97 % du macropéptide d'une micelle de caséine est séparé, les interactions hydrophobes sont plus fortes que les forces de répulsion électrostatique, et quand plus de 85 % des micelles de caséine du lait sont ainsi modifiées, on observe la formation d'un gel visible. Ce gel est un réseau tridimensionnel de micelles de caséine regroupées qui renferme de grands espaces à l'intérieur desquels le lactosérum est piégé. Avec la coalescence croissante des éléments, le gel développe une certaine tension qui aboutit finalement à une rétraction avec expulsion de lactosérum, c'est le phénomène de synérèse. La coagulation est suivie par toute une série d'opérations qui concourent toutes à une élimination plus ou moins importante de lactosérum. L'égouttage débute par le décaillage qui vise à découper la masse de caillé en grains plus ou moins fins de manière à créer des surfaces d'exsudation du lactosérum. Ensuite, le mélange de caillé et de lactosérum est brassé et dans certains cas un chauffage plus ou moins sévère est appliqué afin d'intensifier la synérèse. Après le moulage, éventuellement assorti d'un pressage pour certains types de fromages afin de poursuivre l'égouttage dans les moules, les fromages sont démoulés. Ceux-ci peuvent être salés dans la masse avant le moulage, traités en saumure ou encore avec du sel sec après démoulage

4.2 Du fromage au fromage fondu :

Il existe deux grandes étapes qui président au processus de fonte des fromages :

a. Echange d'ions

b. Le crémage

Les mécanismes mis en œuvre lors de la fabrication des fromages fondus sont nombreux et complexes et on peut tenter de les représenter schématiquement sur un plan physique (Tableau 3). Ainsi, on pourra constater qu'en partant du lait pour aboutir au fromage fondu, en passant par le fromage, on assiste à une succession d'inversions des phases dispersées et dispersantes. Le fromage fondu est un système physico-chimique hybride, donc hautement instable, dans lequel :

- Les protéines sont plus ou moins gélifiées selon la texture recherchée pour le produit fini.
- La matière grasse est toujours dispersée ;

Étape	Phénomènes	Structures des Protéines
Fromage	Gel de paracaséinate de calcium ou réseau tridimensionnel de protéines : — plus ou moins minéralisées selon l'égouttage ; — plus ou moins protéolysées selon l'affinage.	Gel
<i>Facteurs de fonte</i>	Sels de fonte + eau + chaleur + cisaillement (action mécanique)	
<i>Échange d'ions</i>	Destruction du gel : — réseau protéique micelles : déréticulation — micelles submicelles : peptisation Libération de fonctions hydrophiles : hydratation et fluidification	
Fromage fondu non crémé	Mise en solution partielle des protéines dans la phase aqueuse	Sol
<i>Crémage (Kremage, Creaming)</i>	Absorption de caséine en périphérie des globules gras : émulsification Fixation sur les protéines Hydratation et gonflement Épaississement d'anions de phosphates des protéines polyvalents Pontages intermicellaires Gélification	
Fromage fondu Crémé	Poursuite du phénomène jusqu'à une température de 20 °C, avec anticipation nécessaire car le crémage continue pendant le stockage.	
<i>Facteurs de Fonte</i>	Exagération des facteurs : — physiques : chaleur (température élevée) — mécaniques : cisaillement (vitesse des couteaux et des agitateurs) + durée d'application — chimiques : sels de fonte (type et doses)	
<i>Fromage fondu surcrémé</i>	Destruction très poussée des submicelles : dissolution excessive. Coagulation des protéines avec séparation des phases (protéines/eau/huile). Texture cassante.	Gel

Tableau3: Principales étapes du processus de fonte des fromages

5. Ingrédients utilisés en fabrication des fromages :

5.1. Matières premières : Fromages

Caractérisation

Les fromages obtenus par coagulation enzymatique à la présure sont caractérisés par les critères suivants :

— pH ;

- extrait sec total (% massique) ;
- matière grasse (% massique) ;
- extrait sec dégraissé (% massique) ;
- nature de la texture en liaison avec la structure de la pâte ;
- niveau de minéralisation (% massique de calcium sur extrait sec dégraissé) ;
- teneur en caséine relative.

Ces critères sont fondamentaux pour sélectionner les différents fromages en fonction du process et des matériels utilisés d'une part et du type de produit fini recherché d'autre part.

Dans cette liste, un seul critère est problématique car son importance est primordiale pour la fabrication et son appréciation analytique est laborieuse : il s'agit de la teneur en caséine intacte, c'est-à-dire la caséine capable de constituer un réseau protéique et de participer activement au crémage de la pâte. Cette teneur en caséine active est représentée par la teneur en caséine relative, exprimée par le rapport massique de l'azote de la caséine sur l'azote total.

L'expérience acquise après de longues années de pratique a permis de mettre en évidence un seuil minimum de caséine intacte de 12 % en dessous duquel la structuration du réseau protéique est quasi impossible.

En outre, il existe une corrélation technologiquement importante entre la teneur en caséine relative et la structure du fromage. En effet, à une teneur élevée en caséine relative correspond une structure longue et filiforme, alors qu'à une teneur faible correspond généralement une structure courte.

Qualité microbiologique

Deux notions sont importantes, la nature des germes présents qui peuvent être sous forme végétative ou sporulée pour certaines espèces, et la charge microbienne, c'est-à-dire le nombre de germes présents par gramme de matière première si les formes végétatives sont plus résistantes à la chaleur. Ainsi, on rencontre des spores qui supportent un traitement UHT, (140 °C pendant quelques secondes).

5.2 Autres Ingrédients :

Crème, beurre et matière grasse laitière anhydre :

Ils sont utilisés pour équilibrer les formulations en matière grasse ou pour fabriquer des fromages fondus à fort gras sur extrait sec. Cette matière grasse diminue considérablement la viscosité du fromage fondu. Dans certains produits, une quantité importante de matière grasse à émulsionner doit être stabilisée par un apport accru en caséine intacte.

Sels de fonte

Les principaux sels utilisés pour la fabrication du fromage fondu sont les sels de l'acide phosphorique et de l'acide citrique.

Les citrates sont des sels de l'acide citrique. Le citrate qui présente un intérêt pour la fonte des fromages est le di hydrate-citrate tri sodique car c'est celui qui convient le mieux pour la fabrication et qui est le plus stable au stockage.

Rôles et conséquences

D'une façon générale, les sels de fonte vont en priorité jouer un rôle important au niveau de *l'échange d'ions*, mais on leur demande également d'intervenir à d'autres niveaux de la fabrication allant même jusqu'à la conservation du produit fini.

Tout d'abord, en tant qu'échangeur anionique, le sel doit cumuler les propriétés et les capacités suivantes :

- forte aptitude à lier les ions calcium.
- efficacité importante pour une faible masse de façon à limiter les taux d'incorporation et être ainsi conforme aux doses maximales définies par la réglementation.
- grande hydro solubilité pour faciliter les réactions d'échange d'ions avec les micelles et les submicelles.
- masse molaire limitée afin de ne pas trop ralentir le processus d'échange d'ions.

Code européen	Type d'acide ou de sel de fonte	Taux d'incorporation réglementaire
E 330	Acide citrique	Quantité suffisante (1)
E 331	Citrates de sodium	Quantité suffisante (1)
E 338	Acide orthophosphorique	20 mg.kg ⁻¹ au total
E 339	Orthophosphates de sodium	
E 340	Orthophosphates de potassium	
E 341	Orthophosphates de calcium	
E 450	Diphosphates de sodium, potassium et calcium	
E 451	Triphosphates de sodium et potassium	
E 452	Polyphosphates de sodium, potassium et calcium	
(1) Aucune toxicité n'a été démontrée ; aucune DJA (dose journalière admissible) n'a donc été fixée		

Tableau 4 : Taux d'incorporation des acides et des sels de fonte

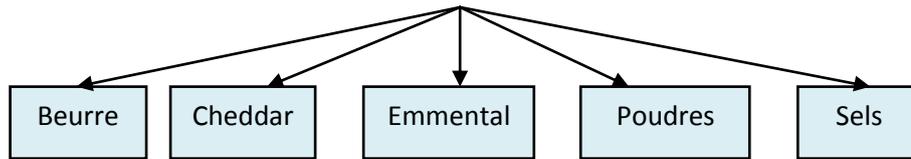
Dans les fabrications de fromage fondu tartinable, on demande aux sels de jouer un rôle plus ou moins marqué au niveau du crémage, c'est-à-dire dans la participation à la restructuration des protéines et à l'obtention d'une consistance souhaitée.

6. Chaîne de fabrication des produits de fromageries Bel

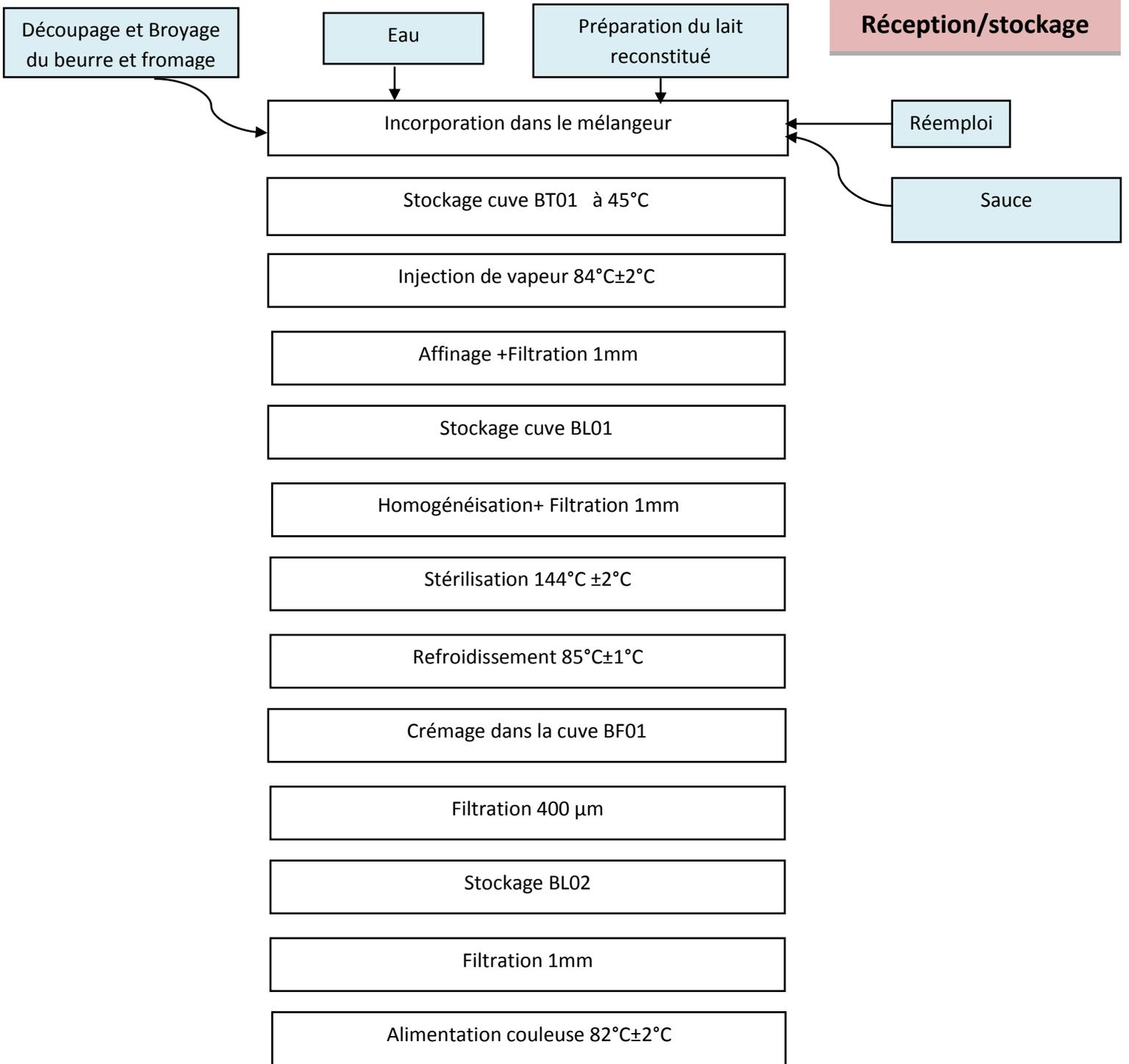
6.1.1 Fromages fondus :

Le fromage fondu est un produit obtenu par la fonte et l'émulsification, à l'aide de la chaleur, le fromage ou d'un mélange de fromages affinés ou non, additionné d'autres produits laitiers, tels des beurres et poudres de protéines laitières. Compte tenu de la diversité des ingrédients autorisés les fromages fondus fabriqués peuvent ainsi présenter des caractéristiques gustatives et fonctionnelles extrêmement variées. En ce sens, le fromage fondu est un produit particulièrement intéressant au regard de la formulation et des procédés. Le schéma ci-dessous résume le processus de fabrication élaboré par Fromageries Bel Maroc

Livraison MP



Fabrication



La pate est prête pour être conditionnée

6.1.2 Fromage frais fondu

Le fromage frais est un fromage à pâte molle non affiné qui, selon la norme FAO/OMS(C 31), possède un goût crémeux ou acide peu prononcé et l'arôme caractéristique d'un produit laitier issu d'une culture à base d'acide lactique et de bactéries spécifiques. Le fromage frais est facile à tartiner et à mélanger à d'autres aliments. Le fromage «frais ou non affiné» est du fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après la fabrication.

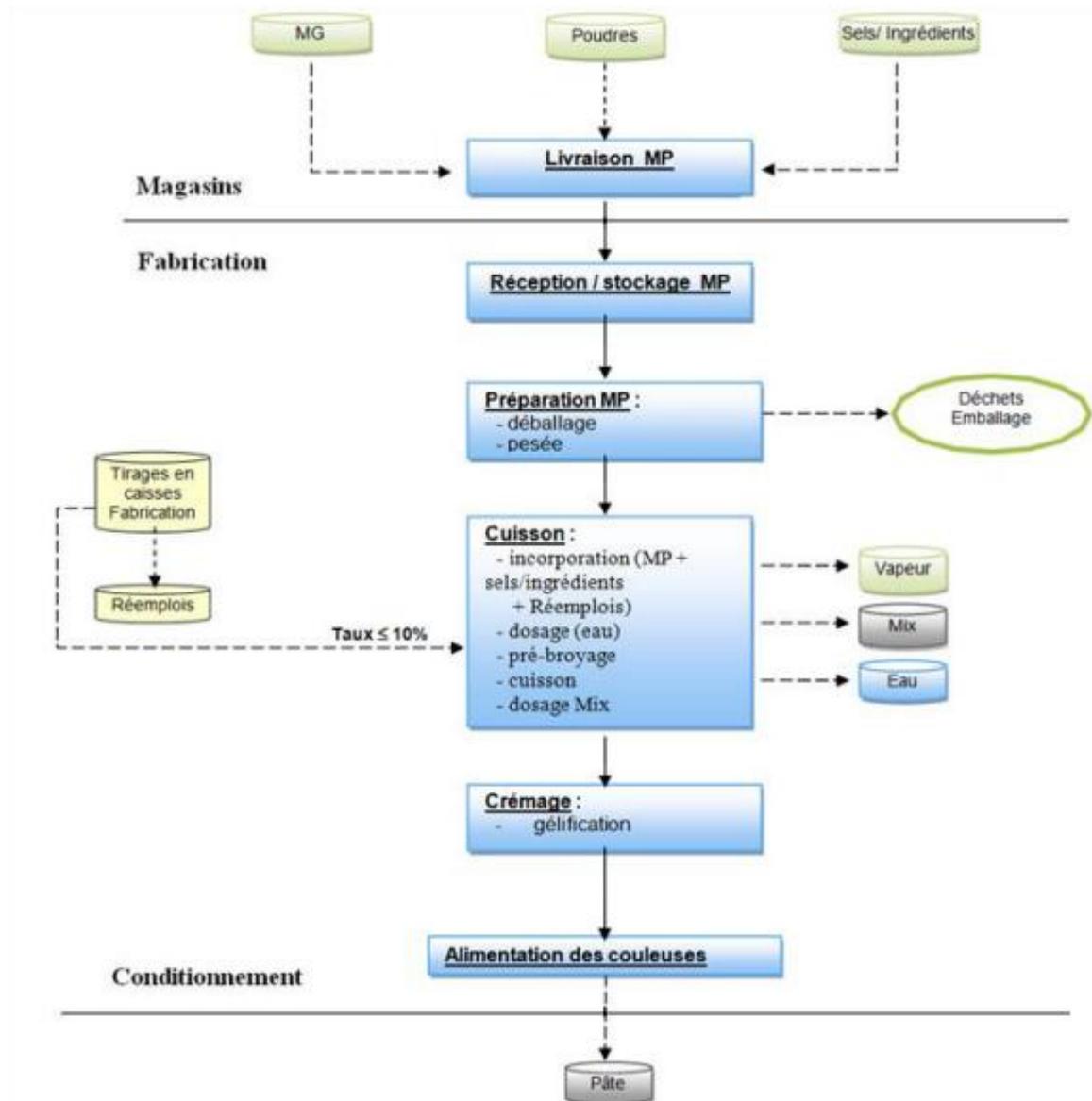


Figure5 : Schéma simplifié du procédé de fabrication des fromages frais fondus :

6.2 Objectifs des différentes opérations

a. Livraison des matières premières (MP) :

Approvisionner l'atelier de fabrication en matières premières:

- acceptées après les contrôles de réception.
- livrées en temps utile en respectant la conformité des quantités et conditions d'utilisation aux programmes de production.

b. Réception/ Stockage MP :

- Vérifier les quantités et la qualité des matières premières livrées.
- Mettre à la disposition de la fabrication les matières premières nécessaires à la réalisation du programme de production.
- Maintenir les matières premières dans des conditions optimales d'hygiène et de conservation.

c. Préparation MP :

- Déballage :

Séparer les matières premières de leur contenant (et éliminer les déchets d'emballage).

Garantir une rotation FIFO (First In, First Out) des matières premières au sein du stock fabrication.

Vérifier la bonne qualité gustative des matières premières à l'utilisation.

- Préparation des Réemplois:

Récupérer la pâte issue des tirages en caisse fabrication pour l'incorporer comme réemploi dans les prochaines fabrications.

- Pesée:

Peser les poudres, sels de fonte, beurre et réemplois selon la formule en respectant les tolérances de pesée.

d. Cuisson :

Broyer les matières premières.

Fondre les constituants et cuir le produit (garantir une charge microbiologique compatible).

e. Crémage :

Assurer la restructuration du réseau protéique pour l'obtention d'une pâte homogène, dont la viscosité doit être compatible avec les normes de texture et de coupe à froid du produit final.

f. Alimentation de la couleuse :

Garantir une alimentation suffisante des couleuses à pâte, adaptée aux variations de fonctionnement des machines

On constate que la conformité des produits par rapport aux spécifications prévues est déclarée avant, pendant et après le cycle de production à l'aide de mesurage et de vérification. La qualité de ces opérations est étroitement liée à l'adéquation entre les moyens de mesures et les besoins réels.

Donc l'objectif majeur de la métrologie au sein de fromageries Bel Maroc est de définir les règles à observer afin d'assurer la maîtrise des dispositifs ayant un impact sur la qualité des produits fabriqués

Chapitre 3 : Généralités sur la métrologie

Introduction

Afin de rester compétitif, les entreprises industrielles se doivent d'assurer et améliorer la qualité de leurs produits. Cela impose aux entreprises une maîtrise de leurs instruments de mesure.

En effet, dans tous secteurs d'activités, des mesures sont nécessaires pour maîtriser les processus de fabrication et garantir la conformité des produits vendus.

Cependant, les mesures relevées ne peuvent être considérées exactes qu'à condition que les instruments de mesure utilisés fassent l'objet d'une gestion particulière. Cette gestion fait partie des activités de la fonction métrologique.

C'est pourquoi, il est primordial de mettre en place la fonction métrologique au sein de l'entreprise. Celle-ci permet de cibler les actions en fonction des besoins réels de l'entreprise, d'assurer la maîtrise des instruments à tout moment et ainsi apporter une amélioration continue de la qualité.

1. Définition

Au sens large :

La métrologie est une science qui s'intéresse aux aspects théoriques et pratiques de la mesure, et ce, dans tous les domaines de la science et de la technologie. Plus spécifiquement, la métrologie touche l'utilisation des unités, la réalisation des étalons, les méthodes, les techniques et les appareils de mesure, ainsi que la précision obtenue

Selon l'ISO :

La métrologie consiste à gérer la préparation et l'exécution des opérations de mesurage afin de garantir des résultats de mesure, leur traçabilité et leur incertitude. La métrologie permet notamment de choisir la méthode et l'instrument de mesurage appropriés au niveau de précision recherché. Pour un client quel qu'il soit, deux éléments entrent en ligne de compte :

- La qualité du produit, dont il attend d'être satisfait,
- L'assurance de la qualité de l'entreprise dans laquelle il attend d'avoir confiance et qu'elle rende sûre l'obtention de la qualité du produit.

Dans le contexte économique actuel, il convient de ne pas produire plus, mais de produire mieux. La fonction métrologie devient ainsi la clé de voute de l'entreprise

2. Domaine d'application et utilité :

Les résultats de mesures servent à prendre des décisions tel que :

- Acceptation d'un produit (mesure de caractéristiques, de performance, conformité à une exigence)
- Réglage d'un instrument de mesure, validation d'un procédé,
- Réglage d'un paramètre dans le cadre d'un contrôle d'un procédé de fabrication
- Définition des conditions de sécurité d'un produit ou d'un système

Des mesures erronées ou inexactes peuvent entraîner des mauvaises décisions et peuvent avoir des conséquences sérieuses sur le plan financier ou de la santé humaine

3. Les différents aspects de la métrologie :

a. Métrologie Légale :

La métrologie légale est une branche de la métrologie réglementée par des lois, qui regroupe toutes les activités de mesures, les unités, les textes réglementaires et les contrôles sur le marché visant à protéger les consommateurs dans des domaines aussi variés que la santé, la sécurité ou l'environnement (SSE), ou de garantir des pratiques de commerce loyales.

L'étendue de la métrologie légale peut différer d'un pays à l'autre. Ainsi chaque instrument de mesure utilisé dans le cadre des échanges commerciaux fait l'objet d'une réglementation stricte visant à garantir l'égalité du citoyen devant cet échange.

La métrologie légale a développé, dans ce cadre, différents outils adaptés à sa mission, et notamment :

- ✓ L'approbation des nouveaux modèles d'instrument de mesure,
- ✓ Des décrets définissant les contrôles à réaliser périodiquement sur chaque type d'instrument de mesure

- ✓ Des décrets définissant les Erreurs Maximales Tolérées (E.M.T) et les classes d'instruments de mesure
- ✓ Des décrets définissant les fréquences auxquelles doivent être effectuées ces contrôles

Le service de métrologie légale et ses missions :

- Organiser et exécuter les contrôles métrologiques et vérifications en rapport avec les poids, les mesures matérialisées de longueur, les mesures de capacité de toutes sortes, y compris les verres à servir et autres récipients marqués, les instruments de mesure dimensionnelle ou multidimensionnelle et tous les autres instruments de mesure réglementés ;
 - Organiser et réaliser la surveillance métrologique des instruments de mesure en usage dans les secteurs réglementés ainsi que de leur utilisation et des méthodes de mesurage appliquées ;
 - Contrôler, en ce qui concerne les aspects métrologiques, les produits préemballés en quantités variables et les produits en préemballages à quantités nominales fixes.
 - Promouvoir et veiller à une application correcte et uniforme du système international d'unités de mesure et des autres unités légales.

Objectif de la métrologie légale

Les missions du service de métrologie légale, qui ont essentiellement un caractère technique, poursuivent un double but :

- D'une part, sur le plan de la protection des consommateurs, le service de métrologie légale contrôle l'exactitude des instruments de mesure (ex : balances, distributeurs routiers de carburants, etc.) mis en service dans le cadre des opérations et transactions courantes, et surveille l'utilisation correcte de ces instruments ;
 - D'autre part, sur le plan économique, le service de métrologie légale joue un rôle important dans la compétitivité des entreprises. Par son intervention dans l'industrie (alimentaire, chimique, sidérurgique), dans l'agriculture (laiteries, abattoirs, coopératives viticoles) ainsi que dans le commerce aux différents stades de la

distribution, il assure l'exactitude des résultats de mesure qui est une condition préalable dans les relations commerciales.

b. La métrologie Scientifique :

La métrologie scientifique, est la partie de la métrologie qui est chargée de définir les unités de mesure, de les réaliser (étalons), de les comparer entre pays, de les conserver et de les disséminer dans les pays membres. C'est essentiellement le domaine du Bureau international des poids et mesures (BIPM). Le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie associés ont la charge du Système International d'unités (SI), clef de l'uniformité mondiale des mesures et l'une des bases indiscutables du monde industrialisé

Pour assurer cette mission d'unification le BIPM est chargé :

- d'établir les étalons fondamentaux et de conserver les prototypes internationaux ;
- d'effectuer la comparaison des étalons nationaux avec les étalons internationaux ;
- d'organiser des comparaisons internationales au niveau des étalons nationaux ;
- d'assurer la coordination des techniques de mesures correspondantes ;
- d'effectuer et de coordonner les déterminations relatives aux constantes physiques fondamentales ;
- d'organiser des réunions scientifiques visant à identifier les évolutions futures du système mondial de mesure ;
- d'informer, par le biais de publications et de réunions, la communauté scientifique, les décideurs et le grand public sur les questions liées à la métrologie et à ses avantages

c. La métrologie Industrielle :

La métrologie dite industrielle couvre un vaste secteur qui comprend les industries, mais aussi de la santé, sécurité ou l'environnement. Dans l'industrie, elle est un gage de qualité des produits fabriqués et une composante indivisible de tout système qualité qu'il soit certifié ou non. On peut distinguer :

- ✓ La métrologie opérationnelle, qui intervient directement dans le processus de production sous la responsabilité conjointe des méthodes

✓ La fonction métrologie : qui est chargée du suivi métrologique des moyens de mesurage.

Les entreprises de production et les laboratoires opérationnels utilisent des instruments de mesure. Ils doivent s'assurer, dans le cadre des échanges « clients-fournisseurs » du suivi métrologique de leurs instruments. Dans ce cadre, ils sont amenés à entretenir des relations métrologiques avec les instances nationales soit directement, soit par l'intermédiaire d'organismes de métrologie légale ou de laboratoire d'essais et d'étalonnage accrédités. La série des normes ISO qui fixent les procédures à respecter par les entreprises dans le domaine de la métrologie sera détaillée dans la partie qui suit.

4. La relation entre la métrologie et la qualité

La métrologie est un élément essentiel de la qualité. Elle est un pilier au même titre que la normalisation et la certification.

Actuellement, une entreprise ne se contente plus de fabriquer le meilleur produit, elle veut maîtriser le niveau de qualité du produit et ainsi pouvoir le garantir à ses clients. Et afin de répondre aux exigences des clients, les instruments de mesure doivent être maîtrisés suivant les normes ISO9001 et ISO22000.

Les mesures associées au processus de fabrication permettent d'être objectif concernant la qualité d'un produit. Il est donc important que les mesures soient significatives et indiscutables. C'est pourquoi, le rattachement aux étalons nationaux est primordial.

a) Norme ISO 9001 :

L'organisme **doit** définir et mettre en œuvre des méthodes de contrôle (mesure et surveillance) et les équipements associés afin de garantir la conformité des produits aux exigences spécifiées. Pour assurer la validité des résultats, les équipements de mesure doivent être :

Etalonnés et/ou vérifiés à une fréquence définie. Les résultats sont enregistrés et conservés

- Identifiés afin de pouvoir déterminer la validité de leur étalonnage et/ou vérification. L'idéal est d'établir une fiche de vie pour chaque équipement Entretien et protégés contre tous dommages et détériorations

- L'organisme doit également s'assurer que les moyens de contrôle des organismes tiers et des fournisseurs sont vérifiés.

A noter que les fournisseurs de prestations de contrôle sont à considérer comme des fournisseurs de qualité et doivent donc à ce titre être évalués

b) Norme ISO 2200 Version 2005 :

L'organisme **doit** fournir les preuves du caractère approprié des méthodes et équipements spécifiés de surveillance et de mesurage afin de garantir la performance des procédures de surveillance et de mesurage.

Lorsqu'il est nécessaire de garantir des résultats valables, les équipements et les méthodes de mesurage utilisés doivent être:

- a) étalonnés ou vérifiés selon des intervalles spécifiés ou avant utilisation, par rapport à des étalons de mesure fondés sur des étalons de mesure internationaux ou nationaux (en l'absence de ce type d'étalon, la référence utilisée pour l'étalonnage ou la vérification doit faire l'objet d'un enregistrement);
- b) réglés ou re-réglés autant que nécessaire;
- c) identifiés afin de permettre la détermination de la validité de l'étalonnage;
- d) protégés contre les dérèglages susceptibles d'invalider le résultat du mesurage; et
- e) protégés contre tout dommage et toute détérioration.

Les enregistrements des résultats d'étalonnage et de vérification doivent être conservés.

En outre, l'organisme **doit** évaluer la validité des résultats de mesurages antérieurs lorsque les équipements ou les procédés se révèlent non conformes aux exigences spécifiées. Si l'équipement de mesurage n'est pas conforme, l'organisme **doit** entreprendre une action appropriée sur les équipements et sur tout produit concerné. Les enregistrements de cette évaluation et des actions résultantes doivent être conservés.

Lorsqu'ils sont utilisés pour la surveillance et le mesurage des exigences spécifiées, la capacité des logiciels à satisfaire à l'utilisation prévue doit être confirmée. Cette vérification doit être effectuée avant la première utilisation et reconfirmée si nécessaire.

c) Norme ISO 14001 Version 2015 :

L'organisme **doit** s'assurer que des équipements de surveillance et de mesure étalonnés ou vérifiés sont utilisés et entretenus de manière appropriée.

L'organisme **doit** évaluer sa performance environnementale, ainsi que l'efficacité du système de management environnemental. L'organisme doit communiquer les informations pertinentes relatives à sa performance environnementale en interne et en externe, comme identifié dans son ou ses processus de communication et requis par ses obligations de conformité. L'organisme **doit** conserver des informations documentées pertinentes comme preuves des résultats de surveillance, de mesure, d'analyse et d'évaluation

Partie

Expérimentale

Problématique:

Durant la dernière décennie, le Maroc s'est intéressé aux échanges et le commerce à l'internationale, cette ouverture qui va en parallèle avec la prospérité de l'économie du pays, qui est marquée par un certain équilibre de balance commerciale, vu l'augmentation des volumes des exportations et l'amélioration des indicateurs macro-économiques.

L'importance de la région du nord et spécialement la ville de Tanger en tant que meilleure ouverture du continent toute entier sur le monde, lui a permis une attention particulière lors de l'établissement des plans économique à moyen et long terme.

Ce qui fait, qu'avec le temps, cette ville s'est trouvée attractive pour les investissements étrangers grâce aux facilités fiscales, les zones franches d'exportation, et récemment, la construction de la plateforme portière et logistique Tanger Med.

En effet, la nature des zones industrielles et les zones franches plus spécialement fait que la grande partie de la production est destinée soit à l'exportation soit à la consommation nationale à grande échelle, ceci a donné une nouvelle place pour la fonction métrologique, qui prend de plus en plus du poids dans la définition de la stratégie des entreprises et dans l'amélioration de leur performance.

Par contre, l'émergence de la métrologie en tant que métier récent, département appart entière, et un levier de performance dans l'entreprise Marocaine rencontre un ensemble de problèmes.

Le problème principal est celui des compétences. Le système éducatif marocain n'est pas en mesure de former des cadres spécialistes en métrologie. Les praticiens quant à eux ont appris le métier sur le tas, du fait, ils sont inondés par l'opérationnel, et ne pensent que rarement dans un cadre stratégique de pilotage et d'amélioration de la performance.

Ainsi, ce travail a pour objectif de valoriser la fonction métrologique au sein de l'entreprise qui vise l'évaluation, le pilotage et l'amélioration de la performance, et sortir avec une base de donnée contenant l'ensemble des dispositifs de surveillance de l'usine et les méthodes d'étalonnage vues comme les meilleurs dans la pratique de la métrologie et le pilotage de la performance.

Le thème que nous avons choisis pour ce mémoire, et qui est un essai d'évaluation et d'amélioration de la performance de la fonction métrologique présente un triple intérêt :

Pour la société d'accueil : Répondre à un besoin de renforcer la performance du service fabrication par la mise en place d'une nouvelle méthode de vérification des débits mètres

Intérêt personnel : La mise en pratique des connaissances théoriques déjà acquises, en matière Outils et Management de la qualité et plus particulièrement la métrologie.

La découverte d'un nouveau domaine qui est la métrologie, et son exploitation pour la mise en pratique des solutions pour l'amélioration de la performance.

Mettre en place nos acquis en matière de compétence informatiques au service de la société d'accueil.

Le mémoire de fin d'études est un travail de recherche qui vient pour couronner nos années d'études universitaire. Le but est de réaliser un travail concret, répondant à nos attentes personnelles et professionnelles.

Intérêt Scientifique : Ce travail se veut une modeste contribution à l'étude des contraintes relatives à l'amélioration de la performance dans le contexte de l'industrie agroalimentaire, et les solutions pour améliorer cette dernière dans le contexte d'une multinationale disposant d'un service Management Qualité organisé.

Notre stage de fin d'études, s'est déroulé au sein de la société Bel Maroc, cette dernière est dotée d'un service qualité qui a choisi d'internaliser l'étalonnage et la vérification de ses dispositifs

Un choix, qui exige un niveau de vigilance et d'exigence en suivi et contrôle afin d'optimiser la gestion des instruments, rentabiliser l'activité, et améliorer la performance de la firme en général.

Cette amélioration de la performance du département fabrication contribue à l'amélioration de la performance globale de l'entreprise sur tous les niveaux, particulièrement au niveau financier et celui de la satisfaction client. Donc, nous pouvons formuler notre principale question comme suit :

Comment évaluer et améliorer la performance de la métrologie pour que celle-ci contribue à la performance de toute l'organisation? Contexte d'une entreprise d'industrie agroalimentaire.

Cette problématique peut être décomposée en trois sous questionnements :

- Comment se présente la fonction métrologie dans l'entreprise ?
- Comment peut-on procéder afin de gérer les pertes alarmantes liés à la non maîtrise des débits mètres au niveau de la production ?
- Comment peut-on mettre en pratique une méthode de vérification des débits mètres?

Chapitre 4 : Mise en place de la fonction métrologique au sein d'une société

Introduction :

La mise en place au sein de l'entreprise d'une organisation qui sera chargée de la gestion de son parc d'instrument de mesure, est le moyen privilégié pour atteindre une qualité sans reproche, il s'agit de « la fonction métrologique ». qui a pour rôle de mener des actions nécessaires pour élaborer, gérer et entretenir le parc des instruments de mesure, de contrôle et d'essai pour garantir la fiabilité du processus de fabrication dans le respect des exigences normatives, qu'elles soient internes ou externes

Tout ça dans le but d'assurer la maîtrise de l'aptitude à l'emploi de tous les moyens de mesure utilisés dans l'entreprise et en donner l'assurance.

Les acteurs :

Il est important de définir soigneusement les personnes qui seront en charges de la fonction métrologique car elles devront être capables de prendre les bonnes décisions faces aux pressions exercées par la production.

Le responsable de cette fonction doit avoir une connaissance des instruments et de leur utilisation afin de leurs appliquer une gestion adéquate dans laquelle le rapport qualité/prix est optimisé, ceci afin de garantir la maîtrise de leur conformité, tout en laissant au maximum les instruments disponibles pour la production.

Activités de la fonction métrologie

II.1. Elaboration d'un parc d'instrument

a) Identification des besoins

Pour la mise en place de la fonction métrologique dans l'entreprise, il faut dans un premier temps, identifier les besoins. Pour cela, il est nécessaire de connaître le vocabulaire de la métrologie. Cela permet une communication sans ambiguïté.

Les besoins peuvent être d'ordre organisationnel ou matériel.

Pour déterminer les besoins organisationnels, il faut se poser les questions suivantes:

- Quelle temps consacré à la métrologie?
- Faut-il des locaux, spécifiques et y-a t-il du personnel qualifié?

- Faut-il gérer la métrologie en interne ou faire appel à un organisme extérieur?

Concernant les besoins matériels, les questions sont les suivantes:

- Que faut-il mesurer et avec quelle précision?
- Quelles sont les procédures de mesure existantes?
- Quel instrument faut-il utiliser?
- Comment garantir la qualité des mesures?

La définition de ces besoins va permettre à l'entreprise de structurer la fonction métrologique et d'attribuer les personnes et moyens nécessaires à son bon fonctionnement.

b) Détermination de la méthode de mesure :

Afin d'obtenir des mesures répétables et donc exploitables, il est primordial que la méthode de mesure soit explicitée dans une procédure. Cette procédure doit comporter les éléments suivants:

- le matériel nécessaire,
- l'environnement de travail,
- les compétences nécessaires,
- et les étapes à suivre.

c) Détermination des instruments de mesures

Dans la procédure décrivant la méthode de mesure, le matériel nécessaire est précisé. Dans cette liste de matériel, il y a les instruments de mesure. Et afin de définir l'instrument le plus adéquat, il est important d'en connaître ses caractéristiques et la qualification nécessaire à son utilisation.

Mais avant d'acheter tout nouvel équipement, il faut s'assurer qu'il n'existe pas d'équipement déjà existant dans l'entreprise. Cela engendre des frais supplémentaires, dus à son achat mais également à sa maintenance.

Afin de déterminer l'instrument nécessaire, il faut évaluer les critères suivants:

- Caractéristiques des instruments de mesure (principe de mesure, résolution, incertitude de mesure ...)
- Type d'utilisation (fréquence, type de métrologie, ...)
- Utilisateur (qualification, ...)
- Environnement (facteurs d'influence: température, pression, poussière, ...).

II.2 Gestion d'un parc :

La gestion des instruments de mesure englobe les étapes suivantes:

a) Réception et mise en service:

A la réception d'un nouvel instrument, le responsable métrologie doit effectuer les actions suivantes:

- Vérifier qu'il est conforme à la commande
- L'identifier avec un numéro unique
- L'enregistrer dans l'inventaire
- L'attribuer au service ou à la personne défini dans le cahier des charges
- Ouvrir une fiche de vie
- Vérifier la présence du certificat d'étalonnage s'il a été commandé
- Dans le cas contraire, effectuer un contrôle avant la mise en service

b) Déterminer les instruments à suivre périodiquement

Tous les instruments de mesure ne sont pas forcément critiques pour la surveillance du process. C'est pourquoi, il est d'une importance cruciale de se demander si la mesure effectuée a de l'importance d'un point de vue qualité et sécurité. En d'autres termes, est-ce que la mesure a une influence directe sur la qualité du produit fini ?

On distingue ainsi 2 catégories d'instruments : les indicateurs et les instruments à suivre périodiquement ces instruments dits critiques.

Afin d'aider à déterminer dans quelle catégorie placer l'instrument étudié, il faut déjà se poser les questions suivantes :

- Est-il utilisé lors de la conception, de la production ou de l'installation d'un produit, pour démontrer la conformité aux exigences spécifiées ?
- Est-il utilisé comme étalon de référence pour assurer la fiabilité d'un autre instrument ?

Dans un souci de simplicité, il est recommandé d'utiliser une identification particulière pour les instruments à gérer périodiquement, afin de faciliter la gestion visuelle.

c) Choix du type de confirmation métrologique

Suivant la criticité de la mesure, la maintenance a effectué sera différente. Il faut donc déterminer si l'instrument est à étalonner ou uniquement à vérifier ou les deux, mais

également déterminer la fréquence de ses confirmations métrologiques. Dans tous les cas, il faut réussir à assurer le raccordement aux étalons nationaux. Cela permet de fiabiliser les résultats. Dans la majorité des cas, le raccordement passe par une confirmation effectuée en laboratoire externe, mais la responsabilité revient au responsable de la fonction métrologique, qui doit s'assurer que le laboratoire répond aux exigences requises.

- L'étalonnage est nécessaire lorsque l'on veut connaître l'écart par rapport à l'étalon ainsi que l'incertitude de mesure associée, afin d'effectuer des corrections. Cela permet également, par exemple, de suivre les dérives dans le temps de l'instrument et ainsi de revoir les périodicités à temps.

- La vérification permet d'apporter un jugement sur la conformité de l'instrument suivant les exigences du client, ou suivant les normes associées, ou encore suivant les éléments constructeur. Dans la pratique, il est nécessaire au laboratoire d'étalonnage d'effectuer l'étalonnage pour établir le constat de vérification. Il est donc fortement conseillé de demander le certificat d'étalonnage avec le constat de vérification.

d) Choix de la périodicité :

Afin d'assurer la fiabilité de l'instrument, il est nécessaire d'effectuer les confirmations métrologiques à intervalle maîtrisé. Il existe de catégories de périodicité : la calendaire et celle suivant l'utilisation.

La périodicité à intervalle calendaire permet de gérer un planning des confirmations métrologiques relativement à l'avance, car la date de prochain contrôle est déterminée selon la date de dernier contrôle.

La périodicité selon le temps d'utilisation prend en compte uniquement les jours dont l'instrument a été utilisé par un opérateur. Cela permet d'éviter des coûts de sur-qualité, mais est moins facile à gérer, car le planning ne peut être effectué qu'au dernier moment.

Afin de choisir entre ces deux catégories, il faut étudier les informations suivantes :

- les recommandations du fabricant : selon la technologie employée, l'appareil est plus ou moins susceptible d'évoluer ;
- la fréquence d'utilisation ;
- les conditions d'environnement poussières, humidité, atmosphère agressive ;
- les conditions d'utilisation : utilisation dans un atelier de production ou un laboratoire de métrologie ;
- l'exactitude de mesure recherchée.

II.3 Gestion d'un instrument de mesure non-conforme

a) Analyse de la non-conformité

Lorsqu'un instrument de mesure est déclaré non-conforme suite à une vérification, il faut analyser les critères de jugement de conformité et le type de non-conformité.

En effet, la vérification est effectuée soit suivant les écarts maximaux tolérés données par des normes généralistes, soit par les exigences client définies selon les tolérances process. Donc avant de rebuter l'instrument, il est nécessaire de s'assurer que l'instrument est réellement non-conforme à vos besoins.

Une fois la non-conformité établie de façon certaine, il faut déterminer si l'instrument peut être réparé, ajusté, déclassé ou s'il faut le rebuter. Cette étape est très importante pour éviter des rebuts superflus.

Ensuite, il faut déterminer comment l'erreur de l'instrument affecte le jugement de la qualité du produit contrôlé :

- l'instrument déclare un produit « Conforme » alors qu'il est non-conforme => risque de réclamation client
- ou l'instrument déclare un produit « non-conforme » alors qu'il est conforme => risque de rebut et donc perte de production

Tout équipement dont l'aptitude au service peut être mis en doute doit être retiré du service, soit par étiquetage visible, soit par marquage visible, soit par isolation matérielle. On ne doit pas remettre un équipement en service avant que les motifs de sa non-conformité aient été éliminés et qu'il ait été à nouveau vérifié

Si les résultats d'une vérification, avant ajustage ou réparation, sont tels qu'il y a présomption d'erreur significative sur une quelconque des mesures effectuées par l'équipement avant vérification, l'organisme doit effectuer les actions correctives nécessaires (par ex. évaluation des conséquences, recherche des éléments affectés, analyse des causes, raccourcissement des intervalles, ...).

Le déclasserement d'un équipement doit faire l'objet d'une procédure rigoureuse permettant de s'assurer, par marquage, étiquetage ou isolement physique, que l'équipement ne répondant plus aux exigences spécifiées dans la documentation du constructeur ne peut plus être utilisé dans ce cadre.

D'autre part, il est important d'analyser la cause de la non-conformité. Est-ce dû à une dérive d'usure ou un choc, une surcharge, une utilisation non adaptée ? L'analyse de l'historique

de l'instrument et des retours des opérateurs utilisant l'instrument en question est très importante.

b) Impact de la non-conformité sur la production et sur le client :

Lorsqu'un instrument est déclaré non-conforme, il est généralement rebuté et remplacé. Cependant, l'impact sur la qualité de la production n'est pas forcément analysé.

Or cette non conformité peut entraîner de lourdes conséquences sur la qualité des produits fabriqués antérieurement à la détection du problème.

C'est pourquoi il est important d'estimer depuis quand l'instrument est non conforme et quelle production a été impacté, ceci afin d'éviter des réclamations clients qui sont souvent générateur de coûts importants et d'une image de l'entreprise dépréciée.

Afin d'estimer la période de production à analyser, il y a plusieurs éléments à prendre en compte. Il faut dans un premier temps se poser les questions suivantes :

- La non-conformité génère-t-elle des rebuts ou des produits non-conformes ?
- Dans le cas de rebuts, est-ce qu'une rectification des produits rebutés est possible ?
- Dans le cas de produits non-conformes mis en stock, est-ce qu'il y en a déjà de vendu ?
- Est-ce qu'il y a un processus de mesure effectuant une mesure redondante plus tard dans le processus de fabrication ?
- Est-ce que la non-conformité du produit peut être détectée systématiquement avant la mise en stock ?
- Quelle est la gravité de la non-conformité ?

Suivant la gravité, il est possible qu'une simple modification des EMT et/ou tolérances produit soit nécessaire, mais cela peut nécessiter de faire revenir les produits déjà chez le client.

Concernant les rebuts, il n'est alors pas nécessaire de vérifier les stocks. Par contre, s'il y a un risque de produits non-conformes en stock, il faut alors pousser la démarche plus loin :

- L'analyse de la dérive de l'instrument permet-elle d'en déduire une date à laquelle l'instrument a pu devenir non-conforme ?

- Est-ce que l'opérateur utilisant l'instrument l'a fait tomber entre les deux derniers étalonnages ?

- Est-ce que l'opérateur a dû régler la machine de production de façon significative entre les deux derniers étalonnages ?

- Y-a-t-il eu des réclamations clients ? Si oui, depuis quand ?

- Le taux de rebuts a-t-il augmenté significativement ?

Une fois la période critique déterminée, il faut effectuer le tri du stock, mais également mettre en place des actions curatives dans le cas d'une incidence grave :

- modification du processus de mesure,
- mise en place d'une surveillance en interne du processus de mesure,
- révision de la périodicité d'étalonnage,
- information ou formation du personnel,

Chapitre 5: La métrologie en pratique

Introduction :

Sans incertitude les résultats de mesure ne peuvent plus être comparés soit entre eux, soit par rapport à des valeurs de référence spécifiés dans une norme ou spécification dans ce cas on parle de la conformité du produit

Il est donc d'une importance cruciale de mettre en œuvre des mesures fiables, exactes, agréées et approuvées par toutes les autorités concernées dans le monde. C'est pourquoi les métrologues ne cessent d'élaborer de nouvelles techniques de mesures, de concevoir de nouveaux instruments et procédures afin de satisfaire la demande sans cesse croissante, d'améliorer l'exactitude et d'accroître la fiabilité et la rapidité des mesures.

Pour cela les métrologues s'intéressent à la qualité des mesures et en particuliers à deux facteurs, le premier est de s'assurer du raccordement de la mesure à des étalons de référence. Le deuxième facteur n'est autre que la qualité de la mesure on parle donc du calcul de l'incertitude.

C'est dans ce contexte que vient s'intituler notre projet, en effet nous allons essayer de mettre en œuvre une nouvelle méthode de vérification des débits mètres, par la suite calculer l'incertitude de mesure fournie par cette méthode.

Il est d'une importance primordiale de connaître le type de débitmètre utilisé en fabrication ainsi que son principe de fonctionnement.

Il s'agit bien évidemment des débits mètres électromagnétiques qui consistent en un capteur à travers lequel le liquide mesuré s'écoule et une unité électronique où le signal bas niveau en provenance du capteur est transformé en une forme standard appropriée à un traitement ultérieur dans les divers dispositifs électroniques industriels.

Le signal de sortie est proportionnel au débit du liquide mesuré. Le seul facteur limitant l'utilisation des débitmètres électromagnétiques est la nécessité que le liquide mesuré soit conducteur et non magnétique.

Principe :

Le fonctionnement d'un débitmètre électromagnétique est basé sur la loi d'induction de Faraday. Le capteur consiste en un tube non magnétique et non conducteur avec deux électrodes de mesure enchâssées. Pour créer un champ magnétique alternatif, deux bobines sont montées sur le tube en parallèle avec le plan défini par les parties actives des électrodes de mesure. Si un liquide conducteur s'écoule à travers le champ magnétique, une tension apparaîtra sur les électrodes de mesure, proportionnelle à la vitesse d'écoulement et à la longueur du conducteur.

I. Méthode d'étalonnage et de vérification des débits mètres

I.1 Méthode d'étalonnage

L'étalonnage doit être réalisé par un laboratoire certifié et traçabilité L'accréditation et la traçabilité des documents assurent que les revendications d'un laboratoire en matière de précision sont respectées. Lorsqu'un laboratoire donné répond à ces critères, les spécifications de ce laboratoire doivent être examinées pour déterminer si elles couvrent les plages de mesures et les incertitudes souhaitées. Il est important de garder à l'esprit que traçabilité ne signifie pas toujours précision.

I.2 Méthode de vérification

Mode opératoire :

- Préparer la tuyauterie en aval du débitmètre, pour prélever la crème du récipient
- Mettre en service la pompe de circulation
- Passer la chaîne de débit en automatique
- Régler le point de consigne au point de fonctionnement
- Déclenchez le chronomètre
- Prélever sur une durée de 5min
- Déterminer la masse par peser du récipient
- Calculer le débit

Matériel Requis :

- Un récipient taré
- Un chronomètre étalonné

➤ Une balance étalonnée

Après avoir effectué la vérification du débitmètre à l'UHT nous avons recueilli des résultats d'étalonnage qui seront représentés dans le tableau ci-dessous et qui vont nous aider à calculer les incertitudes.

Valeurs Etalon (VE)	Valeurs indiquées par l'appareil à étalonner(Ve)
40	40.4
40	40.2
40	40.4
40	40.2
40	40.4

On procède d'abord par une étude préliminaire qui consiste en un calcul de la moyenne et l'écart type

✓ la moyenne :

C'est le rapport entre la somme des valeurs et le nombre de valeurs. On obtient donc :

La moyenne de l'étalon est de 40Kg

La moyenne de l'équipement à étalonner est de 40.32 Kg

✓ l'écart type :

L'écart-type est la racine carrée de la variance, elle-même définie comme la moyenne du carré des écarts à la moyenne. Par ailleurs on trouve :

L'écart-type de l'étalon : 0Kg

L'écart-type de l'équipement à étalonner : 0.11Kg

II. Calculs des incertitudes :

Lors d'un mesurage, le résultat de la mesure va être perturbé par différentes grandeurs d'influence engendrant des erreurs. C'est pourquoi, il est important de maîtriser ces erreurs en recherchant leurs causes, afin de les minimiser, voir de les supprimer.

On regroupe ces erreurs en 3 catégories :

- **Les erreurs systématiques** : Ce sont des erreurs reproductibles liées à une cause physique, donc pouvant généralement être éliminées par des actions correctives.
- **Les erreurs aléatoires** : Ce sont des erreurs, non reproductibles, qui obéissent à des lois statistiques.
- **Les erreurs accidentelles** : Elles résultent d'une fausse manœuvre, d'un mauvais emploi ou de dysfonctionnement de l'appareil. Elles ne sont généralement pas prises en compte dans la détermination de la mesure.

Dans un premier temps nous allons calculer l'erreur de justesse qui est l'erreur globale résultant de toutes les causes pour chacun des résultats de mesure pris isolément. C'est donc l'aptitude de l'appareil à donner des résultats qui ne sont pas entachés d'erreur.

Dans ce cas c'est l'écart entre le résultat moyen et la valeur vraie(étalon)

$$E_j = \text{ABS} (X_{\text{barre VE}} - X_{\text{barre Ve}})$$

$$E_j = 0.32$$

Dans un deuxième temps on cherche à déterminer les incertitudes à savoir, de type A et de type B

Incertitude de type A :

Les incertitudes de types A sont utiles quand un nombre de mesures sont réalisées dans les mêmes conditions. C'est le cas lorsque l'on ne dispose que de peu d'informations sur les sources d'erreurs, puisque celles-ci n'entrent pas en compte dans le calcul.

Cela permet d'ignorer l'effet des erreurs aléatoires, dont on estime qu'elles se compensent en moyenne, mais pas les erreurs systématiques, dont il faut toujours tenir compte.

Il s'agit alors d'un simple traitement statistique des erreurs : on calcule l'écart type de la série, ce qui nous donne directement l'incertitude sur la mesure.

Ecart type (= incertitude dans le cas d'une estimation de type A) :

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum (x_{\text{barre}} - x_i)^2$$

Dans notre cas on trouve :

$$\sigma^2 = \frac{1}{5} * 0.048$$

$$\sigma^2 = 9.6 * 10^{-3} \text{ Kg}$$

Donc cette méthode fournit des résultats avec une répétabilité de la mesure par rapport à l'étalon avec une incertitude de $u_a=0.098\text{Kg}$

Incertitude de type B :

Lorsque l'estimation d'une grandeur X ne peut être obtenue à partir d'observations répétées, la variance estimée $u^2(x)$ ou l'incertitude-type $u(x)$ sont évaluées par un jugement fondé sur des lois de probabilité supposées a priori.

La détermination de la loi de l'erreur est liée à la maîtrise du processus de mesure et à l'expérience de l'opérateur ; elle dépend d'un ensemble d'informations qui peuvent être :

- des résultats de mesures antérieures ;
- l'expérience ou la connaissance du comportement et des propriétés des matériaux et instruments utilisés ;
- de facteurs d'influence (température, pression,.....) ;
- des spécifications du fabricant ;
- les données fournies par des certificats d'étalonnage ou autres ;
- l'incertitude assignée à des valeurs de référence et donnée avec ces valeurs.

Cependant Les lois qui sont rencontrées le plus souvent sont les lois normales et les lois rectangulaires (ou uniformes).

Tant qu'on ne connaît pas la forme de la distribution on va utiliser une distribution rectangulaire : $u(x) = \frac{a}{\sqrt{3}}$

Référence :

Le certificat d'étalonnage de l'étalon donne $I_{ét} = \pm 0,023$ avec $k = 2$, d'où

$$u(x) = \frac{0.023}{2} \text{ on obtient donc : } u_1(x)=0.012$$

L'incertitude sur l'étalon est connue par son certificat.

Résolution de l'équipement :

Pour l'équipement, le constructeur donne une résolution de 0.1Kg. La variation de l'indicateur suivant une loi rectangulaire, on a donc une incertitude : $u_2(x) = \frac{0.1}{\sqrt{3}}$

$u_2(x)=0.058\text{Kg}$. Cette incertitude est due à l'affichage de l'équipement.

Résolution de l'étalon :

L'étalon, le certificat affirme une résolution de l'étalon de 0.02Kg. La variation de l'indicateur suivant une loi rectangulaire, on a donc une incertitude : $u_3(x) = \frac{0.02}{\sqrt{3}}$

$u_3(x)=0.012\text{Kg}$. Cette incertitude est due à l'affichage de l'étalon.

Ecart-type composé :

Après avoir estimé les composantes individuelles et les avoir exprimées sous forme d'incertitudes, dans l'étape suivante il faut calculer l'écart-type composé en utilisant la formule suivante :

$$u(x)=\sqrt{\sum s^2}$$

$$u(x)=\sqrt{(0.012)^2+(0.058)^2+(0.012)^2+(0.098)^2}$$

$$u(x)=0.12\text{Kg}$$

Incertitude élargie :

Le stade final consiste à multiplier l'incertitude type composée par le facteur d'élargissement choisi de manière à obtenir une incertitude élargie.

L'incertitude élargie est nécessaire à l'obtention d'un intervalle susceptible d'inclure une fraction importante de la distribution des valeurs pouvant raisonnablement être attribuée au mesurande.

Dans la majorité des cas il est recommandé de fixer la valeur de k à 2 on aura par ailleurs

conclusion

Compte tenu des risques économiques encourus à accepter un produit mauvais ou à refuser un produit conforme, on comprend la nécessité de réaliser des mesures fiables et de bonne qualité.

Pour cela deux critères fondamentaux sont à prendre en compte :

- Exactitude des instruments de mesure,
- La confiance qu'on peut accorder aux résultats de mesure qui se quantifie par l'incertitude de mesure

Bien qu'elle soit une composante de la qualité des produits, la métrologie constitue désormais un véritable enjeu de compétitivité pour les entreprises

Au-delà de la métrologie légale qui s'impose par l'état aux chefs d'entreprise producteurs ou détenteurs d'instruments de mesure, il existe aussi une métrologie non réglementée et qui constitue l'épine dorsale de nombreuses normes à savoir ISO9001 et 22000..

Pour toute entreprise, il est en effet impossible de fabriquer des produits conformes et de qualité sans disposer d'instruments dûment étalonnés et performants. Tel est le sens de l'action conduite par Fromageries BEL Maroc qui est amenée à faire étalonner une partie de ses instruments auprès d'un laboratoire externe. Cependant il faut qu'elle s'assure que le sous-traitant choisi répond bien aux critères de l'assurance qualité.

Toutefois la sous-traitance n'exclut pas de garder des compétences internes. Bien au contraire ne serait-ce que pour suivre son sous-traitant, voire être capable de remettre en cause certains de ses décisions