



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

*Contrôle Du Niveau De Maitrise Des
Paramètres Physico- Chimiques Du Fromage
Fondu*

Présenté par :

◆ **Karima LAÂDNANI**

Encadré par :

◆ **Mme Samira EL OUARGHILI (Société)**

◆ **Pr Jamal ASSOUIK (FST)**

Soutenu Le 07 Juin 2016 devant le jury composé de:

- **Pr Jamal ASSOUIK**
- **Pr Mohammed CHAOUQI**
- **Pr Mohammed Khalid SKALLI**

Stage effectué à Fromagerie BEL

Année Universitaire 2015 / 2016



Du sourire à partager

Dédicace

À Mes parents

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon profond amour, mon grand respect et mon estime. J'espère que ce travail vous apportera du bonheur autant que vous m'avez toujours offert. Je saurai vous remercier pour tout ce que vous avez fait pour moi et tout ce que vous faites toujours pour moi.

À Mon petit frère Mohamed Amine et mon adorable petite soeur Fatima-Zahrae

Que Dieu les accorde une longue vie et une santé de fer.

À Mr ALLAM Jamal

Pour son soutien durable, motivation profonde et orientation correcte

À Toute ma famille

À Toutes et à tous mes amis

Pour une sincérité si merveilleuse...jamais oubliable, en leur souhaitant tout le succès et tout le bonheur.

À Toutes celles et à tous ceux qui me sont chers

À Toute personne

Qui m'a aidé à franchir un horizon dans ma vie ...

Aimablement...



LAÂDNANI Karima

Je dédie ce modeste travail ...



Remerciements

Avant d'aborder le contenu de ce rapport, j'aimerais exprimer toute ma gratitude et mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'enrichissement de ce travail et à sa réussite, qui m'ont aidée à surmonter toutes les difficultés rencontrées pendant la période de mon stage.

Mes profondes gratitude et vifs remerciements s'adressent à :

Mme Samira EL OUARGHILI ma tutrice au sein de l'organisme, de m'avoir correctement orienté durant toute la durée du projet et grâce à qui j'ai pu passer un bon stage dans l'esprit de la communication et la fraternité.

Mr Jamal ASSOUIK pour son encadrement pédagogique ainsi que tous les enseignants de la FSTF.

Toute l'équipe du service laboratoire pour son implication, son soutien, et pour m'avoir fourni toutes les informations nécessaires pour l'élaboration de ce rapport, spécialement Mme.Aziza, Mr.Iachi et Mme Imane.

Mr. Rachid et Mr. Azzedine pour leurs aides, leurs explications, leurs soutiens inconditionnels et leurs conseils.

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble du personnel de Fromageries Bel Maroc pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de mon passage chez eux.

Un témoignage particulier de gratitude est également exprimé Mr Allam et à tous mes professeurs à qui je dois l'essentiel de ma formation au long de trois ans, en espérant bien qu'ils trouvent dans ces lignes le témoignage de mes reconnaissances.

je remercie les honorables membres de jury, Pr. M.CHAOUQI et Pr. M.SKALLI d'avoir bien voulu consacrer une partie de leur précieux temps à évaluer mon travail.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'accomplissement de ce projet.

Liste des figures

Figure 1 : schéma simplifié du procédé de production du fromage fondu.....	10
Figure 2 : étapes de conditionnement du fromage fondu en portions triangulaires.....	14
Figure 3: variation du pH en fonction du quantième.....	21
Figure 4: variation d'extrait sec en fonction du quantième.....	22
Figure 5 : écart par quantième entre les deux méthodes utilisées.....	23
Figure 6 : variation de la matière grasse en fonction du quantième.....	24
Figure 7 : variation du rapport gras/sec en fonction du quantième.....	25
Figure 8: suivi de la texture par quantième de J+20min.....	26
Figure 9: suivi de la texture par quantième de J+7j.....	27

Liste des tableaux

Tableau 1 :Fiche technique de FBM.....	5
Tableau 2 : Destination des produits à l'export.....	7
Tableau 4: Les résultats du suivi de pH.....	21
Tableau 5: Les résultats du suivi d'extrait sec.....	21
Tableau 6 : Les résultats de la matière grasse par quantième.....	23
Tableau 7: Les résultats du rapport GRAS/SEC.....	24
Tableau 8 : Résultats de j+20 min.....	25
Tableau 9 : Résultats deJ+7j.....	26



Du sourire à partager

Liste des abréviations

VQR : la vache qui rit

Ass : assurance

MP : matière première

SIALIM : Société Industrielle d'ALIMENTATION

UHT : Ultra Haute Température

pH : potentiel d'hydrogène

MS : matière sèche

MG : matière grasse

TA : taux d'affinage

MAS : matière azoté soluble

MAT : matière azoté total



Du sourire à partager

Sommaire

Dédicace

Remerciements

Introduction1

Chapitre1 : Présentation de la société Bel Maroc.....2

1. Historique.....4
2. Fiche technique de la société.....5
3. Produits Fromagers fabriqués dans l'usine de Tanger.....6
4. Organigramme de l'entreprise.....8

Chapitre 2 : Procédé de fabrication du fromage.....9

1. Production du fromage fondu triangulaire.....10
2. Lavage au sein de l'usine.....11
3. Chaîne de conditionnement de fromage fondu.....12
4. Conservation.....15

Chapitre3 : Présentation et discussion des résultats expérimentaux.....16

- I. Description des paramètres physico-chimiques.....17
 1. Détermination du pH.....17
 2. Détermination d'extrait sec.....17
 3. Détermination de la teneur en matière grasse.....18
 4. Texture.....19
- II. Etude des paramètres physico-chimiques du produit fini VQR Maroc.....20
 1. Mesure du pH.....21
 2. Suivi de l'extrait sec.....21
 3. Suivi de la matière grasse.....23
 4. Contrôle de la texture.....25
 5. Discussion.....27

Conclusion.....28



Du sourire à partager

Introduction

La sécurité et la qualité d'un produit sont les premières exigences que les entreprises marocaines doivent les réalisées pour une meilleure satisfaction du consommateur, d'où la nécessité de mettre en place un système qualité perpétuel permet de suivre la qualité du produit à chaque stade de son parcours et également avant sa commercialisation.

C'est dans cette optique la société « BEL MAROC » s'est engagée de mettre l'accent au service qualité par la réalisation des différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques confirmant la qualité du produit, sans oublier également le contrôle de son unité logistique (emballage) afin d'assurer la commercialisation d'un produit sain, nutritif et de haute qualité.

Nous avons effectuer un stage de fin d'étude au sein de la société « BEL MAROC », d'une durée de 45 jours. Notre sujet s'est accentue particulièrement sur le contrôle qualité du fromage fondu en terme des paramètres physico-chimiques mesurables associé l'étude statistique des problèmes observables au poste d'estimation qualité à la sortie d'usine.

L'objectif principal de ce travail est d'assurer la conformité des résultats des analyses physico-chimiques aux normes prédéfinies pour garantir une bonne qualité du produit.

Cette mémoire est répartie selon le plan suivant :

Dans une première partie nous tenterons de présenter l'organisme d'accueil, de ses produits et aussi du procédé de fabrication du fromage fondu.

Dans une deuxième partie nous détaillerons les contrôles physico-chimiques, ainsi que les résultats obtenus des suivis.

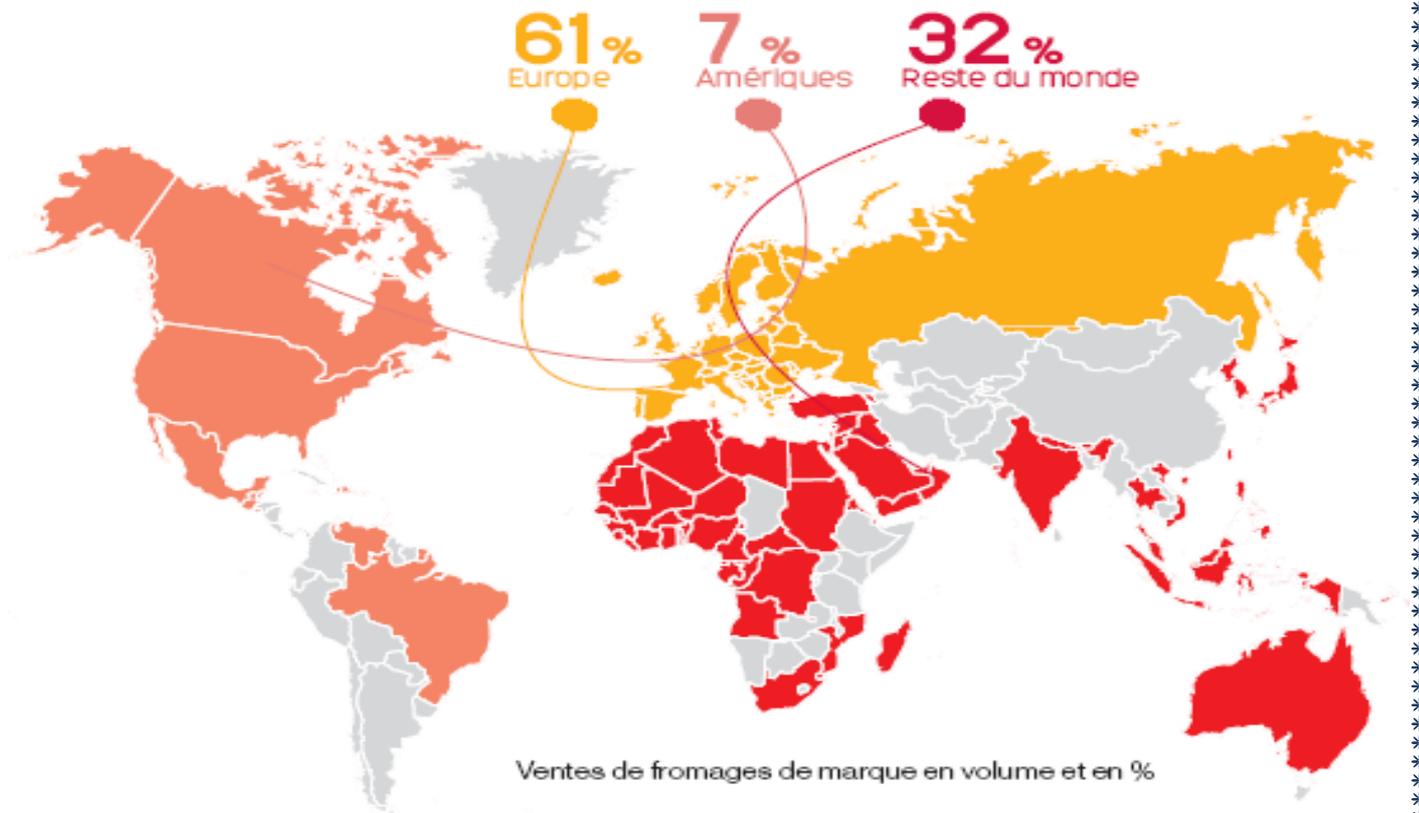


Du sourire à partager

Chapitre 1 :

Présentation De La *Société Bel Maroc*

Bel est un groupe familial international, 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, Babybel, Kiri et de nombreuses marques régionales bien implantées, le groupe emploie près de **9 000** salariés animés par des valeurs partagées d'éthique, d'innovation, d'enthousiasme, de compétence et de cohésion. Avec un chiffre d'affaires consolidé d'environ de **2,5** milliard d'euros en **2007** et environ **80%** des ventes en volume réalisées hors de France, Bel poursuit sa stratégie de croissance durable fondée sur une rentabilité et un leadership forts sur chacun de ses marchés.



<p>120</p> <p>pays distribuent les produits Bel</p>	<p>23</p> <p>fromageries dont 17 hors de France</p>	<p>10</p> <p>millions de portions de La vache qui rit® vendues par jour dans le monde</p>	<p>80 %</p> <p>des ventes en volume hors de France</p>	<p>8 719</p> <p>collaborateurs dans le monde</p>
--	--	--	---	---



Bel Maroc est une succursale internationale du groupe Bel, elle est rattachée à la direction générale du groupe centralisé à Paris.

Bel Maroc dispose deux sièges :

-Fromageries Bel Maroc Casablanca: s'occupe de tout le processus de commercialisation, des actions marketing et de suivi des clients.

-Fromageries Bel Maroc Tanger: assure la production et l'expédition des commandes productives, qui est en liaison avec Bel France et Bel Casablanca.

1) Historique :

Durant les années de la colonisation, le Maroc satisfait ses besoins en fromage en l'important de France par le biais du groupe français BEL.

Même après l'indépendance, le groupe Bel continuait à distribuer son fromage par l'intermédiaire d'une succursale qui siégeait à Casablanca et dont le capital était détenu dans sa majorité par des étrangers.

Mais la marocanisation obligatoire du secteur tertiaire en **1974** avait contraint la succursale à fermer ses portes le **31 mai** de cette même année. Cependant, le **1^{er} Juin 1974**, les fromageries Bel en créant le besoin ont opté pour la création de la compagnie Franco-marocaine de distribution des fromages fondus (COFORMA) à Casablanca, mais face à l'augmentation de la demande sur le marché marocain ainsi que la lenteur administrative et les difficultés des procédures d'importation, le groupe BEL a décidé de créer avec une participation de capitaux marocains, le **1er Janvier 1977**, la société industrielle d'alimentation (**SIALIM : Société Industrielle d'ALIMENTation**). Dix ans après, la production est multipliée par dix et le nombre d'employés a atteint **200** personnes.

Ce qui va pousser la SIALIM à augmenter sa capacité productive et implanter son usine définitivement dans la zone industrielle de MOGHOGHA à Tanger sur une surface de **12000m²**.

Les dates marquantes de la vie de la société sont les suivantes :

- En octobre 1977 démarrage de la production avec un effectif de 35 personnes et 5 machines avec une seule équipe de travail pour la production de la vache qui rit ;
- 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 1983 déménagement de la société à la zone industrielle de Moghogha;
- En 1984 lancement du produit les enfants ;
- En 1992 lancement de la VQR 16P en suite 24P puis les enfants 16P et 24P ;
- En 1995 démarrage de l'activité d'exportation vers le Moyen Orient (Arabie Saoudite, Bahreïn, Oman, Liban et Jordanie), l'Afrique subsaharienne (Angola, Cameroun, Bénin, Cote d'Ivoire, Burkina Faso, Congo, Sénégal, ainsi que l'Égypte et Lybie et mise en place d'une troisième équipe de production la nuit ;
- En 1999 acquisition de la 1^{ère} 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 Zyrsa 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 début du mois de novembre 2005 démarrage de la production de Kiri dans la nouvelle unité de production Sialim2.

2) Fiche technique de la société:

Tableau 1 :Fiche technique de FBM

Raison sociale	Fromagerie Bel Maroc
Secteur d'activité	L'agro alimentaire
Branche d'activité	Fabrication et commercialisation du fromage fondu
Certifications	ISO 9001, ISO 22000, ISO 18000
Registre commercial	1752915
CNSS	2813
Identification fiscale	04902802
Patente	Tanger N°572202000 Casablanca N°50361459
Superficie	12000m ²
Forme juridique	Société anonyme
Siège social et usine	Zone industrielle Moghogha de Tanger
Service commercial et administration des ventes	Casablanca
Effectif	1309
Chiffre d'affaire	1 411 549 288 DH
Marchés	Maroc en priorité, Afrique subsaharienne, Moyen Orient



3) Produits fromagers fabriqués dans l'usine de Tanger:

Plusieurs catégories de produits fromagers sont fabriquées à l'usine de Tanger. Ces produits sont destinés aussi bien pour le marché national que pour l'export. Deux types de fromage sont à distinguer :

Fromages Fondus :

❖ En portions triangulaire :

- La Vache Qui Rit : 8, 16, 24, 72 portions.
- Les Enfants : 8, 16, 24 P
- belle vache : 8 et 16P
- VQR crème boule rouge: 8 et 16 P
- VQR Au Goût Gruyère
- VQR light : 8 et 16 P,
- VQR Barbecue Flavor
- Picon : 8 et 16 P,
- Régale Picon (Abou Lwalad) : 8, 16, 24,32 portions

❖ □En pots :

- La VQR Extra Gold (ligne orange) :230 g, 450g, 600g
- La VQR Bleu : 230g, 450g

Fromages Frais Fondus :

❖ En portions carré:

- Kiri : 6, 8, 10, 12, 24, 72, 80 portions

❖ En pots :

- Kiri douceur de Jben : 150g, 250g.
- Kiri Chevry : 150g, 250g.
- Kiri Al Jarra : 140g, 230g, 440g, 600g.
- Kiri Ail et Fines Herbe

➤ **Produits de Fromagerie Bel Maroc destinés au marché marocain:**



➤ **Produits destinés récemment au Maroc :**



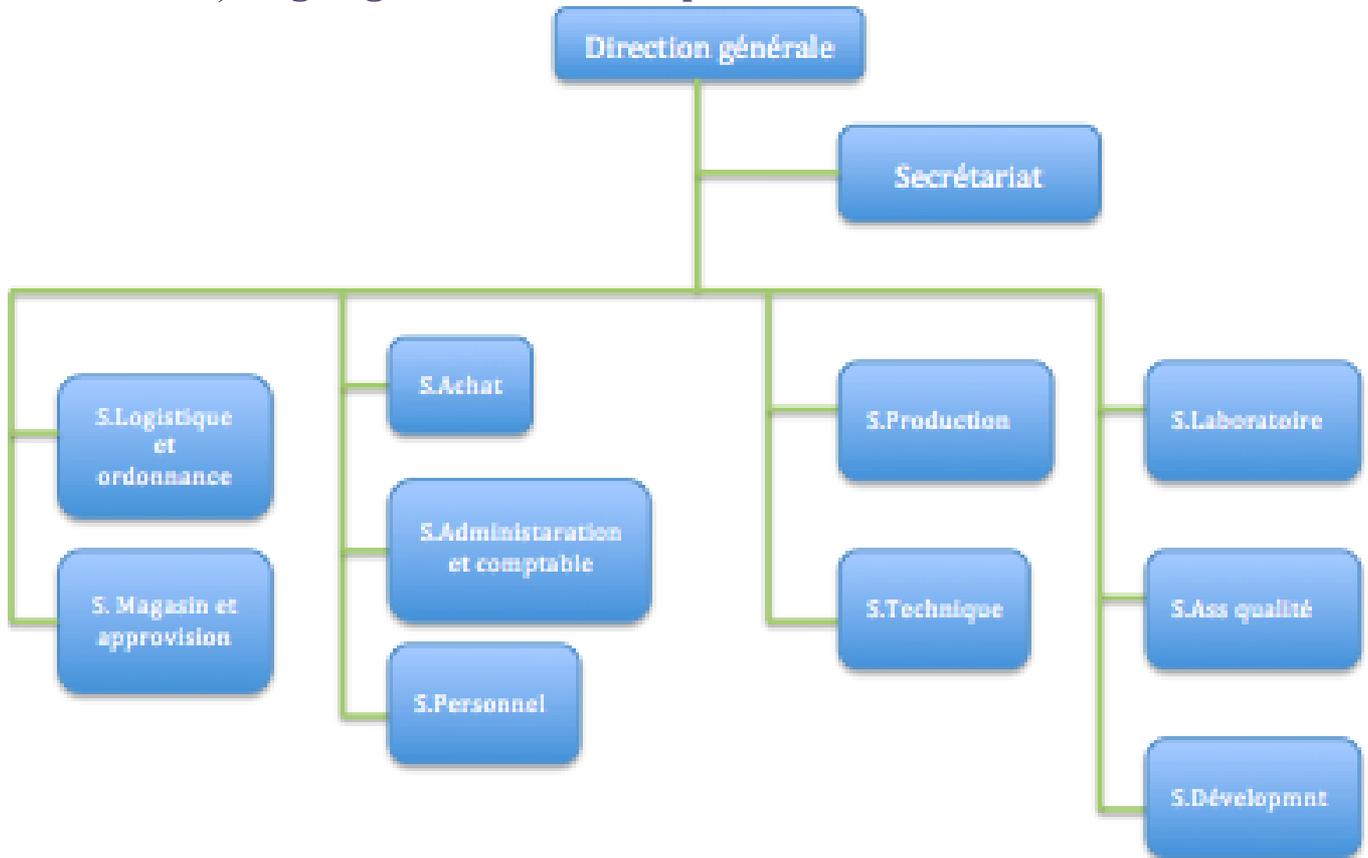
➤ **Quelques Produits destinés au marché international:**



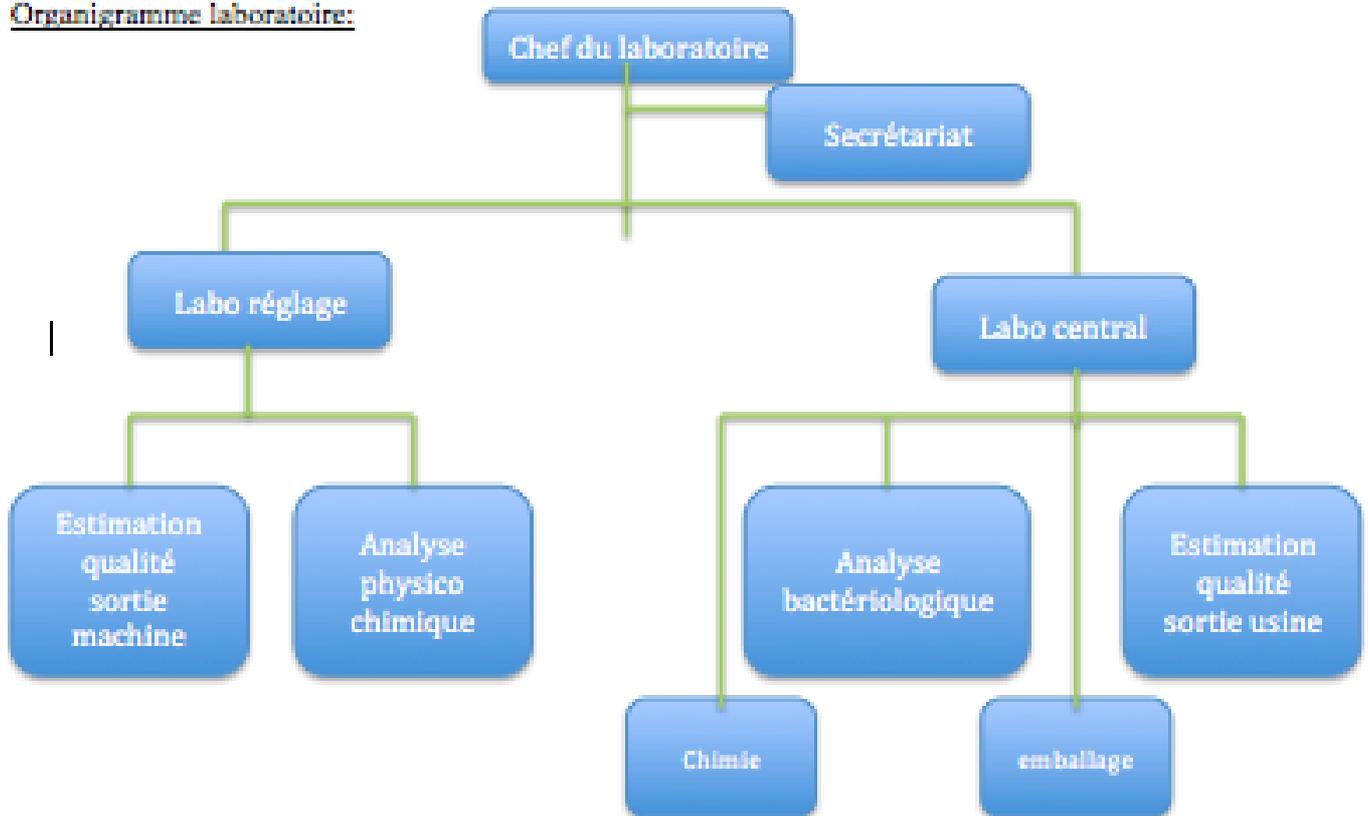
Tableau 2 : Destination des produits à l'export

Afrique :			
-Angola	-Congo	-Côte d'ivoire	-Guinée
-Burkina Fasso	-Sierra Leon	-RD de Congo	-Gambie
-Mauritanie	-Sénégal	-Togo	-Sud Afrique
-Libye	-Cameroun	-Gabon	-Madagascar
-Kenya	-Soudan	-Ethiopie	-Bénin
Moyen Orient :			
-Arabie Saoudite	-Bahreïn	-Jordanie	-Oman

4) Organigramme de l'entreprise:



Organigramme laboratoire:





Du sourire à partager

Chapitre 2 :

Procédé de fabrication du

fromage

1) Production du fromage fondu triangulaire :

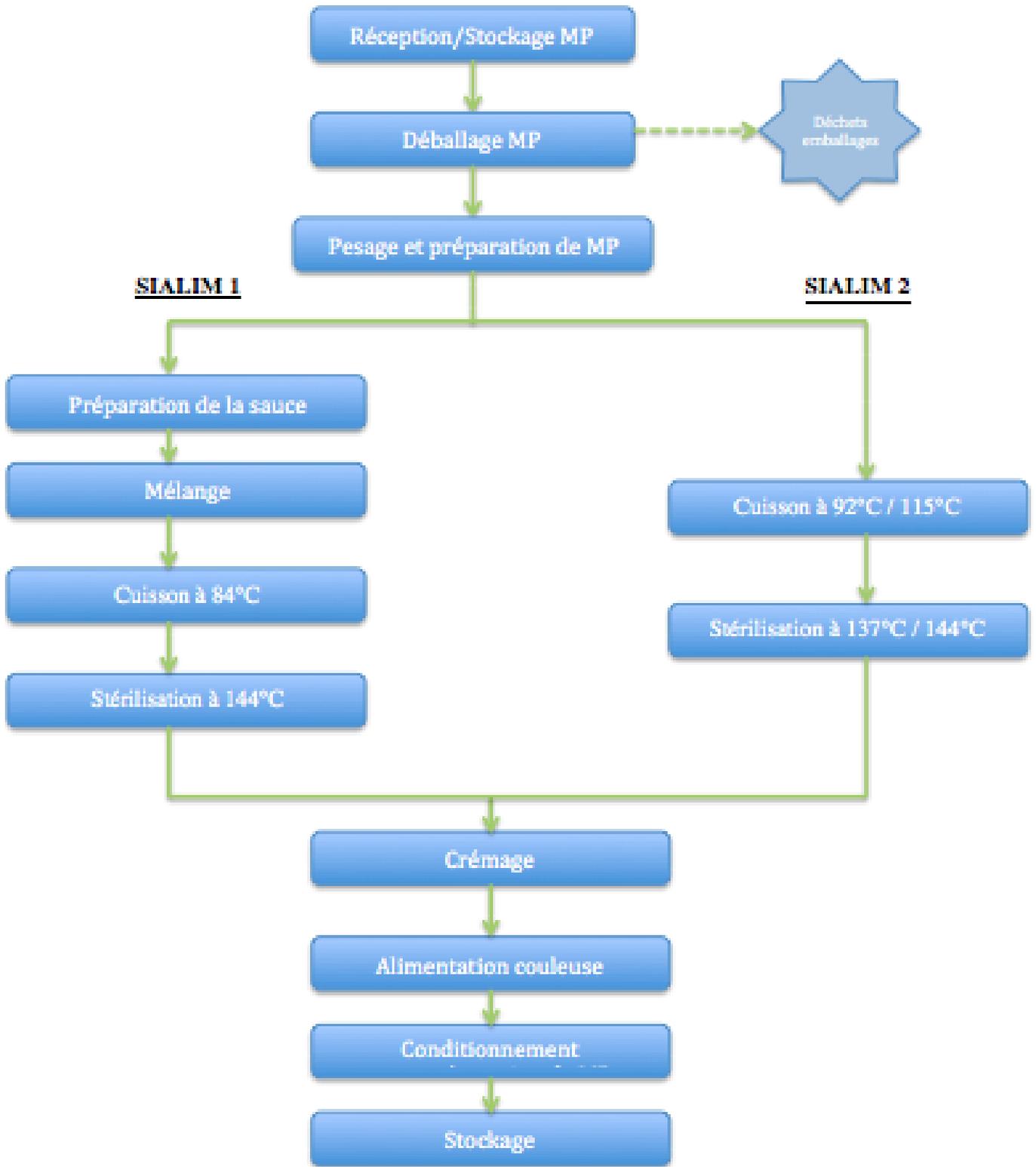


Figure1 : schéma simplifié du procédé de production du fromage fondu

2) Lavage au sein de l'usine :

Le fromage est un produit dont la qualité est strictement liée à une bonne hygiène. Pour cela, un bon nettoyage de l'environnement et des équipements qui l'entoure est primordial et doit être fait avec rigueur afin de préserver sa qualité.

L'efficacité du nettoyage dépend de la méthode employée, des produits utilisés ainsi que de sa fréquence. En plus du nettoyage habituel (nettoyage des sols, de l'environnement...), l'usine procède à des nettoyages quotidiens des installations.

Ces nettoyages se déroulent comme suit :

a. Prélavage:

- Objectif de l'opération: maximiser l'efficacité de la soude en éliminant le maximum de la matière organique par l'eau recuperée du rinçage final du dernier lavage.

- Paramètres à maîtriser: Température et temps

b. Lavage alcalin:

- Objectif de l'opération: Eliminer toutes traces de la matière organique par l'utilisation d'une solution de soude NaOH à température de 85°C

- Paramètres à maîtriser: Temps, Température, Concentration en solution.

c. Rinçage de soude:

- Objectif de l'opération: Eliminer les traces de la soude par l'utilisation de l'eau de ville froide.

- Paramètres à surveiller: la quantité d'eau utilisée pour le rinçage.

d. Lavage acide

- Objectif de l'opération: Eliminer les dépôts de minéraux et neutraliser le milieu basique (traces de soude).

- Paramètres à surveiller: Temps, Température, Concentration en solution.

e. Rinçage d'acide

- Objectif de l'opération: Eliminer les traces d'acide nitrique par l'utilisation de l'eau de ville.

- Paramètres à surveiller: la quantité d'eau utilisée pour le rinçage.

f. Désinfection

- Objectif de l'opération: Détruire la flore (bactéries) résiduelle dans les conduites et les cuves en utilisant un désinfectant approprié.

- Paramètres à maîtriser: Temps, Température, Concentration en solution.

g. Rinçage final

- Objectif de l'opération: Eliminer les traces de désinfectant et assurer la propreté de l'installation.
- Paramètres à surveiller: la quantité d'eau utilisée pour le rinçage.
 - ⇒ Fréquence des lavages
 - A la fin de chaque journée de production.
 - Une désinfection à chaud en début de semaine avant le démarrage.
 - Un lavage des locaux (sols, murs, plafonds,...) tous les deux jours.

3) Chaine de conditionnement de fromage fondu :

SIALIM 1 dispose de 40 lignes de conditionnement, dont la capacité de trémie de chaque CORAZZA est 80L, les CORAZZA sont alimentées en produit fini par une pompe et les tuyauteries sont à double parois pour assurer une température élevée durant le chemin de transport qui circule dans un circuit fermé avec la cuve de BF.

On distingue le conditionnement d'un produit qui peut faire l'objet de 3 conditionnements les uns dans les autres (primaire, secondaire et tertiaire) et son emballage qui est un élément important pour assurer la facilité et la sécurité de ses transports et de ses manutentions.

- Le conditionnement primaire qui contient directement le produit (coquille d'aluminium).
- Le conditionnement secondaire qui protège le premier et joue un rôle promotionnel (boite en carton).
- Le conditionnement tertiaire ou d'expédition qui regroupe des produits et sert au transport, à l'identification et au stockage (caisse en carton).

La crème est envoyée vers la salle de conditionnement à travers laquelle elle est conditionnée et emballée pour assurer sa conservation, son transport et sa commercialisation.

⇒ Les étapes de conditionnement du fromage en portions triangulaires

❖ La portionneuse CORAZZA:

La machine de marque CORAZZA est constituée de plusieurs postes :

- Poste découpe flan:

La bobine d'aluminium passe à travers un grand découpoir qui va découper la feuille d'aluminium en petits morceaux sous forme d'un flan.



- Poste tircel:

Dans ce poste, une bobine de tircel est coupée également et collée sur le flan formé sous une température de 140°C (sellage tircel).



- Poste étiquette :

Dans ce poste, on colle les étiquettes pour chaque produit sur la face extérieure du flan à l'aide des trois chargeurs portés de colle qui vont l'injecter aux petites gouttes sur les extrémités de l'étiquette triangulaire.

- Poste emboutissage :

Formation de coquille à l'aide des emboutisseurs qui vont presser le flan sur le moule triangulaire situé sur la table corazza.

- Poste dosage :

l'opération de remplissage des portions de l'aluminium est effectuée par des robinets réglés à couler une quantité fixe de la pâte sur la coquille formée.

- Poste couvercle :

Dans ce poste, la coquille va couvrir par un couvercle d'aluminium coupé sous forme de triangle.

- Poste de pliage et scellage :

le flan d'aluminium est plié en deux parties : pliage en arrière et pliage latéral et puis soudé à 100°C (tassage et thermo scellage).

❖ **Ejection des portions**

Après la formation de portions triangulaires, elles vont regrouper sur deux disques rotatifs ronds devisés en 8 portions pour assurer la forme cylindrique de la boîte en carton.

❖ **Mise en boîte**

Les 8 portions de fromage passent ensuite vers le tapis roulant pour être mises en boîtes par des ouvriers ou automatique.

❖ **Marquage**

Les boîtes sont ensuite marquées en bas par un jet d'encre qui va mentionner toutes les coordonnées de production (numéro de machine corazza) pour l'identification de la machine responsable en cas de défaut.

❖ **Banderoleuse**

Les boîtes fabriquées sont décorées par des étiquettes comportent le nom du produit fabriqué à la surface supérieure et latérale de la boîte.

❖ **Codage**

Les boîtes étiquetées sont datées par un dateur automatique qui mentionne la date de production et d'expiration sur la surface inférieure (en bas) de la boîte.



❖ Empileuse

Les boîtes sont empilées par une empileuse puis missent en carton avant d'être scotchées dans la machine scotcheuse ou acheminées vers la machine de fromation des lots.

⇒ Le schéma suivant représente les étapes primordiales dans la chaine de conditionnement :

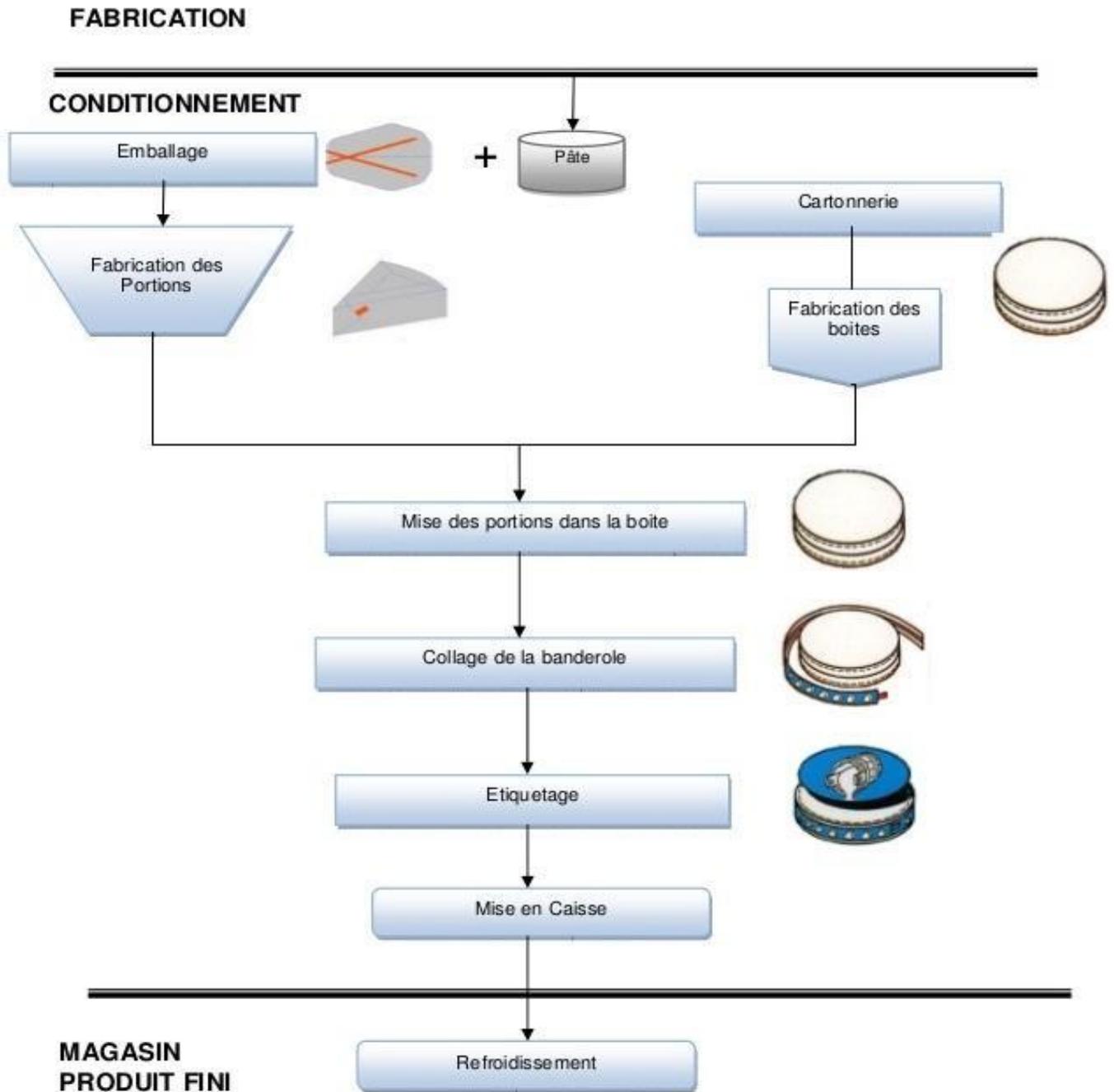


Figure 2 : étapes de conditionnement du fromage fondu en portions triangulaires

4) Conservation :

La conservation: c'est gardé un produit pendant une période bien déterminée et voir l'évolution par rapport au temps et au lieu de stockage.

⇒ Le suivi de conservation des produits triangulaires se fait de la manière suivante :

- Les prélèvements sont effectués directement sur couleuse par le laboratoire et identifiés: date, heure, UHT, N° de machine et la destination de stockage.
- Ces prélèvements sont mis dans des différents locaux de conservation (37°C, 25°C).
- Les résultats de conservation montrent qu'ils existent surtout deux types de défauts qu'on ne peut négliger: le fond de boîte suinté (FBS) à 25°C et les gonflements à 37°C.

● Etuve de 25°C :

- un produit dans les meilleures conditions de température de commercialisation.
- Après un séjour de 56 jours à 25°C certaines boîtes présentent des FBS.

● Etuve de 37°C :

- 37°C est une température qui favorise le développement des bactéries dans les produits. C'est pourquoi on fait un suivi de conservation à 37°C à 7j, 14j, 28j et 56 jours pour voir l'évolution du produit.
- Les contrôles de conservation effectués sur la salle de 37°C montrent que certaines machines présentent parfois des gonflements surtout à 56 jours.

⇒ La conservation au froid à la fin du conditionnement :

● Stockage au frigo:

Les palettes qui sont préparées, sont destinées au frigo où elles sont stockées à 5°C ,car il s'agit d'un fromage frais pasteurisé d'où le risque d'un développement des microorganismes. Cependant les produits UHT, on peut les stocker à des températures variantes entre 8 et 12°C.



Du sourire à partager

Chapitre 3 :

Présentation et discussion des résultats expérimentaux

I. Description des paramètres physico-chimiques :

Le consommateur est l'agent crucial pour juger l'acceptabilité d'un produit au marché national et international, où il se base sur ses organes de sens pour estimer la qualité du produit. C'est pour cet objectif « BEL MAROC » dispose d'un poste responsable pour convertir ces paramètres recherchés en termes de paramètres mesurables tels que pH, extrait sec, matière grasse, texture et, afin de confirmer analytiquement la bonne qualité du produit fabriqué.

1) Détermination du pH :

La mesure du pH se fait directement en introduisant l'électrode et la sonde de température dans l'échantillon à analyser. La lecture est une valeur affichée sur un pH-mètre étalonné d'avance.

2) Détermination d'extrait sec:

- **L'extrait sec:** c'est le pourcentage de la matière sèche dans le fromage.

➤ Méthode rapide (four à micro-ondes):



Micro-ondes CEM

Afin de suivre l'analyse de l'extrait sec au cours de production, on prélève un échantillon du produit fabriqué chaque heure puis on le refroidit 10 min à température de 20°C et on détermine son extrait sec à l'aide d'un four à micro-ondes de marque (CEM).

⇒ Mode opératoire :

Tout d'abord, on tare l'appareil CEM par deux papiers CEM puis on pèse 2 à 2.5 g l'échantillon à analyser, après on va étaler l'échantillon sur le papier et on le met ensuite sur le four à micro-ondes afin de donner la valeur exacte en pourcentage d'extrait sec après la dessiccation complète de toute la matière liquide contenant dans l'échantillon.

NB: L'appareil CEM a été préalablement étalonné à une température de 20 °C. C'est la raison pour laquelle on refroidit l'échantillon du fromage avant de mesurer l'extrait sec.

➤ Méthode officielle :

Déterminer la teneur massique de la matière sèche du fromage par une dessiccation complète d'une prise d'essai en présence de sable dans une étuve à la température de 102 °C, puis peser le résidu.

⇒ Mode opératoire :

- On place dans une capsule métallique 20 g à 30 g de sable de quartz et une baguette de verre puis on porte l'ensemble à l'étuve et on le laisse pendant une nuit à température de 102 °C. Après refroidissement dans le dessiccateur durant 1h 30 min jusqu'à température ambiante, en inclinant la capsule et on pèse 3 g à 5 g de l'échantillon préparé (fromage).
- On mélange soigneusement la prise d'essai et le sable par la baguette et on remet l'ensemble à l'étuve pendant 15 heures et après le séchage total de la prise d'essai, on repese la capsule pour calculer la teneur en matière sèche.

→ Expression des résultats:

- On détermine la teneur en matière sèche par la formule suivante:

Avec :

- m_0 : masse de la capsule +sable séché + baguette.
- m_1 : masse de la capsule +sable séché + baguette+ prise d'essai.
- m_2 : masse de la capsule +sable séché + baguette+ prise d'essai séchée.

$$MS(\%) = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

3) Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode de HEISS:

⇒ But et principe :

Cette technique est appliquée au fromage à pâte fraîche, molle et pressée, donne la teneur en matière grasse, exprimée en gramme pour 100 g de fromage. Pour déterminer la teneur en matières grasses, on procède tout d'abord par la dissolution des protéines du fromage par un mélange d'acide acétique et d'acide perchlorique suite à une séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre à fromage et à la fin une lecture sur l'échelle de butyromètre.

⇒ Mode opératoire :

- Après préparation de l'échantillon, on pèse 3 g dans un godet adapté à un bouchon approprié et l'introduire dans la chambre du butyromètre puis on ferme le col par un bouchon, on ajoute 10 ml du mélange des deux acides à l'aide d'une pipette, et on place ensuite le butyromètre (le col en bas) dans un bain d'eau de température comprise entre 85°C et 90°C pendant 5 min.
- On retire le butyromètre du bain d'eau et on l'agite pendant 10 s à l'aide d'un agitateur de tube vortex.
- On complète à l'eau chaude $T=60^\circ\text{C}$ jusqu'au trait de graduation de 35% de l'échelle de butyromètre, on ferme immédiatement par un bouchon et on le retourne au bain d'eau.
- On agite 10 s dès que la matière grasse est montée dans la chambre de butyromètre.
- On procède à la centrifugation pendant 10 min dès que la vitesse requise est atteinte.
- Pour la lecture on place le butyromètre dans un autre bain d'eau à $T= 65^\circ\text{C}$ pendant 5 min, puis on place ce dernier devant l'œil et on fait la lecture selon les demi-divisiones.

⇒ Expression des résultats :

- La teneur en matière grasse au sein du fromage est déterminée par l'équation :

Avec :

B : lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de MG.

A : lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de MG.

$$MG = B - A$$

4) Texture:

Dans le domaine alimentaire, la texture est considérée essentiellement comme une propriété sensorielle et regroupe un grand nombre de termes. Pour les fromages, elle détermine sa fermeté.

♣ Méthodes d'analyse de la texture:

- Méthode sensorielle:

On peut avoir une idée sur la consistance de la pâte du fromage fondu par une simple sensation en bouche (dégustation) afin de détecter sa fermeté (ferme, molle, fondante...)



Appareil STEVENS

- Méthode instrumentale:

On mesure la texture du fromage par un contrôle pénétrométrique qui est déterminé par un appareil appelé Stevens, Cet appareil va permettre de détecter une force sur la pâte pour contrôler sa texture en PENETRO. On dépose la sonde sur l'échantillon avec différents paramètres à régler (vitesse de pénétration, diamètre de sonde, profondeur de pénétration ...), puis on lit la valeur finale sur l'afficheur du texturomètre.

Pour mesurer la texture du fromage fondu de portions triangulaires, il faut un suivi de J+20 min, J+7j et pour les nouveaux produits on analyse aussi j+28j, MI-DLUO et DLUO.

NB: Au cours de cette surveillance, il faut prendre des prélèvements chaque demi-heure après refroidissement du produit dans un bain marie à 20°C pendant 20 min + 25 min le passage de la pâte dans le circuit et la trémie (45min de retard).

Paramètres influençant sur la texture:

- Le taux d'affinage du fromage utilisé (cheddar):

Le taux d'affinage est défini comme étant le rapport de la teneur en matières azotées non caséiques solubles sur la teneur en matières azotées totales (caséiques).

$$TA = \frac{MAS}{MAT}$$

- Les analyses de MAT et MAS sont effectuées selon la méthode de kjeldhal, elle permet de déterminer la teneur en azote applicable à tous les fromages et préparations fromagères. Cette méthode est divisée en trois phases: minéralisation, distillation et dosage.

- Minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique concentré plus le comprimé de kjeldhal et l'eau oxygéné : l'azote des composés organiques est transformé en sulfate d'ammonium.
- Distillation du produit minéralisé dont l'ammoniac est libérée par addition d'une solution d'hydroxyde de sodium concentrée 32%, distillé et recueilli dans une solution d'acide borique H3BO3 préparer par la dissolution de 40 g de cet acide dans 100 ml d'eau distillée.
- Dosage de la solution de borate d'ammonium par une solution acide (H2SO4 « 1N »).

⇒ D'après la valeur du taux d'affinage, le cheddar est classé en deux catégories : - Cheddar Jeune: donne à la crème une texture lisse et onctueuse et la rend plus fluide. - Cheddar mature: au contraire, il donne à la crème un aspect plus ferme.



NB : Généralement on utilise les deux catégories du cheddar répartis d'une façon à obtenir la meilleure texture.

- Extrait sec : C'est le pourcentage de la matière sèche dans la crème, donc c'est évident qu'elle ait une influence directe sur la texture. Si l'extrait sec augmente alors la texture devient plus ferme.
- Granulométrie de la caséine présure /acide: La granulométrie est une grandeur pertinente qui a un impact très important sur la fermenté du fromage fondu car si on utilise la caséine à une granulométrie importante on aura une texture très ferme d'une part et d'autre part lors du traitement de la matière on va confronter une grande difficulté dans le processus de production de fromage fondu.
- Agents de texture: Les agents de texture sont des additifs alimentaires ajoutés en petite quantité et qui permettent d'améliorer la présentation ou la tenue.

Les agents de texture présents dans la formule de production :

- Carraghénane : Gélifiant extrait d'algues rouges. Il permet d'obtenir des gels élastiques qui tiennent à chaud.
- Acide citrique : La texture devient plus ferme en ajoutant l'acide citrique.
- Sel de fonte : Contrairement à l'acide, plus sa quantité augmente plus la texture diminue. On utilise le sel de fonte au lieu de l'acide citrique si les matières premières ne sont pas assez jeunes.

II. Etude des paramètres physico-chimiques du produit fini VQR Maroc :

- Pour le suivi des paramètres physico-chimiques, on prend un échantillon provenant du conditionnement au bout de chaque heure et on le refroidit jusqu'à une température de 20°C pendant 20 min puis on fait sur lequel toutes les analyses de conformité. En production, on travaille par rapport aux quantités c'est-à-dire par rapport aux jours de production de l'année.
- Durant mon stage, on a réalisé un suivi des paramètres physico-chimiques sur la pâte du code 105680 du produit fini VQR Maroc pendant 7 jours. Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux suivants.
- Afin de faciliter la présentation des résultats trouvés en calculant la moyenne de chaque quantité de production des différents paramètres physico-chimiques.

1. Mesure du pH :

- **Tableau 4:** Les résultats du suivi de pH

Quantèmes	122	124	126	129	131	133	136
Moyenne de pH	5.55	5.55	5.56	5.54	5.56	5.55	5.56

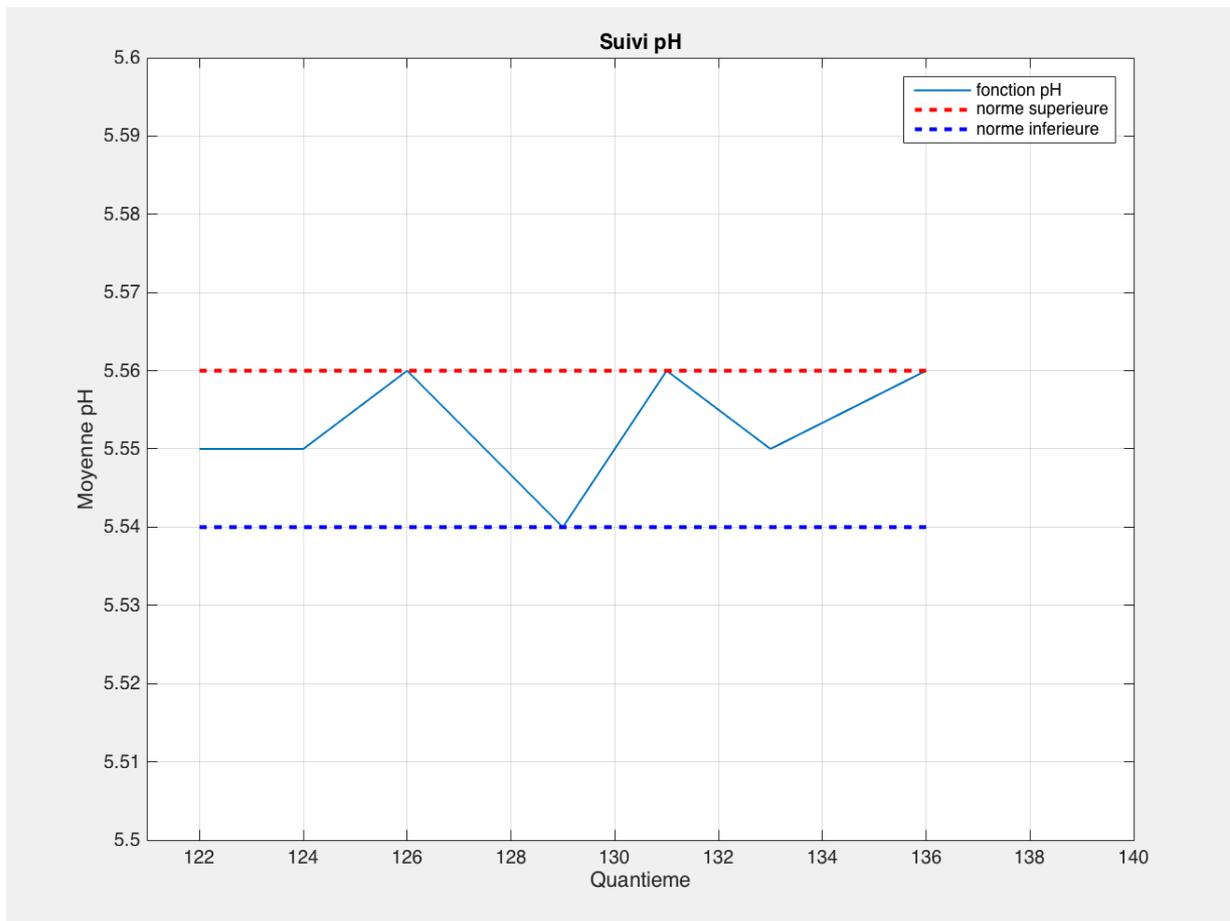


Figure 3: variation du pH en fonction du quantième

D'après la figure on constate que les valeurs de la variation du pH varient légèrement autour de l'objectif 5.55 ce qui signifie : le produit est légèrement acide et respecte les normes prédéfinies.

2. Suivi de l'extrait sec :

Tableau 5: Les résultats du suivi d'extrait sec.

Quantèmes	122	124	126	129	131	133	136
Moyenne ES(%)	42,2	42,4	42,5	42,3	42,4	41,9	42,3

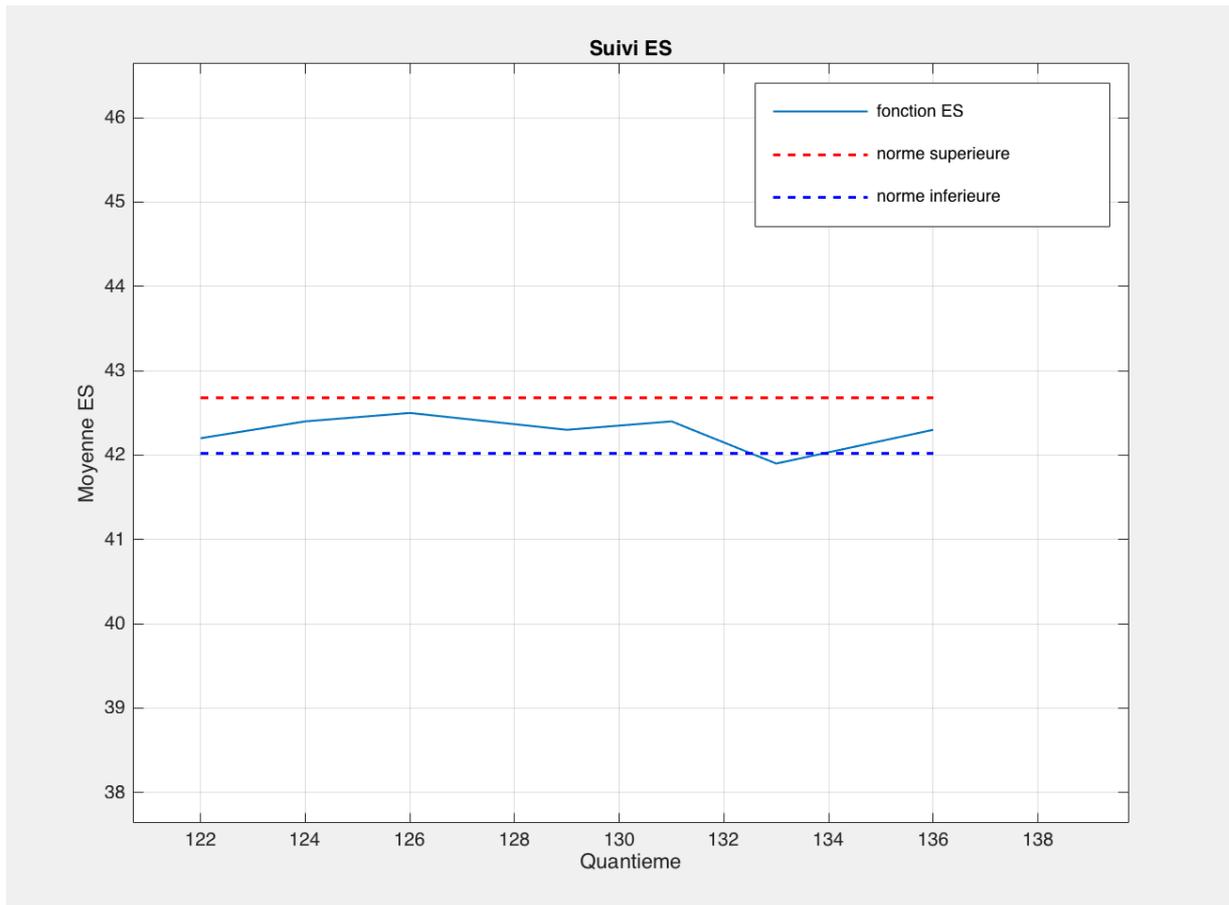


Figure 4: variation d'extrait sec en fonction du quantième

D'après la figure, on constate que les résultats trouvés durant les 7 jours varient autour de l'objectif avec une faible fluctuation acceptable, ce qui montre que le produit fabriqué est plus en moins de bonne qualité nutritive et en outre il y a un manque de matières premières car on trouve un point en dehors de la limite inférieure.

★ *Validation de l'appareil CEM utilisé :*

Afin de vérifier l'exactitude des résultats trouvés par la méthode rapide, on prépare un échantillon représentatif (deux portions triangulaires) de même boîte et on analyse son extrait sec selon les deux méthodes représentées ci-dessus (rapide et officielle).

- Les résultats trouvés sont les suivants :

Quantèmes	122	124	126	129	131	133	136
ES (M. rapide)	42.2	42.41	42.58	42.31	442.43	41.96	42.36
ES (M. officielle)	42.24	42.46	42.62	42.35	42.45	42	42.39
Ecart	0.02	0.05	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03

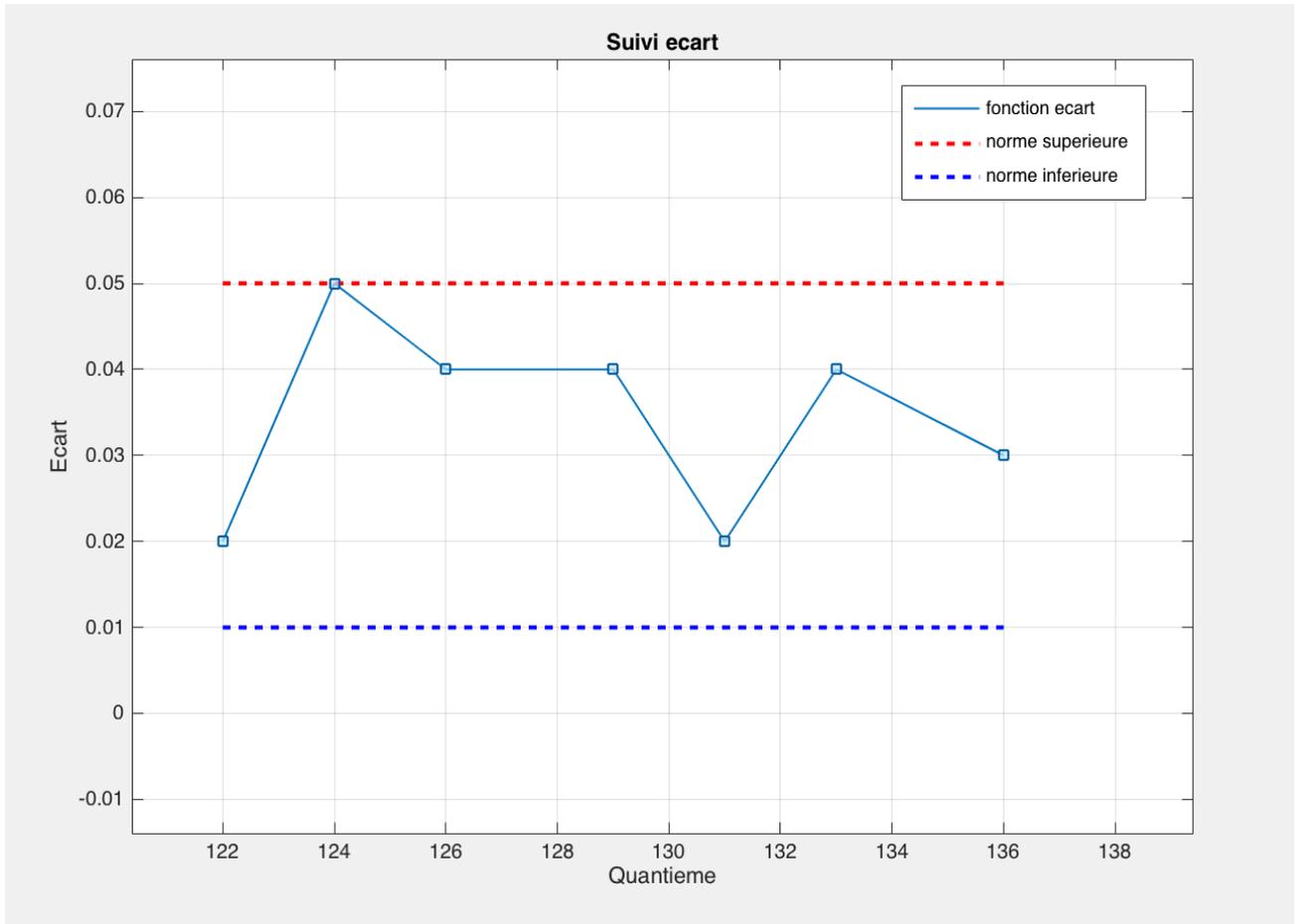


Figure 5 : écart par quantième entre les deux méthodes utilisées

D'après la figure, on constate que l'écart entre les deux méthodes est très faible, il varie dans la zone de tolérance avec un tout petit rapprochement aux limites critiques ce qui montre que l'appareil CEM utilisé donne des valeurs justes et alors on peut dire que cet appareil est validé.

3. Suivi de la matière grasse :

Tableau 6 : Les résultats de la matière grasse par quantième.

Quantitièmes	122	124	126	129	131	133	136
MG (%)	21.74	21.82	21.88	21.81	21.87	21.55	21.78

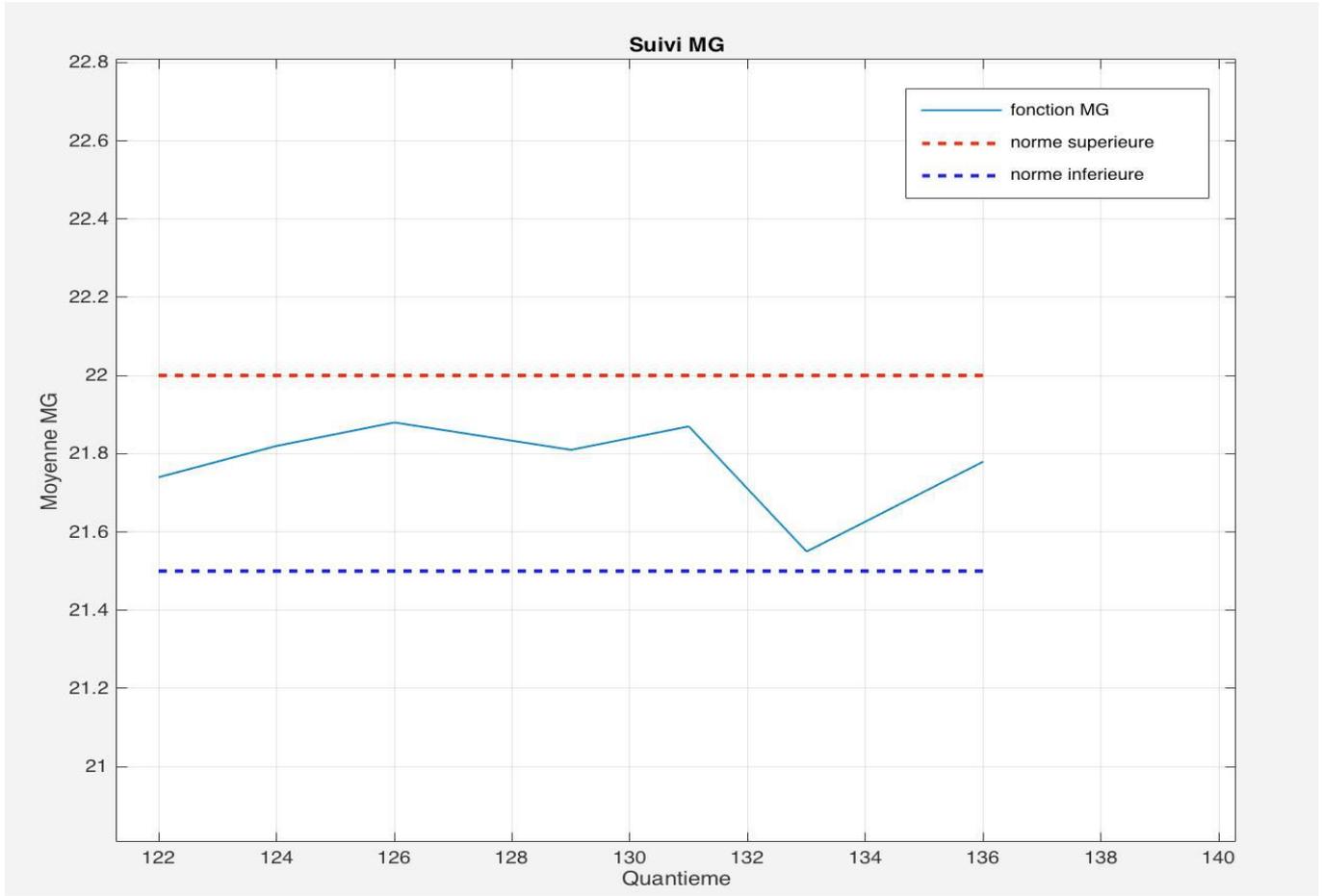


Figure 6 : variation de la matière grasse en fonction du quantième

On constate que les valeurs de la matière grasse mesurée de la pâte 105680 sont aux alentours de la valeur standard pour chaque quantième et alors on peut conclure que tous les résultats sont conformes car on a respecté le batch (composition en matières premières comme beurre ...) utilisé pour la production de ce produit.

★ *Calcul du rapport matières grasses /matières sèches*

Dans de cadre de la vérification des informations mentionnées sur l’emballage on peut calculer le rapport gras/sec et son suivi en fonction du quantième.

- **Tableau 7:** Les résultats du rapport GRAS/SEC

Quantièmes	122	124	126	129	131	133	136
MG/MS	51.52	51.47	51.5	51.57	51.6	51.45	51.49

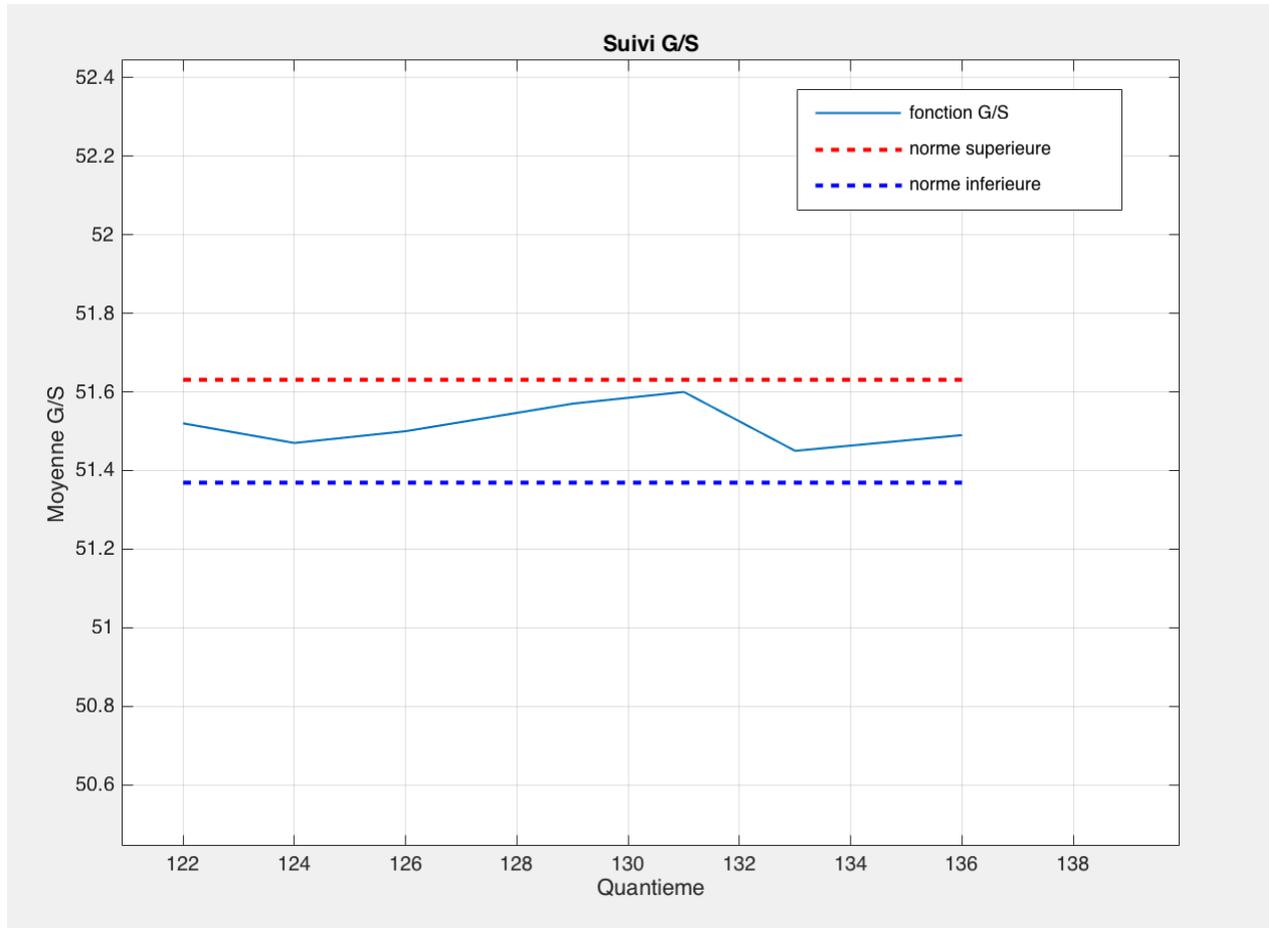


Figure 7 : variation du rapport gras/sec en fonction du quantième

D'après la figure, il apparait que la variation de la teneur de la matière grasse par rapport à la matière sèche est bien maîtrisée et que tous les points sont aux alentours de la valeur désirée.

4. Contrôle de la texture :

Grâce à l'importance de ce paramètre et son impact dans la vente du produit, « BEL MAROC » effectue un suivi de J+20min et J+7j pour vérifier la conformité de ses produits avant la commercialisation. Pour l'analyse de ce paramètre on prend un échantillon au bout de chaque demi-heure et on le refroidit à T=20°C pendant 20 min et après 7 jours dès que la date de production on refait ce contrôle pour valider la qualité du produit avant sa commercialisation.

↳ **Tableau 8** : Résultats de la texture j+20 min

Quantièmes	122	124	126	129	131	133	136
j+20 min	17	16.5	16.8	16.4	16.9	16.7	17.2

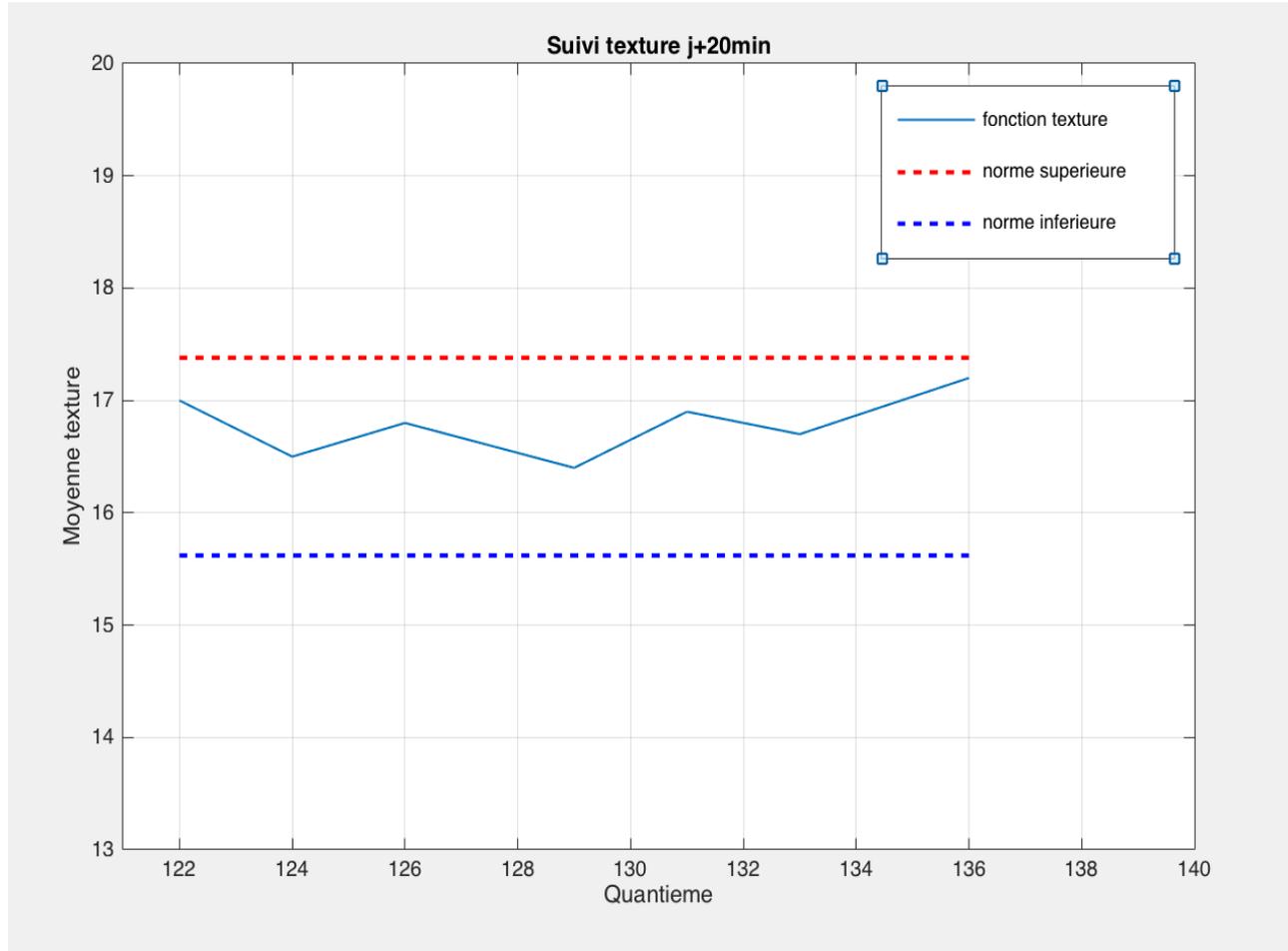


Figure 8: suivi de la texture par quantième de J+20min

↳ **Tableau 9** : Résultats de la texture J+7j

Quantièmes	129	131	133	136	138	141	143
Texture j+7jours	36.1	35.6	35.8	34.5	36	35.8	36.5

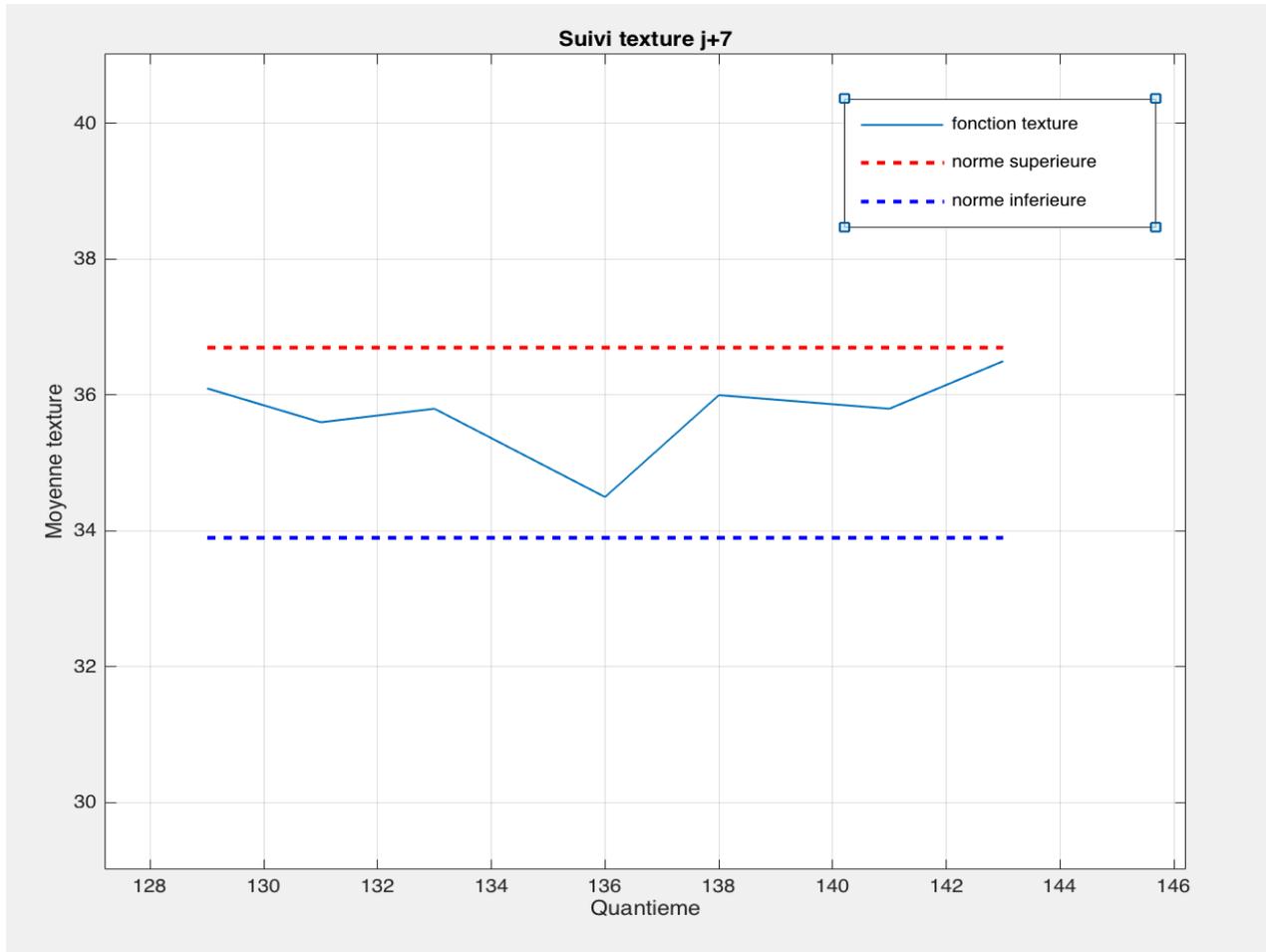


Figure 9: suivi de la texture par quantième de J+7j

On remarque d’après les deux figures précédentes que les valeurs de la texture sont aux alentours de l’objectif de 16 pour J+20 min et de 35 pour J+7j, ce qui montre que le produit fabriqué a une consistance désirée et alors on peut le commercialiser.

5. Discussion générale des résultats:

D’après les résultats trouvés on remarque que la texture du produit fini varie proportionnelle à la variation de l’extrait sec, mais à contrario elle varie inversement pour l’analyse du pH.

De tout ce qui est précède, on constate que toutes les analyses physico-chimiques effectuées sont conformes aux normes de la société « BEL MAROC » mais ça ne signifie pas que la conformité de ces analyses est suffisante pour dire que le produit fabriqué est de bonne qualité. Pour bien s’assurer des résultats définitivement c’est le rôle des analyses microbiologiques qui viennent pour confirmer les résultats des analyses physico-chimiques et certifier de la bonne qualité du produit fini destiné au consommateur qui de nos jours est devenu trop exigeant sur la qualité des produits mis à sa disposition.



Conclusion

Durant ce stage du PFE à la Fromagerie Bel, nous avons eu l'occasion de réaliser plusieurs activités au sein du laboratoire; ce qui nous a permis d'acquérir une valeur ajoutée à notre formation fondamentale de Génie Chimique. Par ailleurs, ce fut une occasion de nouer des relations avec le personnels de l'entreprise et de profiter de leur savoir professionnel.

Ainsi nous avons pu effectuer des suivis des contrôles de ce produit laitier tout au long du processus de sa fabrication, à savoir : le pH, l'extrait sec, la matière grasse et la texture.

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus durant la période se sont révélés conformes aux normes admises dans ce domaine; cela permet par conséquent d'obtenir des produits de très bonne qualité exigée par la demande croissante de la clientèle.

Malgré cette réussite, l'entreprise entend améliorer d'avantage la qualité de ses produits au niveau de la formulation et la modernisation des machines et outils de l'entreprise.