



*République Algérienne Démocratique et populaire*

*Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique*

*Université Djilali Bounaama Khemis Miliana*

*Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie Et Des Sciences De La  
Terre*

*Département Des: Sciences Biologiques*

*Mémoire De Fin D'étude*

*En Vue de L'obtention Du Diplôme De Master En*

*Domaine : Sciences De La Nature Et De La Vie*

*Filière : Biologie*

*Spécialité: Microbiologie Appliquée*

**Réalisation d'une préparation fromagère à  
vocation diététique**

*Présenté par :*

- ❖ M<sup>lle</sup> Sellami Chaimaa
- ❖ M<sup>lle</sup> Amrane Oum elkhier

*Soutenu 10/07/2019 devant le jury :*

<i>Président : SAADI.F</i>	<i>MCB</i>	<i>U.D.B KhemisMiliana</i>
<i>Promotrice :ZAOUADI .N</i>	<i>MAA</i>	<i>U.D.B KhemisMiliana</i>
<i>Examinatrice : OUAZIB.M</i>	<i>MCB</i>	<i>U.D.B KhemisMiliana</i>
<i>Examinatrice :LAISAOUI.A</i>	<i>MAB</i>	<i>U.D.B KhemisMiliana</i>

*Année universitaire :2018 /2019*

## *Remerciement*

*En premier lieux nous remercierons **ALLAH** le tout Puissant de nous avoir donné le courage et la patience de terminer ce travail.*

*Nombreux sont qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à l'aboutissement de ce Travail. Nos remerciements vont en particulier à :*

*A notre promotrice madame **Zaouadi Nesrine** qui a nous a encadré au long de notre travail et pour son soutien et la qualité de ses conseils apportés à ce mémoire, ainsi qu'une grande compétence et beaucoup de gentillesse.*

*Mes vifs remerciements sont adressés à tous les membres de jury : Nous exprimons toute notre gratitude aux membres de jury :*

*Mme **Saadi Fadhila** pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury, ainsi que pour tout ce que vous avez apporté tout au long de nos études.*

*Mme **Laïssaoui** et Mme **Ouazib**, de nous avoir fait l'honneur d'être examinatrices et de participer au jury de ce mémoire. Nous tenons à exprimer nos profondes gratitude pour le temps précieux que vous consacrer pour examiner ce travail.*

*Nous exprimons également nos remerciements à Mr **A. Djaadi** le directeur de la fromagerie Tammy.*

*Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à Madame **Sidi Moussa.F** responsable du laboratoire physico-chimique et microbiologique au sein de la fromagerie Tammy qui nous a soutenus pendant tout notre stage pratique.*

*Nous remercions tous les techniciennes et les techniciens des laboratoires qui nous aidée dans notre travail ainsi que tout le personnel de la fromagerie Tammy.*

*Nous remercions aussi **Oumhani et son mari** pour l'encouragement.*

*Nous adressons encore nos remerciements à L'ensemble des membres du département de biologie. Une pensée spéciale a ceux qui nous sont chères et qui nous ont quittées.*

# *Dédicace*

*D'abord je remercie Allah le tout puissant*

*Je dédie ce mémoire :*

*A l'homme de ma vie mon cher père Allah yarhmo, Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Tu me resteras dans mon cœur , que dieu t' accueille dans son vaste paradis.*

*A l'être le plus cher à mon cœur, celle qui m'a donné la vie, qui c'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère*

*Que dieu le garde et le protège,*

*A tous mes frères et mes sœurs*

*Et a mes belles sœurs et beaux frères*

*A mes neveux et nièces que j'adore beaucoup*

*A mon cher oncle saïd Allah yarhmo*

*A ma copine : Oum el khier*

*Tous mes amis (es) et à toute la promotion 2018-2019*

*De Microbiologie Appliquée*

*Tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.*

*Chaïmaa*

# *Dédicace*

*A ma très chère mère qui ma tout appris, pour toutes les peines et les sacrifices qu'elle s'est donnée pour me voir réussir dans la vie.....*

*A mon père qui a m'appris que la patience est le Secret du succès.,*

*A mes frères : Mohammed, Bilal, Abd el Karim, Abd el Kader.*

*A ma seul sœur : Razika*

*A celle qui vient de rejoindre : la famille Amrane*

*A ma copine : Chaïmaa*

*A mes amis qui m'ont fait une main -forte pour leur présence à mes cotés tout au long des moments difficiles : Oum Hani, aïcha, Khadija, Nassima, Ilhame, Yakoub*

*A mes amis de chambre A16 : Amina, Zoubida, Khawla, Yasmine, Imane*

*A toute la promotion de microbiologie appliquée 2018-2019*

*Et à tous ceux qui me sont chères,*

*Je dédie ce modeste travail.....*

*Oum el kheir*

### Résumé

La spécialité fromagère est un aliment énergétique qui contient les protéines et les minéraux, cet aliment joue un rôle très important dans l'alimentation de tous les groupes d'âge.

Cette étude a été conduite dans le but de produire une spécialité fromagère à partir de l'extrait aqueux des graines de *Lupinus albus*, afin d'améliorer la valeur nutritionnelle de nos produits. Ce travail comporte l'élaboration de quatre essais de spécialités fromagères P1, P2, P3, P4, contenant différentes proportions de l'extrait de lupin, et de poudre de lait à 0% de matière grasse.

Les résultats de l'analyse sensorielle obtenus ont montré que le P1 et le P2 ont de bonnes caractéristiques organoleptiques (gout, aspect, texture, couleur, odeur).

L'analyse physico-chimique des produits formulés montre que ces derniers contiennent entre 14,720% - 17,16 % de protéines alors que le produit de référence 14,081 % , ainsi que ceux de l'extrait sec total qui varient entre 38 % et 41% par rapport au produit de référence (40,06%) et la matière grasse varie entre 19,5%-22% pour les essais produits par rapport au produit de référence 20%.

L'analyse microbiologique de nos produits a montrée l'absence totale des germes recherchés et la bonne qualité hygiénique.

**Mots clés :** spécialité fromagère, *Lupinus albus*, protéines, l'extrait de lupin, fromage.

## ملخص

التحضيرات الجبنية هو غذاء يحتوي على البروتينات والمعادن ، وهذا الطعام يلعب دوراً مهماً للغاية في النظام الغذائي لجميع الفئات العمرية.

أجريت هذه الدراسة بهدف إنتاج تخصص جبن من المستخلص المائي لبذور نبات الترمس من أجل تحسين القيمة الغذائية لمنتجاتنا ، ويشمل هذا العمل إعداد أربع تجارب لتخصصات الجبن P1 ، P2 ، P3 ، P4 ، تحتوي على نسب مختلفة من مستخلص الترمس ، ومسحوق الحليب بنسبة 0 % من الدهون.

أظهرت نتائج التحليل الحسي التي تم الحصول عليها أن P1 و P2 لها خصائص حسية جيدة (الذوق والمظهر واللمس واللون والرائحة).

يوضح التحليل الفيزيائي الكيميائي للمنتجات المشكلة أنها تحتوي على ما بين 14.720 % - 17.16 % من البروتينات في حين أن المنتج المرجعي 14.081 % ، وكذلك تلك الخاصة بالمستخلص الجاف الكلي الذي يتراوح بين 38 % و 41 % من بالنسبة للمنتج المرجعي (40.06%) وتتراوح الدهون بين 19.5% - 22% للاختبارات المنتجة مقارنةً بالمنتج المرجعي 20%.

أظهر التحليل الميكروبيولوجي لمنتجاتنا الغياب التام للجراثيم المطلوبة والجودة الصحية الجيدة.

الكلمات المفتاحية: التحضيرات الجبنية ، الترمس ، البروتينات ، خلاصة الترمس ، الجبن.

## Abstrat

The Cheese preparations is an energy food that contains proteins and minerals, this food plays a very important role in the diet of all age groups.

This study was conducted with the aim of producing a cheese specialty from the aqueous extract of the seeds of lupinus albus, in order to improve the nutritional value of our products. This work involves the elaboration of four trials of cheese specialties P1 , P2, P3, P4, containing different proportions of lupine extract, and milk powder at 0% fat.

The results of the sensory analysis obtained showed that P1 and P2 have good organoleptic characteristics (taste, appearance, texture, color, smell).

The physico-chemical analysis of the formulated products shows that they contain between 14.720% - 17.16% of proteins while the reference product 14.081%, as well as those of the total dry extract which vary between 38% and 41% by relative to the reference product (40.06%) and the fat varies between 19.5% -22% for the tests produced compared to the reference product 20%.

The microbiological analysis of our products has shown the total absence of the desired germs and the good hygienic quality.

**Key words:** cheese specialty, Lupinus albus, proteins, lupine extract, chees

## Liste des abréviations

**AOAC:** Association of official analytical chemistry

**Abs:** Absence

**AFNOR:** Association française de normalisation

**BB:** Bruyant et Burkey

**BEA:** gélose Bile EsculneAzide

**BP:** Baird-Parker

**CF :** Coliformes fécaux

**CT :** Coliformes totaux

**D° :** Degré dormic

**DLUO :** Date limité d'utilisation optimale

**EST :** Extrait sec total

**ESD :** Extrait sec dégraissé

**FAMT :** Flore aérobie mésophile total

**FAMR :** Flore aérobie mésophile Revivi fiable.

**FAO :** Food and Agriculture Organizational

**G/S :** Matière gras / extrait sec totale

**HACCP:** Hazard Analysis Critical Control Point)

**MG:** Matière Grasse

**MP:** Matière première

**NAOH:** hydroxyde de sodium

**nbr:** Nombre

**PCA** : Plate-Count-Agar

**pH**: Potentiel d'hydrogène

**RCM**: Reinforced Clostridial Medium

**SAG**: Spores anaérobies gazogènes

**SFB**: Sélénite -cystéine

**SM**: Solution mère

**SR**: Sulfito- réducteur

**T**: Température

**UFC**: Unité formant colonie

**UHT**: Ultra haute température

**VF** : Viande de Foie

**VRBL**: gélose Lactosée au cristal Violet et au Rouge Neutre.

Liste des figures

<b>Figure01:</b>	pourcentage des différentes protéines du lait	5
<b>Figure 02:</b>	Principale voie de fabrication de spécialité fromagère	16
<b>Figure 03 :</b>	photographie du Lupin blanc	21
<b>Figure 04:</b>	Photographie des graines de <i>Lupinus albus</i>	30
<b>Figure 05:</b>	Diagramme de la fabrication du « fromage fondu» dans la fromagerie Tammy	41
<b>Figure 06:</b>	Nettoyage des graines de lupin	42
<b>Figure 07 :</b>	Trempage des graines de lupin	42
<b>Figure08 :</b>	Broyage des graines de lupin blanc	42
<b>Figure09:</b>	Homogénéisation de la solution eau / lupin	43
<b>Figure 10 :</b>	filtration et pasteurisation de l'extrait de lupin	43
<b>Figure11 :</b>	Digramme de fabrication de la spécialité fromagère	45
<b>Figure 12:</b>	analyse microbiologique des produits	47

---

<b>Figure 13:</b>	Les spécialités fromagères formulées.....	52
<b>Figure 14:</b>	Valeurs moyennes des notes de l'aspect des produits formulés et le produit de référence.....	.53
<b>Figure 15 :</b>	Valeurs moyennes des notes de La couleur des produits formulés et le produit de référence.....	.53
<b>Figure 16:</b>	Valeurs moyennes des notes de l'odeur des produits formulés le produit de référence.....	...54
<b>Figure 17:</b>	Valeurs moyennes des notes de la texture des produits formulés et le produit de référence.....	...54
<b>Figure 18:</b>	Valeurs moyennes des notes du gout des produits formulés et le produit de référence.....	.55
<b>Figure 19:</b>	évaluation de pH pendant la durée de conservation des produits formulés et le produit de référence.....	56
<b>Figure 20 :</b>	Taux de l'extrait sec total des produits formulés et le produit de référence.....	57
<b>Figure 21:</b>	Taux de matière grasse des produits formulés et le produit de référence.....	58
<b>Figure 22:</b>	Taux de G/S des produits formulés et le produit de référence.....	58

---

**Figure 23 :** Taux de protéines des produits formulés et le produit de référence.....59

**Figure 24:** Taux d'acidité des produits formulés et le produit de référence.....60

**Figure 25:** Taux de cendres des produits formulés et le produit de référence.....60

**Figure 26 :** Taux d'évolution de l'extrait sec total pendant le stockage à 4°C.....63

**Figure 27 :** Taux d'évolution de la matière grasse et du gras/ sec pendant la conservation.....  
63

.

**Liste des tableaux**

<b>Tableau 01</b> : production mondiale de la spécialité fromagère.....	4
<b>Tableau 02</b> : les valeurs nutritionnelles comparatives d'une spécialité fromagère et le fromage frais.....	14
<b>Tableau 03</b> : Classification de <i>Lupinus albus</i> .....	21
<b>Tableau 04</b> : Composition de la graine de <i>Lupinus albus</i> .....	24
<b>Tableau 05</b> : Ingrédients de formulation de la spécialité fromagère .....	44
<b>Tableau 06</b> : Résultats d'analyse physico-chimiques des matières premières.....	48
<b>Tableau 7</b> : Résultats d'analyse physico-chimiques de la graine et l'extrait de <i>lupinus albus</i> . .....	49
<b>Tableau 8</b> : Résultats d'analyses microbiologiques des matières premières.....	50
<b>Tableau 09</b> : résultats de l'analyse microbiologique de l'extrait de lupin.....	51
<b>Tableau10</b> : Résultats d'analyse microbiologiques des produits formulés et produit de référence.....	61
<b>Tableau 11</b> : évolution bactériologiques des produits formulés et produit de référence lors de la conservation à 4°C.....	65
<b>Tableau 12</b> : Les prix unitaires des ingrédients d'un fromage.....	66
<b>Tableau 13</b> : le prix de revient de la spécialité fromagère et produits de référence.....	66

**Table de matière**

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

**Partie bibliographique**

**Chapitre I : la Spécialité fromagère**

I. Définition .....3

II. Aperçu historique économique .....3

III. Ingrédients de fabrication .....4

III .1. Matières premières laitières.....4

III .2. Matières premières non laitières .....10

IV -les différents types de spécialité fromagère.....12

IV.1. La spécialité fromagère affinée .....13

IV.2. La spécialité fromagère non affinée.....13

V. Valeur nutritionnelle.....13

VI. Processus de fabrication .....14

VI.1. Sélection des matières premières et contrôle de qualité.....14

VI .2. Ecroûtage, découpage et broyage des fromages .....14

VI.3. Préparation de la formule et procédé technologique.....15

VII. Contrôle de qualité .....17

VII.1. Le contrôle physico–chimique .....17

VII.2. Le contrôle microbiologique.....17

VII.3. Le contrôle organoleptique.....18

**Chapitre II : Lupin blanc**

I .Généralité sur *Lupinus albus*.....19

II .Historique et origine.....19

III. Description botanique .....20

III.1.Morphologie.....20

III .2. Classification taxonomique de *Lupinus albus* .....21

III.3. Répartition géographique.....22

IV. Composition.....22

IV. 1 Les protéines.....23

IV. 2 Les glucides .....23

IV. 3 Les lipides.....23

IV. 4 Les alcaloïdes quinozilidiniques.....23

IV. 5 Facteurs anti- nutritionnels.....23

V. utilisation.....25

V.1. Engrais verts et culture de couverture.....25

V.2. Alimentation animale.....25

V.3. Alimentation humaine.....25

VI. Effet thérapeutique .....26

VI. 1.Effet sur le cholestérol.....26

VI. 2.Effet sur l'hypertension.....	26
VI. 3.Effet sur les maladies cardiovasculaires.....	26
VI. 4.Effet sur la constipation.....	27
VI. 5.Effet sur le diabète.....	27
VI. 6.Effet sur le système immunitaire.....	27

### **Partie Pratique**

#### **Chapitre III : Matériel et méthodes**

I .Présentation de fromagerie Tammy .....	28
II. Matériels .....	29
II.1. Matières premières utilisées .....	29
III. Méthodes .....	30
III .1. Caractérisation physicochimique de la matière première.....	30
III .1.1. Détermination de l'extrait sec total (EST).....	30
III .1.2. Détermination du potentiel d'hydrogène.....	31
III .1.3. Détermination de la matière grasse .....	31
III .1.4. Détermination de l'acidité titrable.....	32
III .1.5. Détermination du taux de cendres.....	32
III.1.6. Détermination de l'azote total et la teneur en protéines totales.....	32
III.1.7. Détermination du rapport matière grasse/matière sèche.....	33
III.2. Caractérisation microbiologique de la matière première .....	34
III .2.1. Prélèvement et analyse.....	34
III .2.2. Recherche et dénombrement des germes.....	35
III .2.2.1. La flore aérobie mésophile totale à 30 °C (FAMT).....	35
III .2.2. 2. Les coliformes totaux et coliformes thermo tolérants.....	36

III .2.2. 3. Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	37
III. 2.2.4. Recherche des <i>Streptococcus</i> groupe D.....	37
III. 2.2.5. Recherche des sulfito-réducteur .....	38
III.2.2.6. Recherche des Spores anaérobies gazogènes.....	39
III.2.2. 7. Recherche des Salmonelles.....	39
IV. Réalisation de la spécialité fromagère.....	40
IV.1. Présentation du produit de référence (PR).....	40
V. Préparation de l'extrait de <i>Lupinus albus</i> .....	42
VI. Préparation des essais formulés .....	43
VI.1.Présentation de la spécialité fromagère .....	44
VII. Caractérisation des essais formulés et le produit de référence.....	46
VII.1. Test sensoriel.....	46
VII.2. Le choix du jury de dégustation.....	46
VII.3.Caractérisation physico-chimique des essais de préparation fromagère .....	46
VII.4. Caractérisation microbiologique.....	46
VIII. Etude de la conservation des fromages à 4°C .....	47
IX. Etude technico-économique : .....	47

**Chapitre IV : Résultats et discussion**

I. Résultats de la Caractéristique physicochimique de la Matières premières .....	48
II. Résultats de la Caractéristique physico-chimiques de la graine et l'extrait de lupin blanc .....	49
III. Résultats des analyses microbiologiques des Matières premières.....	50
IV .Caractéristiques sensorielles des spécialités fromagères.....	52
V. Résultats des Caractéristiques physico-chimiques des produits finis .....	56

## Table de matière

---

VI. Résultats Analyses microbiologiques des Produits finis.....	61
VII. Etude de la conservation des produits à 4°C.....	62
VII .1.Etudes physico-chimique.....	63
VII.2.Etude bactériologiques.....	64
VIII. Etude économique.....	65
Conclusion .....	68
Les références bibliographiques.....	69
Les annexes.	

# ***Introduction***

### Introduction :

Les fromages sont des produits précieux d'une grande valeur nutritionnelle et de haute qualité gustative, ils jouent un rôle important dans l'alimentation humaine, ils sont très riches en éléments nutritifs (Feinberg ,1987).

Les spécialités fromagères sont des aliments complexe habituellement obtenus en mélangeant une ou plusieurs variétés de fromage naturels avec des émulsifiants (les sels de fonte), de nombreux ingrédient optionnels incluant des ingrédients laitières et de l'eau. (Chemache ,2011).

La spécialité fromagère est un système hybride, donc hautement instable, dans lequel la matière grasse et les protéines sont plus ou moins gélifiées selon la texture recherchée qui est hautement influencée par le constituant de la formule mais aussi par les différents procédés technologiques que cette formule avait subis (Chemache,2011).

Le besoin d'augmenter la quantité de fromage d'une quantité donnée de lait est une nécessité économique lorsque l'offre de lait est limitée, mais la demande pour un tel produit est élevée.

Depuis des milliers d'années, l'homme a utilisé les plantes rencontrées dans la nature pour traiter et soigner des maladies, mais également pour s'alimenter. L'utilisation des plantes dans la plupart des sociétés fait partie du système et des pratiques de savoirs indigènes pendant de nombreuses générations. La consommation de ces plantes fournit aux populations rurales la plupart de leurs besoins quotidiens en vitamines et minéraux essentiels, en particulier en acide folique, et en vitamines A, B , E et C et, dans bien des cas, ont des propriétés médicinales .( Fanzo *et al.*,2013)

La hausse des prix des matières premières d'origine animale à menez à l'augmentation des prix de fromage spécialisée, pour cela il ya des recherches et travaux, son objectif est de diminué les coûts de la production qui remplace la matière première d'origine animale à celle d'origine végétale.

Parmi les matières premières d'origine végétale le lupin blanc « *Lupinus albus* », qui est l'une des plus anciennes cultures agricoles largement utilisées dans le monde non seulement comme une source de protéines dans la production de fourrage, mais aussi pour l'amélioration de sol (Duc *et al.*,2010).

Le lupin est une plante précieuse sur le plan économique et agricole (Sujak *et al.*,2006);(Gulewicz *et al.*, 2008). Ses graines sont employées comme source de protéines de l'alimentation humaine et animale dans diverses parties du monde, non seulement pour leur valeur nutritive, mais aussi pour leur capacité d'adaptation à des climats et des sols marginaux. La consommation humaine de lupin a augmenté ces dernières années (de Cortes Sánchez *et al.*, 2005) .

La teneur en protéines des graines de lupin varie de 30 à 40 g / 100 g avec une composition en acides aminés comparable à celle du soja (Elsamani *et al.*,2014).

Des tentatives récentes ont été faites pour traiter les graines de lupin pour produire des produits laitiers de remplacement, similaires à ceux dérivés du soja (V Jayasena, Kardono, Quail, & Coorey, 2007).

Aujourd'hui, un marché pour l'utilisation des graines de lupin dans l'alimentation humaine a été développé et différents produits sont disponibles, tels que les pâtes, les produits de boulangerie contenant de la farine de lupin, produits carnés, et boissons (Vijay Jayasena, Khu, & NASAR-ABBAS, 2010), (Paraskevopoulou, Provatidou, Tsotsiou, & Kiosseoglou, 2010).

Les échantillons de fromage ont été préparés selon une méthode standard en substituant du lupin à 25%, 50%, 75% et 100% à la poudre de lait.

Le but de ce travail est l'élaboration d'une nouvelle formulation d'une spécialité fromagère diététique hyperprotéique à base de l'extrait de lupin blanc avec un coût de revient plus ou moins abordable. On s'est intéressé en premier lieu à l'étude physico-chimiques et microbiologiques des matières premières (cheddar, poudre de lait, caséine acide et caséine présure et l'extrait de lupin) et ainsi que les produits fini P1, P2, P3, P4, PR ; on plus de ca l'étude sensorielles de ces derniers. Le rôle de la substitution de l'extrait de lupin c'est l'amélioration de la qualité nutritionnelle des nos produits.

Notre manuscrit est structuré en deux grandes parties, la première est consacrée à une synthèse bibliographique articulée autour de deux chapitres, la spécialité fromagère ainsi que le lupin blanc. La seconde partie de notre manuscrit présente l'essai de fabrication des spécialité fromagère à basse de l'extrait de lupin et leur analyse physique-chimique (extrait sec totale, la matière grasse, les protéines,.....ect) et des analyses microbiologique dans la troisièmes chapitre. Les résultats obtenus et leurs discussions au cours de cette étude sont ensuite exposés dans le quatrième chapitre, ainsi que d'une conclusion à l'ensemble de notre démarche.

*Partie  
bibliographique*

*Chapitre I :*

*spécialité fromagère*

**Chapitre I : Spécialité fromagère****I. Définition**

La spécialité fromagère est obtenue par le mélange de fromages de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte ; ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante jusqu'à obtention d'une masse homogène (Paquet, 1988)(Guinee et *al.*, 2004).

D'autres ingrédients d'origine laitière et non laitière peuvent être additionnés au mélange.

La dénomination spécialité fromagère est réservée au produit fermenté ou non, Affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange (Richonnet, 2016).

La teneur minimale en matière sèche est de 20 grammes pour 100 grammes de produit fini pour les spécialités fromagères affinées et 10 grammes pour 100 grammes de produit fini pour les spécialités fromagères non affinées (Richonnet, 2016).

**II. Aperçu historique et économique**

Le lait étant très périssable, le fromage a été l'un des premiers moyens de sa conservation. Cependant, même le fromage n'offre qu'une stabilité relative et variable (Richonnet, 2016). C'est à deux industriels suisses, Walter Gerber et Fritz Stetter, que peut être attribuée en 1911 la paternité de la fabrication industrielle du fromage fondu à Thun (canton de Berne) à partir de citrate de sodium et d'emmental (Roustel, 2014).

Cependant, les premiers essais de fonte, en vue d'obtenir un fromage de longue conservation ont eu lieu en Allemagne en 1890 à partir de fromages à pâte molle. La technique de fonte a ensuite été perfectionnée pour être applicable aux fromages à pâte pressée et en 1911, la société Gerber commercialisa en Suisse le premier fromage fondu à base d'emmental. Les dernières années de la 1<sup>ère</sup> grande Guerre marquent le début de l'industrialisation des fromages fondus et la première usine européenne fut montée à Dôle en 1917 (Richonnet, 2016).

La production de la spécialité fromagère dans différents pays est illustrée dans le tableau 1.

La production globale est estimée à une quantité de 2 millions de tonnes/an, qui est l'équivalent de 13% du total des fromages.

**Tableau 1 :** production mondiale de la spécialité fromagère entre 1995 et 2000 (en millions de tonnes) (Guinee et *al.*, 2004)

pays	1995	2000	Evolution 1995/2000(%)
France	126	134	+1,5
Allemagne	157	171	+2 ,2
Italie	20	20	+0,1
Belgique	54	55	+0,8
Espagne	39	37	-1,3
USA	1081	/	/
Australie	50	/	/
japon	97	/	/

### III. Ingrédients de fabrication :

Les spécialités fromagères sont fabriquées à partir des matières premières laitières et non laitières au lieu du lait ; caséine ou caséinates, lactosérum, matière grasse d'origine laitière et végétale, amidons, sels de fonte, et additif.(F. Fox et *al.*,2000), (Benaouadj, Ziane-Zafour, & Rebiha, 2017).

#### III .1. Matières premières laitières

##### III.1.1. Le lait cru :

Le lait est la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites sans rien y ajouter ou en soustraire, destinée à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur). Mallaye2000).

Le lait a été défini en 1908 au cours de congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant : «le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière et ne doit pas contenir de colostrum » (Fenniche, Naoui, & Bettache, 2018).

**III .1.1.1. Caractéristique organoleptique :**

Le lait est un liquide blanc, opaque, doux, plus visqueux que l'eau, de saveur légèrement sucrée et d'odeur peu accentuée (Veisseyre, 1979) .

**III 1.1.2. Caractère physico-chimique :**

Nature physico-chimique du lait, elle est complexe. Selon ( Assa et *al.*,2012). le lait est :

- ❖ Une émulsion grossière et instable de lipides dans l'eau;
- ❖ Une solution vraie de minéraux et de sucre dans l'eau;
- ❖ Une solution colloïdale de caséine, albumine, phosphocaséinates de calcium.

Ses principaux caractères physiques et physico-chimiques immédiatement déterminables sont les suivant:

- Densité à 15°C.....1,030 à 1,034
- Point de congélation .....-0,55°C
- PH.....6,5 à 6,6
- Indice de réfraction à 20°C.....1, 35
- Acidité exprimée en degré DORNIC(en décigrammes d'acide lactique par litre.....16 à18

**III .1.1.3. Composition chimique du lait**

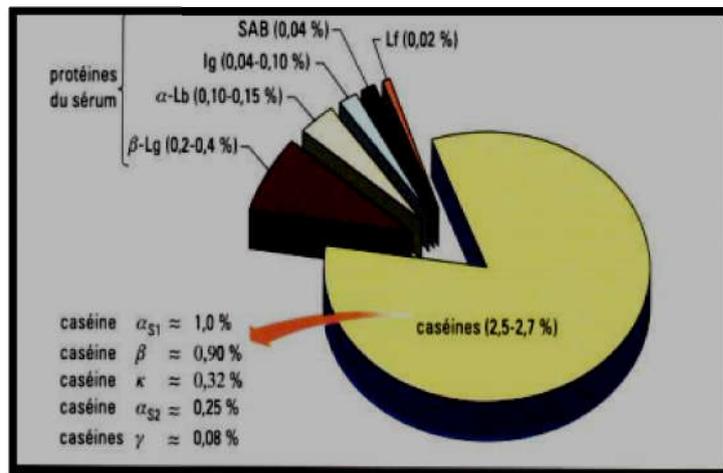
Le lait contient des nutriments essentiels et est une source importante d'énergie alimentaire, l'eau comme constituant principal 90%, des protéines 3,2% (caséine, lactalbumine) de haute qualité et de matières grasses ou les lipides (acides gras saturés, acides gras insaturés) avec un pourcentage relatif 1,5 %. Le lait peut apporter une contribution significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique. Le lait et les produits laitiers sont des aliments nutritifs(Benani, 2017).

**➤ Les caséines de lait :**

Les caséines constituent la fraction majeure des protéines du lait (Figure 1). Cette fraction est la plus déterminante en matière de technologie fromagère. Elles se trouvent sous forme de micelles. Ces micelles précipitent sous l'action de la présure ou lors d'une acidification à un pH d'environ 4,6.

Les caséines se présentent sous la forme de micelles formées par l'association de différents constituants parmi lesquels on cite : les caséines  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$ , la caséine  $\beta$ ,

la caséine  $\kappa$  et des minéraux, notamment du calcium et du phosphore (Akyuz et al., 2013)



**Figure 1:** pourcentage des différentes protéines du lait (Cayot et Lorient, 1998) cité par (Lapointe-Vignola, 2002).

#### III.1.1.4. Composition microbiologique du lait :

Le lait cru est un véritable milieu de culture, il est indispensable de le réfrigérer à 4°C dès sa production, les principaux microbes du lait selon (Vercruyse, 1975):

##### III.1.1.4.1. Bactéries lactiques :

Elles hydrolysent le lactose en glucose et galactose ; puis les oses sont transformés en acide lactique, la température idéale est 30 à 40°C. Lorsque la teneur en acide lactique atteint 6 à 7g /kg, « le lait tourne », la caséine est coagulée.

##### ➤ Streptocoques lactiques :

Les espèces de streptocoques sont homo- fermentaires strictes, se rencontrant chez l'Homme et les animaux, la plupart sont saprophytes toutefois certaines d'entre elles possèdent des caractères pathogènes (*Streptococcus pyogenes*), ce genre regroupe une bactérie d'intérêt industriel et nutritionnel *Streptococcus thermophilus* utilisée dans la fabrication du fromage (Jamet & Chandesris, 2009)

##### ➤ Lactocoques

Les lactocoques ont un métabolisme homo-fermentaire facultatif (Jamet & Chandesris, 2009). Le genre *Lactococcus* comporte plusieurs espèces et sous espèces, dont les plus importantes sont les espèces suivantes: *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis*.

Certains caractères biochimiques distinguent ces sous espèces et biovariants, telle que la production de diacétyl à partir du citrate, la désamination de l'arginine, la capacité à croître en présence de 4% de sel, à pH 9,2 et à une température de 40° C (Badis, Laouabdia-Sellami, Guetarni, Kihal, & Ouzrout, 2005). Les deux sous espèces de *Lc. lactis* *Lc. lactis* ssp. *lactis* et *Lc. lactis* ssp. *cremoris* se distinguent essentiellement par leur capacité acidifiante et leur croissance à 40°C. La sous espèce *Lc. lactis* ssp. *cremoris* est incapable de pousser au-dessus de 37°C. Le biovar *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis*, utilise le citrate pour produire du diacétyl, de l'acétoïne et du CO<sub>2</sub> (Badis et al., 2005).

### ➤ Lactobacilles

Les lactobacilles contiennent de nombreuses espèces qui interviennent dans de nombreuses industries laitières, ils ont des exigences nutritionnelles très complexes en acides aminés, en vitamines, en acides gras, en glucides et en minéraux (Badis et al., 2005). La subdivision de 1986 en trois groupes permet de distinguer le groupe I contenant les lactobacilles thermophiles utilisés pour l'acidification et caractérisés par un métabolisme homo-fermentaire stricte. La flore secondaire du groupe II et III non ferments (NSALB : Non Starter Acid Lactic Bacteria) croit pendant l'affinage, les espèces du groupe II sont des hétéro-fermentaires facultatives, utilisant deux voies métaboliques (la glycolyse et la voie des pentoses phosphates), celles du groupe III sont des hétéro-fermentaires strictes (pas de voie Embden-Meyerhof fonctionnelle) résistantes aux températures de cuisson et produisent du CO<sub>2</sub> (Jamet & Chandesris, 2009).

### ➤ Les pédiocoques

Les pédiocoques sont des homo-fermentaires, sous forme sphérique ne formant pas de chainettes mais jamais isolés, avec une croissance à une température optimale de 25-40°C selon les espèces. Ce genre ne possède pas la capacité de métaboliser le lactose, toutefois un grand nombre de ces bactéries est retrouvé dans le fromage affiné, spécialement *Pediococcus acidilactici* et *Pediococcus pentacaseus*, avec une aptitude à acidifier le lait et des activités protéolytiques (protéasiques et peptidasiques) importantes (supérieures aux NSLAB) (Jamet & Chandesris, 2009).

### ➤ Les entérocoques

Les entérocoques sont des bactéries lactiques présentes dans l'intestin humain et des animaux et dans la flore naturelle du lait cru et du fromage ( $> 10^6$  UFC/g) avec un métabolisme homo-fermentaire stricte. Elles se différencient des autres coques (streptocoques et lactocoques) par leur capacité à croître à de faibles températures ( $10^\circ\text{C}$ ) et à résister aux sels (6,5% NaCl; 40% sels biliaires), et aux facteurs de l'environnement spécialement le traitement thermique (30 min à  $60^\circ\text{C}$ ). Ce sont des opportunistes, avec la capacité de produire des bactériocines et de présenter une activité antagoniste vis-à-vis de certains agents pathogènes. Les plus connus dans le domaine fromager, associés à la fermentation, dans les fromages italiens, sont *Enterococcus faecium* et *En. faecalis* et parfois utilisés comme indice de contamination fécale Aissou et al .,2016);(Jamet & Chandesris, 2009).

#### ➤ Les leuconostocs

Les leuconostocs sont généralement rencontrés dans le lait cru et les fromages fermiers et sont même utilisés dans la fabrication de fromage (Roquefort) en raison de leur production de composés aromatiques (diacétyle, acétoïne...) et de  $\text{CO}_2$  (hétéro fermentaires) qui participe à l'ouverture du fromage permettant le bon développement de *P. roquefortis*. Certaines espèces possèdent également la particularité de métaboliser l'acide citrique du lait en diacétyle avec l'association d'autres bactéries lactiques permettant ainsi l'obtention de l'arôme de beurre dans les fromages frais(Jamet & Chandesris, 2009) .

#### III.1.1.4.2. Flore de contamination

##### ➤ Bactéries saprophytes:

Elles sont associées à la propreté de la collecte, les principales sont :

- Les bactéries coliformes, d'origine fécale le dénombrement est un indicateur de pollution.
- Les bactéries protéolytiques pouvant se multiplier à basse température. Elles s'attaquent à la caséine et sont responsables du « mauvais goût » du lait ;
- Les bactéries lipolytique, elles s'attaquent aux matières grasses et développent le goût rance ;
- Les levures et moisissures qui se multiplient en surface.

##### ➤ Bactéries pathogènes:

Elles sont devenues rares, cas exceptionnelles, dans les pays qui surveillent médicalement les troupeaux et collectent le lait dans les conditions rigoureuses de propreté. Les vaches atteintes de mammites hébergent des Staphylocoques et des Streptocoques.

#### **III.1.1.4.3. Flore apportée**

Les ferments lactiques utilisés sont des souches commercialisées telles que les bactéries mésophiles lactiques employées dans les fabrications au lait de vache, se sont des flores d'acidification (*Lactococcus lactis* et *Lc. cremoris*) et d'aromatisation (*Lactococcus* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis*), mais aussi des bactéries thermophiles (*Streptococcus thermophilus*) utilisées dans les fromages à prise rapide (camembert) pour leur pouvoir protéolytique, permettant d'avoir un goût plus développé (Luquet, 1985) .

#### **III .1.2. Les fromages naturels :**

Le fromage fondu et la spécialité fromagère fondue sont les produits laitiers dans lesquels le fromage est l'ingrédient laitier majoritairement utilisé comme matière première (LES ADDITIFS, 2004). Une sélection adaptée des fromages naturels est primordiale pour la fabrication d'une spécialité fromagère de qualité (Schär & Bosset, 2002).

D'après (Ouari 2000) les fromages sont caractérisés par :

- ✓ Le pH;
- ✓ L'extrait sec total (EST);
- ✓ La matière Grasse (MG);
- ✓ L'extrait sec dégraissé (ESD);
- ✓ La nature de la texture en liaison avec la structure de la pâte;
- ✓ Le niveau de minéralisation (% massique de calcium sur extrait sec dégraissé);
- ✓ La teneur en caséine relative.

Ces critères sont fondamentaux pour sélectionner les différents fromages en fonction du procédé technologique et des matériaux utilisés d'une part et du type de produit fini recherché d'autre part (Ouari2000).

Le choix des fromages utilisés se fait entre le Cheddar, l'Emmental, le Gruyère, Mozzarella et d'autres fromages à pâte pressée (McSweeney, 2004) en se basant sur le type, la flaveur, la maturité, la consistance, la texture et l'acidité (Chambre & Daurelles, 1997). Concernant les autres matières premières laitières et la pré-fonte additionnée lors de la fabrication des spécialités fromagères sont les mêmes utilisés dans le cas des fromages fondus, ainsi que les matières premières non laitières (sels de fonds, eau, additifs alimentaires).

### **III .1.3. Autres matières premières laitières**

En outre des fromages, d'autres matières premières laitières sont utilisées pour la fabrication de la spécialité fromagère. On peut citer, les concentrés protéiques laitiers, les poudres de lait écrémé, lactosérum, lactose, caséines-caséinates, protéines de sérum, Co précipites, crème, beurre et matière grasse laitière anhydre ( F.Fox et *al.*, 2000 b).

### **III .1.4. Pré fonte :**

Il s'agit de fromage déjà fondu qui résulte de la récupération de la pâte contenue dans différents endroits du circuit du produit dans l'atelier en fin de production et notamment au niveau du conditionnement. On a constaté en pratique que lorsqu'elle était refondue, la pré fonte se comportait sur le plan de la chimie des colloïdes comme un fromage fondu ayant été exposé depuis un certain temps déjà aux phénomènes chimiques, physiques et mécaniques du processus de fonte. Ainsi, la pré fonte transmet fortement ce processus physicochimique de modification de la structure au fromage fraîchement fondu auquel elle est ajoutée. Dès lors, le crémage est beaucoup plus rapide qu'en l'absence de pré fonte (Berger et *al.*, 1989).

Mais pour que cette addition soit profitable, la pré fonte doit être de bonne qualité texturale, c'est-à-dire « crémeuse » et non sur crémée, sous peine d'entraîner un sur crémage de toute la pâte du fromage fondu. Son rôle régulateur du processus de fonte se justifie surtout dans le cas des fabrications de produits tartinables et son taux d'incorporation varie de 2 à 10 % en masse selon la nature des matières premières mises en œuvre et le type de texture recherché pour les produits finis. Elle est particulièrement intéressante dans le cas de traitements UHT pour lesquels la pâte est extrêmement fluide après stérilisation et le crémage relativement délicat (Patart, 1987).

### **III .2. Matières premières non laitières :**

**III .2.1. Eau**

L'humidité étant généralement faible et puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter de l'eau au mélange. Celle-ci permet de solubiliser et de disperser les protéines et d'émulsionner par conséquent la matière grasse libre. Cette eau doit être de qualité alimentaire, c'est-à-dire avec une faible teneur en micro-organismes et en contaminants chimiques tels que les nitrates. Elle peut être apportée sous forme liquide en une ou plusieurs fois à différents moments de la fabrication mais toujours froide afin d'assurer une quantité d'eau de condensation constante lors du chauffage. Dans le cas des traitements thermiques de type stérilisation UHT, cette eau est injectée sous forme de vapeur dans une plage de 120 à 140 °C et sous une pression de  $2.10^5$  à  $4.10^5$  Pa. Cette vapeur doit être filtrée avant injection de manière à être débarrassée des additifs apportés par le traitement des eaux de chaudière et des contaminants récupérés lors de sa distribution(Ouari,2000).

**III .2.2. Matières premières végétales**

Les matières premières d'origine végétale sont utilisées pour la fabrication du fromage fondu d'imitation(Mounsey & O'Riordan, 1999) ;(Kiziloz et al.,2009

L'utilisation des matières premières d'origine végétale proscrit l'appellation « fromage fondu » et contraint à la dénomination « spécialité fromagère fondue » (Ouar,2000).

**III .2.2.1. Graisses végétales**

Plus économiques que la matière grasse laitière, elles présentent en outre l'avantage d'une absence de cholestérol et d'une grande pauvreté en acides gras saturés(Bachmann, 2001; Kiziloz et al., 2009)

**III .2.2.2. Protéines végétales**

Des études ont été entreprises sur le remplacement de la caséine dans les spécialités fromagères par différents types de protéines végétales ; les protéines de soja, des arachides et le gluten du blé. Ces dernières ont une capacité élevée d'absorption d'eau et génèrent une consistance épaisse et peu fluide. Elles doivent être incorporées à de faibles doses (2 à 3 %)(C. Yang & Taranto, 1982) ; (G.Yanget al.,1983) ;(Moller et al.,1992) ; (Ortega-Fleitas, 2001) .

**III .2.3. Agents de textures**

Ce sont des hydrocolloïdes qui, en présence d'eau ont un fort pouvoir épaississant voire gélifiant et une action stabilisante vis-à-vis de l'eau du produit. Ils peuvent être d'origine animale (gélatine), végétale (amidon, gommés de guar, de caroube, alginates, carraghénanes...) ou produits par voie fermentaire (gommés xanthane) (Kizilos, 1994). Leur rôle est d'améliorer la consistance et l'onctuosité de la spécialité fromagère, et permet d'éviter toute synérèse et par conséquent faciliter le décollage de l'emballage au contact du produit. Le recours à ces additions interdit l'appellation fromage fondu et contraint à la dénomination « spécialité fromagère fondue ». Les quantités couramment employées varient entre 0,1 et 0,25 % en masse (Kiziloz et *al.*, 2009).

L'association entre agents de texture et sels de fonte donne d'excellents résultats tant sur le plan de la stabilisation physicochimique que sur le plan de la sensation en bouche (Guinee et *al.*, 2002) ; (Lucey et *al.*, 2003).

**III.2.4. Sels émulsifiants**

Les sels émulsifiants sont des composés ioniques constitués de cations monovalents et d'anions polyvalents. Les deux fonctions principales des sels émulsifiants chez le fabricant de fromage fondu sont l'ajustement du pH et la séquestration du calcium, qui améliorent les propriétés émulsifiantes des caséines en séquestrant le calcium du réseau insoluble de phosphate de calcium-paracaseinate présent dans le fromage naturel. Les complexes séquestrés perturbent les forces moléculaires majeures qui réticulent les différents monomères de la caséine dans le réseau. Cette perturbation, associée au chauffage et au mélange, conduit à une hydratation et à une dispersion partielle du système protéique. La dispersion et l'hydratation de la caséine peuvent aider à l'émulsification en recouvrant la surface de globules gras libres dispersés (P. F. Fox, McSweeney, Cogan, & Guinee, 2004).

**III.2.5. Autre ingrédients**

D'autres ingrédients peuvent être utilisés lors de la fabrication des produits définis aux spécialités fromagères( Chemache et al.,2007) :

- épices, aromates et plantes aromatique ;
- Présure et enzymes coagulantes, cultures de bactéries, de levures, et de moisissures ; Auxiliaires technologiques et additifs dont la liste et les conditions d'emploi sont fixées par la réglementation.

#### **IV -les différents types de spécialité fromagère**

La spécialité fromagère est un produit affiné ou non affiné qui peut être enrobé, de Consistance solide ou semi-solide.

##### **IV.1. La spécialité fromagère affinée**

Est une spécialité fromagère qui n'est pas prête à la consommation peu après sa fabrication, mais qui doit être maintenue pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques de la spécialité fromagère (Bérard et Marchenay2000).

##### **IV.2. La spécialité fromagère non affinée**

Est une spécialité fromagère qui est prête à la consommation peu de temps après sa fabrication (Bérard et Marchenay2000).

#### **V. Valeur nutritionnelle**

La spécialité fromagère comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui la composent. Elle apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire (Tableau 2), Ne nécessitant aucune préparation, c'est un excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétiques et bâtisseurs nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux, vitamines, etc.) (Mohamed & Shalaby, 2016). Du fait de sa conservation et des facilités d'exportation qu'elle permet, elle peut être un aliment de première importance pour les populations de pays non laitiers.

En outre, la présence de la matière grasse sous forme bien émulsionnée et des protéines finement dispersées lui confère une efficacité nutritionnelle (notamment digestibilité) au moins égale à celle des composés de départ (Mohamed & Shalaby, 2016).

**Tableau 2 :** les valeurs nutritionnelles comparatives d'une spécialité fromagère et le fromage frais (pour 100g) d'après (Costa, 2017) .

les composants	Spécialité fromagère non affiné	Fromage non affiné (fromage frais)
Eau (g)	45,8	82,1
Protéine (g)	9,53	9,53
Glucide(g)	0,87	3
Lipide(g)	33,5	4,05
Fibre alimentaire(g)	0	0
Cendres(g)	4,12	1,5
Cholestérol (mg)	81	9,62
Calcium (mg)	557	107
Fer (mg)	0,42	0 ,14
Vitamine D (µg)	0,23	0,64
Vitamine E (mg)	0,37	0,075
Vitamine C (mg)	0	0,11

## VI. Processus de fabrication

### VI.1. Sélection des matières premières et contrôle de qualité

Avant leur utilisation, les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux quant à leur composition physicochimique et bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques (Schär & Bosset, 2002).

### VI .2. Ecroûtage, découpage et broyage des fromages

Dans certains cas, la dureté des fromages peut entraîner des difficultés de fonte et une présence dans le produit fini de particules infondues. L'écroûtage est réalisé traditionnellement par raclage ou abrasion, ou encore par de nouvelles techniques telles que les jets d'eau chaude sous pression. Pour faciliter le mélange avec les autres ingrédients et réduire le temps de fonte, il est impératif de fragmenter les fromages (Figure

2). Ce broyage grossier est généralement suivi d'un broyage plus fin dans un appareil à double vis sans fin qui conduit les morceaux vers une grille dont les perforations mesurent 2 à 10 mm de diamètre selon le niveau d'intensité acceptable par le produit fini (Schär & Bosset, 2002).

### **VI.3. Préparation de la formule et procédé technologique**

De l'eau et des sels de fonte sont ajoutés aux matières premières fromagères et laitières, puis un prébroyage de l'ensemble est effectué pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu (F. Fox et *al.*, 2000b) ; McSweeney, 2000b). L'ordre d'addition des matières premières dépend du matériel à disposition, le type de cuiseur et la durée de cuisson. Selon (F. Fox et *al.*, 2000b).

, l'ordre typique de l'addition est comme suit : les meules de fromages, mélange de sels émulsifiants secs, les ingrédients laitiers tels que la poudre de lait, l'eau et d'autres agents technologiques tels les colorants, les hydrocolloïdes et les conservateurs (Boutonnier, 2000).

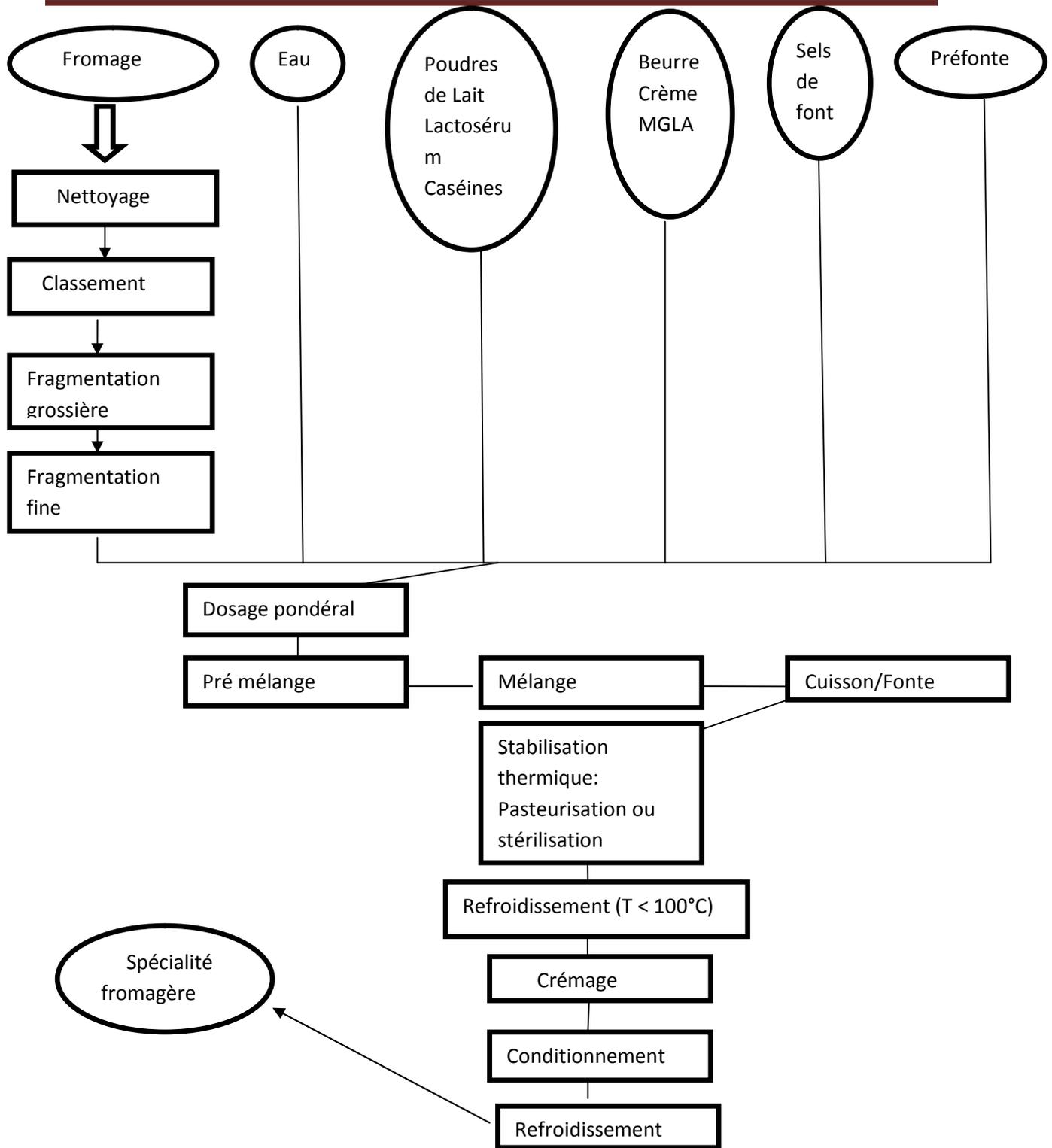


Figure 2 : Principale voie de fabrication de spécialité fromagère (J.-L. Boutonnier, 2000).

**VI.3.1. Conditionnement**

Le transfert de la pâte fondue se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des couleuses pour éviter toute recontamination au conditionnement. La spécialité fromagère chaude liquide est emballée dans les feuilles d'aluminium laqué ou des contenants en matériau plastique thermoscellable. La spécialité fromagère peut être aussi emballé en tube, en boîte de conserve, ou dans des boyaux en plastique (Zehren & Nusbaum, 1992); ( De Noronha et al.,2013).

**VII. Contrôle de qualité**

Les contrôles effectués dans les laboratoires au sein des industries ont pour but d'analyser les matières premières et les produits finis qui sont réalisés à chaque étape de la production afin de pouvoir corriger à n'importe quel moment s'il y a un problème.

**VII.1. Le contrôle physico-chimique**

Ces contrôles doivent être réalisés dès l'arrivée des matières premières sur le lieu de fabrication (J.-L. Boutonnier, 2000).

Il consiste à mesurer les différents paramètres tels que pH, Matière grasse, Extrait sec, analyse de texture des matières usagées y compris le produit fini, pour les comparer aux normes exigées et en cas d'anomalie faire une correction par un contre analyse soit déblocage ou par recyclage (J.-L. Boutonnier, 2000).

**VII.2. Le contrôle microbiologique**

Ce type de contrôle vise :

Parmi les micro-organismes indésirables susceptibles de contaminer les fromages, il faut distinguer deux catégories selon le degré de gravité(Le Jaouen, 1993) :

- les pathogènes, dangereux pour la santé humaine qui ne doivent pas être présents staphylocoques, salmonelles.
- les germes nuisibles à la qualité organoleptique des fromages

**VII.3. Le contrôle organoleptique**

(L. Boutonnier, 2002) Les caractéristiques organoleptiques dépendent du jugement de certaines qualités en rapport avec le consommateur, on peut citer :

- L'apparence (forme, couleur) relevant la vision.
- La flaveur (arome, saveur) relevant le goût.
- La texture.

***Chapitre II:***  
***lupinus albus***

**Chapitre II : *Lupinus albus*****I .Généralité sur *Lupinus albus* :**

Les légumineuses, souvent appelée « légumes sec », désignent les graines comestibles présentes dans les plantes. Elles se présentent sous plusieurs formes et couleurs (les lentilles vertes, rouges, ou brunes), les pois (entiers, cassé, chiches), les fèves de soja (haricots de soja), le lupin (blanc et bleu) et les haricots secs (rouges, blanc, noirs). Polyvalentes et économiques au niveau cout, les légumineuses possèdent en plus une excellente valeur nutritive et du fait de ces vertus nutritionnelles, de nombreuses études scientifiques encouragent la consommation de légumineuses pour augmenter son apport en glucides complexes, fibres, vitamines, et minéraux(Tharanathan & Mahadevamma, 2003) (Flight & Clifton, 2006) ;(Bouchenak et *al.*,2013) .

Le lupin est une plante précieuse sur le plan économique et agricole (Sujak, Kotlarz, & Strobel, 2006) ;(Gulewicz et *al.*, 2008). Ses graines sont employées comme source de protéines de l'alimentation humaine et animale dans diverses parties du monde, non seulement pour leur valeur nutritive, mais aussi pour leur capacité d'adaptation à des climats et des sols marginaux. La consommation humaine de lupin a augmenté ces dernières années (de Cortes Sánchez et *al.*, 2005).

**II .Historique et origine :**

Les anciens Grecs se sont référés appeler lupin comme « Thermes » alors qu'il est appelé « Turmus » dans la plupart des pays arabes et l'Inde, la plante est nommée « Termiye » ou « Acibakla » en Turquie(yorgancilar et *al.*,2009).

C'est l'amer qui aurait justifié à l'origine le choix du nom, dérivé de *Lupus*, le loup. Le qualificatif « blanc » fait référence à la couleur des fleurs.

Cette plante protéagineuse, parfaitement adaptée aux climats européens, est d'un grand intérêt en tant que ressource en protéines végétales. Trois autres espèces présentent aujourd'hui un intérêt agronomique pour l'alimentation humaine(Watt & Evans, 1999) ; (Watt & Evans, 1999).

Les Romains croyaient que lupin volé du sol des éléments nutritifs mais le contraire est vrai qu'ils sont parmi les légumineuses(Yorgancilar et *al.*, 2009). (Engedaw, 2012) ;(Bouviala et *al.*,2012).

### **III. Description botanique**

Plante herbacée annuelle, érigée, ramifiée, buissonnante, à poils courts, atteignant 120 cm de haut, à forte racine pivotante. Feuilles alternes, composées digitées à cinq – neuf folioles ; stipules linéaires à étroitement triangulaires (Mohamed & Rayas-Duarte, 1995).

#### **III.1.Morphologie**

**III.1.1.Inflorescence** : fausse grappe terminale de 3–30 cm de long, à nombreuses fleurs, fleurs inférieures alternes, fleurs supérieures verticillées ; pédoncule court ou absent.

**III.1.2.Fleurs bisexuées** : papilionacées ; pédicelle de 1–2 mm de long ; calice de 8–14 mm de long, densément poilu à l'extérieur, tube d'environ 4 mm de long, à 2 lèvres, lèvre supérieure entière, lèvre inférieure entière ou légèrement 3-dentée ; corolle blanche à mauve-bleu, étendard obovale, bords partiellement réfléchis, ailes obovales, , carène en forme de cuillère, munie d'un bec ; étamines 10, toutes soudées en un tube ; ovaire supère, 1-loculaire, style d'environ 7,5 mm de long avec un anneau de petits poils sous le stigmate.

**III.1.3.Fruit** : gousse étroitement oblongue, comprimée latéralement, bombée au niveau des graines, brièvement poilue mais glabrescente, jaune, contenant 3–6 graines.

**III.1.4.Graines** : rectangulaires ou carrées à coins arrondis, latéralement comprimées, plus ou moins lisses, blanches inégalement teintées de rose saumon ou mouchetées de marron foncé. Plantule à germination épigée (Mohamed & Rayas-Duarte, 1995).



A – Fleur de lupin blanc

B- Photographie d'une gousse

**Figure 3** : photographie du Lupin blanc. . ([www.flowerpictures.org](http://www.flowerpictures.org))

### III .2.Systématique et classification de *Lupinus albus*

Le genre *Lupinus* comprend environ 200 espèces, essentiellement américaines ; seules 12 d'entre elles sont originaires de l'Ancien Monde. En Afrique tropicale, on trouve 3 espèces indigènes ou naturalisées et 9 autres espèces ont été introduites. De nombreux *Lupinus* spp. Sont des plantes ornementales de jardin, et 4 espèces sont des plantes agricoles cultivées à grande échelle(Hedberg & Edwards, 1989) .

**Tableau 03** : Classification de *Lupinus albus* (Sbabou, 2009).

Classification	
<b>Règne</b>	Plantae
<b>Sous-règne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Sous classe</b>	Rosidae
<b>Ordre</b>	Fabales
<b>Famille</b>	Fabaceae
<b>Genre</b>	<i>Lupinus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Lupinus albus</i>

### **III.3. répartition géographique**

Le lupin blanc est originaire du sud-est de l'Europe et de l'Asie occidentale où des types sauvages sont encore présents. Sa culture est connue depuis l'antiquité en Grèce, en Italie, en Egypte et à Chypre. Au cours de l'histoire de sa culture, son importance a souvent fluctué ; actuellement, il a été parfois cultivé ailleurs, par exemple, au Kenya, en Tanzanie, au Zimbabwe, en Afrique du sud, Maurice, Etats-Unis et en Amérique du sud principalement le Brésil et le Chili (Brink & Belay, 2006).

#### **III.3.1. Les conditions climatiques et culturelles**

Le lupin blanc sauvage préfère les milieux perturbés et les sols pauvres, où la concurrence avec les autres espèces est moindre. Il est généralement cultivé à des températures mensuelles moyennes de 15–25°C pendant la période de croissance, l'optimum étant 18–24°C. Des températures supérieures de même que le stress dû à l'humidité retardent la floraison et la formation des gousses. Le lupin blanc tolère le froid, mais des températures de –6 à –8°C nuisent à la germination, et des températures de –3 à –5°C à la floraison. La pluviométrie optimale pour le rendement est de 400–1000 mm durant la période de croissance. Les espèces de lupin sont tolérantes à la sécheresse grâce à la profondeur de leurs racines, mais sont sensibles à la carence en humidité pendant la période reproductive (Diem, Duhoux, Zaid, & Arahou, 2000).

Le lupin est adapté aux sols bien drainés, légèrement acides ou neutres, de texture légère à moyenne, à pH compris entre 4,5–7,5. La croissance est ralentie sur des sols d'argiles lourdes engorgés, alors que les sols calcaires ou alcalins induisent la chlorose et limitent la croissance, empêchant souvent la culture. Le maximum de CaCO<sub>3</sub> toléré dans le sol est de 3–5 g/100 g. Certains cultivars de lupin blanc tolèrent mieux la salinité et les sols lourds que la plupart des autres plantes cultivées (Diem *et al.*, 2000).

### **IV. Composition**

Les légumineuses représentent, avec les céréales, la principale source végétale de protéines dans l'alimentation humaine. Ils sont également généralement riches en fibres alimentaires et en glucides (Rochfort & Panozzo, 2007). Le lupin est une bonne source de nutriments, non seulement en protéines mais aussi en lipides, fibres alimentaires, minéraux, et vitamines (Kohajdová *et al.*, 2011) ; (Matinez *et al.*, 2006).

➤ **Les protéines**

Représentent entre 34 et 43 % de la matière sèche de la graine de lupin blanc, valeurs similaires à celle du soja. La teneur en acides aminés essentiels est correcte, cependant une légère déficience en acides aminés soufrés est notée (Wait et *al.*, 2005).

➤ **Les glucides**

La graine de Lupin est également une excellente source de fibre contenant jusqu'à 39% de fibres, composée de 75 à 80% de fibre soluble, 18-25% de fibres insolubles et 5-9% d'hémicellulose totales. Nutritionnellement, les glucides de la graine de lupin sont assez intéressantes (Wait et *al.*, 2005).

➤ **Les lipides**

Se situant dans l'intervalle 8-12% selon les espèces, avec une bonne présence d'acide  $\alpha$ -linoléique (Environ 8 à 10% de l'huile). La fraction insaponifiable de l'huile de lupin est composée de stérols (Principalement du  $\beta$ -sitostérol) et des alcools triterpéniques (Wait et *al.*, 2005).

➤ **Les alcaloïdes quinozilidiniques**

Sont des isoflavones représentées par la génistéine et 13l'-hydroxygénistéine, au Concentration de 3- (Wait et *al.*, 2005).

**Tableau 04:** Composition de la graine de *Lupinus albus* (dans 100 g) Source(Lim, 2012) (Rybiński et al., 2018);

Constituant		Composition (pour 100 g)
<b>Energie</b>		1552 KJ (371Kcal)
<b>Eau</b>		10,4 g
<b>Glucides</b>		40,4 g
<b>Lipides 9,7 g</b>	Acide oléique	3558 mg
	Acide linoléique	1995 mg
	Acide Acide palmitique	742 mg
	Acide linoléique	446 mg
	Acide stéarique	316 mg
<b>Protéine (30,6 à 37,4g)</b>	tryptophane	289mg
	lysine	1933mg
	méthionine	255mg
	phényle	1435mg
	thréonine	1331mg
	Valine	1510mg
	leucine	2734mg
	isoleucine	1615mg
<b>Les minéraux</b>	Ca	176mg
	Mg	198mg
	P	440mg
	Fe	404mg
	Zinc	4.8mg
<b>Les vitamines</b>	Vitamine A	23mg
	Théamine	0.64mg
	Riboflavine (B12)	0.22mg
	Néacine	2.2mg
	B6	0.36mg
	Folates	355mg

### ➤ Facteur anti- nutritionnels

Parmi les facteurs thermolabiles, nous pouvons citer les phytates, oligosaccharides indigestes, inhibiteurs de la trypsine, tanins, lectines et isoflavones, la graine de lupin à une teneur faible de ces facteurs antinutritionnels . (Wait et *al.*, 2005).

## V. utilisation

Le Lupin blanc est une culture de légumineuses à usages multiples avec un éventail diversifié d'utilisation en tant que source de protéine pour l'alimentation animale et humaine.

### V.1. Engrais verts et culture de couverture

Est semé en automne dans les régions aux hivers doux, ou au printemps dans les climats plus rudes. Il est alors planté en inter-culture (entre 2 cultures à récolter). Les semis sont de croissance rapide, en 2 à 3 mois les plantes sont bien développées. Pour maintenir le maximum de richesse dans le sol, seules les parties aériennes du lupin sont coupées tandis que les racines sont laissées à se décomposer dans la terre, libérant ainsi l'azote assimilable (Brink & Belay, 2006) .

Le lupin blanc s'utilise aussi en culture inter-rang : au milieu des vignes, du blé ou des oliviers, par exemple.

### V.2. Alimentation animale

Les cultivars doux de lupin sont utilisés pour le bétail. La composition des graines et la haute teneur en protéine font des cultivars doux très approprié pour l'alimentation de bétail, dans les systèmes d'élevage intensif. Le lupin blanc peut être utilisé la fin de l'hiver au début de la saison de l'herbage comme fourrage frais ou sec (Janson, 2006) Le lupin blanc est utilisé pour la farine de poisson chez le turbot, la brème de mer, et la truite arc pour sa protéine et de lipides à haute teneur (Brink & Belay, 2006) .

### V.3. Alimentation humaine

La graine de lupin a été utilisée pour l'alimentation des populations humaines depuis que l'homme s'est sédentarisé sur les bords de la méditerranée (Papineau et Huyghe, 2004). Les graines de lupin blanc doux ont été utilisées pour la consommation humaine pendant de nombreuses années (Brink & Belay, 2006) .

La farine des graines de lupin blanc riche en fibre est utilisée par les être humaine. Cette farine est une bonne source de macro et micronutriments, protéines, lipides, glucides, minéraux et vitamines. Elle est utilisée pour enrichir les pâtes, mélange à gâteaux, les céréales autres produits de boulangerie. Cette farine est également ajouté à émulsionner les produits de viande pour augmenter la valeur nutritionnelle, et de modifier la texture (Brink & Belay, 2006) .

## **VI. Effet thérapeutique**

Les protéines de lupin retiennent une attention particulière en termes de bienfaits pour la santé, qui concerne un certain nombre de conditions connus actuellement sous le nom de «syndrome métabolique» qui comprend un ensemble de facteurs tels que l'obésité, l'hypertension, l'hypercholestérolémie(Elsamani et *al.*,2014).

### **VI.1. Effet sur le cholestérol**

Des études sur animaux ont démontré que les vicilines (protéines 7S) représentent la fraction active des protéines de soja. Les vicilines sont présentes en quantité importante dans la graine de lupin. Compte-tenu de la forte homologie entre les vicilines de soja et de lupin, les auteurs ont émis l'hypothèse que les graines de lupin avaient des propriétés intéressantes de diminution du cholestérol. Leur teneur en fibres permet de réduire le cholestérol dans le sang dû à l'absorption réduite des graisses (Wait et *al.*, 2005)

### **VI. 2.Effet sur l'hypertension**

Les légumineuses sont riches en potassium, en magnésium et en fibres, ces nutriments ayant un impact positif sur le maintien et la régulation de la tension artérielle (Ascherio et *al.*, 1992) ;Grâce aux propriétés du tocophérol, la consommation de lupin peut même prévenir l'hypertension, le lupin est extrêmement riche en acides gras essentiels oméga 3 et oméga 6, qui sont importants pour notre santé et ne peuvent pas être synthétisés par notre organisme (Brink & Belay, 2006) .

**VI. 3.Effet sur les maladies cardiovasculaires**

La présence d'arginine dans le lupin présente des effets bénéfiques sur les parois internes des vaisseaux sanguins et contribue à améliorer la fonction endothéliale, ce qui est précisément l'une des principales causes de maladies cardiovasculaires, l'origine des accidents vasculaires cérébraux, crises cardiaques, l'hypertension artérielle, etc. la grande quantité d'oméga-3 dans lupins apporte de grands avantages pour le cœur, qui, combinée à une bonne prise de fibre améliore l'activité cardio-vasculaire (Yeheyis et *al.*,2011) .

**VI. 4.Effet sur la constipation**

L'excellente offre de contenu en fibres dans le lupin favorise également la motilité intestinale, empêchant constipation, vomissements et nausée, et aussi en régularisant le processus de digestion (Habtie, Admassu, & Asres, 2009).

**VI. 5.Effet sur le diabète**

Le lupin a un faible index glycémique, paramètre mesurant les effets des glucides alimentaires sur la glycémie. Une réponse glycémique plus faible produit habituellement une baisse de la demande d'insuline et peut ainsi, par voie de conséquence, améliorer le contrôle des lipides sanguins. Après des études récentes effectuées à l'Université San «Raffaele à Milan», il a été démontré que la protéine contenue dans la graine de *Lupinus*, agit sur l'accumulation de glucose dans le sang en inhibant l'action de l'insuline et de faciliter le transport du glucose dans les cellules musculaires. (Habtie et *al.*, 2009).

**VI. 6.Effet sur le système immunitaire**

Le Lupin blanc renforce également le système immunitaire en raison de la présence d'une bonne quantité de zinc, ce qui stimule la récupération en cas d'infections et aide le corps (Ascherio et *al.*, 1992).

***Partie***  
***Pratique***

***Chapitre III :***

***Matériel et méthodes***

**Chapitre III : Matériel et méthodes**

L'étude consiste à préparer un nouveau produit de spécialité fromagère en incorporant l'extrait aqueux des graines de *Lupinus albus*, et pour cela nous avons effectué cinq essais en variant à chaque fois la quantité de l'extrait ainsi que la quantité de lait reconstitué, en suivant les étapes de fabrication de la fromagerie Tammy .

Notre travail a été effectué au niveau du laboratoire de physico-chimie et de microbiologie de la fromagerie Tammy, au laboratoire de chimie et de biochimie de l'université Djilali Bounaama de khemis Miliana, et aussi au niveau de la laiterie Wanis de Bir Wald Khelifa, durant la période s'étalant du 10 Mars 2019 au 10 Mai 2019.

**I .Présentation de fromagerie Tammy**

La société a été créée en 1996 par un groupe d'associés. Son activité première fut les fromages affinés pré emballés qui céda à partir de 1999 à une activité principale : fromages fondus.

La société est implantée dans la zone industrielle de Cheraga, 10 km à l'ouest d'Alger, dans une zone agricole à forte concentration humaine.

L'usine s'étend sur une superficie de 5 000 M<sup>2</sup>. Elle comprend deux bâtiments de production comprenant plusieurs ateliers et un laboratoire, un bâtiment commercial avec une infrastructure de stockage sous froid d'une capacité de 2000 M<sup>3</sup> et à température ambiante, un quai de réception matières premières et de livraison marchandises, enfin un bâtiment administratif.

La société emploie une catégorie professionnelle qualifiée de l'industrie laitière et agro-alimentaire et une catégorie de personnel d'exécution formée. Une catégorie professionnelle de soutien comprenant des cadres commerciaux et spécialistes de marketing, des cadres comptables et financiers et administratifs.

La production est d'environ 20 tonnes par jour tout fromage confondu (fromages fondus, analogues de fromages fondus et fromages affinés préemballés).

La société s'est engagée depuis le 02 janvier 2012 conformément à l'orientation des pouvoirs public dans la mise en œuvre du plan HACCP.

En ce qui concerne la prise en charge de la sauvegarde de l'environnement la société fait appel à des sous traitants en matière de récupération des déchets solides (carton, aluminium, papier et polyéthylène). Pour les rejets liquides la société est reliée au réseau de rejet local.

La société fabrique selon des procédés anciens mais également avec des techniques nouvelles des produits nouveaux tels les analogues de fromages fondus.

## **II. Matériels**

### **II.1. Matières premières utilisées**

Pour la fabrication de ses produits, l'unité importe d'Irlande les matières premières qu'elle utilise, celles-ci sont stockées dans un hangar, empilées sur des palettes en bois, citons :

#### **II .1.1. La poudre de lait**

L'unité utilise la poudre de lait écrémé (0%de M.G).

#### **II.1.2. Le cheddar**

Il se trouve conditionné dans des sacs en plastique de 25kg, sous atmosphère protectrice (sous vide).

#### **II .1.3 Caséines acide et caséine- présure**

Le produit à une durée de vie 2ans dans l'emballage d'origine (4 couche sac en papier avec sac intérieur en polyéthylène 25kg net, stockées dans un endroit sec à T° ≤25°C.

#### **II .1.4 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. Parmi les phosphates, on distingue les monophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et les phosphates polymères ou polyphosphates ( $\text{PO}_3$ ). Parmi ces deniers, on rencontre trois groupes :

- ✓ Les polyphosphates en chaine (chaine courte et chaine longue).
- ✓ Les métaphosphates cycliques.
- ✓ Les utraphosphates réticulés.

### II .1.5 citrates :

Les citrates sont des sels de l'acide citrique. L'utilisation de citrate pour un but d'améliorer la conservation.

### II. 1.6 Matière grasse :

Quelle, soit d'origine animale ou végétale, retrouvées dans des sacs en plastiques de 25 kg de poids net, sont stockés à température ambiante.

### II.1.7. Graines de *Lupinus albus*:

Les graines de lupin ont été achetées dans un marché public à Tlemcen, elles sont importées d'Egypte.



**Figure 04:** Photographie des graines de *Lupinus albus* (originale 2019).

## III. Méthodes :

### III .1. Caractérisation physicochimique de la matière première :

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les différentes matières premières sont :

#### III .1.1. Détermination de l'extrait sec total (EST) : (ISO 13580, 2005)

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après la dessiccation complète de l'échantillon ; elle est mesurée à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge (Sartorius).

#### - Mode opératoire :

Une coupelle en aluminium est placée sur la balance qui se trouve à l'intérieure de la chambre chaude du dessiccateur, puis le poids est taré à zéro. Par la suite 3g de matière à analyser sont bien étalés à l'aide d'une spatule sur la coupelle, puis introduite dans le

dessiccateur où l'analyse est lancée. La valeur de l'extrait sec en pourcentage (%) est lue directement sur l'afficheur numérique.

### **III .1.2. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH) (NF V 04-316)**

Le principe consiste à la mesure de la différence de potentiel entre une électrode de mesure et une électrode de référence réunies en un système d'électrodes combiné. Le pH est déterminé directement en utilisant un pH-mètre (Model. Inolab 7110) et ce après avoir plongé l'électrode dans la matière à analyser, à une température avoisinant les 25°C.

### **III .1.3. Détermination de la matière grasse (basée sur la méthode de Heiss) (NF V 04-287)**

Elle est définie en pourcentage en masse lipides extraites par la méthode gravimétrique :

- ✓ Dissolution des protéines des fromages par un mélange d'acide acétique et d'acide perchlorique (même volume=20 ml)
- ✓ Séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre
- ✓ Lecture directe du pourcentage en masse de matière grasse.

#### **Mode opératoire :**

- Peser 3g de l'échantillon et le mettre dans le godet qu'on introduit dans la panse de butyromètre et fixer le bouchon au col
- Ajouter 10ml du mélange d'acides
- Placer le butyromètre pendant 5 min dans bain-marie chauffé à 80°C, le retirer et agiter. Répéter les opérations de chauffage et d'agitation pendant 30min jusqu'à dissolution des protéines (noircissement du contenu)
- Compléter avec de l'eau distillée chaude jusqu'au trait indiqué et fermer, retourner le butyromètre, l'agiter (2fois) puis le placer dans-marie pendant 5min.
- Centrifuger le butyromètre pendant 10min
- Ajuster soigneusement le bouchon du col pour amener l'extrémité inférieure de la colonne grasse devant un trait repère chiffré puis relever la valeur.

**III .1.4. Détermination de l'acidité titrable (NF V04-206 (01/1969))**

La méthode de dosage de l'acidité titrable permet de quantifier la teneur totale d'acide présent dans la matière à analyser. Le titrage est réalisé par une solution de NaOH N/1 en présence d'un indicateur coloré (phénol-phtaléine) ; Remplir la burette de la solution de NaOH (N/1), régler le niveau du liquide à Zéro

- A l'aide d'une balance peser 10 g de produit et transférer dans un bécher de 100ml
- Ajouter 3 à 4 gouttes de solution de phénolphtaléine et titrer jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persiste 30 seconde ;
- Noter le volume de solution titrant utilisé en dixièmes de millilitres.

**III .1.5. Détermination du taux de cendres (AOAC (2002)).**

Les cendres sont des substances résultantes de l'incinération de la matière. Le taux de cendres est déterminé selon la méthode décrite par AOAC (2002) par calcination d'une prise d'essai de 10 g de l'échantillon dans un creuset à une température de 550°C dans un four à moufle , pendant 4 heures, par la suite les cendres contenues dans les creusets sont transférées dans un dessiccateur puis pesées par une balance de précision. La teneur en cendre se détermine par la formule suivante :

$$\text{Taux de cendre (\%)} = (M1 - M0) / PE \times 100$$

Où : **M1** : masse du creuset plus celle de l'échantillon après calcination (g) ,

**M0** : masse à vide du creuset (g),

**PE** : prise d'essai (g).

**III.1.6. Détermination de l'azote total et la teneur en protéines totales (méthodes de Kjeldahl) (AOAC, 991 .20, 1994) :**

Introduite en 1883 par Kjeldahl, cette méthode est considérée comme référence internationale pour déterminer l'azote total et la teneur en protéines totales contenus dans les produits alimentaires. Elle est réalisée en trois étapes, la digestion (minéralisation), la distillation, et le titrage. La spécialité fromagère est digérée dans l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), en utilisant comme catalyseur le sulfate de cuivre (CuSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O) avec le sulfate de potassium K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (la fonction du sulfate de potassium est d'élever le point d'ébullition de l'acide sulfurique et de permettre d'obtenir un mélange oxydant plus fort pour la

minéralisation.), l'azote des protéines libéré et retenu sous forme de sel d'ammonium. Addition d'hydroxyde de sodium NaOH excédentaire au minéralisât refroidi concentré pour libérer de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>), qui est ensuite distillé, et recueilli dans un excédent de solution d'acide borique H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, et titré par une solution d'acide chlorhydrique. L'azote total est déterminé en pourcentage par unité de masse selon la formule suivante :

$$\% \text{ Nitrogène} = 1,4007 \times (V_s) \times N \times W$$

Où : **VS** : volume titrant (ml) pour l'échantillon,

**N** : normalité de l'acide titrant,

**W** : masse (g) de l'échantillon à analyser,

La teneur en protéines totales est calculée en multipliant l'azote total par un facteur de conversion spécifique.

$$\% \text{ Protéines} = \% \text{ N} \times K$$

**K** = facteur de conversion de l'azote en protéine, K= 6,38 pour les produits laitiers , K= 6,25 pour les graines et l'extrait de lupin ,(Boussouar , 2016 ).

### III.1.7. Détermination du rapport matière grasse/matière sèche (MG/MS) (AFNOR, 1986).

Le rapport matière grasse / la matière sèche exprimée en gramme pour 100 g de matière sèche est donné par la formule suivante :

$$R\% = (MG/MS) \times 100$$

Avec :

**MG** : Matière grasse

**MS** : Matière sèche

**R** : Rapport

**III.2. Caractérisation microbiologique de la matière première**

Le contrôle microbiologique permet de garantir la sécurité et la salubrité des aliments, Il s'applique à la chaîne alimentaire depuis la production primaire jusqu'à la production finale. Les analyses microbiologiques portent essentiellement sur la détection et le dénombrement des germes pathogènes dans la matière première.

Dans cette partie on s'intéresse à la recherche et au dénombrement des espèces bactériennes sont lesquelles : spores anaérobies gazogènes (SAG) et les sulfito-réducteurs (SR).

**III .2.1. Prélèvement et analyse****III .2.1. 1. poudre de lait, caséine-acide et caséine--présure, cheddar (ISO 707-2008) (Annexe 02)**

Sur un lot, prélever 5 sacs de palettes différentes de façon à avoir 5 échantillons de la même matière pour la même analyse.

Peser 10g d'échantillon et l'introduire dans un sac stérile ;

Diluer l'échantillon au phosphate dipotassique à 1/10 ;

Broyer le contenu du sac au stomacker : obtention d'une suspension qu'on distribue dans 2 tubes à essai. Le tube 1 destiné à la recherche des spores anaérobies gazogènes, le tube 2 à celle des Sulfito-réducteurs.

-Mettre le tube 2 dans bain-marie préchauffé à 75°C pendant 15 min puis le refroidir aussitôt.

- Réaliser les dilutions en 2 ml de solution de Tryptone –sel + 5 ml de viande de foie (VF) pour les SR.

- Réaliser les dilutions en 2 ml de solution de Tryptone –sel +1ml de milieu Bryant et Burkey (BB) dans 3 tubes pour les spores anaérobies gazogènes (SAG).

- Refroidissement des tubes de VF à l'eau froid et incubés à 37°C pendant 3 jours.

- Pour les SAG ajouter 2.5 ml de paraffine dans les tubes et les mettre dans bain marie à 75°C Pendant 15 minutes et les refroidir.

- Incubation à 37°C pendant 6 jours.

**❖ Préparation des dilutions**

- après avoir pesé 20g d'échantillon et l'introduire dans un sac stérile ;
- diluer l'échantillon au phosphate dipotasique à 1 /3 ;
- broyer le contenu du sac au stomaker : obtention d'une suspension.

**III .2.1. 2. L'extrait de Le lupin blanc**

Le prélèvement s'effectue sur des flacons stérile A l'aide d'une pipette on prélève environ 20 ml de l'extrait à partir de trois niveaux (la surface, le milieu et le fond du flacon).

**III .2.2. Recherche et dénombrement des germes**

Dans cette partie on s'intéresse à la recherche et au dénombrement des espèces bactériennes appartenant aux groupes microbiens :

- La microflore aérobie mésophile totale à 30 °C.
- Les coliformes fécaux et totaux.
- *Staphylocoques aureus* ; Salmonelles ; spores anaérobies gazogènes et sulfito-réducteur.

**III .2.2.1. La flore aérobie mésophile totale à 30 °C (FAMT) :(NF V 08-011N et NF V 08-51) :**

Est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC présent dans un produit, Le dénombrement à été réalisé sur la gélose PCA par un ensemencement en masse.

**Mode opératoire**

- porter aseptiquement 3ml à partir de la solution mère, dans une boîte de pétrie vide préparée à cet usage et numérotée.
- Compléter ensuite avec 12ml de gélose PCA qui a été déjà dans le bain-marie puis refroidie.
- Faire des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de 8 pour que l'inoculum se mélanger avec la gélose utilisée.

-Laisser solidifier sur la paillasse.

-Les boîtes ensemencées seront incubées couvercle en bas à 30°C pendant 3 jours.

**Lecture** : la lecture est effectuée dans le 3ème jour ;

Les colonies ayant poussé sur le PCA sont lenticulaires, bombées, transparentes.

### **III .2.2. 2. Les coliformes totaux et coliformes thermo tolérants (NF V 08-050 et NF V 08-060)**

Les coliformes sont des bactéries Gram négatif non sporulé, aérobies ou anaérobies facultative. Capable de se multiplier en présence de sel de biliaire et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz (CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>). Sont des entérobactéries moyennement acidifiante (pH=5). Les coliformes sont répartis en 2 groupes distinct :

**Coliformes totaux** : dont l'origine est l'environnement général des vaches. Ils sont détectés à 30 °C.

**Coliformes fécaux** : dont l'origine essentielle est le tube digestif, qui sont plus thermo tolérants (détecté à 44°C). Escherichia coli fait partie de ce dernier groupe.

#### **Mode opératoire :**

-Ensemencement en masse, une quantité déterminée (1ml) de la SM dans le milieu VRBL et coulé dans des boîtes de pétries (3CF, 3CT, 2T).

- Recouvrir les boîtes avec une couche 12ml de gélose VRBL.

- Faire des mouvements circulaires et de va-et-vient pour bien mélanger la gélose à l'inoculum.

-Incubation : les boîtes couvercle en bas pendant 48h à 37°C pour les CT, et à 44°C pour les CF.

**Lecture** : La répartition des colonies caractéristiques qui sont rouges foncées ou violacées rondes d'un diamètre de 0.5mm, les colonies sont entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.

**III .2.2. 3. Recherche des *Staphylococcus aureus* : (NF V 08-057) :**

*Staphylococcus aureus* est une bactérie à gram positive coagulase, protéase et catalase positives. , non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, immobiles, halophiles responsable de nombreuses infections humaines et animales. À l'aide de la production d'une entérotoxine qui pouvant causer une intoxication alimentaire.

**Principe :**

Le dénombrement du *Staphylococcus aureus* s'effectue par différente façon (sur une gélose de Baird Parker, gélose Chapman, ou encore en milieu liquide giolitti cantonii.au niveau de fromagerie le milieu utilisé c'est le Baird parker avec le jaune d'œuf au tellurite de potassium.

**Mode opératoire :**

- A la surface des boites ainsi préparés ou du milieu pré-coulé ramené préalablement à T° ambiante, transférer 0.1ml de l'échantillon à analyser.
- Etaler l'inoculum en surface à l'aide d'un étaleur stérile.
- Incuber à 37°C (T° usuelle) pendant 48h.

**Lecture :** colonies noires (réduction de tellurite en tellure) colonies assez grandes de environ 1 mm de diamètre rondes, régulières, bombées, lisses et brillantes, entouré d'un halo d'éclair cisement du jaune d'œuf pourra être couplé par l'épreuve de coagulase et éventuellement de la désoxyribonucléase et phosphatase.

**III. 2.2.4. Recherche des *Streptococcus* groupe D : (NFT90-413)**

Les streptocoques groupe D sont des cocci à Gram positif, catalase négative, à métabolisme anaérobie, s'associe avec d'autres pour former des chainettes.

Le dénombrement de SD dans les produits alimentaires s'effectue par l'utilisation du BEA.

**Mode opératoire :**

- Ensemencement en masse dans des 3 boites de pétries : porter aseptiquement 1.5ml à l'aide d'une pipette graduée à partir de solution mère.
- Compléter avec 12ml de gélose Bile Esculine Azide (BEA) qui à été déjà en surfusion.

-Faire des mouvements circulaires et de va-et-vient pour que l'inoculum bien mélanger avec la gélose.

-Laisser solidifier sur la paillasse.

-Incubation 37°C pendant 48h.

**Lecture :** apparition des colonies entourées d'un halo noir, la précipité noir provenant de la réaction entre le produit d'hydrolyse de l'esculine et le fer 3 ; veut dire esculine+.

### **III. 2.2.5. Recherche des sulfito-réducteur (NFT90-415) :**

Les sulfito-réducteurs correspondent à la famille des Clostridiaceae. Ce sont des bacilles, Gram positif, catalase négative, anaérobies stricts, ils se multiplient facilement sur les milieux ordinaires, ils sont capables de sporuler.

Le dénombrement des SR s'effectue par l'utilisation de milieu de VF en surfusion dans bain-marie à 80°C pendant 20min puis transférer dans un bain-marie à 75°C pendant 20min.

#### **Mode opératoire :**

-Porter l'échantillon à analyser dans le bain-marie à 75°C pendant 20min.

-Ensemencement des tubes de VF (13ml) avec une quantité bien déterminée (1ml) à partir se Solution mère.

- Homogénéiser le contenu des tubes avec des mouvements manuels.

-Laisser refroidir dans l'eau froide.

- Incubation à 37°C pendant 72h.

Lecture : apparition des colonies noires.

Les germes anaérobies réduisent le sulfite en sulfure en présence de fer, provoque le noircissement des colonies par formation de sulfure de fer.

Limites caractères phénotypiques : il peut être variables parmi les membres d'une même espèce, peut être contrôlé par des germes plasmidiques jour par jour.

### III.2.2.6. Recherche des Spores anaérobies gazogènes (NFT90-415)

La numération des SAG s'effectue par l'utilisation de bouillon Reinforced Clostridial Medium (RCM)

Porter le milieu de RCM et la paraffine dans bain-marie à 80°C pendant 20min puis transférer directement dans l'eau froide sauf que la paraffine est portée dans le bain-marie à 75°C pendant 15 min .

#### Mode opératoire :

Avant l'utilisation chauffer le milieu à 80°C pendant 20 min puis le refroidir à T°ambiante.

- Chauffer l'inoculum à 80°C pendant 10 min pour déduire les formes végétatives et activer les spores.
- Ensemencer 1ml du produit à tester et chacune de ses dilutions
- Incuber les tubes en anaérobiose à 37°C pendant 6 jours, alternativement à la culture en anaérobiose les tubes peuvent être recouvert de 2,5 cm de paraffine stérile et incubés en aérobiose.

**Lecture :** faire la lecture chaque 2jours (j2, j4, j6)

**Tube positif :** 1 → la couche de paraffine a été séparée.

**Tube négatif :** 0.

### III.2.2. 7. Recherche des Salmonelles :(NF V 08-052)

#### Mode opératoire :

La recherche des Salmonelles nécessite une prise d'essai à part :

✓ **Jour 1 :** Pré-enrichissement :

- Prélever 1g de produit à analyser dans des tubes contenant 10ml d'eau peptonnée tamponnée.
- Broyer cette suspension à l'aide d'un vortex et transposer dans un flacon stérile puis l'incuber à 37°C pendant 18 heures.

✓ **Jour 2 :** Enrichissement :

L'enrichissement doit s'effectuer : Le milieu de Sélinite-cystéine (SFB) réparti à raison de 10 ml par flacon. L'enrichissement proprement dit, se fait donc à partir du milieu de pré-enrichissement de la façon suivante : 0,1ml en double pour les flacons de (SFB).

Incubation : Le premier tube de (SFB) sera incubé à 37°C, 24 h.

✓ **Jour 3 : Isolement :**

L'isolement sur Le milieu gélosé Hektoen et incubée à 37°C pendant 24 h.

Lecture : la lecture des boites et identification des salmonelles est présentée de la façon suivante :

- Colonies le plus souvent gris bleu à centre noir sur gélose Hektoen.

#### **IV. Réalisation de la spécialité fromagère**

Pour réaliser notre spécialité fromagère nous avons utilisé la formule appartenant à la fromagerie Tammy, à laquelle nous avons apporté certaines modifications concernant l'incorporation de l'extrait aqueux des graines de *lupinus albus*. Nous avons choisi de réaliser cinq essais, quatre d'entre eux contiennent des proportions croissantes en extrait en substitution au lait (25%, 50%,75%,100%), le cinquième essai représente le produit de référence puisqu'il ne contient pas d'extrait de lupin.

##### **IV.1. Présentation du produit de référence (PR)**

Ce type de fromage est fabriqué à partir de poudre de lait, cheddar, caséines présure, caséine acide, sel de fonte, matière grasse et l'acide citrique (figure 5). Il est emboîté dans des boites blanche à un, deux ou trois lits de 8 portions séparés par des intercalaires, suivants les formats : 8, 16 ou 24 portions fermer les boites et mettre sur le tapis roulant de la machine vers le convoyeur des boites puis à la préparation de (marquage avec un jet d'encre sur le bas de boite : DLUO ; date et heure de fabrication ; N° de lot) et le mettre dans des cartons. À conserver au frais de 4 à 6 °C Pendant 24h. Le diagramme de fabrication est donné sur la figure si dessous :

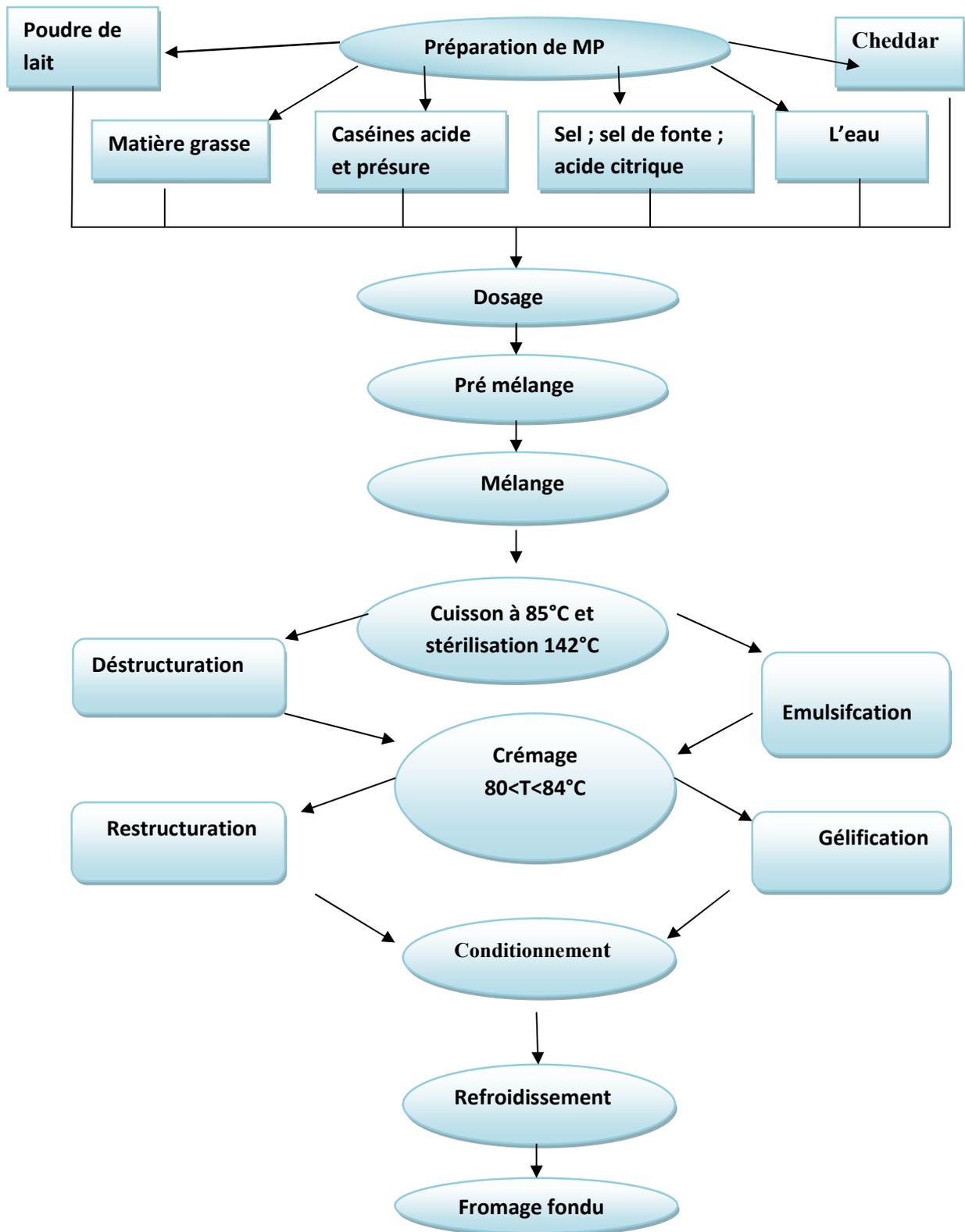


Figure 5 : Diagramme de la fabrication du « fromage fondu» dans la fromagerie Tammy.

## V. Préparation de l'extrait de *Lupinus albus*

La préparation de l'extrait de lupin est faite comme suit :

### V. 1. Nettoyage et hydratation des graines

Le nettoyage des graines de lupin blanc permet d'enlever les graines cassées et infectées. Les graines sont ensuite lavées à l'eau de robinet, puis trempées dans l'eau bouillante (100°C), Pendant 30 min, ce qui permet d'hydrater la graine.



Figure 6 : Nettoyage et hydratation des graines de lupin

### V. 2. Trempage

Retirer le tégument puis tremper les cotylédons dans l'eau distillée, pendant 3 jours à température ambiante (25°C) avec des changements fréquents de l'eau de trempage pour éliminer l'amertume causée par les alcaloïdes.



Figure 7: Trempage des graines de lupin

### V. 3. Broyage

Les cotylédons sont ensuite broyés à l'aide d'un mélangeur pendant 10 min à haute vitesse ; nous ajoutons progressivement de l'eau (5 fois le poids des graines)



Figure 8 : Broyage des graines de lupin blanc.

#### V. 4. Homogénéisation :

L'extrait aqueux obtenu est homogénéisé à l'aide d'homogénéisateur à ultrason, pendant 10 min.

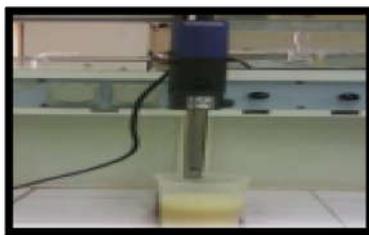


Figure 9 : Homogénéisation de la solution eau / lupin.

#### V.5. Filtration et pasteurisation :

L'extrait obtenu est filtré, puis mit au un bain-marie à 80°C Pendant 20 min pour inactiver la lipoxygénase (enzyme d'oxydation des acides gras), puis refroidi et stocké à 4 °C.

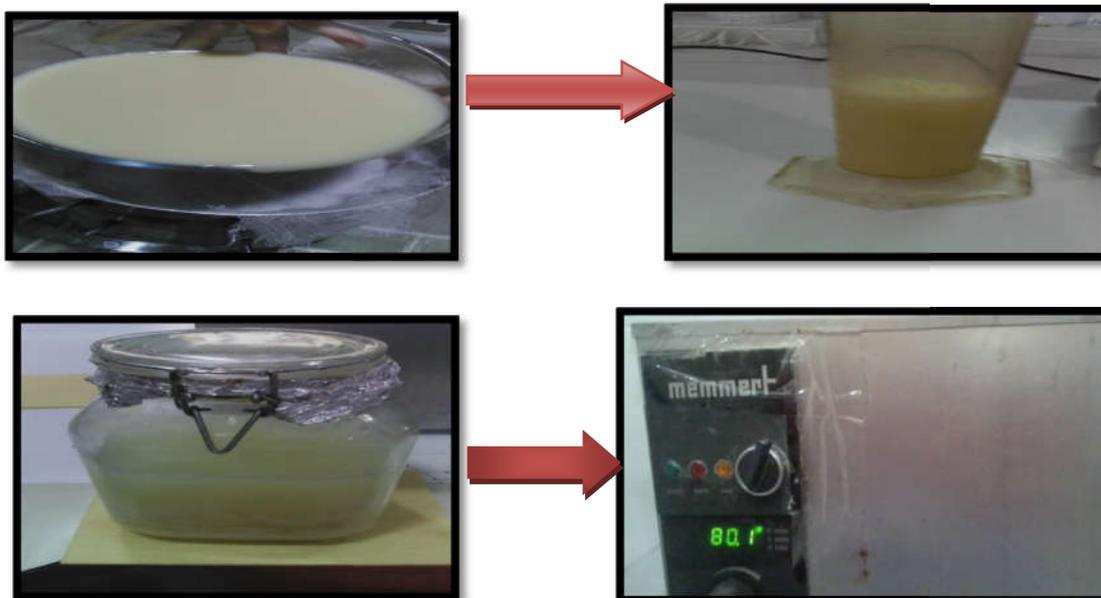


Figure 10 : filtration et pasteurisation de l'extrait de lupin

#### VI. Préparation des essais formulés

Le tableau ci dessous représente les valeurs des ingrédients utilisés pour la réalisation des cinq essais de préparation fromagère, en utilisant les mêmes étapes de fabrication du produit de référence de la fromagerie Tammy. Les essais sont réalisés à l'aide d'un Thermomix TM 31(Annex 03).

**Tableau 5 :** Ingrédients composant les quatre essais de spécialité fromagère et le produit de référence (pour 1kg).

Produit \ Quantité	Poudre de lait(%)	L'extrait de lupin (%)	L'eau (%)	Autres constituants(%)
P1	2.19	6.59	29.954	61.266
P2	4.39	4.39	19.954	71.27
p3	6.59	2.19	9.945	81.275
p4	0	8.79	39.95	51.26
PR	8.79	0	47.8	43.41

### VI.1. Présentation de la spécialité fromagère

Pour la fabrication de tous les produits (p1, p2, p3, p4) mettre dans la cuve de Thermomix tous les constituants (poudre de lait, cheddar, caséines acide et présure ; matière grasse ; sels de fonte ; acide citrique, l'extrait de lupin et l'eau).

- Régler le Thermomix : à la 4<sup>ème</sup> vitesse à une température de 100°C pendant 7 minutes et lancer la cuisson ; après les 7min réduire le Thermomix à la 2<sup>ème</sup> vitesse pendant 5min.

- quand la pate n'est pas encore donnée une masse fondue a à lancer le mélange encore une fois à une 2<sup>ème</sup> vitesse à 80°C pendant 5 minutes.

-Si on voit la pate n'est pas consistante on prolonge la durée de cuisson à 4<sup>ème</sup> vitesse 80 °c pendant 2 minutes jusqu'à l'obtention d'une texture voulue (cas de p4).

- Remplir le produit dans des flacons en plastique et laisser refroidir à 4-6°C.

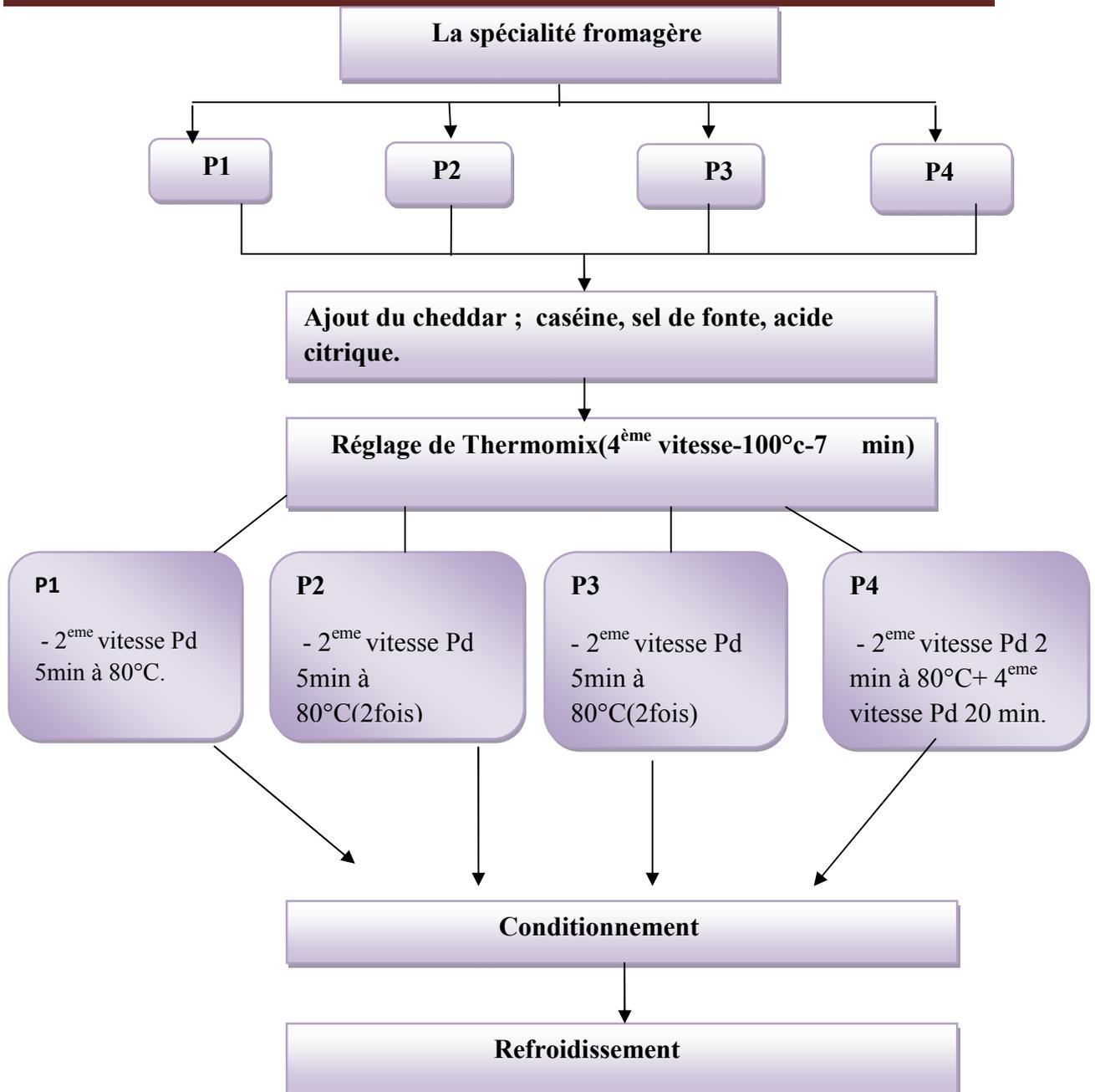


Figure 11: Digramme de fabrication de la spécialité

## VII. Caractérisation des essais formulés et le produit de référence

### VII.1. Test sensoriel :

Le test sensoriel a été réalisé sur les quatre essais et PR, l'évaluation a porté sur trois critères : (Bérodier et *al.*, 1997) :

Le gout, l'odeur, la couleur, la texture, l'aspect. Les produits ont été numérotés comme suit : P1, P2, P3, P4, PR.

### VII.2. Le choix du jury de dégustation : (Bérodier et *al.*, 1997)

L'analyse est effectuée par 22 dégustateurs qui travaillent dans la laiterie de Wanis (Bir ouled khalifa), certains d'entre eux sont formés, leur âge varie de 22 à 46 ans, (quinze femmes et sept hommes), non fumeurs et sous aucune médication, car ces facteurs influencent sur l'appréciation sensorielle des dégustateurs, l'analyse sensorielle a été faite durant une seule journée. Les panélistes ont attribués des notes de 1 à 5 pour chaque produit et chaque critère. Afin qu'ils ne soient pas influencés par des facteurs extrinsèques aux produits les échantillons présentés aux sujets de manière aléatoire et dans les mêmes conditions, L'évaluation des produits se fait sur une fiche de dégustation (**Annexe4**).

### VII.3. Caractérisation physico-chimique des essais de préparation fromagère :

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées sur les cinq essais de spécialité fromagère par les mêmes méthodes appliquées sur la matière première. La variation du pH des préparations fromagères et de l'extrait de lupin blanc sont suivis pendant 21 jours.

### VII.4. Caractérisation microbiologique (Annexe 5)

Les produits laitiers sont très favorables au développement des microorganismes grâce à leur richesse en lait. Les germes recherchés dans les produits formulés sont :

- Les coliformes totaux, coliformes fécaux, flore mésophiles aérobies totale ;
- *Staphylococcus aureus* et Salmonelle ;
- les spores anaérobies gazogènes et les sulfite-réducteurs et les *Streptococcus* groupe D.



**Figure 12 :** analyse microbiologique des produits.

#### **VII.4.1. Prélèvement :**

On prélève environ 20 g de produit à partir de trois niveaux (la surface, le milieu et le fond du flacon), Le prélèvement s'effectue sur des flacons A l'aide d'une spatule stérile.

#### **VII.4.2 Préparation de la suspension mère(Annexe06)**

On l'introduire les 20g de produit dans un sac stérile et diluer l'échantillon au phosphate dipotasique à 1/3, et pour obtenir une suspension homogène broyer le contenu dans le stomaker pendant 4 min qu'on distribue dans 2 tubes à essai (Figure ci-dessus) ;

Tube1 : pour la recherche des SAG, *Staphylococcus aureus*, CF, CT, FMAT, SD.

Tube2 : pour la recherche des SR.

Pour la recherche de salmonelles dans le produit fini on réalise les mêmes étapes effectués pour l'extrait de lupin blanc.

#### **VIII. Etude de la conservation des fromages à 4°C :**

Durant les 21jours de la conservation de nos produits on a suivre les paramètres physico-chimiques (Extrait sec total, Matière grasse, Matière grasse/Matière sèche), et aussi les analyses microbiologiques (FMAT, *Staphylococcus aureus*, Salmonelles, coliformes totaux, coliformes fécaux, sulfite-réducteur).

#### **IX. Etude technico-économique :**

Une matière s'incère dans une filière qui est constituée d'étapes allant de l'exploitation à la mise sur le marché du produit transformé ou du produit final .La définition technicoéconomique présente les caractéristiques physiques et techniques de la matière première ainsi que les processus techniques de sa transformation. Au niveau économique, cette approche suppose une évaluation des coûts propres à chaque étape et conduit à un prix de marché du produit transformé. Pour chaque essai, nous avons calculé les différents prix de revient et nous présentons les choix retenus.



***Chapitre IV :***

***Résultats et discussion***

Chapitre IV : Résultats et discussion

I. Résultats de la Caractéristique physicochimique de la Matière premières

Les résultats physico-chimiques des matières premières utilisées sont mentionnés dans le tableau suivant

Tableau 6 : Résultats d’analyse physico-chimiques des matières premières

Para mètre	poudre de lait (0%M G)		Caséine acide		Caséine présure		Cheddar	
	Echan tillon	Normes AFNOR (1986)	Echan tillon	Normes AFNOR (1986)	Echan tillon	Normes AFNOR (1986)	Echan tillon	Normes AFNOR (1986)
<b>pH</b>	6.7	6.5-6.75	4.6	*	7	*	5.5	5.1-5.5
<b>EST %</b>	96	96	89.5	84 Min	90	90	61	61 Min
<b>M.G %</b>	0	1.5 Max	1.5	2	1.5	2	48	49-61
<b>Protéi nes %</b>	35	34	82	95	86	95	*	*
<b>Cendr es %</b>	8	14 Max	7	7.5 Max	2.5	2.5	*	*
<b>Acidit é (D°)</b>	18	18 Max	*	*	*	*	*	*

Les résultats relatifs aux analyses physico-chimiques de la poudre de lait montrent que :

Le pH répond parfaitement aux normes AFNOR 1986 qui le situe entre 6.5 et 6.75. L’acidité qui est un indice de l’auto-oxydation des lipides et de la présence d’acides gras libres, donnerait un goût de rance à la poudre de lait que nous n’avons pas observé. Cette acidité est de 18°Dornic, qui est conforme aux normes (15- 18°D). Pour ce qui est des cendres, les normes CXS 331-2017 la fixent à 14%.

Notre résultat qui est de 08 % est en accord avec cette norme. L’extrait sec total, est en accord avec la norme CXS 290-1995 à une valeur de 96%.

La Caséine acide et la caséine présure utilisées par l'unité Tammy leur taux de matière grasse est de 1.5%. La caséine présure contient plus de protéine mais moins de cendre que la caséine acide (AFNOR1986).

Les résultats des analyses physico-chimiques effectués sur le cheddar montrent que la valeur du pH est de 5,5 ; l'EST est de 61% et la matière grasse a une valeur de 48%, ces résultats sont en accord avec la norme AFNOR1986.

## II. Résultats de la Caractéristique physico-chimiques de la graine et l'extrait de lupin blanc

**Tableau 7** : Résultats d'analyse physico-chimiques de la graine et l'extrait de *lupinus albus*

paramètre Matière première	pH	Protéines (%)	Cendres(%)	Matière grasse (%)
Graine <i>Lupinus albus</i>	-	40.5	3.2	11
l'extrait de <i>Lupinus albus</i>	6.05	8.45	0.4	-

Le pH de l'extrait aqueux de *Lupinus albus* est de 6.05 qui est proche de la valeur 6,30 retrouvée chez (Elsamani et al., 2014)

Les graines de *Lupinus albus* contiennent une forte proportion de protéines, ce qui équivaut à 40,5 %. Selon (Alaman et al., 1995) cette valeur peut varier de (34 - 48 %), alors que (Mikić, Perić, Đorđević, Srebrić, & Mihailović, 2009) ont signalé 38,8%, alors que l'extrait aqueuse de *Lupinus albus* a une teneur en protéines 8,45g /100g .

Cependant on peut avoir une déperdition partielle des protéines lors du trempage des graines et ( Ozkan et al., 2010 )(Elsamani et al., 2014).

La graine de lupin contient également 3.2% de cendres tel que rapporté par Feldheim (1999) et Salomon (2007) qui varient entre 3-5%.

La graine de lupin contient également 11 % de matière grasse, tel que rapporté par (Salomon ; 2007) et (Kohajdova et al., 2011 ) la graine entière contient environ 5 à 20 % de matière grasse.

### III. Résultats des analyses microbiologiques des Matières premières

Nous présentons les résultats des analyses microbiologiques affectant la qualité Des matières premières utilisé (Tableau N°08)

**Tableau 8** : Résultats d'analyses microbiologiques des matières premières

Matières Premières \ germes	SR	SAG
Cheddar	10	15
Poudre de lait	Abs	Abs
Caséine-acide,	Abs	4
caséine-présure	Abs	4
Normes (AFNOR 1986)	≤10germes/g	≤ 250germes/g

#### III.1.cheddar

Les résultats des analyses microbiologiques du cheddar montrent que la présence des germes recherchés mais en nombre insuffisant, pour cela notre cheddar est conforme aux normes, ce qui témoigne de la bonne qualité de la matière première et du respect des conditions de stockage (Annexe 4).

#### III .2.Poudre de lait :

La poudre de lait destinée à la production de la spécialité fromagère est de bonne qualité bactériologique si on se réfère à la norme (AFNOR, 1986) utilisée dans la fromagerie **Tammy**, Cela peut être justifié par la nature déshydratée qui ne favorise pas la multiplication de tout type de germe pathogène. Selon (Benahmed et *al.*, 2004), le processus de fabrication de la poudre de lait conduit à l'élimination des formes végétatives. Aussi, l'activité d'eau relative de la poudre de lait est très faible, ce qui suggère l'absence de bactéries.(Cheftel, Cuq, & Lorient, 1985) indiquent que la croissance des microorganismes est sous la dépendance de l'activité de l'eau.

Ce résultat peut être expliqué aussi par le fait que l'emballage est adéquat (sacs doubles en plastique et en papier) et aux bonnes conditions de transport et de stockage ce qui empêche toute contamination par le milieu extérieur.

#### III .3.Caséine acide, caséine présure :

Les résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus montrent une absence totale des germes recherchés (SR) et la présence de quelque spores dans la caséine acide et caséine présure.

Ceci nous amène à dire que la caséine utilisé est de bonne qualité microbiologique, toutefois la caséine a étant stocké dans de bonnes conditions au niveau de l'unité.

### III .4 L'extrait de lupin :

Les résultats des analyses microbiologiques de l'extrait de lupin sont représentés dans le tableau N°09

**Tableau 09** : résultats de l'analyse microbiologique de l'extrait de lupin.

Germes recherchés	L'extrait de lupin
SAG	Abs
SR	Abs
FMAT à30°c	Abs
SD	Abs
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs
CT	Abs
CF	Abs
Salmonelles	Abs

D'après nos résultats, nous remarquons que l'extrait de lupin utilisé pour la réalisation de nos spécialités fromagères ne contient pas de germes pathogènes tels que : *Staphylococcus aureus*, Salmonelles,coliformes fécaux, ainsi que la flore banale (germes totaux). Donc, ces résultats sont liés à l'efficacité du Traitement thermique réalisé (pasteurisation) qui assure la garantie hygiénique, ce qui Confirme l'absence des germes pathogènes. Ces résultats sont conformes aux résultats de (Elsamani et al., 2014)

**IV .caractéristiques sensorielles des spécialités fromagères**

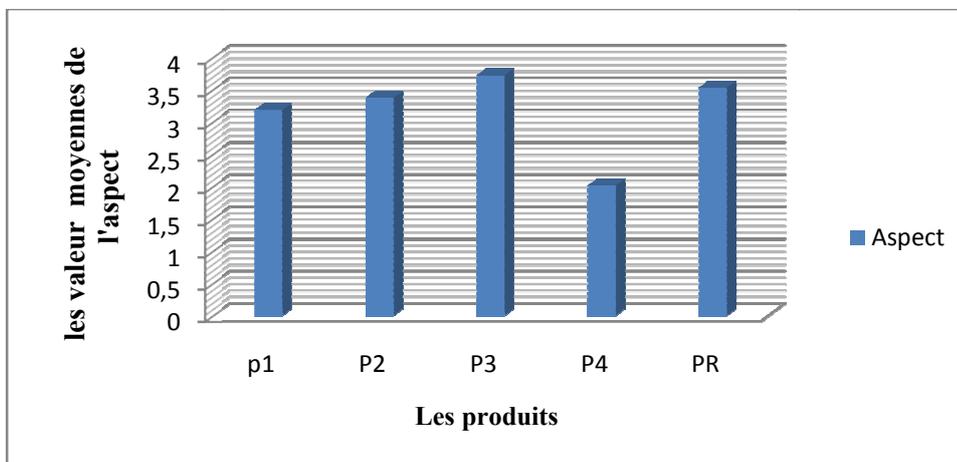
La moyenne des valeurs de notation sont énumérés dans un tableau en (**annexe 7**).

Figure 12 représente les produits formulés et le produit de référence.

**Produit 1****Produit 2****Produit 3****Produit 4****Produit de référence****Figure 13:** Les spécialités fromagères formulées

#### IV.1 L'aspect :

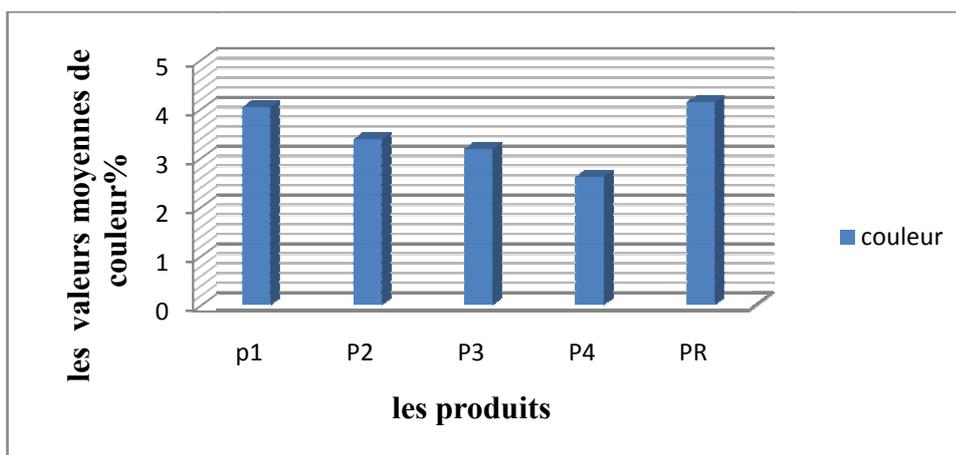
D'après la **figure (14)**, certains produits ont un meilleur aspect par rapport aux autres, Cas de l'P1, P 2, et P3se rapprochant de l'aspect du produit de référence, Ces produits ont une teneur en extrait de lupin compris entre [6.59% -2.19 %].



**Figure 14 :** Valeurs moyennes des notes de l'aspect des produits formulés et le produit de référence.

#### IV.2 La couleur :

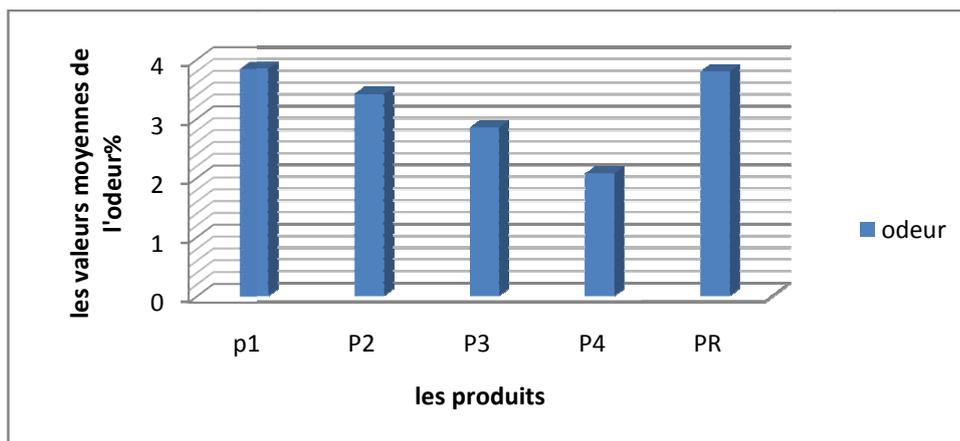
Les produits formulés ont une couleur appréciée et acceptable par les dégustateurs surtout le produit « 1 », allant de la couleur crème au jaune pâle (**figure 14**). Comme la couleur du poudre de lait, et celle de l'extrait de lupin sont semblables, il n'y a pas une grande différence de couleur entre les produits formulés par rapport au produit de référence.



**Figure 15:** Valeurs moyennes des notes de la couleur des produits formulés et le produit de référence

### IV.3 L'odeur :

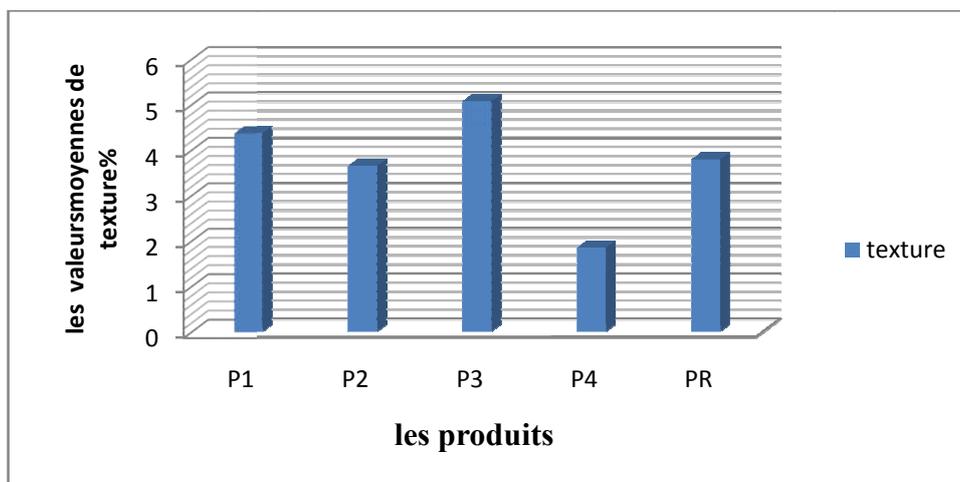
Les produits formulés ont une odeur acceptable, et proche à celle du produit de référence. Ceci indique que les quantités d'extrait de *Lupinus albus* présents dans les produits n'affectent pas ou peu l'odeur des spécialités fromagères. Selon (Elsamani et al., 2014) la présence de l'extrait de lupin à raison de 25g/100g n'affecte pas l'odeur du fromage.



**Figure 16:** Valeurs moyennes des notes de l'odeur des produits formulés le produit de référence

### IV.4 Texture :

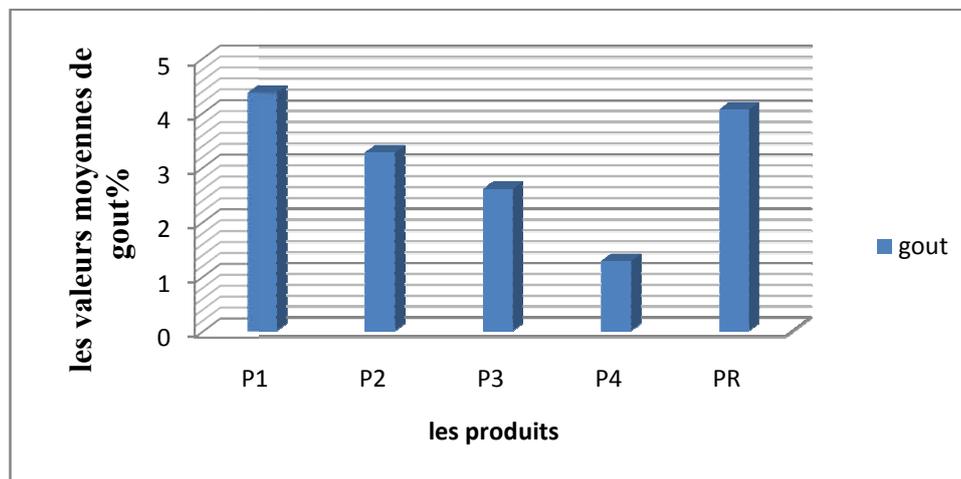
Certains produits formulés ont une texture se rapprochant à celle du produit de référence, la texture doit être onctueuse et tartinable, les produits formulés ayant une texture acceptable par les dégustateurs, surtout le P3 qui a une meilleure texture par rapport aux autres.



**Figure 17:** Valeurs moyennes des notes de la texture des produits formulés et le produit de référence

**IV.5 Gout :**

Les produits formulés ont un gout acceptable par les dégustateurs a part le P3 et P4. Le produit « 1 » a un gout qui se rapproche au produit de référence. D'après (Elsamani et al., 2014), le gout n'est pas affecté par l'ajout d'extrait de *Lupinus albus*, lorsqu'il est présente en quantité inférieur ou égale à (50 ml/100 ml).



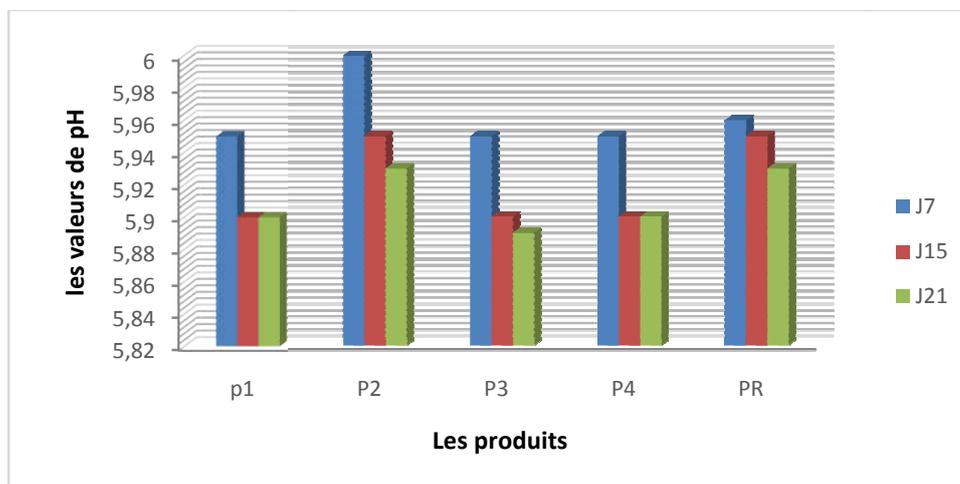
**Figure 18:** Valeurs moyennes des notes du gout des produits formulés et le produit de référence

D'après les notes attribuées par les 22 panélistes aux Cinq échantillons de spécialité fromagère, il apparait que dans l'ensemble, les dégustateurs ont bien apprécié les produits. La majorité lui a attribué des bonnes notes sur l'aspect la couleur et l'odeur.

## V. Résultats des Caractéristiques physico-chimiques des produits finis

Les résultats de l'analyse physico-chimique des cinq produits sont comme suit :

### V.1.variation de pH



**Figure 19** : Evaluation du pH durant la conservation 21 jours des produits formulés et du produit de référence

Une stabilité de pH pour les Cinq spécialité fromagère .En effet, l'ajustement du pH lors de la formulation du fromage fondu constitue une étape importante dans le procédé de fabrication. Cet ajustement permet d'obtenir un produit à consistance uniforme et sans variation dans le goût recherché. Pour cela, les sels de fonte permettent par leur pouvoir tampon d'ajuster le PH du produit à la bonne valeur. Toutefois la plage de pH toléré se situe entre 5.8 et 6.02 en dehors de laquelle les qualités de texture et de consistance ne peuvent pas être atteintes (Karahadian et al ., 1984).

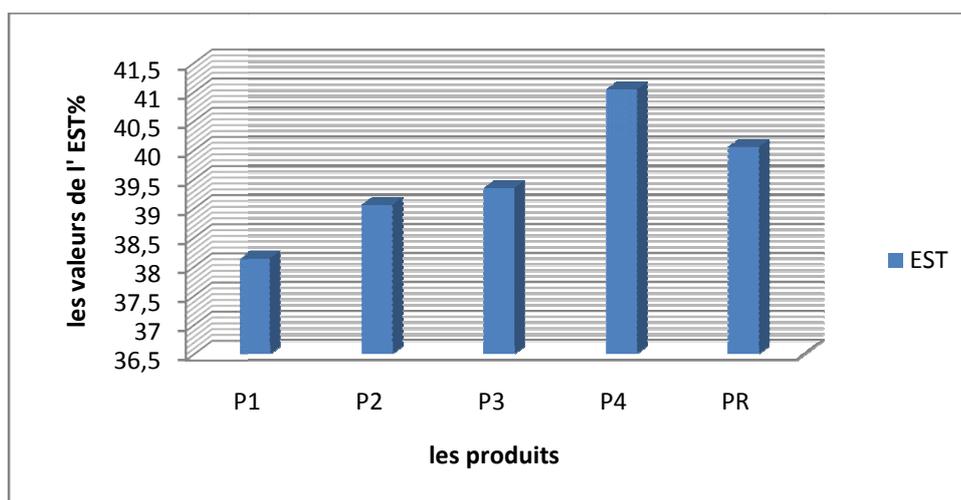
Selon (Guéguen, 2008) , le rôle du pH est essentiel pour plusieurs raisons :

- Du point de vue organoleptique, il joue un rôle très important sur la texture et le goût.
- Il est favorable au développement des levures et moisissures qui ont une grande affinité pour les milieux acides.
- Il maintient l'équilibre chimique du produit.
- Il joue un rôle important comme régulateur du milieu (acido-basique).
- Il est considéré comme un paramètre très important dans la conservation du produit (il empêche le développement des microorganismes constituant la flore interne et superficielle).

L'observation des valeurs expérimentales montre que le pH diminue légèrement pendant la période de conservation pour les produits formulés tout comme le produit standard, donc nos produits sont de pH stables.

### V.2. Taux de l'extrait sec total (EST) :

Les résultats de l'extrait sec total des produits fini sont mentionnés dans la figure 20



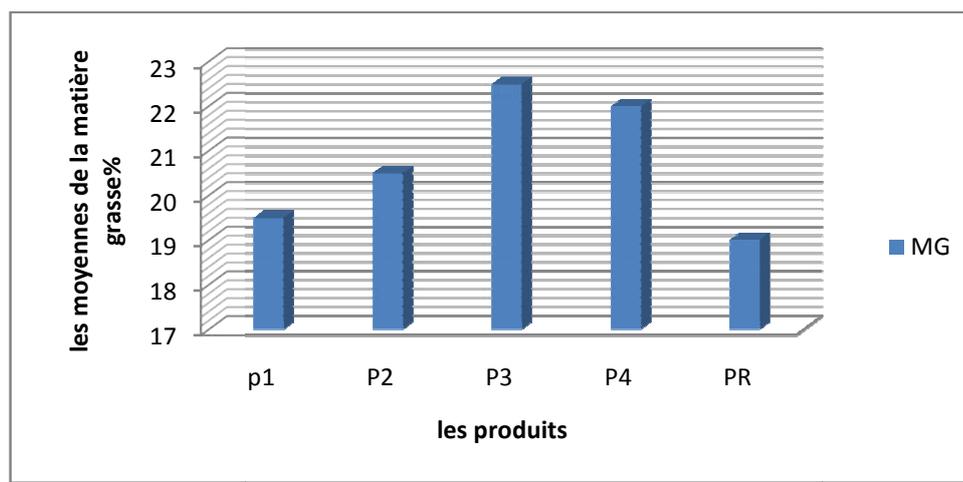
**Figure 20 :** Taux de l'extrait sec total des produits formulés et du produit standard

La teneur la plus élevée de l'EST est estimée à 41.05% pour le produit 04 et la teneur la plus basse de l'EST est égale à 38.14% pour le produit 01, alors que le produit standard en contient 40.06%.

Nous résultats sont proche à celle de l'année passe qui sont estimée à 34,15% (HAFIDHA & SOUAAD, 2018).

Selon ces résultats, on peut dire que l'EST augmente avec l'augmentation de la concentration de l'extrait aqueux de *Lupinus albus*, Ceci est confirmé par (Elsamani et al., 2014).

### V.3 .La matière grasse (MG) :

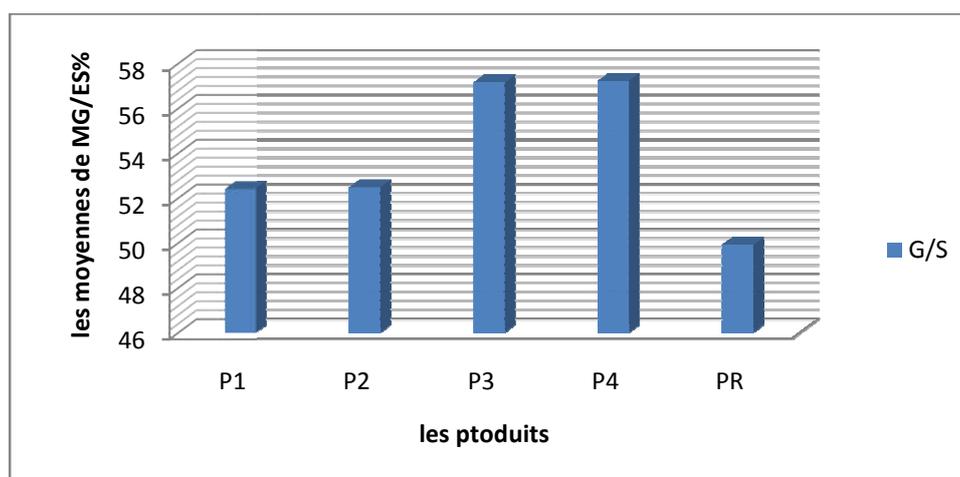


**Figure 21 :** Taux de matière grasse des produits formulés et le produit de référence

On remarque que les valeurs obtenues de la matière grasse des produits sont comprises entre 20 et 23.5 ces dernières sont proches de celle de la spécialité fromagère, estimée à 21,2 % selon la table de composition nutritionnelle des aliments (Ciqual 2018).

On peut conclure que nos résultats sont conformes à la norme fixée par l'entreprise AFNOR 1986, ceci est peut être dû au respect du batch (composition en matières premières comme la poudre de lait) utilisé pour la production de ces fromages.

### V.4.Matière Grasse/extrait sec(%):



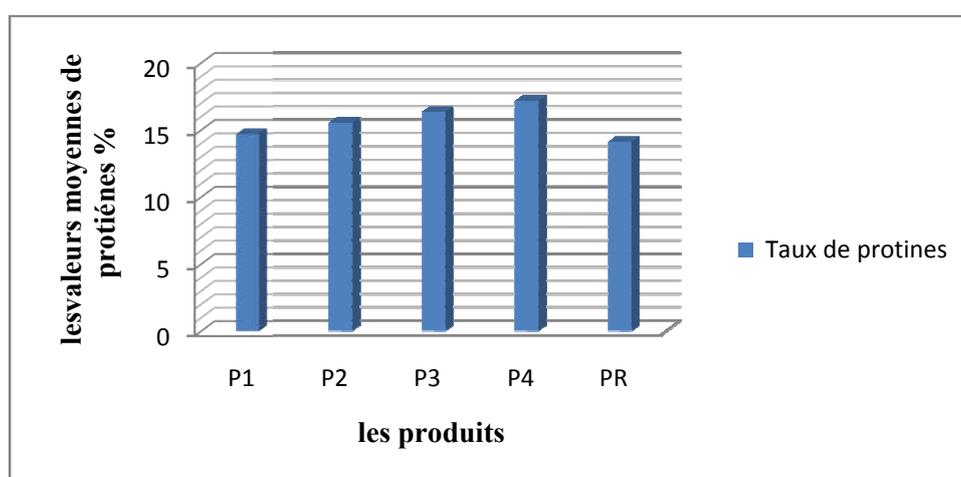
**Figure 22 :** Taux de G/S des produits formulés et le produit de référence

Le rapport matière grasse sur l'extrait sec total permet d'apprécier d'une façon précise la teneur en matière grasse dans 100 g d'extrait sec total, le rapport G/S dépend essentiellement du taux de matières grasses ajoutées au mélange (Benamara, 2017)

Les produits formulés ont des valeurs comprises entre 49,92-57,24% .

Les différents rapports G/S augmentent sensiblement au fur et à mesure en fonction des quantités de l'extrait aqueux de *Lupinus albus* utilisées dans les quatre spécialités fromagères.

#### V.5. Taux de Protéines :



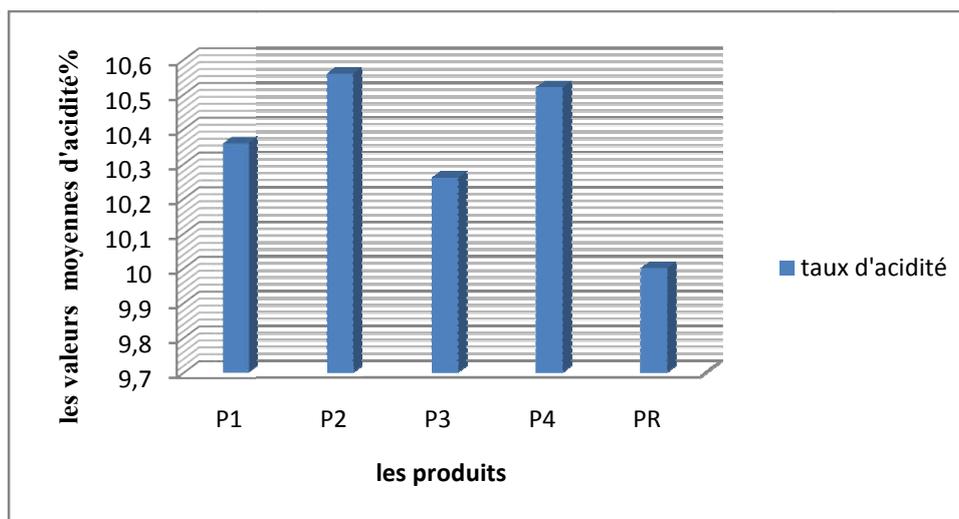
**Figure 23 :** Taux de protéines des produits formulés et le produit standard.

Pour ce qui est des protéines les valeurs varient entre 14,081-17,16%, Ces résultats nous montrent nettement une augmentation de taux de protéine d'un produit à un autre en fonction de la quantité de l'extrait aqueux de *Lupinus albus* utilisé (8,45%), et aussi à la graine de *Lupinus albus* qui contient 40,5 % mais aussi par la poudre de lait qui en contient 35% (Costa, 2017) .

La Spécialité fromagère renferme 14,6% de protéines alors que le fromage blanc en contient 7,18%. Ceci est confirmé par la table de composition de (Costa, 2017) .

Les produits P3 et P4 sont formés de 75% et 100% de l'extrait aqueux de *Lupinus albus* contiennent respectivement la proportion de protéines de 16,343 ; 17,16 Ces valeurs sont proches au produit de référence de l'unité **tammy** avec une valeur de 14,081%.

## V.6.Taux d'acidité :

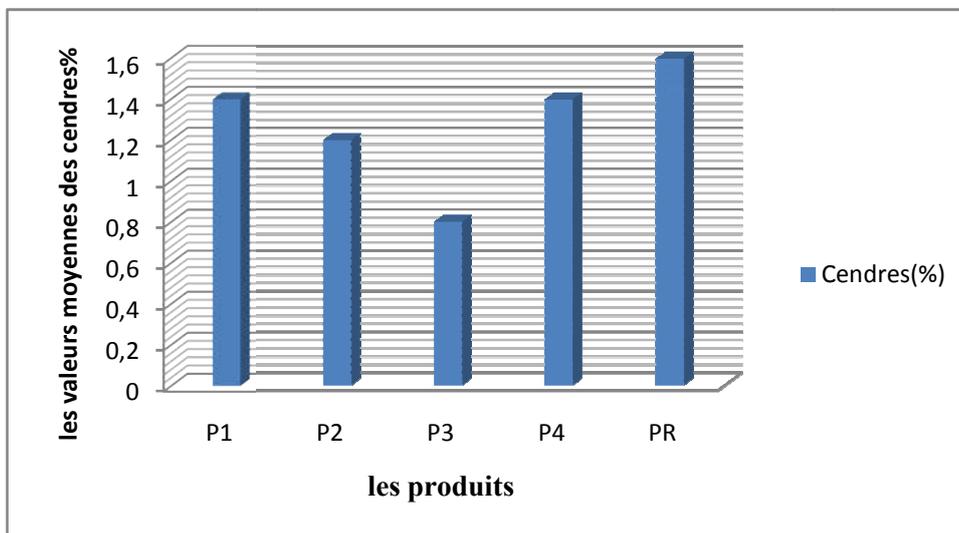


**Figure 24 :** Taux d'acidité des produits formulés et le produit standard.

L'acidité en degrés Dornic varie entre 10 D° et 10.56D°. D'ou P1, P2, P3 et p4 sont des valeurs stables, et qui sont égale à celle de produit de référence a 10 D°.

L'addition de lait de lupin a considérablement influence sur l'acidité des fromage. Cela pourrait être dû au manque et / ou faible concentration de sucre fermentescible (lactose) dans le lupin contenant des fromages (Elsamani et *al.*, 2014)

## V.7.Taux de cendres :



**Figure 25:** Taux de cendres des produits formulés et le produit de référence

Les cendres varient entre 0.8 et 1.4%, tous les produits ayant des teneurs inférieures par rapport au produit de référence (1,6%). La table de composition nutritionnelle (Costa, 2017) évoque la teneur de 0.77 %, pour le fromage blanc, et 3% pour la spécialité fromagère.

L'extrait aqueux de *Lupinus albus* contient des faibles quantités de cendres avec un pourcentage de 0,4% (Fox et al., 2000). Ce résultat est cohérent avec l'étude d'(Elsamani et al., 2014) qui a retrouvé des teneurs variant de 0.69 à 1.13%.

**VI. Résultats Analyses microbiologiques des Produits finis**

**Tableau10** : Résultats d'analyse microbiologiques des produits formulés et produit de référence.

germes Produits	SR	SD	SAG	CF	CT	Salmonelle	FMAR	S.aureus
<b>PR</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<b>P1</b>	1germe/ g	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<b>P2</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<b>P3</b>	1germe/ g	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<b>P4</b>	1germe/ g	Abs	1germe/g	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<b>NORME S AFNOR( 1986)</b>	≤1germe/ e/g	Abs	≤ 1germe/g	<10	<100	Abs	< 30 UFC	<100

L'analyse bactériologique du produit fini doit être considérée comme un test de vérification d'hygiène de fabrication.

Il est essentiel de maîtriser les paramètres qui agissent sur la contamination du produit fini, qui peut être due d'une part à la qualité des matières premières, d'autre part à la présence ou au développement des micro-organismes au cours de la fabrication.

D'après nos résultats, on note une absence totale des germes pathogènes recherchés (Coliformes totaux, et fécaux, Salmonelle et de Staphylococcus aureus) conformément aux normes exigées par AFNOR(1986). Les résultats des analyses microbiologiques soulignent de ce fait, que le produit fini (P1,P2 ,P3,P4,PR) présente une bonne qualité microbiologique .

Selon (Bourgeois & Larpent, 1996), l'absence de germe pathogène confirment la maîtrise des risques microbiologiques de la matière première jusqu'au produit fini.

L'absence des SAG et SR dans notre spécialités fromagères montre que ces derniers ayant une bonne qualité microbiologique grâce à l'application et l'efficacité des traitements thermiques (cuisson).

Donc nos produits ne présentent aucun risque pour la santé du consommateur, car ils ne contiennent aucun germe indicateur de contamination fécal et aucun germe pathogène responsable d'intoxication ou toxi-infection alimentaire (assurance de qualité microbiologique des produits)

## **VII. Etude de la conservation des fromages à 4°C**

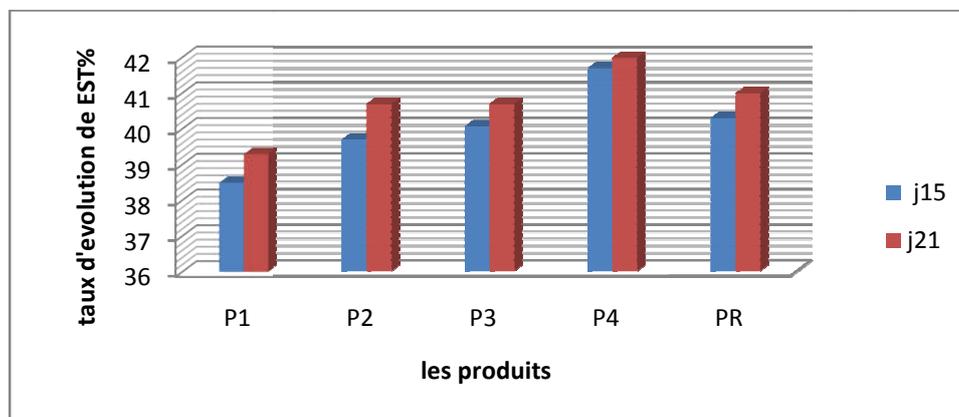
La qualité d'un fromage n'est pas seulement évaluée sur la base de sa composition intrinsèque au moment de sa fabrication ou à la sortie de la fromagerie, mais aussi sur sa capacité à être stable dans sa composition et ses qualités organoleptiques pendant une certaine durée de conservation à basse température (+4°C). Pour cette raison nous avons procédé à des essais de conservation dont nous présentons les résultats.

## VII.1. Etudes physico-chimique des produits durant la conservation à 4°C

### VII.1.1. Extrait sec total

La figure 26 montre l'évolution de l'extrait sec total lors de la conservation.

**Figure 26 :** Taux d'évolution de l'extrait sec total pendant le stockage à 4°C.

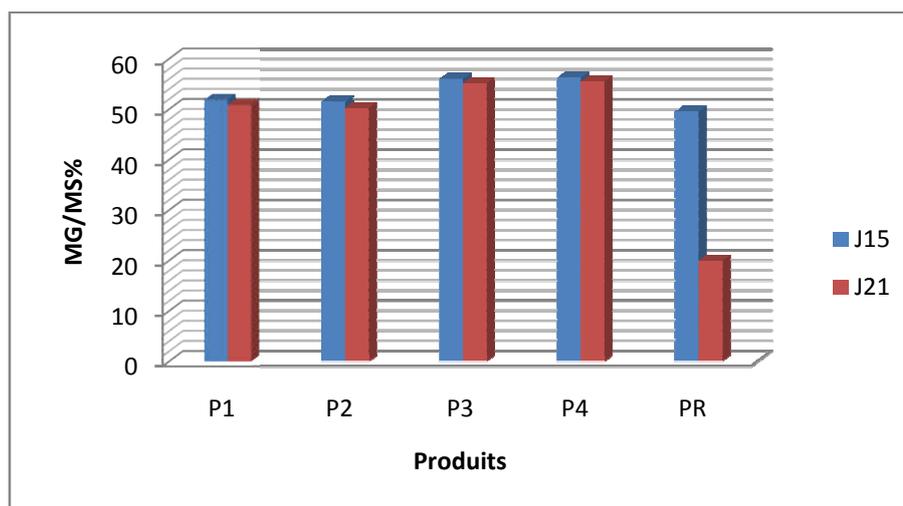


**Figure 26 :** Taux d'évolution de l'extrait sec total pendant le stockage à 4°C.

D'après les résultats, les fromages conservés à 4°C, présentent une augmentation de l'extrait sec environ de 2 %.

### VII.1.2. Matière grasse et gras/ sec A

Nous allons à présent énumérer les différents résultats de l'évolution de la matière grasse ainsi que le rapport gras/ sec lors de la conservation à 4°C pour les trois durées de conservation de fromages dans la figure 27.



**Figure 27 :** taux Evolution de la matière grasse et du gras/ sec pendant la conservation.

Selon (Karleskind, 1992) l'eau apporté par l'aliment se dégage sous forme de vapeur et peut provoquer une hydrolyse de la matière grasse avec libération d'acides gras, suivi de l'apparition de glycérides et de glycérol. Cette vapeur d'eau entraîne des produits les plus volatils. Ce qui n'est pas le cas pour nos résultats car on remarque que le taux de M.G reste globalement stable durant la conservation. On l'occurrence le rapport G/S diminue légèrement durant la période de conservation.

### **VII.2. Etude bactériologiques des produits durant la conservation à 4°C**

L'évaluation bactériologique est très importante pour l'estimation aussi bien de la qualité des produits obtenus mais aussi de la réussite et de l'efficacité du mode de conservation. Le tableau N°10 montre les résultats de l'évaluation bactériologique des fromages fabriqués durant la conservation.

D'après les résultats du tableau ci-dessous, et après 21 jours de conservation à 4°C, on note l'absence totale des germes recherché, est un indice de bonnes pratiques de fabrication.

**Tableau 11** : évolution bactériologiques des produits formulés et produit standard

Lors de la conservation à 4°C.

Analyses	P1	P2	P3	P4	PR	Jours
<b>FMAR</b> <b>Coliformes totaux</b> <b>Coliformes fécaux</b> <b>Staphylococcus aureus</b> <b>Clostridium sulfitoréducteur</b> <b>Salmonelle</b>	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	<b>J+0</b>
<b>FMAR</b> <b>Coliformes totaux</b> <b>Coliformes fécaux</b> <b>Staphylococcus aureus</b> <b>Clostridium sulfitoréducteur</b> <b>Salmonelle</b>	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	<b>J+15</b>
<b>FMAR</b> <b>Coliformes totaux</b> <b>Coliformes fécaux</b> <b>Staphylococcus aureus</b> <b>Clostridium sulfitoréducteur</b> <b>Salmonelle</b>	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	Absence Absence Absence Absence Absence	<b>J+21</b>

### VIII. Etude économique

Après avoir évalué la valeur nutritionnelle, la qualité organoleptique et hygiénique de notre spécialité fromagère, il est nécessaire d'évaluer le prix de nos produits. Celui-ci s'obtient en additionnant les prix de revient de la matière première. Le Tableau 12 indique les prix unitaires des ingrédients de notre spécialité fromagère.

**Tableau 12 :** Les prix unitaires des ingrédients d'un fromage

Ingrédients	Prix unitaire en DA/ Kg
<b>Cheddar</b>	520
<b>Poudre de lait</b>	300
<b>Sels de fonte</b>	340
<b>Pré-fonte</b>	200
<b>Matière grasse végétale</b>	180
<b>La graine de lupin</b>	1200

**Tableau 13:** le prix de revient de la spécialité fromagère et produits de référence pour 100g.

Produit ingrédients	P1(g)	P2(g)	P3(g)	P4(g)	PR(g)
Poudre de lait	0.0219	0.0439	0.0659	0	0.0879
L'extrait de lupin	0.0659	0.0439	0.0219	0.087	0
Autres constituants	0.6123	0.7127	0.8127	0.5126	0.4341
Autres charge	15	15	15	15	15
Marge bénéficière	5	5	5	5	5
prix de 100g	7.6188	9.3665	10.36	14.80	5.400914

Selon le prix de revient de la matière première utilisée, la spécialité fromagère a été évalué à un prix de 7.61.-14.80 Da /kg; par rapport au produit de référence qui est de 5.40914 Da/kg. Le prix des produits formulés est plus élevé que le prix du fromage (PR) cette différence de prix est due au prix de la graine de lupin blanc qui est de 1200DA/Kg.

Ce travail intéressera sans doute toutes les fromageries qui veulent développer un aliment fonctionnel et avoir une large gamme de produits, mais il ne faut pas rester dans le contexte du prix seulement.

*Conclusion*

## Conclusion

Cette étude a été conduite dans le but de l'appréciation de la qualité nutritionnelle des spécialités fromagères faites à base de l'extrait aqueux de *lupinus albus* par rapport au produit de référence (Milky cow).

Au cours de ce travail, nous avons atteint un certain nombre d'objectifs que nous avons fixés au début.

Les valeurs des analyses physico-chimiques effectuées sur les matières premières : poudre de lait, l'extrait de lupin, cheddar, caséine-acide et caséine-présure) entrant dans la fabrication de la spécialité fromagère répondent globalement aux normes exigées par AFNOR (1986). Les résultats révélés un taux de protéines dans les graines 40,5%, alors que celui de l'extrait de *lupinus albus* est de 8,45 %.

Concernant le produit fini l'incorporation de l'extrait de lupin blanc dans les produits formulés permet d'augmenter le taux de protéines, de matière grasse et de l'extrait sec total par rapport au produit de référence.

L'analyse sensorielle de spécialités fromagères élaborées (p1, p2, p3, p4) a montré une préférence pour la formule de P1 et P2 d'un point de vue texture, couleur, goût et odeur.

Les résultats de l'analyse microbiologique de nos spécialités fromagères reflètent la bonne qualité hygiénique et sanitaire de ces dernières, ce qui confirme le respect des règles d'hygiène lors de la fabrication.

Durant les 21 jours de conservation, le pH des produits formulés et produit de référence diminue légèrement est conforme à la norme AFNOR1986, même que l'extrait sec totale subit une augmentation légère environ de 2 %, mais la matière grasse reste stable pendant la durée de conservation.

Le suivi microbiologique des spécialités fromagère indique l'absence totale des germes et confirme que nos produits est de bonne pratique et qualité hygiénique.

Pour conclure, le Lupin blanc est une plante intéressante à exploiter dans l'industrie du fromage qui donne un produit fini de bonne qualité physico-chimique, microbiologique, et organoleptique riche en protéines et molécules bioactives bénéfiques pour la santé.

*Références  
bibliographiques*

### Références bibliographiques

#### (A)

- AFNOR, E. (1986). Méthodes d'essai. *Recueil des normes françaises*.
- Aissou, Z., Abbas, S., & Bendali, F. E. (2016). Etude du procès de fabrication et de la qualité microbiologique de différents types de fromages industriels et fabrication d'un fromage frais artisanal.
- Akyüz, B., Arslan, K., Bayram, D., & IŞCAN, K. M. (2013). Allelic frequency of kappa-casein, growth hormone and prolactin gene in Holstein, Brown Swiss and Simmental cattle breeds in Turkey. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 19(3), 3809-3817.
- Amaladhas, P., & Emerald, F. M. E. (2017). Physicochemical and Sensory properties of dried dairy products. *Handbook of drying for dairy products*, 1973-1987.
- Ascherio, A., Rimm, E. B., Giovannucci, E. L., Colditz, G. A., Rosner, B., Willett, W. C., . . . Stampfer, M. J. (1992). A prospective study of nutritional factors and hypertension among US men. *Circulation*, 86(5), 1475-1484.
- Assa, R. R., Konan, J.-L., Prades, A., & Nemlin, J. (2012). Caractéristiques gustatives de l'eau des fruits de quatre cultivars du cocotier (*Cocos nucifera* L.). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(6), 3045-3054.

#### (B)

- Bachmann, H.-P. (2001). Cheese analogues: a review. *International dairy journal*, 11(4-7), 505-515.
- Badis, A., Laouabdia-Sellami, N., Guetarni, D., Kihal, M., & Ouzrout, R. (2005). CARACTERISATION PHENOTYPIQUE DES BACTERIES LACTIQUES ISOLEES A PARTIR DE LAIT CRU DE CHEVRE DEDEUX POPULATIONS CAPRINES LOCALES" ARABIA ET KABYLE". *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*(23), 30-37.
- Bailey, A. (2016). Intégrer l'agrobiodiversité dans les systèmes alimentaires durables: Fondements scientifiques d'un indice de l'agrobiodiversité. Synthèse: Bioversity International.
- BENAHMED, M. *Caractérisation Microbiologique, Physicochimique et Nutritive de la Poudre de Lait Commercialisée en Algérie*. Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid.
- BENAMARA, R. N. (2017). *Identification et caractérisation de spores de Bacillus cereus isolées de fromages fondus fabriqués en Algérie*.
- BENANI, S. T. (2017). Valorisation et optimisation de l'utilisation d'un coagulant végétal pour la fabrication d'un fromage traditionnel. 136.
- Benaouadj, F., Ziane-Zafour, A. H., & Rebiha, M. (2017). Effects of modified starch and fat on the rheological characteristics of newly formulated processed cheese: Use of experimental design method. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 38(5), 693-698.
- Bérard, L., & Marchenay, P. Les productions traditionnelles aux prises avec les normes sanitaires Hygiène standards challenge traditional food production.
- Berger, W., Klostermeyer, H., Merkenich, K., & Uhlmann, G. (1989). Processed cheese manufacture, a JOHA guide. *H. Klostermeyer, BK Ladengurg GmbH, Wurzburg, Germany*, 11-95.
- Bérodiér, F., Lavanchy, P., Zannoni, M., Casals, J., Herrero, L., & Adamo, C. (1997). Guide d'évaluation olfacto-gustative des fromages à pâte dure et semi-dure. *LWT-Food Science and Technology*, 30(7), 653-664.
- Bouchenak, M., & Lamri-Senhadji, M. (2013). Nutritional quality of legumes, and their role in cardiometabolic risk prevention: a review. *Journal of medicinal food*, 16(3), 185-198.

- Bourgeois, C., & Larpent, J. (1996). *Microbiologie alimentaire: Alements fermentés et fermentations alimentaires*: Lavoisier.
- Boutonnier, J.-L. (2000). *Fabrication du fromage fondu*: Ed. Techniques Ingénieur.
- Boutonnier, L. (2002). *Caracterisation du comportement d'une marne en vue de la realisation d'un deblai*. Paper presented at the PARAM 2002-SYMPOSIUM INTERNATIONAL IDENTIFICATION ET DETERMINATION DES PARAMETRES DES SOLS ET DES ROCHES POUR LES CALCULS GEOTECHNIQUES, PARIS, 2-3 SEPTEMBRE 2002.
- BOUVIALA, M., DAVID, G., & GARNIER, J.-F. (2012). Mémoire de fin d'études.
- Brink, M., & Belay, G. (2006). Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1. Céréales et légumes secs.[Traduction de: Plant Resources of Tropical Africa. Cereals and pulses. 2006]. Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas: Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas/CTA, Wageningen, pays-Bas. 328p.

### (c)

- Chambre, M., & Daurelles, J. (1997). Le fromage fondu. *ECK, A., GILLIS, JC Le Fromage, Paris: Technique et documentation Lavoisier. Terceira edição*, 691-708.
- Cheftel, J.-C., Cuq, J.-L., & Lorient, D. (1985). Proteines alimentaires; biochimie, proprietes fonctionnelles, valeur nutritionnelle, modifications chimiques.
- Chemache, L. Qualité de deux spécialités fromagères fabriquées et commercialisées en Algérie.
- Ciqual, T. Composition Nutritionnelle des aliments de ANSES (France). URL: <https://pro.anses.fr/TableCIQUAL/index.htm>.(date 38. of access 15.02. 2018).
- Costa, C. (2017). Update of the Ciqual table: MASSON EDITEUR 21 STREET CAMILLE DESMOULINS, ISSY, 92789 MOULINEAUX CEDEX 9 ....

### (D)

- de Cortes Sánchez et al . (2005). Alkaloid variation during germination in different lupin species. *Food chemistry*, 90(3), 347-355.
- De Noronha et al (2013). Intrinsic predictive factors for ankle sprain in active university students: a prospective study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(5), 541-547.
- Diem, H, et al . (2000). Cluster roots in Casuarinaceae: role and relationship to soil nutrient factors. *Annals of Botany*, 85(6), 929-936.
- Dracup, M., & Palta, J. (1994). Proceedings of the first Australian Lupin Technical Symposium. Paper presented at the Australian Lupin Technical Symposium 1994: Perth, WA).
- Duc,G et al., (2010). Importance économique passée et présente des légumineuses: Rôle historique dans les assolements et les facteurs d'évolution. *Innovations agronomiques*, 11, 1-24.

### (E)

- Eck, A., Gillis, J., Hermier, J., Lenoir, J., & Weber, F. (1997). Le fromage, 3 ème édition. *Editions Tec et Docs, Paris*.
- Elsamani, M. O., Habbani, S. S., Babiker, E. E., & Ahmed, I. A. M. (2014). Biochemical, microbial and sensory evaluation of white soft cheese made from cow and lupin milk. *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 553-559.
- Engedaw, L. Y. (2012). Potential of lupins (*Lupinus* spp. L.) for human use and livestock feed in Ethiopia: Köster.
- Etaib.H et Fellah S. (2018). Incorporation de l'extrait aqueux de *Lupinus albus* dans l'élaboration d'une spécialité fromagère.

### (F)

- Fanzo, J., Hunter, D., Borelli, T., & Mattei, F. (2013). *Diversifying food and diets: using agricultural biodiversity to improve nutrition and health*: Routledge.
- Feinberg, M., Favier, J.-C., & Ireland-Ripert, J. (1987). *Répertoire général des aliments: 2. Table de composition des produits laitiers*.
- Fenniche, S., Naoui, H., & Bettache, A. E. (2018). Suivi de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait UHT (lait entier) à différentes températures de stockage au niveau de Tchén-Lait CANDIA.
- Flight, I., & Clifton, P. (2006). Cereal grains and legumes in the prevention of coronary heart disease and stroke: a review of the literature. *European journal of clinical nutrition*, 60(10), 1145.
- Fox, F., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. (2000a). *Fundamentals of Cheese Science* (Gaithersburg, Maryland, USA: Aspen Publishers, Inc).
- Fox, F., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. (2000b). *Fundamentals of Cheese Science* (Gaithersburg, Maryland, USA (pp. 429-451): Aspen Publishers, Inc).
- Fox, P. F., McSweeney, P. L., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. (2004). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1: General Aspects*: Elsevier.

### (G)

- Guéguen, L. (2008). Calcium du fromage et santé osseuse. *Médecine et nutrition*, 44(1), 17-27.
- Guinee, T., Carić, M., & Kalab, M. (2004). Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products *Cheese: chemistry, physics and microbiology* (Vol. 2, pp. 349-394): Elsevier.
- Guinee, T., Feeney, E., Auty, M., & Fox, P. (2002). Effect of pH and calcium concentration on some textural and functional properties of Mozzarella cheese. *Journal of dairy science*, 85(7), 1655-1669.
- Gulewicz, P., Martinez-Villaluenga, C., Frias, J., Ciesiołka, D., Gulewicz, K., & Vidal-Valverde, C. (2008). Effect of germination on the protein fraction composition of different lupin seeds. *Food chemistry*, 107(2), 830-844.
- Gupta, D., Tripathi, R., Rai, U., Dwivedi, S., Mishra, S., Srivastava, S., & Inouhe, M. (2006). Changes in amino acid profile and metal content in seeds of Cicer arietinum L.(chickpea) grown under various fly-ash amendments. *Chemosphere*, 65(6), 939-945.

### (H)

- Habtie, T., Adnassu, S., & Asres, K. (2009). Effects of processing methods on some phytochemicals present in the seeds of *Lupinus albus* L. grown in Ethiopia. *Ethiopian Pharmaceutical Journal*, 27(2).
- edberg, I., & Edwards, S. (1989). *Flora of Ethiopia, Volume 3: Pittosporaceae to Araliaceae*. Addis Ababa, Ethiopia and Uppsala, Sweden: The National Herbarium, Addis Ababa University and Uppsala University.

### (J)

- Jamet, D., & Chandesaris, M. (2009). On the intrinsic nature of jump coefficients at the interface between a porous medium and a free fluid region. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52(1-2), 289-300.
- Jayasena, V., Kardono, L., Quail, K., & Coorey, R. (2007). Manufacturing of lupin tempe. *Agribusiness Crop Updates*, 61-62.

- Jayasena, V., Khu, W., & NASAR-ABBAS, S. M. (2010). The development and sensory acceptability of lupin-based tofu. *Journal of Food Quality*, 33(1), 85-97.

### (K)

- Karahadian, C., & Lindsay, R. (1984). Flavor and textural properties of reduced-sodium process American cheeses. *Journal of dairy science*, 67(9), 1892-1904.
- Karleskind, A. (1992). Manuel des corps gras.
- Kizilos, M. A. (1994). Easy lid dispenser: Google Patents.
- Kiziloz, M. B., Cumhur, O., & Kilic, M. (2009). Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food hydrocolloids*, 23(6), 1596-1601.
- Kohajdova, Z., KaroVičová, J., & Schmidt, Š. (2011). Lupin composition and possible use in bakery-a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(3), 203-211.

### (L)

- Lapointe-Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait: transformation du lait*: Presses inter Polytechnique.
- Le Jaouen, J.-C. (1993). *Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière: recueil réglementaire: guide des bonnes pratiques fromagères*: Institut de l'Elevage.
- LES ADDITIFS, C. D. C. S. (2004). PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES COMITÉ DU CODEX SUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES ET LES CONTAMINANTS Trente-septième session La Haye (Pays-Bas), 25-29 avril 2005. 3.
- Lim, T. (2012). *Lupinus albus Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants* (pp. 763-769): Springer.
- Lucey, J., Johnson, M., & Horne, D. (2003). Invited review: perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of dairy science*, 86(9), 2725-2743.
- Luquet, F. M. (1985). Laits et produits laitiers: vache, brebis, chevre. v. 1: Les laits: de la mamelle à la laiterie.-v. 2: Les produits laitiers: transformation et technologies.-v. 3: Qualité, énergie et tables de composition.

### (M)

- Mallaye, A. M. N. Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel sénégalais, à partir du lait de vache, coagulé par la papaïne naturelle. 136.
- Martínez-Villaluenga, C., Frías, J., & Vidal-Valverde, C. (2006). Functional lupin seeds (*Lupinus albus* L. and *Lupinus luteus* L.) after extraction of  $\alpha$ -galactosides. *Food chemistry*, 98(2), 291-299.
- McSweeney, P. L. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International journal of dairy technology*, 57(2-3), 127-144.
- Mikić, A., Perić, V., Đorđević, V., Srebrić, M., & Mihailović, V. (2009). Anti-nutritional factors in some grain legumes. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(5-6-2), 1181-1188.
- Mohamed, A., & Rayas-Duarte, P. (1995). Composition of *Lupinus albus*. *Cereal Chemistry*, 72(6), 643-647.
- Mohamed, A., & Shalaby, S. M. (2016). Texture, chemical properties and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with apricot pulp (*Prunus armeniaca* L.). *Int. J. Dairy Sci*, 11, 61-68.
- Möller, E., Bahnweg, G., Sandermann, H., & Geiger, H. (1992). A simple and efficient protocol for isolation of high molecular weight DNA from filamentous fungi, fruit bodies, and infected plant tissues. *Nucleic acids research*, 20(22), 6115.

- Mounsey, J., & O'Riordan, E. (1999). Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese. *Journal of food science*, 64(4), 701-703.

### (O)

- Ortega-Fleitas, O. (2001). Real del Sol. E., Cabrera, MC, Ortega, A., Suares-Solis, V., Cardoso, F. & Iniguez, C, 87-89.
- Ouari, E. *contribution a l'etude physico chimique et microbiologique d'un type de fromage fondu.*
- Ouari, E. *contribution a l'etude physico chimique et microbiologique d'un type de fromage fondu.*
- Ozkan, G., Baydar, H., & Erbas, S. (2010). The influence of harvest time on essential oil composition, phenolic constituents and antioxidant properties of Turkish oregano (*Origanum onites* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(2), 205-209.

### (P)

- Paquet, D. (1988). Processed cheese: physicochemical aspects. *Cahiers de l'ENSBANA (France)*, 221-227.
- Paraskevopoulou, A., Provatidou, E., Tsotsiou, D., & Kiosseoglou, V. (2010). Dough rheology and baking performance of wheat flour–lupin protein isolate blends. *Food Research International*, 43(4), 1009-1016.
- Patart, J. (1987). Process cheeses. 385-398.
- Petterson, D., & Fairbrother, A. (1996). Lupins as a raw material for human foods and animal feeds. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 3(2), 35-41.

### (R)

- Richonnet, C. (2016). Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 51(1), 48-56.
- Rochfort, S., & Panozzo, J. (2007). Phytochemicals for health, the role of pulses. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(20), 7981-7994.
- ROUSTEL, S. (2014). Fromage fondu: physico-chimie du processus de fonte. 15.
- Rybiński, W., Święcicki, W., Bocianowski, J., Börner, A., Starzycka-Korbas, E., & Starzycki, M. (2018). Variability of fat content and fatty acids profiles in seeds of a Polish white lupin (*Lupinus albus* L.) collection. *Genetic resources and crop evolution*, 65(2), 417-431.

### (S)

- Salomon W.K.(2007).Cinétique d'hydratation de lupin ( *Lupinus albus* graines). J. Process alimentaire Eng, 30: 119-130.
- Sbabou, L. (2009). Diversité génétique du lupin au Maroc et étude du développement racinaire du lupin blanc sous stress abiotique par des approches de génomique fonctionnelle.
- Schär, W., & Bosset, J. (2002). Chemical and physico-chemical changes in processed cheese and ready-made fondue during storage. A review. *LWT-Food Science and Technology*, 35(1), 15-20.
- Sujak, A., Kotlarz, A., & Strobel, W. (2006). Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds. *Food chemistry*, 98(4), 711-719.

### (T)

- Tharanathan, R., & Mahadevamma, S. (2003). Grain legumes—a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, 14(12), 507-518.

### (V)

- Veisseyre, R. (1979a). Technologie du lait: Constitution. *Récolte, Traitement et Transformation du lait, 3e édition, La maison Rustique, Paris, France*, 714.
- Veisseyre, R. (1979b). Technologie du lait: Constitution. *Récolte, Traitement et Transformation du lait, 3e édition, La maison Rustique, Paris, France*.
- Vercruyse, J. (1975). Roudaut (Jean), Poètes et grammairiens au XVIIIe siècle. *Revue belge de Philologie et d'Histoire*, 53(2), 489-490.

### (W)

- Wait, R., Gianazza, E., Brambilla, D., Eberini, I., Morandi, S., Arnoldi, A., & Sirtori, C. R. (2005). Analysis of *Lupinus albus* storage proteins by two-dimensional electrophoresis and mass spectrometry. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(11), 4599-4606.
- Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., & Wehrmüller, K. (2008). Cheese in nutrition and health. *Dairy Science and Technology*, 88(4-5), 389-405.
- Watt, M., & Evans, J. R. (1999). Proteoid roots. Physiology and development. *Plant Physiology*, 121(2), 317-323.

### (Y)

- Yang, C., & Taranto, M. (1982). Textural properties of Mozzarella cheese analogs manufactured from soybeans. *Journal of food science*, 47(3), 906-910.
- Yang, G., Wang, S. Z., Zhou, R., & Sun, S. (1983). Endemic selenium intoxication of humans in China. *The American journal of clinical nutrition*, 37(5), 872-881.
- Yeheyis, L., Kijora, C., Wink, M., & Peters, K. J. (2011). Effect of a traditional processing method on the chemical composition of local white lupin (*Lupinus albus* L.) seed in North-Western Ethiopia. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 66(7-8), 403-408.
- Yorgancilar, M., Babaoglu, M., Hakki, E. E., & Atalay, E. (2009). Determination of the relationship among Old World Lupin (*Lupinus* sp.) species using RAPD and ISSR markers. *African Journal of Biotechnology*, 8(15), 3524-3530.

### (Z)

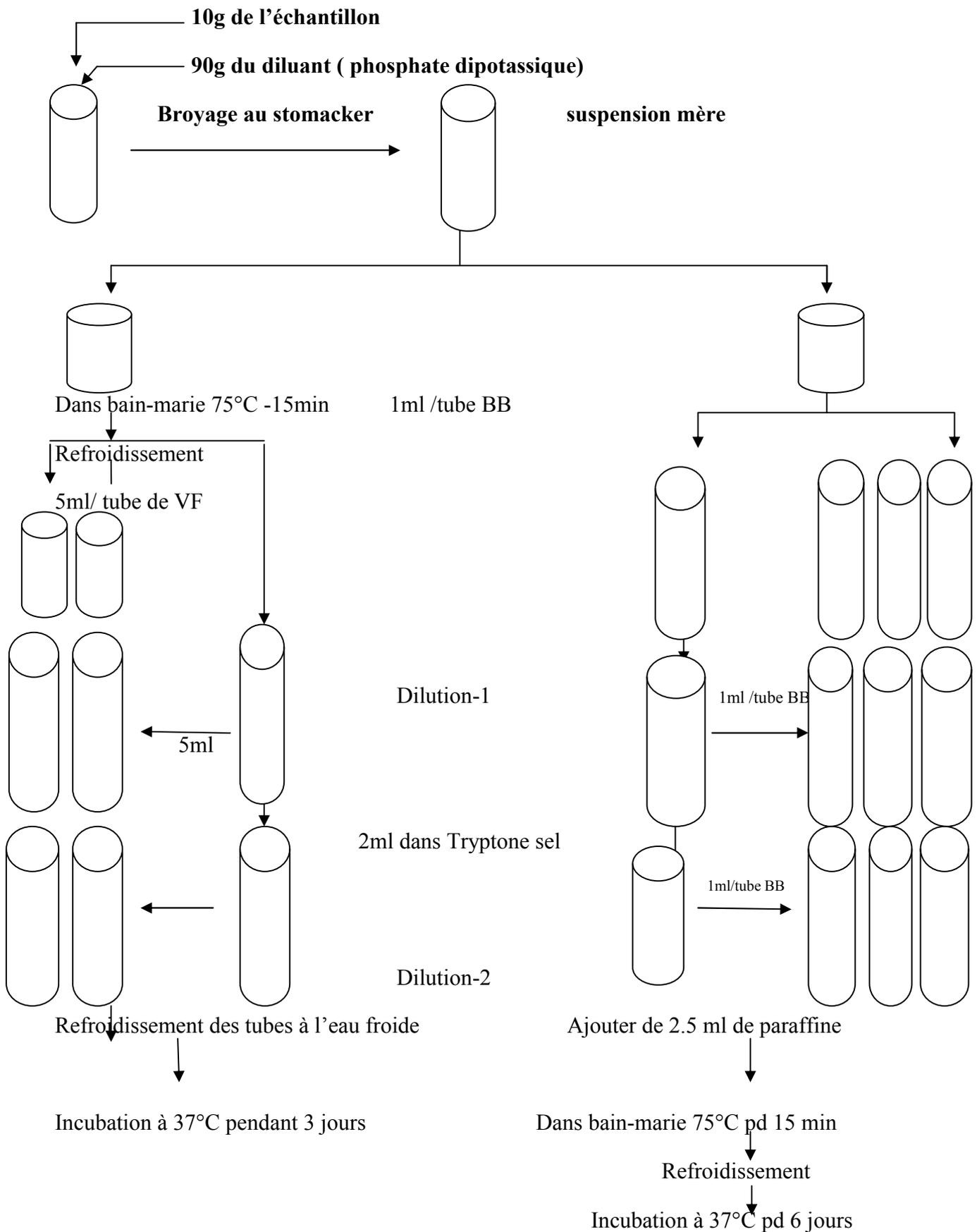
- Zehren, V. L., & Nusbaum, D. D. (1992). *Process cheese*: Cheese Reporter Publishing Company.

Annexes

**Annexe 1 : Appareillages**

- ❖ **Agitateur**
- ❖ **Balance de précision**
- ❖ **Bain marie**
- ❖ **Bec benzène**
- ❖ **Béchers**
- ❖ **Broyeur**
- ❖ **Burette à robinet gradué**
- ❖ **Butyromètre**
- ❖ **Capsule en aluminium**
- ❖ **Centrifugeuse**
- ❖ **Creusets**
- ❖ **Dessiccateur**
- ❖ **Dilumat**
- ❖ **Etuve**
- ❖ **Four à moufle**
- ❖ **Pipette pasteur**
- ❖ **Pipette graduée**
- ❖ **Plaque chauffante**
- ❖ **pH mètre**
- ❖ **Réfrigérateur à 4°C**

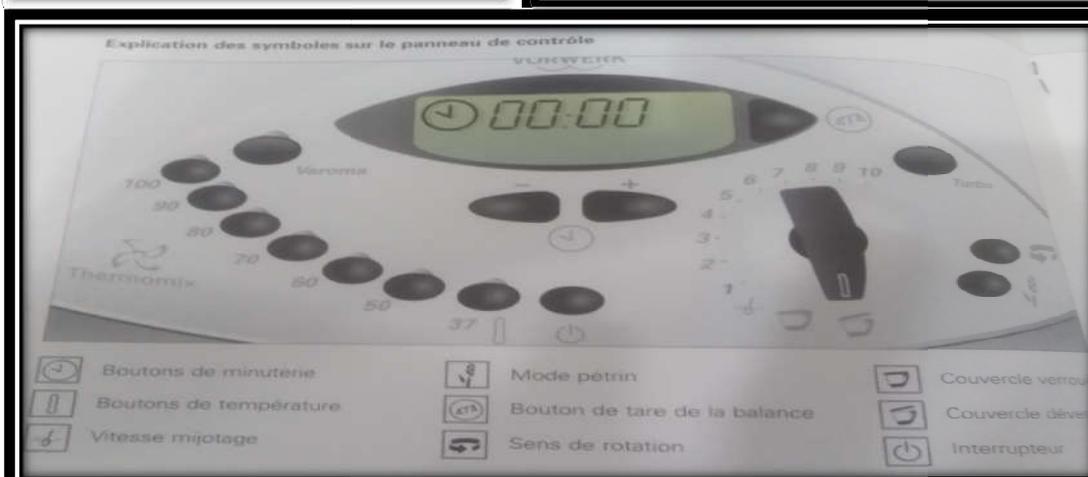
**Annexe02:** schéma d'analyse de la matière première





Annexe 03 :

Thermomix TM 31



**Définition :** c'est un appareil où se déroule la production de notre spécialité fromagère comme un Stéphan à l'échelle industriel, il contient un système de régulation de température automatique.

Ses constituants principales sont les quels :

Appareil principal

Bol de mixage

Socle de bol

Ensembles couteaux

Joint de l'ensemble couteaux

Panier de cuisson

Spatule avec disque de sécurité

Gobelet doseur

Couvercle de bol

Joint du couvercle

Fouet

Varoma

Plateau à vapeur

Couvercle de varoma

## Annexe 4 :

## Fiche de dégustation

Produit : spécialité fromagère

Nom :

prénom :

Age :

Sexe :

F

Fumeur :

M

1

2

3

4

5



Paramètres	aspect	couleur	odeur	texture	gout	acceptabl e
Produit formulé						
Produit 1						
Produit 2						
Produit 3						
Produit 4						
Produit 5						

0 : très mauvais

1 : passable

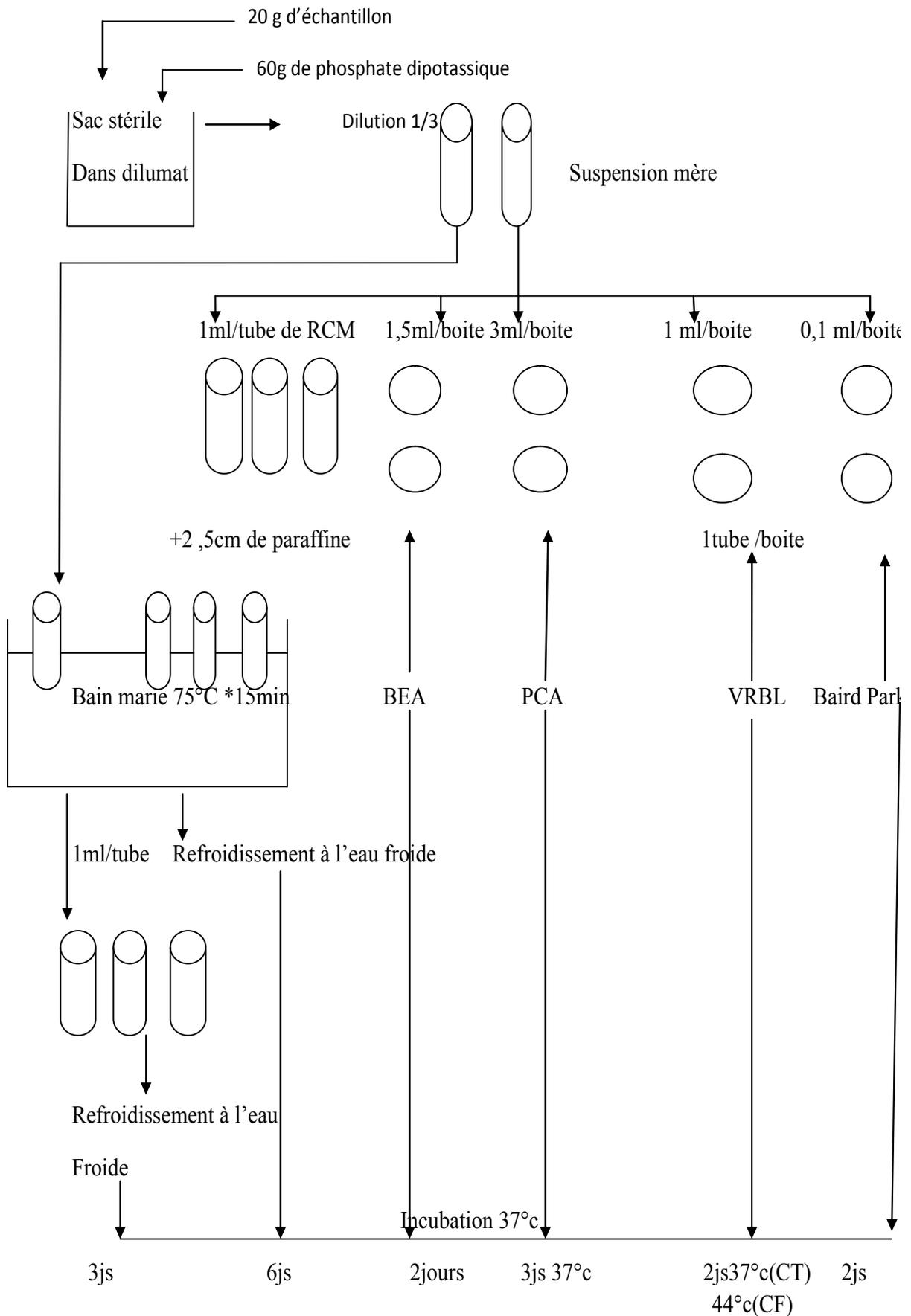
2 : moyen

3 : assez bon

4 : bon

5 : excellent

Annexe05 : schéma d'analyse du produit fini



Annexe06 :

Les étapes de Préparation de la suspension mère



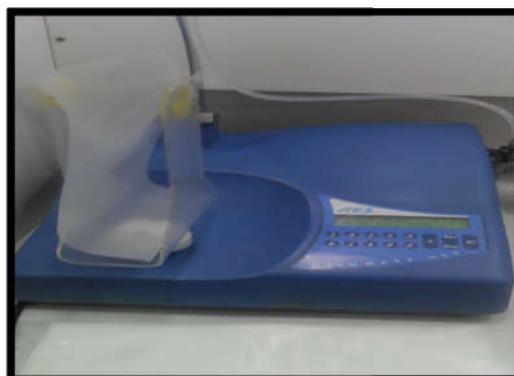
**Annexe 07:** les valeurs moyennes de notes des caractéristiques organoleptiques des produits formulés et le PR

PRODUITS	ASPECT	COULEUR	ODEUR	TEXTURE	GOUT
P1	3,19	3,9	2,85	5,09	2,61
P2	3,38	3,59	3,42	3,66	3,28
P3	3,73	4,04	3,85	4,38	4,38
P4	2,02	2 ,61	2,07	1,85	1,28
PR	3,54	4,14	3,8	3,71	4,07

Annexe : 08



**pH mètre**



**Dilumat**



**Presse**



**Butyromètre**



**Broyeur**



**Dessiccateur**



Four à moufle

## Annexe 09 :

Classification de matière première selon les SAG et les SR. (NFT90-415) ;(NFT90-415)

Classe		valeurs	
A	Satisfaisant	$SR \leq 10, SAG \leq 250$	Bonne qualité
B	Acceptable	$10 \leq SR \leq 30, 250 \leq SAG \leq 2500$	Bonne qualité
C	Non satisfaisant	$SR \geq 30, SAG \geq 2500$	Emission d'une fiche de non- conformité