

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الجليلي بونعامة خميس مليانة

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

**Incorporation de l'extrait aqueux de *Lupinus albus* dans
l'élaboration d'une spécialité fromagère .**

Présenté par :

❖ M^{me} ETTAIEB HAFIDHA
❖ M^{lle} FELLAH SOUAAD

Soutenu 12/07/2018 devant le jury :

Président : AMROUCHE.Z

MAA

U.D.B KhemisMiliana

Promotrice :ZAOUADI .N

MAA

U.D.B KhemisMiliana

Examinatrice : BRAHIM.S

MAA

U.D.B KhemisMiliana

Examinatrice :HALFAOUI .Z

MAB

U.D.B KhemisMiliana

Année universitaire 2017/2018

REMERCIEMENTS

Nous commençons par remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la volonté, l'amour du savoir et surtout le courage et la patience pour effectuer ce modeste travail.

Recevez ici nos sincères remerciements pour la confiance, les conseils que vous nous avez accordés tout au long de ce travail. Merci pour votre encadrement, votre disponibilité et votre gentillesse madame ZAOUADI NESRINE.

Mr AMROUCHE ZOHEIR, nous vous adressons nos respectueux remerciements pour avoir accepté de présider ce jury, Veuillez accepter l'expression de notre sincère reconnaissance.

Mme BRAHIMI et Mme HALFAOUI, 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 juger ce travail.

Nous remercions tout particulièrement Mr BOUCHRIT YACINE et SOUFIANE Chef du laboratoire de la laiterie de ARIB.

Nous remercions également SARA et LATIFA veuillez trouver ici l'expression de nos gratitude pour nous avoir accueillie au sein de vos laboratoires. Soyez assurées de nos profonds respects et de nos vives reconnaissances.

Nous souhaitons remercier de tout le coeur nos parents, qui nous ont toujours soutenue et qui ont toujours été fiers de nous. C'est grâce à vous que nous somme ici aujourd'hui, merci pour tous les efforts que vous avez fournis.

Enfin, pour tous ceux et toutes celles qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de nos sincères remerciements.

Dédicace

A mes très chers parents, sans eux je n'ai pas pu être ce que je suis, en reconnaissance de leurs efforts, leurs amour et leurs encouragements durant toute ma vie.

" Qu'ALLAH vous garde "

A toi MOHAMED ZAHIR mon très cher mari avec qui j'ai partagée les bon et les mauvais moments et surtout pour ta patience sans fin, tes encouragements, ton optimisme infaillible, ton affection et ton grand amour.

" Merci "

A mes adorables sœurs NADIA et FATIMA et mes très chers frères, ainsi que MOUNIR mon beau frère Vous savez que l'affection et l'amour fraternel que je vous porte sont sans limite. Je remercie en vous les sœurs et les amies. J'implore Dieu qu'il vous apporte bonheur et vous aide à réaliser vos vœux,

" Je vous souhaite une vie pleine de joie."

A mes nièces MALAK, MARWA, ROUZLANE, RYHANE et mes neveux YUCEF, YAKOUD, MAHMOUD YASSER, Les mots ne sauraient exprimer l'entendue de l'affection que je porte pour vous, Je vous souhaite une vie pleine de bonheur, de santé et de prospérité.

" Qu'Allah vous bénisse et vous protège."

A LOUBNA, NAWAL et DJAWIDA vous êtes pour moi plus que des amies! Je ne saurais trouver une expression témoignant de ma reconnaissance et des sentiments de fraternité que je vous porte. Je vous dédie ce travail en témoignage de notre amitié que j'espère durera toute la vie.

" Merci pour tous les moments formidables qu'on a partagés"

A ma grande famille, mes amis et collègues et tous ceux et toutes celles que j'ai involontairement omis de citer et qui n'endemeurent pas moins chers.

HAFIDHA

Dédicaces

Je dédie ce travail à:

*Celle qui tient le paradis sous ses pieds, à mon ange, à ma
chère mère qui m'a entouré avec sa tendresse,*

*Mon cher père qui m'a beaucoup aidé avec son soutien tout
au long de mes études,*

Mes trésors frères Mohamed, Abd el-kader, walid, et mon ange Aymen

Ma charmante et adorable sœur Nesrine et

ma chère amie et sœur Selma

Toute la famille fellah et Ghenin

Ma binôme Ettaib Hafida et sa famille

Tous mes amis (es) et à toute la promotion 2017-2018 de

Microbiologie Appliquée

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

SOUAD

Résumé

Le but de la présente étude est de produire une spécialité fromagère à partir d'un extrait de *Lupinus albus*. Cette étude a pour finalité d'élaborer des produits de bonne qualité nutritionnelle destinés à la consommation humaine. Pour ce faire, quatorze produits ont été formés à l'aide de la méthode des plans d'expériences, avec différentes quantités d'extrait, de lait cru et de poudre de lait à 0% de matière grasse.

L'analyse sensorielle montre que certaines préparations présentent de bonnes caractéristiques organoleptiques. Les analyses physico-chimiques ont révélé des rapports protéiques élevés allant de 12,04% à 21,67% ainsi que ceux de l'extrait sec total qui varient entre 26,26 % et 34,15% par rapport au produit de référence (12% protéine et 20% de l'extrait sec total).

L'analyse microbiologique a prouvé la propreté de nos produits et l'absence des germes recherchés.

Quant à l'étude rhéologique, nos produits sont des pâtes à tendance élastique avec une composante visqueuse non négligeable.

Les réponses sélectionnées nous ont permis d'avoir une formule optimale contenant une composition idéale pour une valeur nutritionnelle satisfaisante.

Mots clés : spécialité fromagère, *Lupinus albus*, plan d'expériences, rhéologie.

Abstrat

The purpose of the present study is to produce a cheese specialty from an extract of *Lupinus albus*. This study has the aim of developing products for human consumption of good nutritional quality, for that fourteen products were formed using the experimental design method, with different amounts of extract, cow milk and milk powder at 0% fat.

The sensory analysis shows that some preparations have good organoleptic characteristics. The physicochemical analysis revealed high protein ratios ranging from 12.04% to 21.67% as well as those of the total dry extract which vary between 26, 26% and 34.15% compared to the reference product (12% protein and 20% of the total dry extract). Microbiological analysis has proven the cleanliness of our products and the lack of pathogenic germs.

As for the rheological study, our products are pasta with an elastic tendency with a non-negligible viscous component.

The selected repenses allowed us to have an optimal formula containing an ideal composition for a satisfactory nutritional value.

Key words: cheese specialty, *Lupinus albus*, experimental design, rheology.

Liste des abréviations

AOAS : Association of official analytical chemistry

Abs :Absence

CuSO₄ : le sulfate de cuivre CuSO₄

EST : Extrait Sec Total

FAMR :Flore Aerobie Mesophile Revivi fiable

FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale

H₂SO₄:l'acide sulfurique

H₃O⁺ :Hydronium ion

H₃BO₃ : l'acide borique

ISO : International Standardisation Organisation

JORA :Journal Officiel de la République Algérienne

K₂SO₄ : le sulfate de potassium

MCR : Modular Compact Rheometer

MG :Matière Grasse

MGLA : Matière grasse laitière anhydre

NaOH : hydroxyde de sodium

NH₃ : Ammoniac

PCA :Plate Count Agar

pH : Potentiel d'hydrogène

Pdt :pendant

SM :Solution Mère

UFC : Unité Formant Une Colonie

VRBL : Violet red bile agar with lactose

Liste des figures

Figure I.1 : principale voie de fabrication de spécialité fromagère fondue.

Figure I.2: Différents types de cisaillement

Figure I.3: Écoulement entre deux plans parallèles

Figure II.1 : Les Productions mondiales du Lupin en tonnes (Source UNIP 2001)

Figure II.2 : La description botanique du lupin blanc

Figure III.1 : Photographie de quelques graines de lupin-blanc (*Lupinus albus*).

Figure III.2: photographies de *Lupinus albus*

Figure III.3: prélèvement du laitmaigre.

Figure III.4 : Diagramme de la fabrication du « fromage frais » dans la laiterie *d'ARIB*

Figure III.5 ,6,7,8,9,10 : Préparation de l'extrait .

Figure III.11,12,1 : Réalisation des formules.

Figure III.14: Diagramme de fabrication de la spécialité fromagère

Figure III.15: prélèvement de produit formulé (spécialité fromagère)

Figure III.16: photographie d'un rhéomètre .prise le 15/05.

Figure IV.1 : Les spécialités fromagères formulées

Figure IV.2 : Valeurs moyennes des notes de l'aspect des produits formulés et le PR.

Listes des tableaux

Tableau 01 : composition moyenne du lait de vache pour 100g.

Tableau 02 : les valeurs nutritionnelles comparatives d'une spécialité fromagère et le fromage frais

Tableau 03 : Classification de *Lupinus albus*

Tableau 04 : Composition de la graine de *Lupinus albus* (dans 100 g)

Tableau 05: ingrédients de formulation de la spécialité fromagère pour 100g.

Tableau 06: Résultat d'analyses physicochimiques de Graine de *Lupinus albus*, l'extrait aqueux de Lupin, lait maigre, poudre de lait et la crème fraîche.

Tableau 07 : résultat d'analyses microbiologiques de la poudre de lait .

Tableau 08: résultat d'analyses microbiologiques de Lait maigre et la crème fraîche

Tableau 09 : résultats des analyses microbiologiques du lait de lupin.

Tableau 10: Résultats d'analyses microbiologiques des produits formulés et le produit de référence

Table de matière

Introduction.....	01
-------------------	----

Synthèse bibliographique

Chapitre I : la spécialité fromagère

1.Définition	03
2. Aperçu historique et économique.....	03
3.Les ingrédient de fabrication	04
3.1. Matières premières laitière.....	04
3.2. Matières premières non laitières	08
4.Valeurs nutritionnelles	10
5.Procès de fabrication de la spécialité fromagère	11
6. Contrôle de qualité.....	14
7.Caractérisations rhéologiques des spécialités fromagères.....	15
7.1. Définition de la rhéologie.....	15
7.2. Les paramètres rhéologiques.....	15

Chapitre II : LUPIN BLANC

1.Historique.....	19
2 . La production du lupin.....	19
3.Description botanique	20
4. Origine et répartition géographique.....	21
5.. Ecologie.....	21
6. Graine de lupin blanc	22
6.1.Classification.....	22
6.2.Valeur nutritionnelle de la graine de <i>Lupinus albus</i>	23
6.3.Effet thérapeutique de la graine de <i>Lupinus albus</i>	26
6.4.Utilisations du <i>Lupinus albus</i>	27

Partie expérimental

Chapitre III :Matériel et méthodes

1. Présentation du Lieux de stage	29
2. Matériel	29
3. Méthodes	32
3.1.Caractérisations physicochimiques des matières premières.....	32
3.1.1.Détermination de l'extrait sec total (EST).....	32
3.1.2.Détermination du potentiel d'hydrogène.....	33

3.1.3. Détermination de l'acidité	33
3.1.4. Détermination de la matière grasse (MG).....	34
3.1.5. Détermination de l'azote total et la teneur en protéines totales (méthodes de Kjeldahl).....	36
3.1.6. Détermination du taux de cendres	36
3.2. Caractérisations microbiologiques de la matière première.....	37
3.2.1. Prélèvement	37
3.2.2. Préparation des dilutions décimales.....	38
3.2.3. Recherche et dénombrement des germes.....	38
3.2.3.1. La flore aérobie mésophile totale à 30 °C (FAMT).....	38
3.2.3. 2. Les coliformes totaux et coliformes thermo tolérants.....	39
3.2.3.3 Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	41
3.2.3.4 Recherche des Salmonelles.....	31
3.3. Etude de préformulation.....	42
3.4. Formulation de la spécialité fromagère.....	43
3.5. Caractérisation des produits formulés et le produit de référence.....	50

Résultats et discussion

1. résultats de la caractérisation physico-chimique de la matière première.....	53
2. résultats de la caractérisation microbiologique de la matière première.....	54
3. Caractérisations organoleptiques des produits formulés et PR.....	56
4. Résultats de l'analyse physicochimique des produits formulés et PR.....	61
4.1. Taux de l'extrait sec total (EST).....	61
4.2. La matière grasse (MG).....	62
4.3. Le taux de cendres	62
4.4. Teneur en protéines	63
4.5. Evaluation du pH.....	64
5. Caractérisation microbiologique.....	64
6. Caractérisation rhéologique.....	66

6.1. Courbe d'écoulement	66
6.2. Viscoélasticité.....	68
7. Optimisation de la formule.....	69
Conclusion	71
Les références bibliographiques.....	72
Les annexes	



Introduction



Activar

Introduction :

Le fromage est l'un des dérivé du lait, qui présente une haute valeur nutritionnelle, vue sa richesse en nutriment nécessaires pour les besoin d'entretien et de croissance (Schmid, 2000) .

Plusieurs procédés ont été développés afin de prolonger la durée de vie du fromage. Le fromage fondu et la spécialité fromagères sont des préparations beaucoup plus récentes, qui ont permis une stabilisation bien plus poussée des protéine lactières, toute en conservant plus ou moins au produit fini l'aspect d'un fromage (Boutonnie, 2000).

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 lactières 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.

La hausse des prix des spécialités fromagères est le résultat des coûts élevés des matières premières d'origine lactière telles que les fromages, les caséines et les caséinates, le lactosérum et la matière grasse d'origine lactière. Dans la littérature, des travaux de recherche comme ceux de Mounseyet *al.*, (2008), Noronhaet *al.*, (2008a) et Kizilozet *al.*, (2009) ont fait l'objet de la commutation partielle ou intégrale de la matière grasse et de la matière protéique d'origine lactière par des matières premières d'origine végétale, dont le but est de réduire les coûts de production.

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

Introduction

seulement comme une source de protéines dans la production de fourrage, mais aussi pour l'amélioration de sol (**Huyghe, 1997**) .

Au cours des dernières décennies, la production et la consommation de lupin blanc ont augmenté en raison de la capacité des plantes de lupin à croître dans des climats défavorables, leur tolérance à des sols pauvres et leurs rendements élevés (1000 à 2000 kg / ha) (**Linnemann ET Dijkstra., 2002**).

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 (**Jayasena et al., 2010**).

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 (**Jayasena, Khu, & Nasar-Abbas, 2010; Paraskevopoulou et al., 2010**).

Selon les données mentionnées sur la graine de lupin, les coûts élevés des matières premières d'origine laitière de la spécialité fromagère et la pénurie de production de lait, dans ce travail nous avons pensé à incorporer l'extrait de *lupinus albus* dans l'élaboration d'une spécialité fromagère.

Ce travail, est organisé en deux grandes parties :

La première partie consiste en une synthèse bibliographique sur la spécialité fromagère et la graine de lupin.

La deuxième partie est un exposé du matériel et des méthodes mis-en œuvre dans le cadre du travail expérimental. La matière première, les équipements ainsi que la formulation de la spécialité fromagère, les analyses physicochimiques et microbiologiques et leurs protocoles expérimentaux. Les résultats dispensés sont ensuite développés et discutés dans la logique de notre étude.



Chapitre I

Spécialité

fromagère



Chapitre I :

la spécialité fromagère

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 ; Guineeetal., 2004**). D'autres ingrédients d'origine laitière et non laitière peuvent être additionnés au mélange.

1. Définition

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 (**JORF ,2007**)

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(**JORF ,2007**)

2.Aperçu historique et économique

La possibilité de produire le fromage fondu a été traitée pour la première fois en 1895. Les sels de fonte n'étaient pas utilisés et le produit n'a pas réussi. Le premier fromage fondu réussi dans lequel les sels de fonte ont été utilisés, était introduit en Europe en 1911 et aux USA en 1916 par Kraft (**Meyer, 1973**).

Selon **FOX et McSweeney (1998)**, la spécialité fromagère présente plusieurs avantages ; on peut citer :

- ✓ Une certaine quantité de fromage qui est difficile ou même impossible à commercialiser peut être employée.
- ✓ Le mélange de différentes variétés de fromage et d'autres matières premières non laitières permet de donner des fromages fondus différents du point de vue consistance, flaveur et forme.

- ✓ Ils ont une stabilité à la conservation sous des températures modérées, ce qui réduit le coût de stockage et du transport (**Christensen *et al.*, 2003**).
- ✓ Ils sont plus stables que les fromages naturels pendant le stockage.
- ✓ Une valeur nutritionnelle excellente, spécialement comme source de calcium et de protéines pour les enfants, et bonne aptitude à la satisfaction des besoins nutritionnels s'ils sont enrichis en vitamines et en minéraux (**Zhang et Mahoney, 1991 ; Sukhinina *et al.*, 1997**)

3. Les 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, additifs... (**Caric, 2000 ; FOX *et al.*, 2000 ; Huang *et al.*, 2010**).

3.1. Matières premières laitières

3.1.1. 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 (**FAO, 2000**).

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 » (**Debry *et al.*, 2001**) .

3.1.1.1. 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**).

3.1.1.2. Caractère physico-chimique du lait

Nature physico-chimique du lait, elle est complexe. Selon **Roudaut et Lefrancq, (2005)** 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.

CHAPITRE I La spécialité fromagère

➤ 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.....6,5à 6,6
- Indice de réfraction à 20°C.....1, 35
- Acidité exprimée en degré DORNIC(en décigrammes d'acide lactique par litre.....16 à18

3.1.1.3. Composition chimique du lait

Les principaux composants chimiques du lait de vache sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau I.1 :Composition moyenne du lait de vache pour 100g.

Nutriments	Quantités pour 100g de lait
Eau (g)	87
Protéines (g)	3.5
Acide glutamique (mg)	628
lysine (mg)	222
la méthionine et la cystéine (mg)	93
La thréonine (mg)	150
le tryptophane (mg)	49
Glucides (g)	5.0
Lipides (g)	3.3-4.7
Les acides gras saturés (g)	0,2-3.0
Les acides gras insaturés (g)	0,5-2.3
Minéraux (g)	0.9
Calcium (mg)	125
Phosphore (mg)	95
Magnésium (mg)	13
Sodium (mg)	50
Potassium (mg)	150

(Adrian et al.,1995 ; Boutry et al., 2008 ; Alais et al.,2003)

3.1.1.4. 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 **Roudaut et Lefranc(2005)** :

➤ **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.

➤ **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.

3.1.2 .Les fromages naturels

Le fromage fondu et la spécialité fromagère sont les produits laitiers dans lesquels le fromage est l'ingrédient laitier majoritairement utilisé comme matière première (**Commission codexalimentarius, 2004**). Une sélection adaptée des fromages naturels est

primordiale pour la fabrication d'une spécialité fromagère de qualité (**Chambre et Daurelles, 1997**).

D'après **Boutonnier (2002)**, 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 (**USDA, 2007**).

Le choix des fromages utilisés se fait entre le Cheddar, l'Emmental, le Gruyère, Mozzarella et d'autres fromages à pâte pressée (**McSweeney *et al.*, 2004**) en se basant sur le type, la flaveur, la maturité, la consistance, la texture et l'acidité (**Chambre et Daurelles, 1997**). Concernant les autres matières premières laitières et la préfonte 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).

3.1.3. 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-précipités, crème, beurre et matière grasse laitière anhydre (**FOX *et al.*, 2000**).

3.1.4. Préfonte

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 préfonte 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 préfonte 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 préfonte (**Berger *et al.*, 1993**).

Mais pour que cette addition soit profitable, la préfonte doit être de bonne qualité texturale, c'est-à-dire « crémeuse » et non surcrémée, sous peine d'entraîner un surcrémage 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**).

3.2. Matières premières non laitières

3.2.1. Eau

L'humidité des fromages 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..

Le ramollissement et l'augmentation de l'aptitude à la refonte des spécialités fromagères peuvent être attribués à l'effet de l'augmentation de la teneur en eau libre, à l'augmentation du volume des globules gras (**Gliguem *et al.*, 2009**).

3.2.2. Matières premières végétales

Les matières premières d'origine végétale sont utilisées pour la fabrication du fromage fondu d'imitation (**Mounsey *et al.* 1999 ; 2008 ; 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 » (**Boutonnier, 2002**).

3.2.2.1. 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, 2000**).

3.2.2.2. 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 %) (**Chen et al., 1979 ; Lee et al. 1981 ; Taranto et Yang, 1981 ; Yang et Taranto, 1982 ; Yang et al. 1983 ; Kim et al. 1992 ; Ortega-Fleitaset al. 2001**).

3.2.3. 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, gommes de guar, de caroube, alginates, carraghénanes...) ou produits par voie fermentaire (gommes xanthane) (**Kizilo et al. 2009**).

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 décollement de l'emballage au contact du produit. En France, 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.

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**)

3.2.4. Sels de fonte

Les sels de fonte utilisés dans la fabrication du fromage fondu sont essentiellement les sels de sodium de l'acide phosphorique et l'acide citrique (**Gupta et al., 1984**).

Ce sont qui permettent la réalisation des processus de la fonte, agissent comme émulsifiant permettant, en définitive, de donner au produit fini une texture homogène, et par aptitude à rendre les protéine «soluble», donc capable d'émulsifier et de stabiliser une dispersion de matière grasse (**François et al., 1985 ; Goucheran, 2004**).

3.2.5. Autre ingrédients

D'autres ingrédients peuvent être utilisés lors de la fabrication des produits définis aux spécialités fromagères (**JORF, 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

4. Valeurs nutritionnelles

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 (Tableau02). 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.) (**Meyer, 1973**).

Tableau I.2 : les valeurs nutritionnelles comparatives d'une spécialité fromagère et le fromage frais d'après **Ciquel, (2017)**

les composants	Spécialité fromagère non affiné	Fromage non affiné (fromage frais)
Eau (g)	45,8	82,1
Protéine (g)	14,2	9,53
Glucide (g)	0,87	3
Lipide (g)	33,5	4,05
Sucre (g)	0,87	3
Fibre alimentaire (g)	0	0
Cendre (g)	4,12	1,5
Cholestérol (mg)	81	9,62
Calcium (mg)	557	107
Fer (mg)	0,42	0,14
Vitamine D (μ g)	0,23	0.64
Vitamine E (mg)	0,37	0.075
Vitamine C (mg)	0	0.11

(Ciquel , 2017)

5. Procès de fabrication de la spécialité fromagère

5.1. 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 (**Chambre et al., 1997**).

5.2. 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 I.1**).

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.

5.3. 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 (**McSweeney *et al.*, 2004**).

L'ordre d'addition des matières premières dépend du matériel à disposition, le type de cuiseur et la durée de cuisson. Selon **McSweeney *et al.*, (2004)**, 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

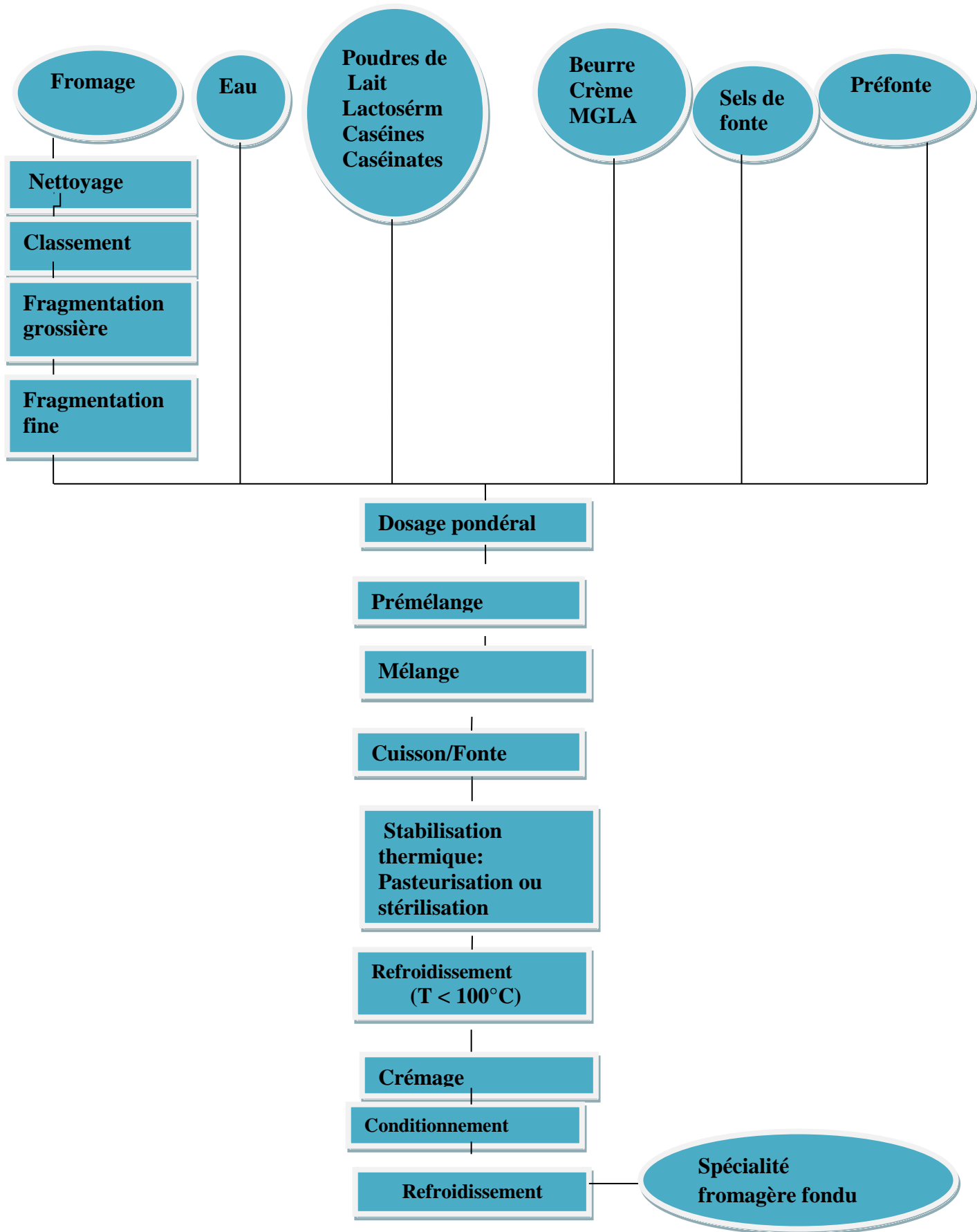


Figure I.1:Principale voie de fabrication de spécialité fromagère fondu(Boutonnier,2000).

5.3.1. 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.

Le fromage fondu chaud liquide est emballé dans les feuilles d'aluminium laqué ou des contenants en matériau plastique thermoscellable. Le fromage fondu peut être aussi emballé en tube, en boîte de conserve, ou dans des boyaux en plastique (Meyer, 1973 ; Zehren et Nusbaum, 1992 ; Noronha *et al.*, 2008b).

6. 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.

6.1. Le contrôle physico-chimiques

Il consiste à mesurer les différents paramètres tels que pH, Matière grasse, Extrait sec, des matières usagées y compris le produit fini, pour les comparer aux normes exigées et en cas d'anomalie faire une correction.

6.2. Le contrôle microbiologique

Ce type de contrôle vise :

- ✓ D'une part à vérifier l'absence des germes pathogènes et la présence en nombre limité de microorganismes indicateurs d'hygiène.
- ✓ D'autre part à contrôler l'absence de germes ayant des incidences technologiques défavorables.

Il s'agit des spores, des levures, ainsi des microorganismes tels que les coliformes, staphylocoques, salmonelles.

6.3. Le contrôle organoleptique

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.

7. Caractérisations rhéologiques des spécialités fromagères

7.1. Définition de la rhéologie :

La rhéologie est une discipline qui traite de l'écoulement, des déformations des matériaux sous l'action de contraintes exercées sur un échantillon et la déformation résultante sur une période de temps donnée (**Midoux, 1997**).

Quand le fromage ou la spécialité fromagère est soumis à une contrainte (pression, pénétration, cisaillement, etc.), il présente une combinaison de déformation élémentaire relevant de l'élasticité, de la viscosité et de la plasticité donc est un corps viscoplastoélastique(**Aissaoui Zitoun, 2014**).

7.2. Les paramètres rhéologiques

La viscosité est le principal comportement prélevé et rencontré dans ce type d'études qui est considérée comme étant un des paramètres clés de la rhéologie (**Ragouilliaux, 2007**).

7.2.1. Loi de la viscosité

Le cisaillement d'une substance est l'élément déterminant pour connaître son écoulement et sa structure. On obtient un flux cisailé par l'écoulement entre les plans parallèles, l'écoulement rotationnel entre cylindres coaxiaux, où l'un des cylindres est fixe et l'autre rotatif, l'écoulement télescopique par tubes capillaires et tuyaux, l'écoulement de torsion entre plaques parallèles.

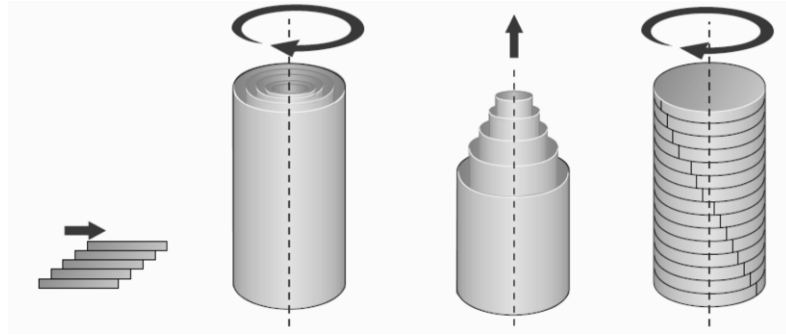


Figure I.2.: Différents types de cisaillement

On considère idéalement un liquide au repos comme un ensemble de couches moléculaires parallèles. Soumise à une contrainte tangentielle, une des couches du liquide se déplace par rapport à celle qui lui est sous-jacente en raison du frottement permanent sur les molécules de la seconde couche. Le mouvement est transmis partiellement à cette dernière, en même temps que la vitesse de déplacement de la première couche diminue (**figure I.3**).

Cet effet de retard, provoqué par la friction interne des molécules de la couche sous-jacente sur celle de la couche supérieure, est appelé viscosité (**Steffe, 1996 ; wolff et al., 1994**).

La viscosité est donc la résistance à l'écoulement d'un système soumis à une contrainte tangentielle. La viscosité dépend de cinq paramètres indépendants :

- la nature physico-chimique du produit ;
- la température du produit ;
- la pression ;
- le gradient de vitesse ;
- le temps.

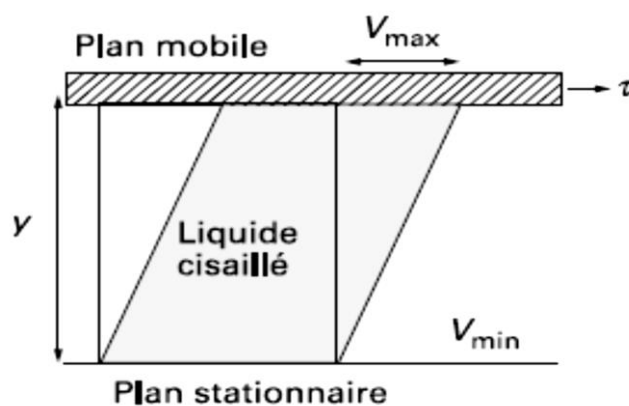


Figure I.3 : Écoulement entre deux plans parallèles

7.2.2. Contrainte tangentielle

La contrainte (τ) est définie comme la force appliquée par unité de surface. Si la force est perpendiculaire à la surface, la contrainte est normale, alors que si la force est parallèle à la surface, la contrainte est appelée cisaillement.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad [\text{Pa}]$$

7.2.3. Courbes d'écoulement et de viscosité

La corrélation entre le gradient de vitesse et la contrainte tangentielle définit la capacité d'écoulement d'un fluide. Celle-ci est exprimée selon un diagramme dans lequel τ (contrainte tangentielle) est portée en ordonnée et γ (gradient de vitesse) en abscisse. Ce diagramme s'appelle courbe d'écoulement. Un autre diagramme est également très courant ; il s'agit du diagramme appelé courbe de viscosité où la viscosité dynamique η est portée en fonction du gradient de vitesse.

7.2.4. Comportement rhéologique des fluides alimentaires

Un fluide alimentaire est un matériau qui s'écoule de lui-même, sous l'effet de son propre poids et qui est incapable de récupérer seul sa forme initiale.



L'état fluide est caractérisé par trois principaux types de comportement suivant la nature des paramètres qui influent sur l'aspect de la courbe d'écoulement (**Scher,2006**):

- Les fluides indépendants du temps pour lesquels il existe une relation biunivoque entre τ et γ
- Les fluides dépendants du temps pour lesquels la relation entre τ et γ dépend du temps et du passémécanique du fluide
- Les fluides viscoélastiques qui présentent à la fois les caractéristiques des fluides précédents et des solides, et qui retrouvent partiellement leur forme primitive après déformation.

7.2.5. Fluides viscoélastiques


Un fluide viscoélastique est un fluide qui possède à la fois des propriétés de viscosité et d'élasticité. Ainsi, contrairement à un fluide purement visqueux où l'écoulement est irréversible, un fluide viscoélastique récupère une partie de sa déformation après suppression des contraintes (**LeNeindre ,2004**)

Les paramètres rhéologiques (G' , G'' et $\tan \delta$) sont calculés. G' est le module élastique : il est important pour un échantillon de prédominance élastique. G'' est le module visqueux, il est important pour un échantillon de prédominance visqueuse. Le rapport G''/G' correspond à $\tan \delta$, celui-ci représente l'angle de déphasage de perte. Ce rapport est un indice du caractère viscoélastique de l'échantillon à une température T et une fréquence ω données : $\tan \delta$ augmentera avec la viscosité et diminuera lorsque l'élasticité augmentera (**Abbas, 2012**).



Chapitre II

Lupin blanc



Chapitre II:**Le lupin blanc**

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 Sanchez et al., 2005).

1. Historique :

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, et la plante est nommée « Termiye » ou « Acibakla » en Turquie (Yorgancilar et al., 2009).

Le lupin est connu sous différents noms vernaculaires tels que « Gibto » en Ethiopie (Habtie et al., 2009; Tizazu et Emire, 2010 ;), parce qu'ils pensaient que la graine est originaire et introduit à partir de l' Egypte.

Les Romains croyaient que lupin volé le sol des éléments nutritifs de la même manière qu'un loup animaux domestiques « voler », mais le contraire est vrai qu'ils sont parmi les légumineuses (Yorgancilar et al., 2009; Petit, 2012 ; Engedaw, 2012). Le qualificatif « blanc » fait référence à la couleur des fleurs. Le terme « tramousse » est un substantif féminin qui provient du français parlé en Algérie à l'époque de la colonisation. Il dérive du vocable espagnol *altramuz* qui désigne le lupin, issu lui-même de l'arabe الترمس (Besbes, 2015).

2. La production du lupin :

La production mondiale du lupin augmente chaque année malgré le fait que les grandes productions restent restreintes à dix pays (Figure II.1).

L'Australie couvre la majorité des productions mondiale à savoir 82 %, correspondant à 1210000 tonnes par an. Par ailleurs, les productions africaines se limitent à 2,41%, correspondant à 35400 tonnes par an (Sbabou, 2009).

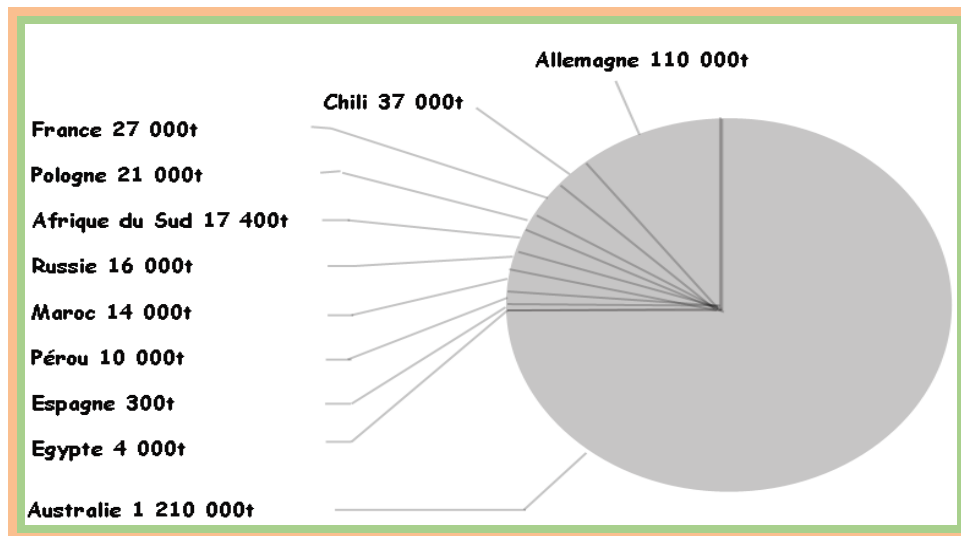


Figure II.1: Les Productions mondiales du Lupin en tonnes (Source UNIP 2001).

3. 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.

Inflorescence : Fausse grappe terminale de trois –trente cm de long, à nombreuses fleurs. Les fleurs pouvant être de couleur blanche (**Figure II.2. b**).

Fruit: Le Fruit est une gousse étroitement oblongue, comprimée latéralement, de (6 –15 cm ×1–2 cm), bombée au niveau des graines, brièvement poilue mais glabrescente, jaune, contenant (3 – 6) graines. (**Figure II.2.a**) (**Mohamed.AA , 1995**)



a - Photographie d'une gousse

b- Inflorescence et feuillage de lupin blanc

(www.flowerpictures.org)

Figure II.2 : La description botanique du Lupin blanc.

4. Origine et répartition géographique :

Les lupins se trouvent dans les deux mondes anciens et nouveaux (**Phan et al, 2007**). Le lupin Blanc est originaire de l'Europe du Sud-Est et en Asie occidentale, où les types sauvages se produisent encore. *Albus* au nom scientifique *Lupinus albus* est latine pour le blanc (**Petit, 2012**). Il est connu pour avoir été cultivé depuis l'antiquité en Grèce, en Italie, en Egypte et à Chypre. A l'heure actuelle, il a presque disparu en Europe centrale alors qu'il est de plus en plus largement cultivé dans les Amériques. Aujourd'hui, il est une légumineuse traditionnelle mineure, développée autour de la Méditerranée et la mer Noire et dans la vallée du Nil, étendant au Soudan et en Ethiopie.

Il est aussi 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 (**Jansen, 2006**).

5. Ecologie :

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. 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. 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.

6. Graine de lupin blanc :

La graine de lupin est produite dans les gousses qui se développent sur la tige principale de la plante. Pods contiennent entre trois et sept graines et ces graines varient en taille, la couleur, l'aspect et la composition en fonction de l'espèce de lupin. Parmi eux les graines de *Lupinus albus* sont les plus grandes. Ils ont une forme aplatie circulaire avec 8 à 12 mm de diamètre, 10 à 14 mm de long et 3 à 5 mm d'épaisseur ; et sont de couleur crème ; selon la concentration en alcaloïdes (Getachew, 2009).

6.1. Classification :

Les lupins appartiennent à l'embranchement des spermaphytes, le sous-embranchement des Angiospermes, la classe des *Magnoliopsidae* (Dicotylédones), la sous-classe des *Rosidae*, l'ordre des fabales, la famille des *Fabaceae* (Légumineuses), tribu des genistées et le genre *Lupinus*. Ce genre comporte 200 à 500 espèces (Sbabou, 2009) adaptées à différentes conditions écologiques et présentes sur des sols neutres à acides.

Tableau II.1 : Classification de *Lupinus albus* (Sbabou, 2009)

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

6.2. Valeur nutritionnelle de la graine de *Lupinus albus*

Le lupin est une bonne source de nutriments, non seulement en protéines mais aussi en lipides, fibres alimentaires, minéraux, et vitamines (**Martínez-Villaluenga et al., 2006a, 2009; Zielinska et al., 2008**).

6.2.1. 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.

6.2.2. 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 (**Arnoldi et al, 2005**).

Nutritionnellement, les glucides de la graine de lupin sont assez intéressants. La teneur en glucides est plus faible que dans la plupart des légumineuses et comprend principalement des oligosaccharides, alors que l'amidon est faible peut être classé dans la catégorie des amidons résistants qui se comportent comme des fibres. Ils sont digérés lentement et donc libéré dans le sang graduellement (**Arnoldi et Greco, 2005**).

6.2.3. Les lipides

La teneur en matières grasses est variable, se situant dans l'intervalle 8-12% selon les espèces, avec une bonne présence d'acide α -linoléique (Environ 8 à 10% de l'huile). La fraction insaponifiable de l'huile de lupin est composée de stérols (Principalement du β -sitostérol) et des alcools triterpéniques .

6.2.4. Composés mineurs

Entre autres les facteurs antinutritionnels, leur teneur est plus faible comparée à d'autres légumes. Par exemple, les inhibiteurs de protéase se lient fortement aux enzymes digestives nuisant à leur activité (cas des inhibiteurs de la trypsine pour le lupin). Cependant, un traitement à la chaleur permet de les détruire, améliorant largement le PER (ratio d'efficacité des protéines) (**Arnoldi , 2005**)

6.2.5. Les alcaloïdes quinozilidiniques

Sont des isoflavones représentées par la génistéine et l'-hydroxygénistéine, au Concentration de 3-5 mg / kg et 1-5 mg / kg, respectivement. Sont des composés donnant de l'amertume (Arnoldi ,2005).

6.2.6. Facteur anti- nutritionnels des constituants mineurs

Contrairement aux protéines animales, dont la valeur nutritive est largement déterminée par la composition en acides aminés, le réel potentiel nutritionnel des protéines des légumineuses est obtenu après haute température puisqu'ils contiennent plusieurs éléments qui peuvent avoir un impact négatif sur la qualité nutritionnelle des protéines qui doivent être inactivés, au moins en partie, par chauffage.

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 (Arnoldi ,2005).

Tableau II.2: Composition de la graine de *Lupinus albus* (dans 100 g)Source (Brink et Belay, 2006 ; Martinez-Villaluenga *et al.* 2006a)

Constituant		Composition (pour 100 g)
Energie		1552 KJ (371Kcal)
Eau		10,4 g
Glucides		40,4 g
Lipides 9,7 g	Acide oléique	3558 mg
	Acide linoléique	1995 mg
	Acide palmitique	742 mg
	Acide linoléique	446 mg
	Acide stéarique	316 mg
Protéine (30,6 à 37,4g)	Tryptophane	289mg
	Lysine	1933 mg
	Méthionine	255 mg
	Phényl alanine	1435 mg
	Thréonine	1331 mg
	Valine	1510 mg
	Leucine	2734 mg
	Isoleucine	1615 mg
Les minéraux	Ca	176 mg
	Mg	198 mg
	P	440 mg
	Fe	404 mg
	Zinc	4,8
Les vitamines	Vitamine A	23 mg
	Théamine	0,64 mg
	Riboflavine	0,22 mg
	Néacine	2,2 mg
	Vitamine B6	0,36 mg
	Folates	355 mg

6.3. Effet thérapeutique de la graine de *Lupinus albus*

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 (Elasmani et al. 2014).

6.3.1. 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.

La teneur propre de fibres elle permet de réduire le cholestérol dans le sang dû à l'absorption réduite des graisses (Arnoldi, 2005).

6.3.2. Effet sur l'hypertension

Grâce aux propriétés d'une substance appelée tocophérol, la consommation de lupin peut même prévenir l'hypertension et permet des améliorations dans la prévention du diabète de type 2 et le cancer du côlon, 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. Le lupin présente également un rôle intéressant pour les personnes qui souffrent de l'intolérance au gluten, cette légumineuse n'en contient pas (Brink et Belay, 2006)

6.3.3. 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)

6.3.4. 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 ; 2009)

6.3.5. 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», était montré que la protéine contenue dans la semence 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.

6.4. Utilisations du *Lupinus albus*

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, pour leur valeur nutritive.

6.4.1 Engrais verts et culture de couverture

Le Lupin blanc développe une stratégie complexe pour protéger les acides organiques sécrétés contre la dégradation microbienne. On remarque une augmentation de l'excrétion des iso flavonoïdes au niveau des racines protéïdes juvénile et immatures. Ceci entraîne une diminution de l'abondance des bactéries totales dans la zone entourant les racines protéïdes matures. On relève aussi, une lutte contre les champignons avec l'augmentation de l'activité glucanase et chitase à un stade précédant l'excrétion des citrates (Janson, 2006)

6.4.2. Alimentation animale

Cultivars doux de lupin sont utilisés pour le bétail. La composition des graines et la haute teneur en protéine font les cultivars doux très approprié pour l'alimentation de bétail, dans les systèmes d'élevage intensif. Lupin blanc peut être utilisé 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.

6.4.3. 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. Le « Lupin doux » est défini comme ayant moins de 0.02% d'alcaloïdes (**Jansen, 2006**). La farine riche en fibre à base de graines de lupin blanc 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.





Chapitre I

Matériels

et

méthodes



Notre travail a été effectué au niveau du laboratoire physico-chimique et microbiologique au sein de la laiterie ARIB, durant la période s'étalant du 18 FEVRIER 2018 au 18 AVRIL 2018.

Nous avons effectué quelques analyses physicochimiques au niveau du laboratoire de zootechnie du département d'agronomie à l'université de Blida, et aussi au laboratoire de contrôle de qualité « SACQEM » à Oran.

1. Présentation du Lieux de stage

La laiterie ARIB « ORLAC » l'une des institutions qui ont contribué à la production des produits laitiers, même dans une faible mesure à la reprise de l'économie Algérienne, elle est située dans la commune d'ARIB wilaya d'Ain defla à environ 140 km à l'Est d'Alger.

Le complexe laitier d'ARIB a été réalisé en 1989 par une entreprise Italienne « HINTERCOOP » accompagné par l'entreprise national « BATIMETAL » pour les travaux de génie civil et charpente métallique (le démarrage des travaux en Octobre 1986).

La mise en production des ateliers s'est effectuée comme suit :

- Essais techniques : 1988.
- Mise en exploitation : avril 1989

La capacité de traitement et de transformation de l'unité est d'environ 400000 litres par jour.

2. MATERIEL :

a- Matières premières utilisées :

Les matières premières utilisées sont les suivantes :

a-1 Les graines de *Lupinus albus*:

Les graines de lupin ont été achetées sur un marché public à Oran, elles sont d'origine égyptienne.



Figure III.1 : Photographie des graines de lupin-blanc (*Lupinus albus*).

Prise le 10 mars 2018.

a-1-1 Identification de la plante :

Nous avons planté quelques graines afin d'identifier la plante. Trois mois après, nous avons obtenu une plante (**figure III.2.a**), de 30 cm, couverte de poils dont les feuilles sont alternes, composées de 5 à 7 folioles. Ses inflorescences sont en épis composés de fleurs papilionacées blanches. Les gousses sont velues, aplaties renfermant 3 à 6 grosses graines, lisses en forme de pavé au contour arrondi, blanc jaune, non marbrées.

Pour identifier la plante nous avons utilisé l'Herbarium Botanic Garden and Botanical Museum B -W 13342 -01 0, Freie Universität Berlin retrouvé dans **JSTOR global plant** (**figure III.2.b**) donnant la description suivante :

- Plante herbacée, ramifiée, à poils courts, atteignant jusqu'à 120 cm de haut
- Feuilles alternes, composées à 5-9 folioles, obovales, de 2-6 cm.0.5-2 cm poilues dessous.
- Inflorescence en grappe terminale de 3-30 cm de long, nombreuse fleurs.
- Les gousses sont étroitement oblongue, de 6-15 cm .1-2cm, bombées au niveau des graines, brièvement poilues contenant 3-6 graines.
- Graines rectangulaires ou carrées à coins arrondis, lisses, et blanches.

Cette description confirme l'espèce *Lupinus albus.L*



a) Photographie de la plante de *L. albus* prise le 15 juin 2018

b) *L.albus* de l'Herbarium Botanic Garden and Botanical Museum B -W 13342 -01 0, Freie Universität Berlin

Figure III.2: Photographies de *Lupinus albus*

a-2 Lait cru maigre :

Le lait de vache, est apporté par les collecteurs à la laiterie, où il est d'abord analysé au laboratoire d'analyse physicochimique puis soumis au processus d'élimination de la matière grasse (écrémage), puis la pasteurisation à 90 ° C / 15 sec, nous obtenons donc du lait maigre pasteurisé.

a-3 Poudre de lait :

Elle se trouve conditionnée dans des sacs de 25 kg en polyéthylène recouverts par des sacs en papier. Pays d'origine la Belgique.

a-4 La crème fraîche :

La crème fraîche est obtenue après la séparation de la matière grasse du lait par le procédé d'écémage dans la laiterie, puis subit un processus de pasteurisation et stocké à basse température.

a-5 Ferments :

Ils sont constitués essentiellement des espèces acidifiantes (*Lactococcus lactis*ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *Cremoris*) et des espèces aromatisants (*Lc.lactis* ssp.*lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp.*cremoris*) sont des souches industrielles (référence : CHR –AMD –France) fournies par la laiterie des ARIBS.

a-6 Présure :

Elle est fournie par laiterie ARIBS (**CHY-MAX® Powder Plus NB**, force : 1400IMCU (International milkclotting units)/g, Danemark).La présure contient deux enzymes : la chymosine et la pepsine, mais la chymosine est la principale protéinase présent dans la présure traditionnelle utilisée pour la fabrication du fromage frais.

3. METHODES :**3.1. Caractérisations physicochimiques des matières premières :**

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

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

C'est une dessiccation jusqu'au poids constant de l'échantillon. La détermination de l'extrait sec est réalisée par un dessiccateur **PRECISA M 60**. Son principe repose sur l'élimination de toute l'eau à une température de $103 \pm 2^\circ$ jusqu'à obtention d'un poids constant de la prise d'essai analysée.

Une prise d'essai de 1 g est étalée sur toute la surface d'une capsule en aluminium préalablement tarée, 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.

Expression des résultats

$$EST = V' \times 10 \text{ (g/l)}$$

Où :

V' : valeur donné par le dessiccateur.

3.1.2. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH) : (NF V 04-316)

Le principe de la mesure du pH est le même pour toutes les analyses. La mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre à une température avoisinant les 20°C. Elle est basée sur une réaction mettant en jeu les ions H_3O^+ libres d'une solution (**Amiot et Britten, 2002**).

Nos mesures du pH sont réalisées avec un pH-mètre (Model 3305 JENWAY).

Mode opératoire :

- ✓ Etalonner le pH-mètre à l'aide de deux solutions tampons (pH 04 et pH 07).
- ✓ Plonger l'électrode dans le produit à analyser et lire la valeur de pH stabilisée.
- ✓ Retirer l'électrode et le rincer avec de l'eau distillée

Lecture :

La valeur du pH est lue directement sur le pH- mètre.

3.1.3. Détermination de l'acidité : (NF V04-206 (01/1969))

La méthode de dosage de l'acidité titrable permet de quantifier la teneur totale d'acide lactique présent dans le lait. Le titrage est réalisé par une solution de NaOH N/9 (soude Doronic) en présence d'un indicateur coloré (phénol-phtaléine) ;

- Remplir la burette de la solution de NaOH (N/9), régler le niveau du liquide à Zéro
- A l'aide de la pipette de 10ml, prélever 10ml de lait et transférer dans un bécher de 100ml
- Ajouter 3 à 4 gouttes de solution de phénolphtaléine et titrer jusqu'à l'apparition d'unecouleur rose persiste 30 Seconde ;
- Noter le volume de solution titrant utilisé en dixièmes de millilitres.

3.1.4. Détermination de la matière grasse (MG) :

La matière grasse est déterminée par la méthode de Gerber ou méthode acido-butyrométrique de **VAN GULIK (ISO : 3433-2002)** pour le lait, la poudre de lait et la crème fraîche.

Le principe :

La matière grasse de l'échantillon est séparée par centrifugation au butyromètre, après avoir dissous les protéines par l'acide sulfurique. La séparation de la matière grasse est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso amylique. La teneur en matière grasse est obtenue par lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

a- Lait cru :

Ceci est effectué par un traitement acide approprié (10 ml d'acide sulfurique concentré à 91-92% pour 11 ml d'échantillon de lait). Les lipides libérés sont ensuite séparés en centrifugation (1200 tr/min pendant 4 minutes). L'addition de l'alcool iso amylique (1 ml) favorise une séparation très nette entre les lipides et la solution acide. Ensuite on note sur l'échelle du butyromètre le pourcentage du taux de lipides contenus dans le lait (**Boussouar, 2016**).

b- La poudre de lait

Introduire dans un butyromètre 10ml d'acide sulfurique, 2,5g de poudre du lait dissout dans 8ml d'eau distillée et 1ml d'alcool iso-amylique. Placer le butyromètre dans la centrifugeuse pendant 5 à 10min.

c- La crème fraîche (NF V 03 – 030) :

Peser dans le godet préalablement taré 5g de l'échantillon, l'introduire dans la panse du butyromètre. Ajouter 10ml d'acide sulfurique + 1ml d'alcool iso amylique, agiter et retourner le butyromètre pour que les protéines soient dissoutes, procéder à 4 ou 5 retournements successifs, placer ensuite dans le bain d'eau à 65°C/5 mn, centrifuger pendant 5 à 6mn et faire la lecture après avoir placé le butyromètre dans le bain d'eau pendant 5mn .

Calcule et expression des résultats

On maintient le butyromètre verticalement et on fait la lecture rapidement.

$$\text{MG (\%)} = \text{B} - \text{A}$$

A : niveau inférieur.

B : niveau supérieur

d- La graine de *Lupinus albus*:**Méthode de Soxhlet :**

L'extraction par soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première. (Penchev, 2010).

Principe :

L'aliment solide est pesé (5g) et placé dans une cartouche de cellulose. L'échantillon est extrait en continu par (175 ml) d'éther diéthylique à ébullition (P.E. 35C°) qui dissout graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète (4 à 5 heures). Une fois l'extraction terminée, l'éther est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée (AOAC, 1984).

$$\text{MG\%} = \frac{M2 - M1}{M0} \times 100$$

Avec : **M0** = masse de l'échantillon (g).

M1 = masse du ballon vide (g) ; **M2** = masse du ballon contenant les lipides extraits (g).

3.1.5. 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_2SO_4), en utilisant comme catalyseur le sulfate de cuivre ($CuSO_4.H_2O$) avec le sulfate de potassium K_2SO_4 (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_3), qui est ensuite distillé, et recueilli dans un excédent de solution d'acide borique H_3BO_3 , et titré par une solution d'acide chlorhydrique. L'azote total est déterminé en pourcentage par unité de masse selon la formule suivante :

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

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.

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

K = facteur de conversion de l'azote en protéine, **K= 6,38** pour les produits laitiers (Boussouar ; 2016)

3.1.6. Détermination du taux de cendres :

Le taux de cendres est déterminé selon la méthode décrite par AOAC (2002) par calcination d'une prise d'essai de 5 g de l'échantillon dans un creuset à une température de $550^\circ C$ 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 :

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

Où : **MF** : masse à vide du creuset plus celle de l'échantillon,

M0 : masse à vide du creuset.

PE : prise d'essai.

3.2. Caractérisation microbiologique de la matière première :

Dans cette partie on s'intéresse à la recherche et au dénombrement des espèces bactériennes appartenant à 4 groupes microbiens en général :

- La microflore aérobie mésophile totale à 30 °C.
- Les bactéries témoins de contamination fécale : coliformes fécaux et totaux, E Coli.
- Les bactéries responsables des intoxications alimentaires *Staphylocoques aureus* et Salmonelles.

3.2.1. Prélèvement :

a- Le lait maigre :

Le prélèvement s'effectue à partir du robinet disposé à la partie inférieure de la citerne, dans un flacon stérile bouché avec un bouchon à vis. Le robinet est flambé au préalable, nous éliminons les premiers jets et nous remplissons le flacon. Les prélèvements sont aussitôt refroidis dans un réfrigérateur, jusqu'au moment de l'analyse (**Guiraud, 2003**).



Figure III.3: Prélèvement du lait maigre.

b- La poudre de lait :

Le prélèvement s'effectue par un choix au hasard sur des sacs qui seront nettoyés avec de l'eau de javel. A l'aide d'une sonde de prélèvement stérile, on prélève environ 100 g de poudre à partir de trois niveaux (la surface, le milieu et le fond du sac).

3.2.2. Préparation des dilutions décimales :

La réalisation des analyses microbiologiques nécessite d'effectuer une série de dilutions décimales, en vue d'obtenir une répartition aussi uniforme que possible des microorganismes contenus dans la prise d'essai, et de réduire le nombre de microorganismes par unité de volume, afin de faciliter l'examen microbiologique. La préparation est réalisée selon la norme. (NF V 08-010, 1996)

3.2.3. Recherche et dénombrement des germes :

3.2.3.1. La flore aérobique mésophile totale à 30 °C (FAMT) :(NF V 08-011N et NF V 08-51) :

Cette flore est un bon indicateur de la qualité générale et de la stabilité des produits. Le dénombrement a été réalisé sur gélose PCA, par un ensemencement en profondeur ou en masse. Colonies lenticulaires ayant poussé en masse.

Mode opératoire :

- ✓ porter aseptiquement 1 ml à partir des dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-3} dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.
- ✓ compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA fondue puis refroidie.

- ✓ Faire des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée.
- ✓ laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures.

3.2.3. 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 (CO₂ et H₂). 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 :

Consiste à ensemer en profondeur, dans les mêmes conditions, une quantité déterminée (1ml) de dilutions décimales 10⁻¹ et 10⁻² dans un milieu gélosé à la bile, au cristal violet et au lactose (VRBL), coulé dans une boîte de Pétri.

- ✓ Recouvrir les boîtes avec une couche 5 ml du même milieu.
- ✓ Faire ensuite des mouvements circulaires et de va- et- vient en forme de « 8 » pour bien mélanger la gélose à l'inoculum.
- ✓ Les incuber, couvercle en bas pendant 24 h à 48 h à 30 °C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes thermo tolérants.

Le dénombrement repose sur le comptage des colonies caractéristiques qui sont violacées, d'un diamètre de 0,5 mm ou plus, et parfois sont entourées d'une zone rougeâtre, due à la précipitation de la bile.

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

Les *Staphylococcus aureus* appartiennent à la famille des *Micrococcaceae*. Ce sont des Cocci à Gram positif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, immobiles, halophiles, se divisent en plusieurs plans en formant des amas irréguliers, coagulase, protéase et catalase positives. (**Bourgeois et al., 1996**).

C'est un germe pathogène capable de produire une entérotoxine pouvant causer une intoxication alimentaire. Sa recherche permet de savoir si le produit présente des risques d'atteinte à la santé du consommateur.

Principe :

Le dénombrement du staphylococcus aureus peut se faire de différente façon (sur une gélose Baird Parker classique, sur une gélose Chapman ou encore en milieu liquide dans le milieu de Giolitti cantonii (**Alian et al, 2007**).

Au niveau de la laiterie d'ARIB, le milieu utilisé est le milieu Giolitti cantonii :

- ✓ L'enrichissement sur le milieu Giolitti cantonii permet une meilleure revivification des souches stressées.
- ✓ L'isolement sur le milieu Chapman qui a un pouvoir inhibiteur, est obtenu par des fortes concentrations chlorures de sodium (7,5%). Il sélectionne les microorganismes halophiles parmi lesquels figurent les staphylocoques entourés d'un halo jaune qui est dû à l'utilisation du mannitol avec acidification du milieu et virage de l'indicateur «le rouge de phénol» du rouge au jaune.

Mode opératoire :

Méthode d'enrichissement au milieu de Giolitti cantonii.

➤ Préparation du milieu d'enrichissement :

- Au moment de l'emploi, ouvrir aseptiquement le flacon 225ml contenant le milieu Giolitti Cantinii pour y ajouter 15ml solution de Télurite de potassium.
- Mélanger soigneusement. Le milieu est prêt à l'emploi.

➤ Ensemencement :

- A partir de dilutions décimales retenues, porter aseptiquement 1ml par dilution dans tube à vis stérile.
- Ajouter par la suite environ 15ml du milieu d'enrichissement.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant à 24 à 48heures.

Lecture :

- Seront considérés comme positifs, les tubes virés au noir.
- Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boîte de Pétri et bien séchées.
- Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- Après ce délai, on va repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune et pourvues d'une coagulase et d'une catalase.

3.2.3. 4. Recherche des Salmonelles : (NF V 08-052)

Sont des entérobactéries bacilles à Gram négatif, mobiles, anaérobies facultatives à forte contagiosité et mobiles grâce à une ciliature péritriche

La recherche des salmonelles et leur identification permet de savoir si le produit dangereux à consommer ou non (**Leveau et bouix, 1993**), car les salmonelles sont responsables de gastro-entérites, de toxi-infection alimentaires, des fièvres typhoïdes et paratyphoïde.

Mode opératoire :

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

➤ Jour 1 : Pré-enrichissement :

- Prélever 25g de produit à analyser dans sachet stérile de type Stomacher contenant 225ml d'eau peptonnée tamponnée.
- Broyer cette suspension dans un broyeur de type Stomacher, la 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 100ml 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.
- Le deuxième tube de (SFB) sera incubé à 42°C, 24 h.

➤ Jour 3 : Isolement :

Chaque tube et chaque flacon fera l'objet d'un isolement sur deux milieux gélosés différents à savoir :

- Le milieu gélosé Hektoen.
- Le milieu gélosé Bilié lactosé au vert brillant et au rouge de phénol.

Toutes les boîtes ainsiensemencés seront incubée à 37°C pendant 24 h.

➤ Lecture des boîtes et identification

La salmonellese présentée la façon suivante :

- Colonies roses entourée d'une zone rouge sur gélose BLVBRP.
- Colonies le plus souvent gris bleu à centre noir sur gélose Hektoen.

3.3. Etude de préformulation :

L'étape de préformulation est plus que nécessaire, puisqu'elle permet de définir les paramètres les plus importantes, à savoir la qualité nutritionnelle, rhéologique, physico-chimique et organoleptique. Ces paramètres sont liés aux variables de la formulation, à savoir, les éléments constituant la spécialité fromagère et aux variables du procédé.

Le but de cette phase de travail, est de faire ressortir les principaux ingrédients, susceptibles d'avoir un effet significatif sur les réponses choisies.

Étant donné que le nombre de facteurs est faible et que ces facteurs sont quantitatif, on recherche à ce stade de travail à optimiser la formule. La stratégie adoptée sera donc celle de l'optimisation des réponses engendrant ainsi l'utilisation de la méthodologie des plans de mélange.

Les facteurs retenus sont ceux qui sont considérés comme étant des facteurs clés de formulation : la poudre de lait, lait cru, et extrait aqueux de *Lupinus albus*. Les autres facteurs qui sont liés au procédé de fabrication sont à éliminer de notre étude car c'est des facteurs maîtrisables (ils n'ont pas d'influence directe sur l'objectif recherché).

3.3.1. Utilisation du plan adapté pour la formule optimal

L'objectif renvoi à l'utilisation d'un modèle mathématique de second degré. Il s'agit d'un modèle à trois facteur qui sont : lait cru, poudre de lait et extrais aqueux de *Lupinus albus*.

Ce modèle est représenté par la formule suivante :

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_1^2 + \alpha_5 X_2^2 + \alpha_6 X_3^2 + \alpha_7 X_1 X_2 + \alpha_8 X_1 X_3 + \alpha_9 X_2 X_3$$

Où : **Y** : désigné comme étant de la réponse

X₁, X₂, X₃ : sont les teneurs respectives les trois facteurs : lait cru, poudre de lait et l'extrait aqueux de *Lupinus albus*.

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7, \alpha_8, \alpha_9$: Représentent des coefficients constants et inconnus.

En ce qui concerne le plan adopté, le choix s'est porté sur le plan d'optimal qui a permis de réduire le nombre d'essais à 14 formules réalisées selon le diagramme de fabrication.

3.4. Formulation de la spécialité fromagère :

Pour préparer notre spécialité fromagère, nous avons utilisé la formule du fromage frais, fabriquée à la laiterie d'ARIB qui est considéré comme produit de référence (PR). Ce produit a été choisi parce qu'il est largement consommé par les gens, en particulier les enfants, les jeunes et les vieux. En outre, ce fromage ne nécessite pas de grands composants, se compose d'ingrédients naturels, et ne contient aucun additif pouvant nuire à la santé humaine.

Pour atteindre l'objectif de l'étude, nous ajoutons l'extrait de lupin pour remplacer une partie de lait cru dans la formule.

3.4.1. Présentation de fromage frais (PR) :

C'est un fromage à pâte fraîche fabriqué à partir de lait de vache écrémé pasteurisé, ferment lactique, présure et crème. Il est emballé dans des barquettes de 90 g ou dans des alvéoles de 30 g en polystyrène recouvertes du mixpap. À conserver au frais de 4 à 6 °C, avec une date limite de consommation (DLC) de 21 jours. Le diagramme de fabrication est donné sur la figure (III.4).

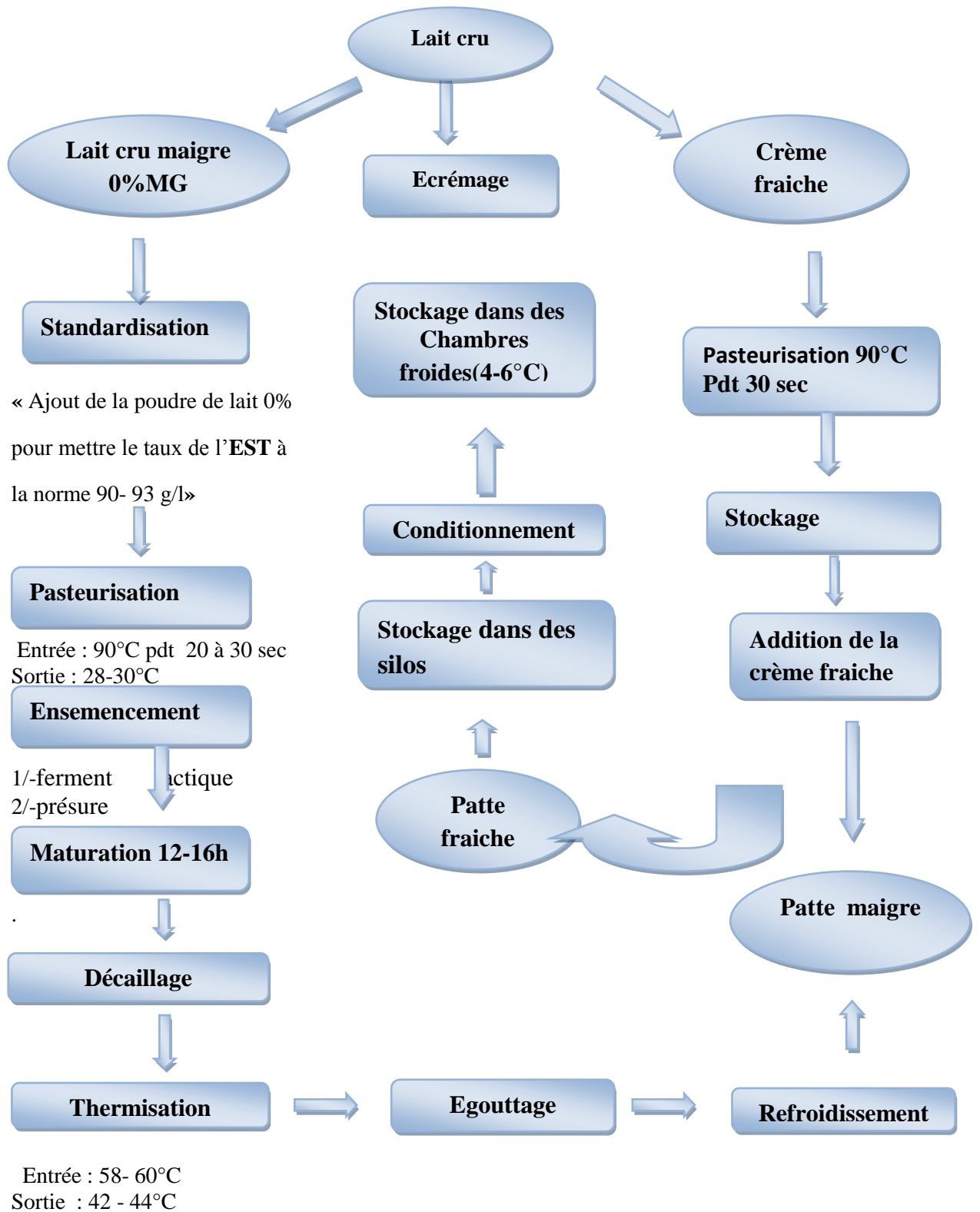


Figure III.4 : Diagramme de la fabrication du « fromage frais » dans la laiterie d'ARIB.

3.4.2. Réalisation des formules

On a réalisé 14 formules, chaque formules est différent de l'autre par la variation de la teneur de lait cru, poudre de lait, et extrait aqueux de lupin blanc tableau (III.1). Il est à noter que certains facteurs sont figés. Le tableau suivant résume l'intervalle des valeurs de chaque ingrédient.

Tableau III.1 : Ingrédients de formulation de la spécialité fromagère pour 100g.

Les ingrédients	Quantités
Lait cru maigre (ml)	(33- 80)
L'extrait de lupin (ml)	(10- 55)
Poudre de lait écrémé (ml)	(6 – 10)
Crème fraîche (g)	4
Ferments (mg)	$3,94.10^{-3}$
Présures (mg)	6.10^{-5}

Établi par la laiterie ORLAC.

3.4.2.1. Préparation de l'extrait de *Lupinus albus*

L'extrait est fait à partir des graines de *Lupinus albus* selon la méthode d'Elsamani et al. ; (2014)

a- Nettoyage

Les graines de lupin ont été nettoyées manuellement pour enlever la poussière, les graines cassées et infectées, puis tremper dans l'eau distillée bouillie pendant 30 min pour éviter la germination des graines pendant le trempage.



Figure III.5: Nettoyage des graines de lupin

b- Trempage :

Le tégument a été retiré à la main puis les cotylédons trempés dans l'eau distillée à raison de 1: 8 (cotylédons: eau) pendant 3 jours à température ambiante (25°C) avec des changements fréquents de l'eau de trempage pour éliminer les alcaloïdes.



Figure III.6: Trempage des graines de lupin .

c- Broyage :

Les cotylédons sont ensuite broyés à l'aide d'un mélangeur pendant 5 min à haute vitesse ; eau chaude (40 – 50°C) a été ajoutée progressivement pendant le broyage.



Figure III.7 : Broyage des graines de lupin.

d- Homogénéisation : homogénéisation par ultrasons.

Figure III.8: Homogénéisation de la solution eau / lupin.

- e- Centrifugation et filtration (0,5 mm) (2600 g * 5 min).



Figure III.9 : Centrifugation et filtration de l'homogène eau / lupin.

- f- l'extrait de lupin a été traité thermiquement à 70 °C pendant 20 min pour inactiver la lipoxygénase, puis refroidi et stocké à 4 °C.



Figure III.10 : Traitement thermique de l'extrait de lupin.

3.4.2.2. Protocole de réalisation les formules :

La spécialité fromagère est préparée à partir de lait cru maigre pasteurisé, de la poudre de lait à 0% de MG, l'extrait de lupin, la crème fraîche, les ferments et la présure. La réalisation des formules se déroule comme suit :

L'addition de la poudre de lait 0% au lait cru maigre pasteurisé qui sont chauffés à 45°C pendant 10 minute, puis sont refroidis pour ajouter l'extrait de lupin. Le mélange subit les opérations suivantes :

- **L'ensemencement :** l'addition des ferments lactiques et des présures.
- **La maturation :** c'est la coagulation qui dure entre 12 et 16 h à 20 – 23°C.
- **Le décaillage :** c'est le découpage des caillés en grains de 8 mm

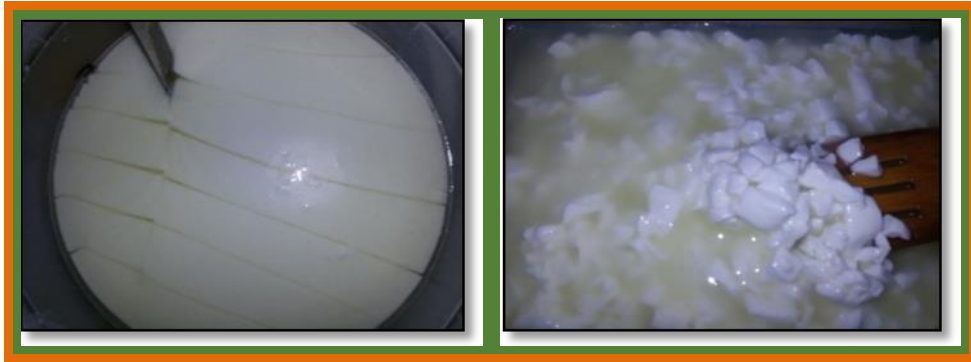


Figure III.11: Décailage des caillés.

- **L'égouttage :** on verse le mélange sur un tissu filtrant pour faciliter l'égouttage et pour séparer les deux phases du lait (lactosérum et caillée).



Figure III.12: L'égouttage du mélange.

- **Le crémage :** l'addition de la crème fraîche.



Figure III.13 : L'addition de la crème fraîche au mélange.

Le procédé de réalisation est illustré dans la figure ci-dessous :

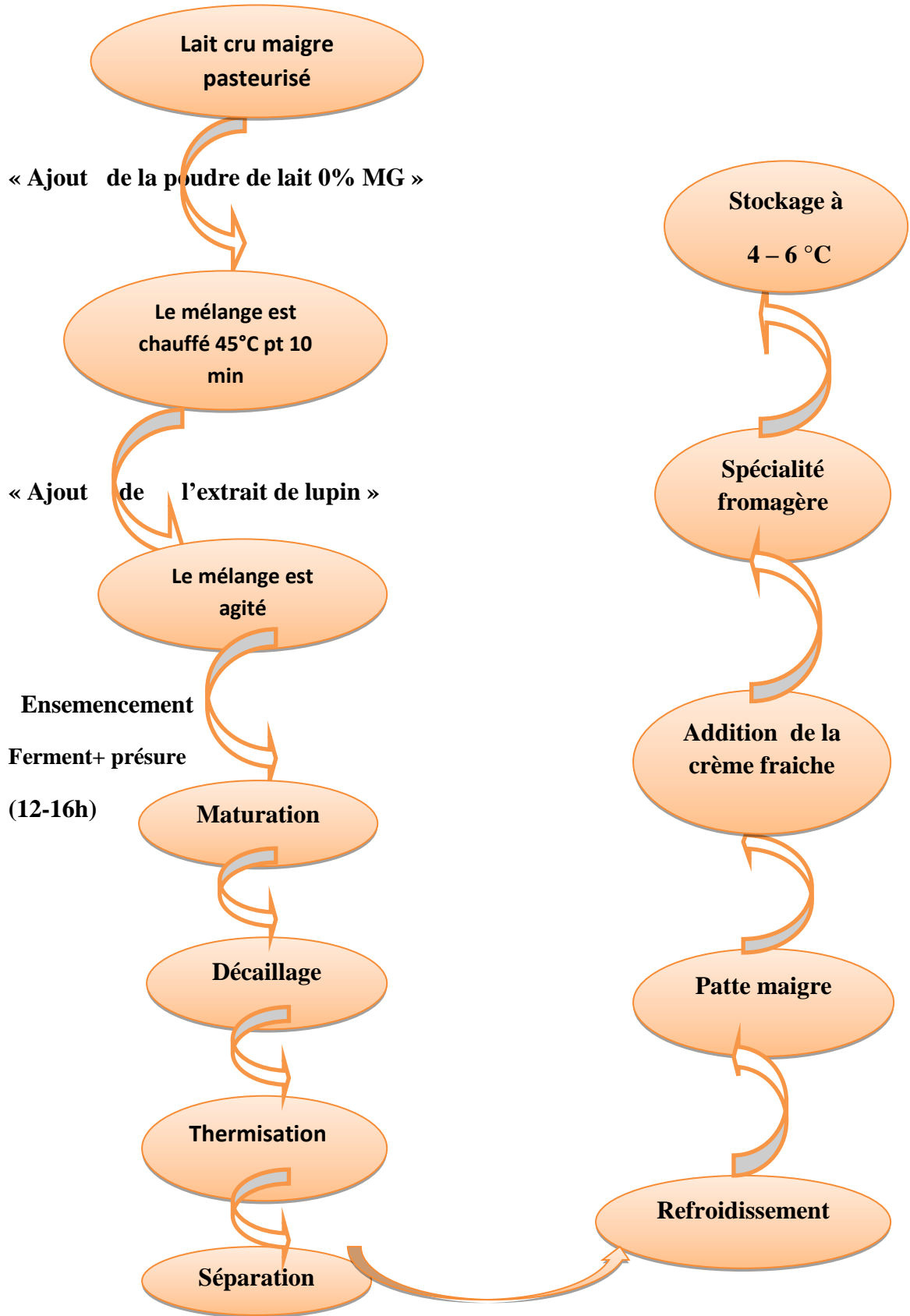


Figure III.14 : Diagramme de fabrication de la spécialité fromagère

3.5. Caractérisation des produits formulés et le produit de référence:

3.5.1. Caractérisations sensorielles :

Cette analyse décrit les caractéristiques sensorielles du produit soit l'aspect et la texture, l'odeur, l'arôme, le goût (**Berodier et al, 2003**).

Les propriétés organoleptiques d'un produit jouent un rôle primordial dans sa perception avant usage ou consommation et dans son appréciation lorsqu'il est consommé ou utilisé. Selon **Berodier et al, (2003)**, elle constitue un véritable outil de mesure fiable et indépendant qui permet d'évaluer, d'une part les préférences des consommateurs et prévoir ce qui motive leurs choix, d'autre part les caractéristiques organoleptiques des produits:

- L'apparence : aspect général, la couleur, la forme,
- La flaveur : odeur, saveur (sucrée, salée, amère, acide) l'arôme (piquant),
- La texture: tranchable, tartinable, liquide.

Le choix du jury de dégustation :

L'analyse est effectuée par vingt-neuf dégustateurs qui travaillent dans la laiterie d'ARIB, certains d'entre eux sont formés, leur âge varie de 21 à 55 ans, (quinze femmes et quatorze hommes), l'analyse sensorielle a été faite durant une journée.

L'évaluation des produits se fait sur une fiche de dégustation (**annexe 02**) basée sur toutes les caractéristiques sensorielles selon une échelle de notation structurée de 0 à 5.

3.5.2. Caractérisations physicochimiques :

Nous avons déterminé les paramètres physicochimiques par les mêmes méthodes appliquées sur la matière première. À l'exception de la méthode de détermination de la MG ; Ainsi le pH du produit est suivi pendant 18 jours.

3.5.2.1. Détermination de la matière grasse (MG) :

Le dosage de matière grasse de la spécialité fromagère est basé sur la **méthode de VanGulik (NFV04-287, AFNOR 1993)**.

Mode opératoire :

- ✓ Introduire dans un butyromètre 10 ml d'acide sulfurique de densité 1.522.
- ✓ Ajouter ainsi 3 g de produit formulé (spécialité fromagère) et agiter le butyromètre énergétiquement et rapidement mais avec précaution.

- ✓ Déposer le butyromètre dans un bain marie à une température de 65 °C pendant 20 min jusqu'à avoir un produit fondu.
- ✓ Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylque et de l'acide sulfurique jusqu'à atteindre la graduation 35 du butyromètre.
- ✓ Remettre le butyromètre dans le bain marie pendant 5 min après une bonne agitation.
- ✓ Centrifuger pendant 5 min à une vitesse de 1040 tours / min.
- ✓ Remettre le butyromètre dans le bain marie (65°) et laisser pendant 5 min.
- ✓ Faire la lecture avant 10 secondes.

3.5.3. Caractérisation microbiologique :

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 bactéries témoins de contamination fécale : coliformes totaux, fécaux.
- Les bactéries pathogènes : *Staphylococcus aureus* et Salmonelle.

3.5.3.1. Prélèvement :

Le prélèvement s'effectue directement en retirant aléatoirement, du côté, du milieu, du haut et du bas de la boîte. Ces échantillons ont été utilisés pour les différentes analyses.



Figure III.15 : Prélèvement de produit formulé (spécialité fromagère)

3.5.3.2. Préparation de la suspension mère et les dilutions décimales :(ISO 7218, 2001)

On introduit aseptiquement 25 g de produit à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de TSE (Tryptone, Sel, Eau). Ensuite, on homogénéise par des mouvements de va-et-vient pendant 3 à 5 minutes, pour obtenir une suspension homogène. Cette suspension correspond à la dilution 10^{-1} . A partir de la solution

mère 10^{-1} un volume de 1ml est prélevé aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée et introduit dans un tube stérile contenant 9 ml de TSE. Le mélange est bien homogénéisé pour obtenir la dilution 10^{-2} .

Ensuite 1ml de la dilution précédente 10^{-2} est prélevé aseptiquement et introduit dans un autre tube stérile contenant 9 ml de TSE. Le mélange est homogénéisé pour obtenir la dilution 10^{-3} décimales.

3.5.4. Les propriétés rhéologiques :

Les mesures rhéologiques ont été conduites sur un rhéomètre. Le rhéomètre d'Anton Paar de modèle MCR (Modular Compact Rhéomètre MCR 302) fonctionnant avec un système de mesure à cylindres coaxiaux (diamètres 25 et 27 mm). Les courbes d'écoulement ont été obtenues à une vitesse de cisaillement allant de 0.01 à 100 s^{-1}

Nous avons effectué l'étude rhéologique sur l'essai 6, l'essai 14, et le PR.

Un échantillon de 10 g, a subi un cisaillement, par un gradient de vitesse, il en résulte la mesure de la contrainte de cisaillement (τ) et de la viscosité (η) en fonction du temps.

En cisaillement oscillatoire, des amplitudes de contraintes décroissantes à une fréquence angulaire de $100-0.1 \text{ rad/s}$, nous avons alors déterminé la valeur du module de conservation G' ; et le module de perte G'' .

La température de l'échantillon est maintenue à 20°C ($\pm 0,3^\circ \text{C}$) pendant toute la durée de la mesure grâce à un bain thermostaté.



Figure III.16 : Photographie du rhéomètre .prise le 15/05.



Chapitre II

Résultats

et

discussion



CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSION**1. Résultats de la caractérisation physico-chimique de la matière première :**

Les résultats de caractérisation physico-chimique de la matière première sont illustrés dans le tableau ci-dessous:

Tableau IV.1: Résultat d'analyses physicochimiques de Graine de *Lupinus albus*, l'extrait aqueux de Lupin, lait maigre, poudre de lait et la crème fraîche.

Paramètres Matière première	pH	EST %	MG %	Protéine %	Cendre %	Acidité (D°)
Graine de <i>Lupinus albus</i>	-	9,55	11	40,5	3,75	-
Extrait de <i>Lupinus albus</i>	6,15	13	6,01	7,25	0.5	-
Lait maigre	-	8,46	Traces	3,5	0.5	14
Normes JORA ,1998	-	8,0-9,0	0	-	-	14-18
Poudre de lait (0%) MG	-	9,65	0	-	-	15
Normes JORA ,1998	-	9,6-9,7	0	-	-	14-15
Crème fraîche	-	40	35	-	-	09
Normes JORA ,1998	-	50-60	35 -40	-	-	09-10

A partir de ce tableau on constate que l'extrait aqueux de *Lupinus albus* a une teneur en protéines plus élevée 7,25g /100g, que celle du lait maigre de 3.5 g /100g, selon **Baldé et al., (2010)** la différence de teneur en protéines est probablement due à la richesse des graines de Lupin en protéines 30 à 50g/100g.

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

Le pH de l'extrait aqueux de *Lupinus albus* est de 6.15 qui est proche de la valeur (6,30) retrouvé chez (**Elsamani et al., 2014**). L'extrait sec total dans l'extrait de lupin est supérieur à celui du lait maigre à cause de sa teneur en protéines et en matière grasse.

La teneur en EST de la poudre de lait 9,65% se rapproche à celle de la teneur en EST des graines de *Lupinus albus* 9,5%.

Les graines de *Lupinus albus* contiennent une forte proportion de protéines, ce qui équivaut à 40,5 %. Selon **Alamanou et Doxastakis (1995)** cette valeur peut varier de (34 - 48 %), alors que (**Mikic et al., 2009**) ont signalé 38,8% .

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.

Et pour les cendres les graines contiennent 3,75 %, ce qui correspond aux valeurs données par **Feldheim (1999)** et **Salomon (2007)** qui varient entre 3-5%.

La crème fraîche a une valeur importante de matière grasse 35%, par rapport à l'extrait aqueux de *lupinus albus* 6,01%.

2. Résultats de la caractérisation microbiologique de la matière première :

2.1. Poudre de lait :

Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur la poudre de lait sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Résultat d'analyses microbiologiques de la poudre de lait

Germes recherchés	Résultat	Norme
Germes aérobies à 30°C	1600 UFC/ml	2.10 ⁵ UFC/ml
Coliforme totaux	Abs	1 UFC/ml

Norme établies par le J.O.R.A n°35 daté 27 Mai 1998

On note que les Coliforme totaux, sont complètement absents dans la poudre de lait, Par contre on note la présence de Germes aérobies mésophile totaux à 1600 UFC/ml qui est inférieur à la norme **JORA, 1998** utilisée dans la laiterie ARIB.

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

2.2. Lait maigre et la crème fraîche

Les résultats qui figurent dans le tableau montrent l'absence totale de tous les germes recherchés, au cours de la chaîne de fabrication à savoir : après la pasteurisation du lait maigre standardisé, et la crème fraîche, cette conformité est due aux :

- ✓ bon respect des traitements thermiques effectués après la standardisation du lait maigre, après la maturation et après l'écémage.
- ✓ L'ambiance bien stérile.
- ✓ Le bon nettoyage des équipements.

Tableau IV.3 : Résultat d'analyses microbiologiques de Lait maigre et la crème fraîche

Germe recherches	Résultats	Norme J.O.R.A 1998
Lait maigre		
Coliforme totaux	Abs	1 UFC/ml
Coliforme fécaux	Abs	Abs
Germe aérobic à 30c°	Abs	3.10 ⁴ UFC/ml
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	1 UFC/ml
Crème fraîche		
Coliforme totaux	Abs	10 UFC/ml
Coliforme fécaux	Abs	1 UFC/ml
Germe aérobic à 30c°	Abs	3.10 ⁴ UFC/ml
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	10 UFC/ml
Salmonelle	Abs	Abs

2.3. L'extrait de lupin :

L'absence des germes recherchés dans l'extrait de lupin est liée 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)**

Tableau IV.4 : Résultats des analyses microbiologiques de l'extrait de lupin.

Echantillon	L'extrait de lupin
Les germes	
Germes aérobies à 30°C	Abs
Coliformes totaux	Abs
Coliformes fécaux	Abs
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs

3. Caractérisations organoleptiques des produits formulés et produit de référence :

L'analyse sensorielle a été effectuée sur les produits formulés et le produit de référence **figure (IV.1)**. Après avoir sélectionné pour chaque produit les termes d'aspect, gout, couleur, odeur, texture que nous avons trouvé les plus appropriés à la description des produits. L'intensité de ces descripteurs ont été notés selon une échelle 0 à 5. La moyenne des valeurs de notation sont énumérées dans un tableau en **annexe 03**.

**Produit 1****Produit 2****produit 3**



produit 4



produit 5



produit 6



Produit 7



Produit 8



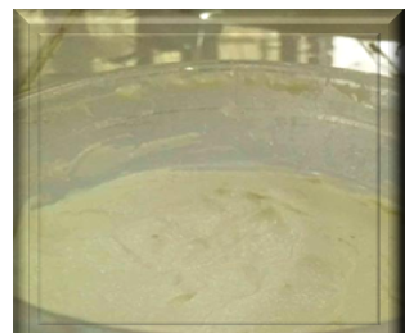
Produit 9



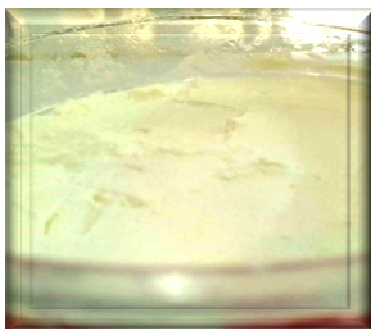
Produit 10



Produit 11



Produit 12



Produit 13



Produit 14



Produit de référence

Figure IV.1 : Les spécialités fromagères formulées

3.1. L'aspect :

D'après la **figure (IV.2)**, certains produits ont un meilleur aspect par rapport aux autres, cas de produit 3, 5, 8, et 14 se rapprochant de l'aspect du Produit de référence. Ces quatre produits ont une teneur en extrait de lupin compris entre [22-56%], et une quantité de lait cru se situant entre [34-62%].

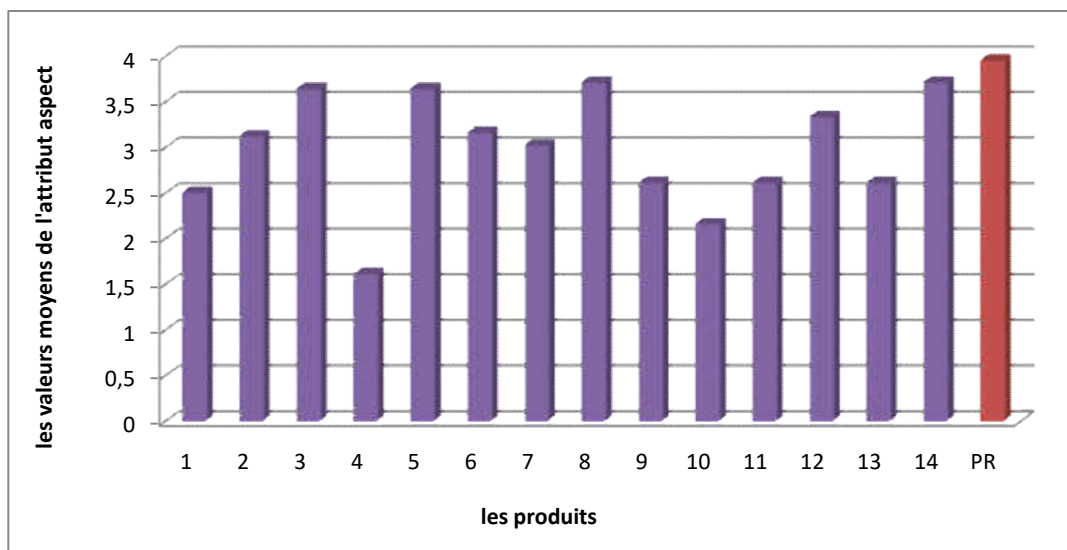


Figure IV.2 : Valeurs moyennes des notes de l'aspect des produits formulés et le produit de référence.

3.2. La couleur

La majorité des produits formulés ont une couleur appréciée par les dégustateurs, allant de la couleur crème au jaune pâle (**figure IV.3**).

Comme la couleur du lait, et celle de l'extrait de lupin sont semblable, il n'y a pas une grande différence de couleur entre les produits formulés par rapport au produit de référence.

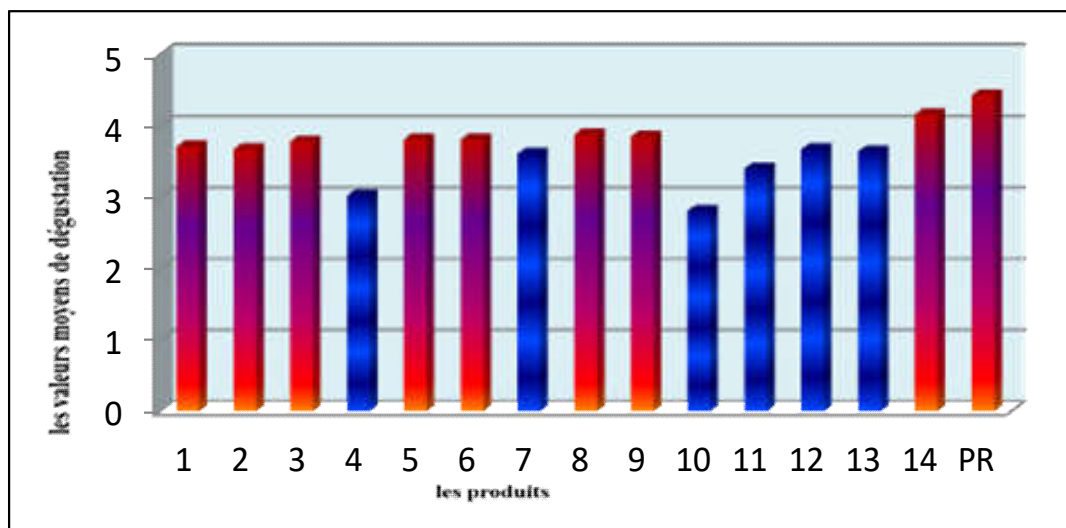


Figure IV.3 : Valeurs moyennes des notes de La couleur des produits formulés et le produit de référence

3.3. L’odeur :

Tous les produits formulés ont une odeur acceptable, et semblable 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 25ml/100 ml n’affecte pas l’odeur du fromage.

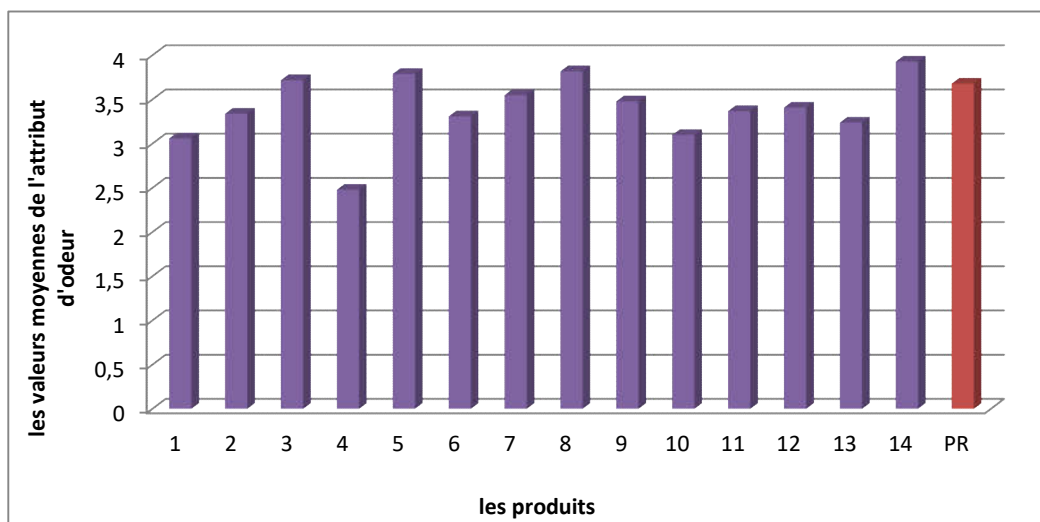


Figure IV.4 : Valeurs moyennes des notes de l’odeur des produits formulés et le produit de référence

3.4. Texture :

Certains produits formulés ont une texture se rapprochant à celle du produit de référence, la texture doit être onctueuse et tartinable. La matière grasse apportée par l'extrait de *Lupinus albus* permet d'avoir une texture crémeuse cas des produits 3, 5, 8 et 14.

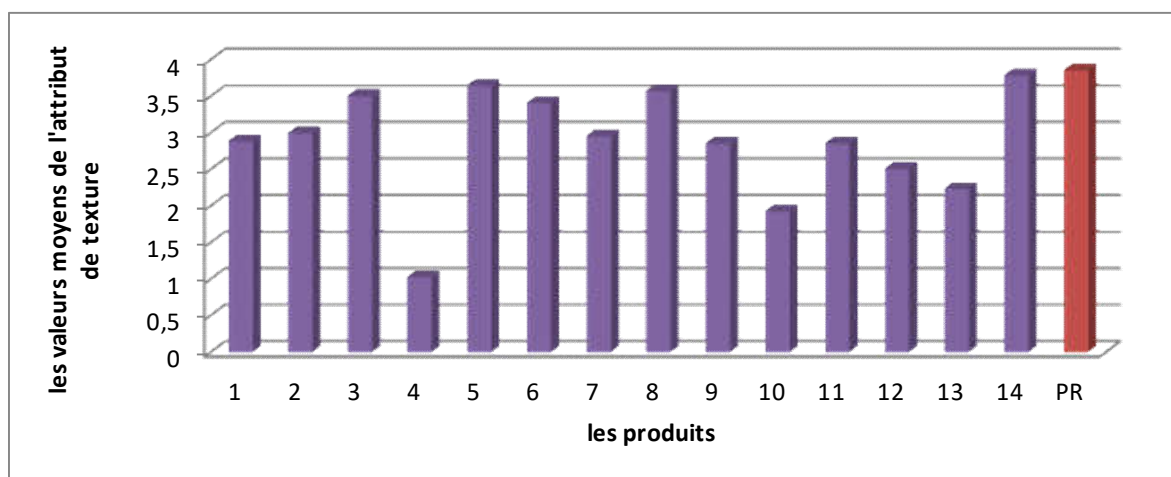


Figure IV.5 : Valeurs moyennes des notes de la texture des produits formulés et le produit de référence

3.5. Gout :

Les produits formulés ont un gout légèrement acide, qui est accepté par les dégustateurs. Le produit 14 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 présent en quantité inférieur ou égale à (50 ml/100 ml).

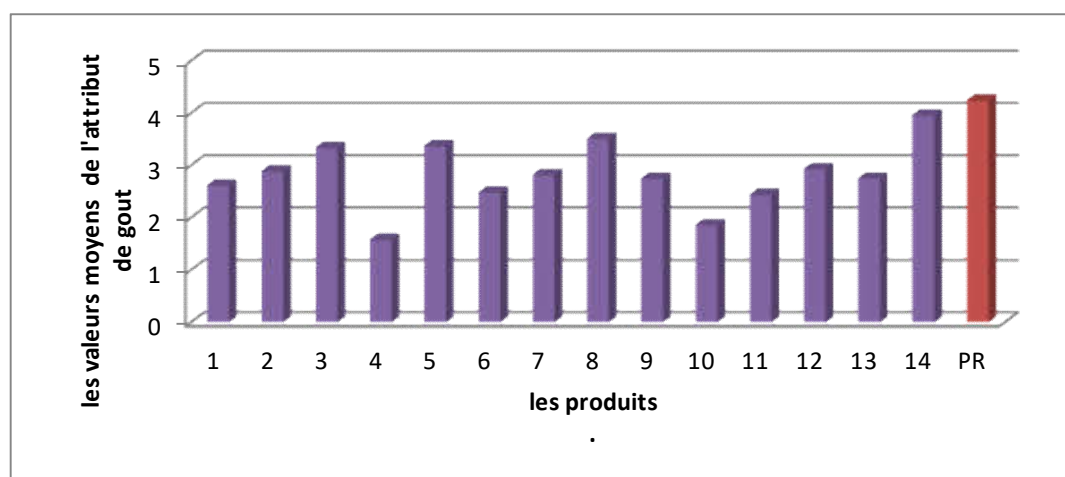


Figure IV.6 : Valeurs moyennes des notes du gout des produits formulés et le produit de référence

4. Résultats de l'analyse physicochimique des produits formulés et produit de Référence

4.1. Taux de l'extrait sec total (EST) :

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure suivante :

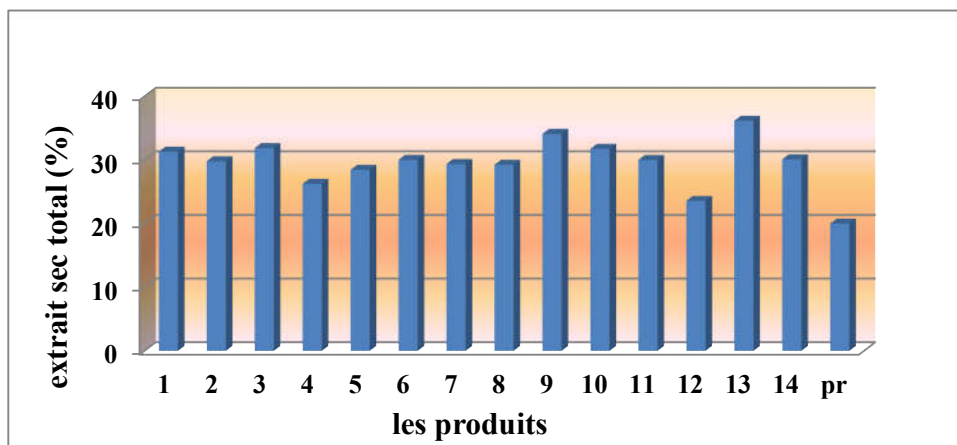


Figure IV.7 : Taux de l'extrait sec total des produits formulés et du produit de référence

La proportion de l'EST des produits formulés est supérieure à celle du produit de référence. La teneur la plus élevée de l'EST est estimée à 34,15% pour le produit 13, alors que le produit de référence en contient 20%.

Selon ces résultats, on peut dire que l'EST augmente avec l'augmentation de la concentration de l'extrait aqueux de *Lupinus albus*, la quantité de lait cru et surtout la quantité de poudre de lait dans le produit fini, Ceci est confirmé par (Elsamani et al.,2014).

4.2. La matière grasse (MG) :

La figure suivante représente les teneurs en matière grasse des produits formulés et le produit de référence.

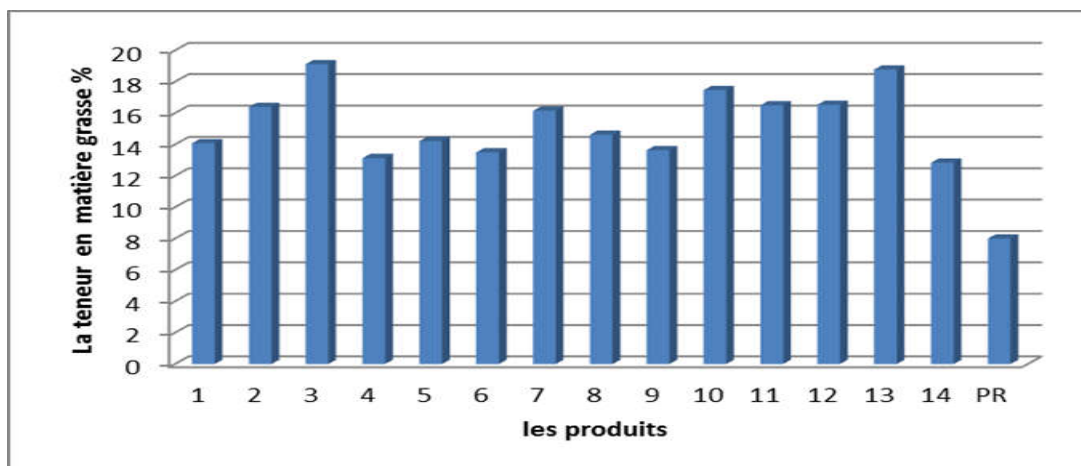


Figure IV.8 : Taux de matière grasse des produits formulés et le produit de référence.

La teneur en matière grasse de nos produits formulés varie de 12,84 et 19,12%, Ces résultats sont proches de celle de la spécialité fromagère, estimée à 21,2 % selon la table de composition nutritionnelle des aliments (Ciquel 2018)

4.3. Le taux de cendres :

La figure ci-dessous représente les teneurs en cendre dans les produits formulés et le produit de référence.

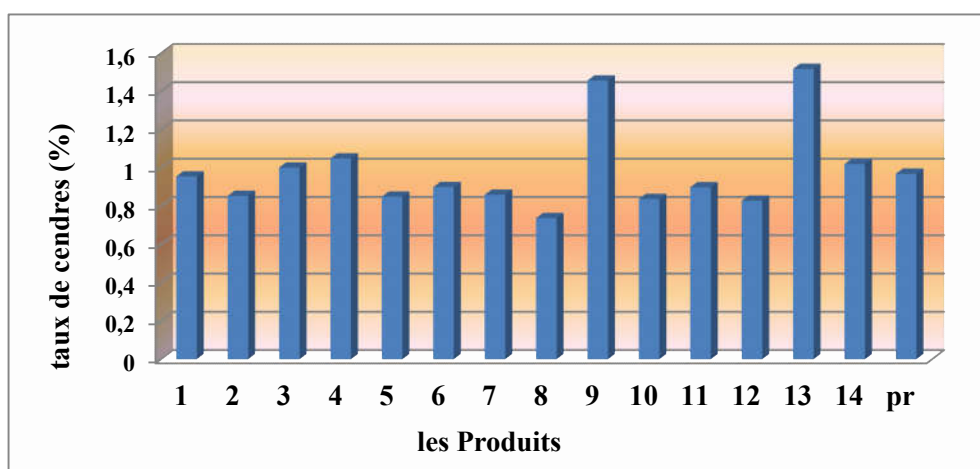


Figure IV.9 : Taux de cendres des produits formulés et le produit de référence

Les cendres varient entre 0.85 et 1.518%, certaines teneurs sont inférieures par rapport au produit de référence (0.87%).

La table de composition nutritionnelle (Ciquel, 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 (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%.

4.4. Taux de protéines :

La figure suivante représente le taux de protéine dans les produits formulés et le produit de référence.

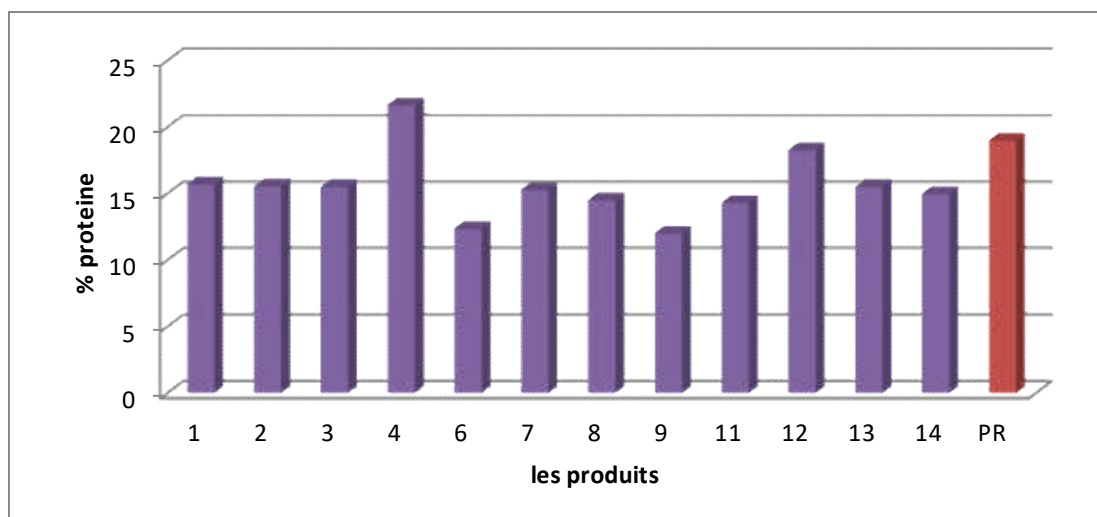


Figure IV.10 : Taux de protéines des produits formulés et le produit de référence

D'après la figure (IV.10), nous notons que la proportion de protéines varie entre 12,04 et 21,67 %, sachant que ces produits renferment des quantités différentes de l'extrait aqueux de *Lupinus albus*. Alors que le produit de référence renferme 12 %. Cela indique que l'ajout de l'extrait, augmente la proportion de protéines dans le produit

D'après la table de composition (Ciquel, 2017), la Spécialité fromagère renferme 14.6% de protéines alors que le fromage blanc en contient 7,18%.

Les produits 12, 02, 04 formés à partir de la plus grande quantité de l'extrait de lupin contiennent respectivement la proportion de protéines de 18,28% ; 15,57% ; 15%.

Ces valeurs sont proches de celles de **Chemache (2011)** pour deux spécialités fromagères locales : Mitidja et Ladhidh au camembert qui renferment respectivement 15,50 % et 17,30 % de protéines.

L'augmentation de la teneur en protéine dans nos produits est due à la présence de protéines dans la graine de *Lupinus albus* à 40,5 % et aussi dans l'extrait aqueux à raison de 7.25%, mais aussi par la poudre de lait qui en contient 35% (**Ciquial, 2017**).

4.5. Evaluation du pH :

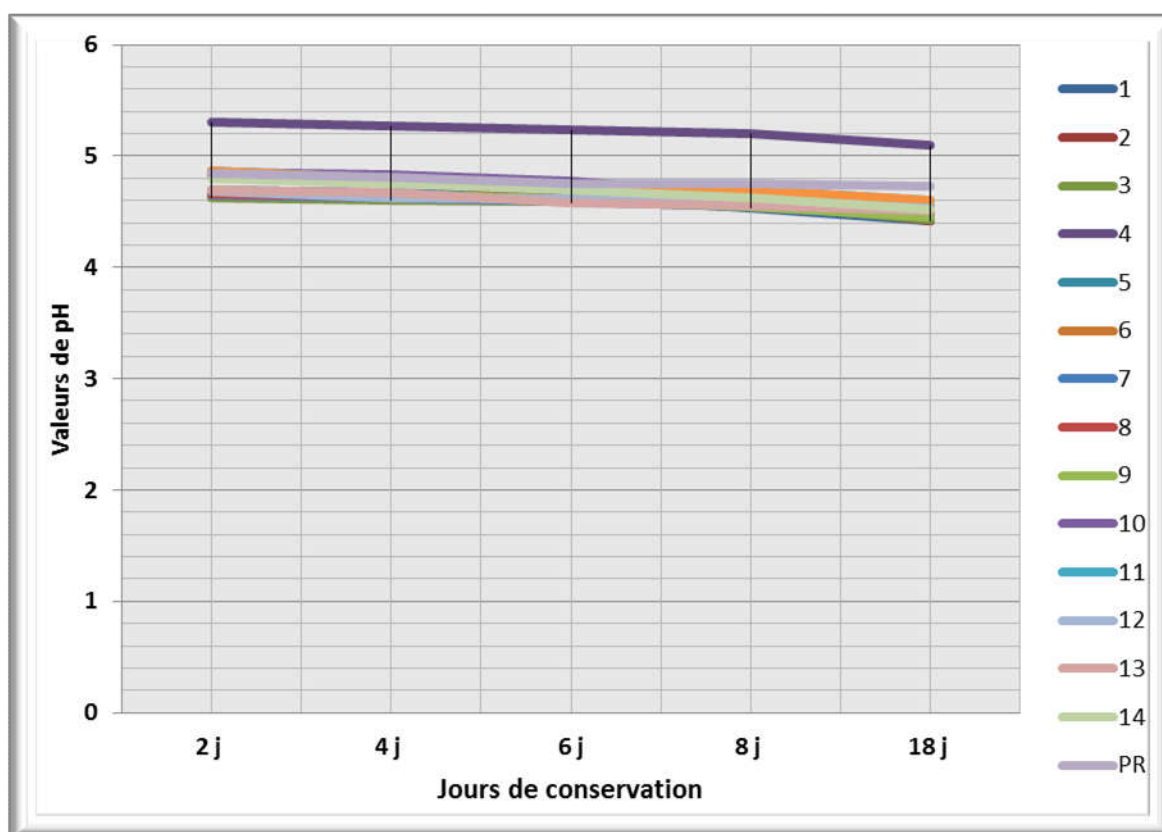


Figure IV.11 : Evaluation du pH durant la conservation 18 jours .

L'énoncé montre que le pH diminue légèrement pendant la période de conservation pour les quatorze (14) produits tout comme le produit de référence.

La diminution du pH, se traduit par la production d'acide lactique pendant la fermentation par les bactéries lactiques. Donc cette acidification du produit, ralentit le développement d'un grand nombre de bactéries d'altération, Alors nos produits sont stables.

5. Caractérisation microbiologique

Les résultats des analyses microbiologiques des produits formulés et le produit de référence sont portés dans le tableau suivant :

Tableau IV.5 : Résultats d'analyses microbiologiques des produits formulés et PR

Les germes Produits formulés	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella</i>
Produit 01	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 02	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 03	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 04	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 05	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 06	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 07	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 08	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 09	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 10	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 11	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 12	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 13	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit 14	Abs	Abs	Abs	Abs
Produit de référence	Abs	Abs	Abs	Abs
Norme J.O.R.A 1998(UFC/ml)	10	01	10	absence

On note l'absence des germes recherchés dans le produit fini et le produit de référence, selon la norme J.O.R.A N ° 35 du 27 Mai 1998.

On remarque une absence totale des Coliformes totaux, et fécaux, Salmonelle et de *Staphylococcus aureus*. Cela est dû au bon respect des règles d'hygiène.

D'après **Guiraud (2003)**, l'absence totale des coliformes indique l'efficacité des traitements thermiques subits sur les matières premières. Selon **Bourgeois et Larpent (1996)**, l'absence de germe pathogène confirme la maîtrise des risques microbiologiques de la matière première jusqu'au produit fini.

Ainsi nos produits ne présentent aucun risque pour la santé du consommateur, car ils ne contiennent aucun germe indicateur de contamination fécale et aucun germe pathogène responsable d'intoxication (assurance de la qualité microbiologique de produit).

6. Caractérisation rhéologique

L'analyse rhéologique a été réalisée expérimentalement selon deux types d'expériences : une analyse de la viscoélasticité en régime linéaire et une analyse sous écoulement en dehors du régime linéaire.

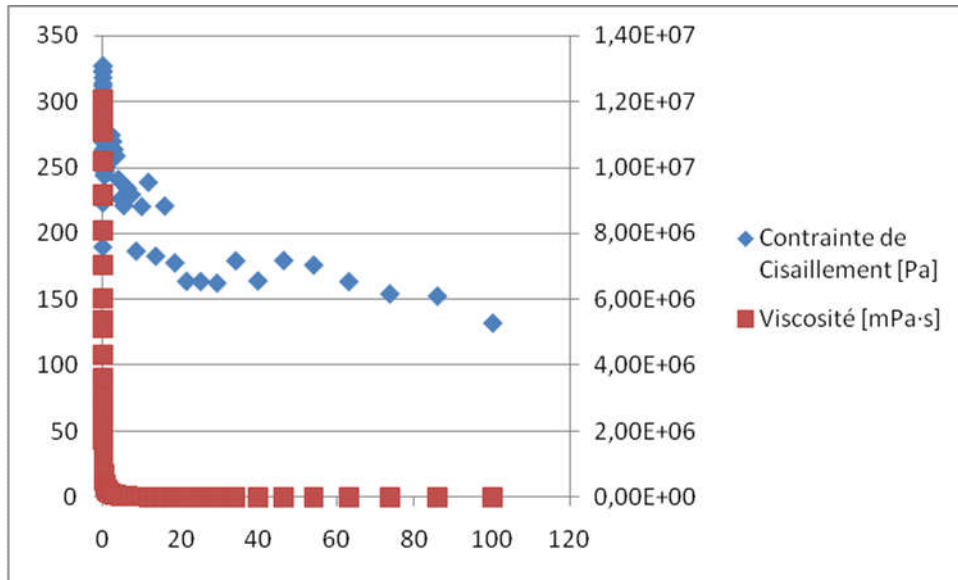
Aussi, le test de viscoélasticité nous renseigne sur l'état structural de l'échantillon en évaluant notamment sa rigidité.

Pour ce qui est des expériences sous écoulement, hors régime linéaire, les déformations sont trop fortes pour que le système puisse conserver sa structure microscopique initiale. Le cisaillement provoque des phénomènes de rupture des liens physiques dont les cinétiques gouvernent l'évolution de la structure globale du système. Ce test est nécessaire pour faire ressortir des informations concernant la viscosité et sa variation au cisaillement.

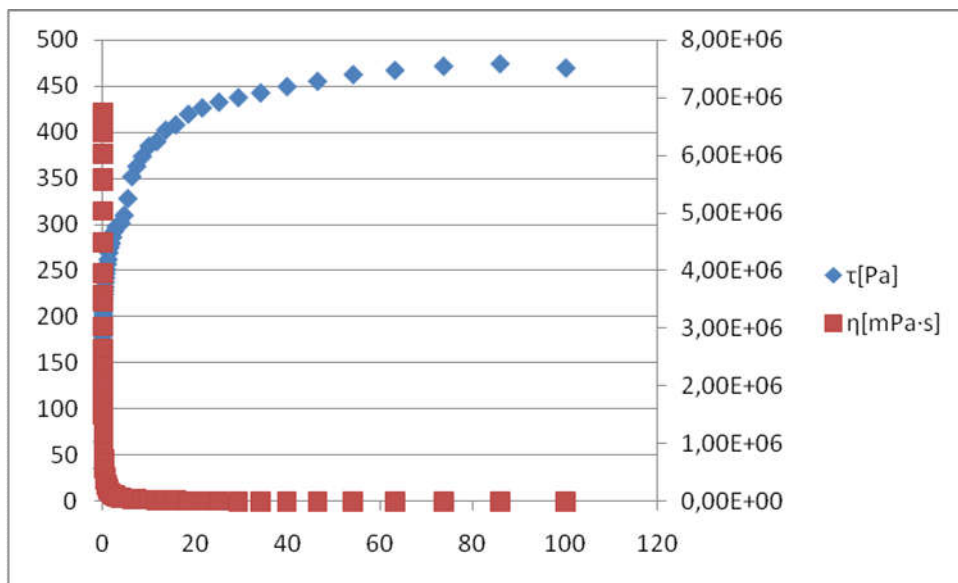
6.1. Courbe d'écoulement et de viscosité

La courbe d'écoulement **figure (IV.12)** montre que la viscosité diminue en fonction du taux de cisaillement avec un taux de cisaillement maximal. Ceci indique que le fromage frais étudié est un fluide pseudo-plastique ou la viscosité diminue quand la contrainte de cisaillement croît. Ce phénomène s'explique par des modifications de la structure du fluide entre les états de repos et d'écoulement. Au repos, l'ordre interne irrégulier de ces fluides provoque une résistance interne importante, ce qui implique une

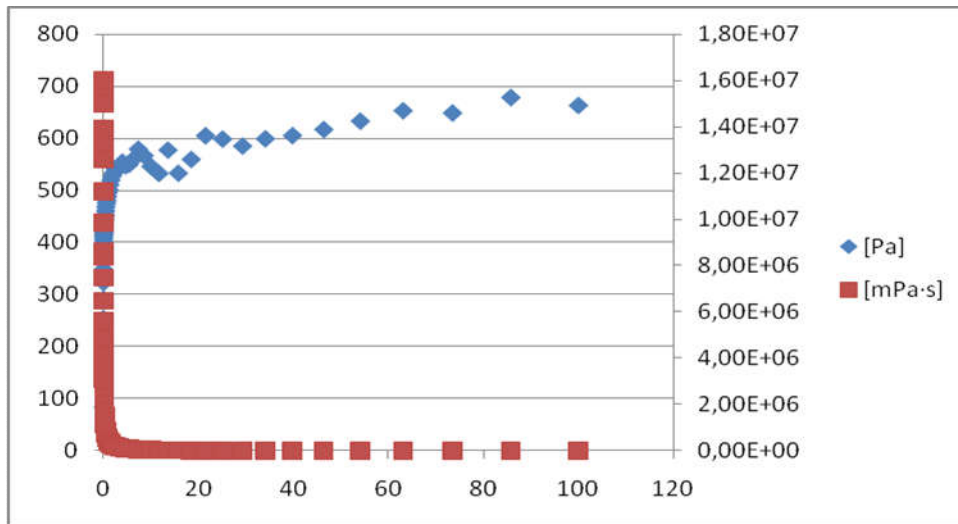
viscosité élevée. A la suite de l'augmentation de la contrainte de cisaillement, les particules en suspension se positionnent dans le sens de l'écoulement, d'où un meilleur glissement et donc une baisse de la viscosité.



Produit de référence



Produit 6



Produit 14

Figure IV.12 : Courbes d’écoulement et de viscosité des produits : 6, 14 et PR .

6.2. Viscoélasticité

La courbe de viscoélasticité **figure (IV.13)** montre que la spécialité fromagère présente un comportement élastique (G' toujours supérieur à G''), et lorsque la contrainte augmente, le matériau quitte son régime linéaire, G' diminue et G'' croît. Le module G' est un paramètre important pour un échantillon de prédominance élastique ou fortement structuré. La valeur de G'' est importante pour un échantillon à prédominance visqueuse. A une contrainte donnée, parfois identifiée avec la contrainte seuil, G' et G'' se croisent ; ce croisement correspond approximativement à un maximum de G'' , qui décroît ensuite lorsque la contrainte appliquée croît. On observe ensuite que $G'' > G'$, en accord avec le fait que le matériau est en régime liquide. Selon **Abbas, (2012)** les fromages frais ont une pâte plutôt à tendance élastique avec une composante visqueuse non négligeable (G'').

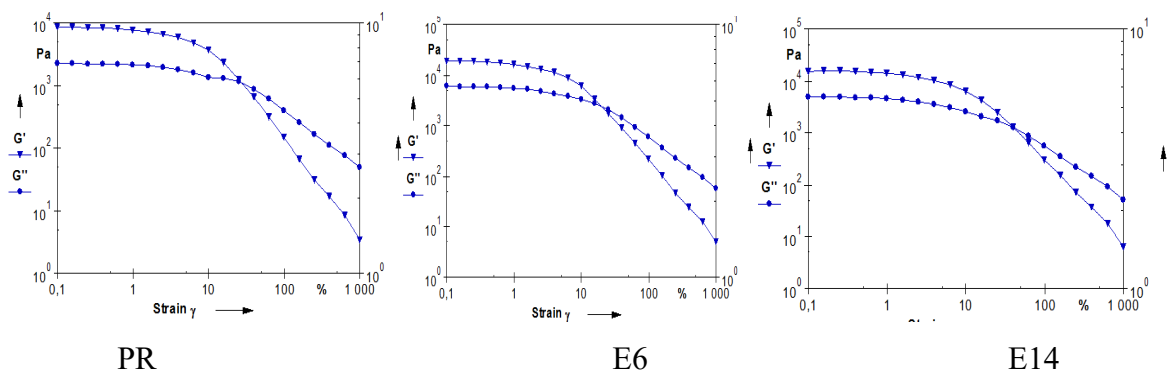


Figure IV.13 : Courbe de la viscoélasticité des produits 6, 14 et PR

L'étude rhéologique réalisée est plutôt qualitative afin d'identifier juste le comportement de notre fluide qui est la spécialité fromagère. Dans ce contexte, une modélisation pourrait bien quantifier l'étude et apporter plus d'informations sur le comportement de nos produits.

4. Optimisation de la formule

Les réponses sélectionnées sont le taux de protéines, taux de matière grasse, et le taux de cendres des spécialités fromagères. Au terme de la modélisation, on se propose de présenter les paramètres conditionnant la qualité au sens statistique des résultats de la modélisation en surface de réponses.

Les modèles mathématiques sont représentés graphiquement par des courbes dites courbes iso réponses qui ont le rôle de représenter les différentes relations entre les facteurs composants un modèle mathématique prédictif dans les limites du domaine d'étude.

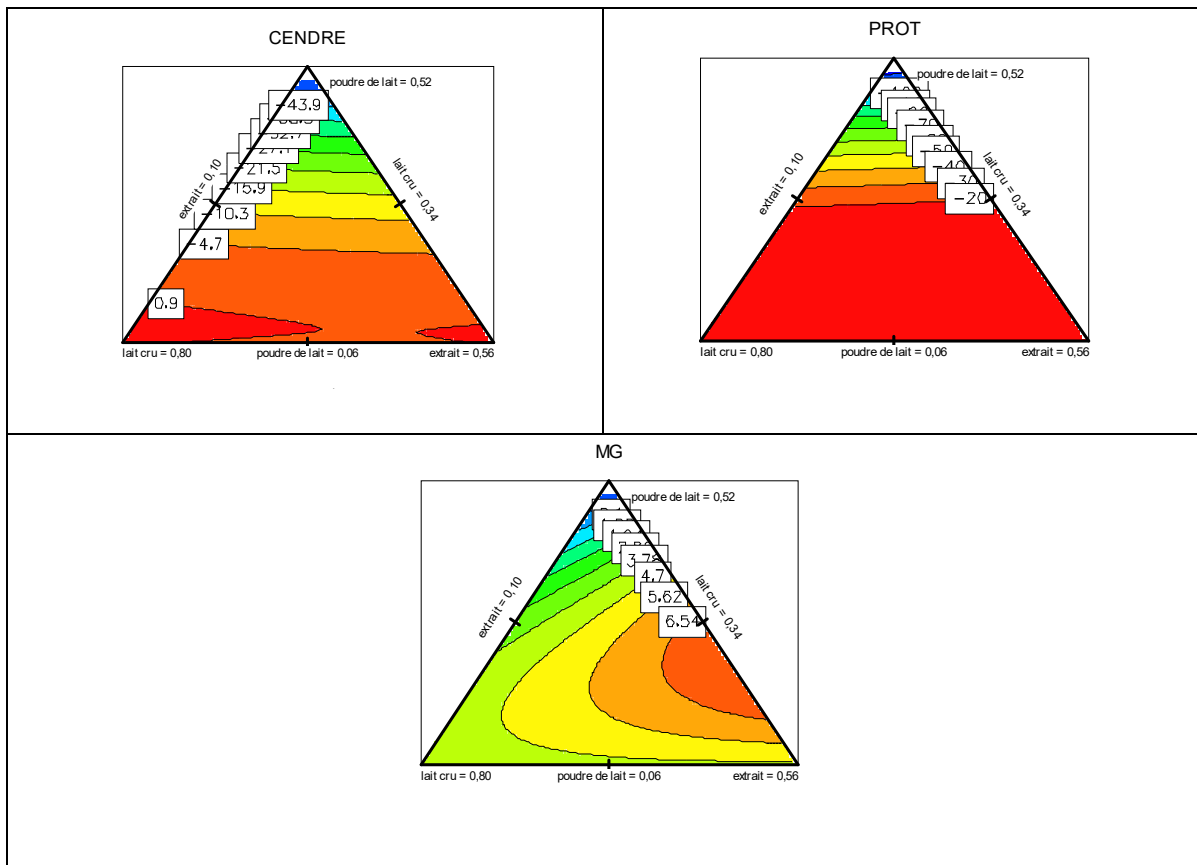


Figure IV.14 : Courbes iso réponses du taux de protéines, taux de cendres et taux de matière grasse.

En ce qui concerne le lait et l'extrait de graines de *Lupinus albus*, il semblerait qu'ils agissent pratiquement de la même manière sur la teneur en protéines, ils constituent un apport considérable.

On note également que l'extrait de lupin accentue la teneur en matière grasse, alors que le lait écrémé cru et la poudre de lait à 0%, agissent de manière négative sur la réponse.

On remarque un accroissement du taux de cendres en fonction de la teneur en extrait de lupin et en lait cru.

On cherche en fait à obtenir une spécialité fromagère, contenant un taux satisfaisant de protéines, de cendres, et de matière grasse. On choisit de ce fait de maximiser les trois réponses. L'optimum se déduira par dérivation de l'équation du modèle pour trouver les valeurs x des niveaux des facteurs. Ainsi les résultats d'optimisation ont donné la formule où l'extrait aqueux de *Lupinus albus* est le constituant majeur avec un taux de 53.51% suivi du lait avec une quantité de 34%, et 8.49 % de poudre de lait. Les autres composants étant toujours figés.



Conclusion

Générale



Conclusion

Le *Lupinus albus* est l'une des plantes les plus réputées, aujourd'hui cette réputation est issue de ses caractéristiques thérapeutique et alimentaires les plus importants.

Notre étude avait comme objectif la réalisation d'une spécialité fromagère faite à base d'extrait de *L. albus* ayant de meilleures propriétés nutritionnelles, par rapport au fromage frais (petit suisse).

Les analyses effectuées sur la matière première révèlent que les graines de *Lupinus albus* réfèrent une teneur importante en protéines 40.5% , l'extrait en contient 7.25%, alors que le lait en contient 3.5%.

L'addition d'extrait de *Lupinus albus* dans les 14 produits permet d'augmenter le taux de protéines, de matière grasse et de l'EST pour certains produits par rapport au produit de référence.

Durant les 18 jours de conservation, le pH des produits formulés et produit de référence diminue légèrement de 5.3 à 5.1 est conforme à la norme interne de la laiterie (5.5-6).

Les résultats des analyses microbiologiques révèlent la bonne qualité hygiénique des produits formulés, ce qu'explique l'efficacité des traitements thermiques ainsi que le respect des règles d'hygiène lors de la réalisation des différentes formules de spécialités fromagères et produit de référence .

D'après l'intégralité de ces résultats, nous pouvons conclure que l'extrait aqueux de *Lupinus albus* peut être utilisé pour la production des spécialités fromagères sans provoquer de changement majeur de la qualité nutritionnel.

En terme de perspectives, ce travail mériterait d'être complété par plus de recherches sur

- Utilisation des lupinus albus pour prolonger la durée de conservation des aliments
- l'effet thérapeutique de *Lupinus albus*.



Références

bibliographiques



Références bibliographiques

- ✚ **Adrian J.,Potus J.,Frangne R.(1995).** La science alimentaire de A à Z technique etDocumentation Lavoisier. Paris. p 244.
- ✚ **A.F.N.O.R.(1980).**Recueil des normes françaises. Laites et produits laitiers
- ✚ **A.F.N.O.R.(1993).** Recueil de normes françaises. Contrôle de la qualité de produits alimentaires: Laites et produits laitiers. Analyses physicochimiques. Afnor-dgccrf. (4ème ed.).Paris: La Défense, p562.
- ✚ **Aissaoui Z.O.(2014)** . Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « *Bouhezza*», Thèse de doctorat en sciences alimentaire .Universite Constantine 1 .p 57 .
- ✚ **Alais C ., Linden G .,Miclo L.(2003).**, Biochimie alimentaire.5^eédition, Paris ,250 p .
- ✚ **Alamanou S., Doxastakis G.(1995).**Propriétés physico-chimiques des protéines de graines de lupin (*Lupinus albus* , ssp. Graecus).Lebensm. Wiss. Technol, 28: 641-643.
- ✚ **AlianB.,Marie-Madeleine R .,Sebastien.(2007).**alimentation et sécurité et contrôle microbiologique.Educagri édition.208p.
- ✚ **Amiot , Britten M.(2002).** Sciences et technologie du lait. Manuel de transformation du . lait. Ed. Tec et Doc. p. 362-378
- ✚ **Anonyme.(2009).**Traite des vaches laitières :Matériel,instalation,entretien.1ere édition.FranceAgricole,institut de l'élevage :554p.
- ✚ **AOAC.(2001).** Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists
- ✚ **AOAC (Association of official analytical chemistry), 2002.** Ash of cheese. Official method 935.42, Chapter 33, 71 p.
- ✚ **Arnoldi.A.(2005).** Optimised processes for preparing healthy and added valu food ingredients from lupin kernels, the european protection-riche seeds legume. In proceedings of the final conference of european project. Milan, november 9-10.2005. Aracne 202 p.
- ✚ **Audjie C.L., Fijrrela, Zonszain J.F.(2002).** Manipulation d'analyses biochimiques. Paris. Ed : doin, 2002. P 74-75 ISBN : 2-7040.0428. p5.
- ✚ **Erbas M.(2010).**The effects of different debittering methods on the production of lupin bean snack from bitter *Lupinus albus L.* seeds. Journal of food Qualité, 33.742-757.

- ✚ **Bachmann H.P.(2000).** Cheese analogues : a review. *International Dairy Journal*, vol. 11, p. 505–515.
- ✚ **Berger W., Klostermeyer H., Merkenich K., Uhlmann G.(1993).** Processed cheese manufacture. Ladenburg : BK Ladenburg GmbH
- ✚ **Berodier F., Lavanchy P., Zannoni M., Casals J., Herrero L. Adamo C.(2003).** Guide d'évaluation olfacto-gustative des fromages à pâte dure et semidure. /11/05 miguidef.doc. Version abrégée, 26p.
- ✚ **Besbes M.(2015)** .Effets comparés de deux associations lupin – blé et lupin – avoine sur le profil lipidique et lipoprotéique, le contrôle glycémique et les statuts redox et inflammatoire, chez le rat rendu obèse ; option ; Nutrition, Intérêts et Risques sur la Santé. Thèse du doctorat. Université d'Oran1 .p 31.
- ✚ **Bourgeois C .M., Larpent J.P.(1996).** Microbiologie alimentaire. Tom1 :aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliment.Ed ;Technique et documentation .Lavoisier,Paris .714p.
- ✚ **Boutonnier J.L.(2002).** Fabrication du fromage fondu. *Techniques de l'Ingénieur*, traité Agroalimentaire, F 6 310-1, 14 p.
- ✚ **Boutry C., Bos C., Tomé D.(2008).** Les besoins en acides aminés. *Nutrition clinique et métabolisme* , vol. 22, n° 4, p. 151-160.
- ✚ **Carić M.(2000).** Processed cheese. **In: FRANCIS F.J.**, *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2nd ed , ed., John Wiley and Sons, New York. p. 1973–1987.
- ✚ **Chambre M., Daurelles J.(1997).** Le fromage fondu. **In: ECK A. et GILLIS.** Le fromage. Ed. Lavoisier, p. 691-708.
- ✚ **Chemache I.(2011).** Qualité de deux spécialités fromagères fabriquées et commercialisées en Algérie.Mémoire de magister,département de technologie alimentaire .Université MentouriCanstantine.p .49-50 ,55-56,70-72 .
- ✚ **Chen S.L., Wan P.J., Lusas E.W, Rhee K.C.(1979).** Utilization of peanut protein and oil in cheese analogs. *Food Technol.* vol. 37, n. 7, p. 88–93.
- ✚ **Christensen J., Povlsen V.T., Sørensen J.(2003).** Application of fluorescence spectroscopy and chemometrics in the evaluation of processed cheese during storage. *J. Dairy Sci.* vol. 86, p. 1101–1107.
- ✚ **Ciqual.(2017):** https://pro.anses.fr/Table_CIQUAL/index.htm
- ✚ **Commission codex alimentarius,(2004).** Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur le lait et les produits laitiers. Sixième

- Session, Auckland Nouvelle-Zélande. Avant-projet de norme pour le fromage fondu observations à l'étape 3, 3 p.
- ✚ **De Cortes-Sanchez M., Altares P., Pedrosa M.M., Burbano C., Cuadrado C., Goyoaga C., Muzquiz M., Jimenez-Martinez C., Davila-Ortiz G.(2005).** Alkaloid variation during germination in different lupin species. *Food Chemistry*, **90**: 347–355.
 - ✚ **Debry G.(2001).** lait, nutrition et santé .Technique et documentation, Lavoisier. Paris,566P.
 - ✚ **Diatta O.(2005).** Etude de la qualité des laits caillés artisanaux fabriqués par le G.I.E. des éleveurs de Nguekokh. Mémoire DEA/production animale: Dakar ; N° 03. EISMV. 31p.
 - ✚ **Doxastakis G., Zafiriadis I., Irakli M., Marlani H., Tananaki C.(2002).**addition de lupin, soja et triticales les pâtes de farine de blé et leurs effets sur les propriétés rhéologiques cravates. *Food Chemistry*, **77** : 219-227.
 - ✚ **Elsamani M.O.,Habbani S.S.,Babiker E.E., Ahmed I.(2014).**Biochemical, microbial and sensory evaluation of white soft cheese made from cow and lupin milk, In *LWT - Food Science and Technology*,n°59,p.553-559.
 - ✚ **Engedaw L.Y.(2012).**Potentiel de lupin (*Lupinus* spp. L.) pour usage humain et des aliments du bétail en Ethiopie. 1er EDN, Auflage, Koster, Berlin, Allemagne, ISBN-13:. 9783895747892, Pages: 198.
 - ✚ **Feldheim W.(1999).**L'utilisation de lupin dans l' alimentation humaine. Actes de la 9e Conférence internationale lupin, 20-24 Juin 1999, Allemagne .
 - ✚ **FAO/OMS.(2000).** Codex Alimentarius : Lait et produit laitiers, 2eme édition- Rome : FAO ; OMS- 136p.
 - ✚ **François G.,KeillingJ.,etDewilde R.(1985).**Les produit lactière :Transformation et Technologie .Ed Technique et Documentation ,Lavoisier ,Paris ,p.259 .
 - ✚ **FOX P.F., McSweeney P.L.H.(1998).** Dairy Chemistry and Biochemistry. Ed. Thomson Science, Germany, 396 p.
 - ✚ **FOX P.F., Guinee T.P., Cogan T.M., McSweeney P.L.H.(2000).** Fundamentals ofcheese science. Maryland : Aspen Publishers Inc. p. 429–451.
 - ✚ **Gaucheran F .,2004.**Minéraux et produit lactière .Ed Technique et documentation, Lavoisier,Paris.566-571 ,574 .
 - ✚ **Getachew P.(2009).**Composition chimique et les effets de la transformation traditionnelle sur la composition nutritionnelle des gibto (*Lupinus albus* L.) cultivées

- dans, zone Gojam. M.Sc. Thèse, Université d'Addis - Abeba, Addis - Abeba, en Ethiopie.
- ✚ **Gliguem H., Ghorbel D., Grabielle-Madelmont C., Goldschmidt B., Lesieur S., Attia H., Ollivon M., Lesieur P.(2009).** Water behaviour in processed cheese spreads DSC and ESEM study. *J Therm Anal Calorim*, vol. 98, p. 73–82.
 - ✚ **Guinee T.P., Feeney E.P., Auty M.A.E., FOX P.F.(2002).** Effect of pH and calcium concentration on some textural and functional properties of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, vol. 85, p. 1655–1669.
 - ✚ **Guinee T.P., Carić M., Kaláb M.(2004).** Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. In: **FOX P.F., McSweeney P.L.H., Cogan T.M., Guinee T.P.** Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Major Cheese Groups vol. 2, 3rd ed. Elsevier Applied Science Ltd, London, p. 349-394.
 - ✚ **Guiraud J.P.(2003).** Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod. Paris. p. 136-139
 - ✚ **Guiraud J.P.(1998).** Microbiologie des principaux produits alimentaires ; «Microbiologie Alimentaire, Techniques de Laboratoire » Dunod, Paris.
 - ✚ **Gupta S.K., KARAHADIAN C., LINDSAY R.C.(1984).** Effect of emulsifier salts on textural and flavour properties of processed cheeses. *J Dairy Sci.* vol. 67, p. 764–778.
 - ✚ **Habtie T. S., Admassu K.(2009).** Effets des méthodes de traitement sur certains phytochimiques présents dans les graines de *Lupinus albus* L. cultivées en Ethiopie. *Ethiop. Pharm. J.*, 27: 91-102.
 - ✚ **Hennelly P.J., Dunne P.G., O’Sullivan M. O’riordan D.(2005).** Increasing the moisture content of imitation cheese : effects on texture, rheology and microstructure. *Eur Food Res Technol*, vol. 220, p. 415–420.
 - ✚ **Huang V.T., Panda F.A., Smith E.B.(2010).** Cheese composition and related methods. United states patent, US 7807207 B2, 12 p.
 - ✚ **Huyghe C.(1997).** White Lupin (*Lupinus albus* L) *Field Crops Research*. 53, 147-160.
 - ✚ **ISO 3433.(2002).** Fromages -Détermination de la teneur en matière Grasse- Méthode acidobutyrométrique, International Organization of Standardization.
 - ✚ **Jansen.P.C.M.(2006).** *Lupin Blanc* L. Dans: (Eds) Ressources végétales de l' Afrique tropicale, Brink, M. et G. Belay. PROTA, Wageningen, Pays - Bas.
 - ✚ **Jayasena V., KHU W.S., & NASSAR ABBAS S.M.(1992).** The development and sensory acceptability of lupin-based tofu. *Journal of food quality*, 33, 85-97.

- ✚ **JORF (JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE), (2007).**Décret n. 2007- 628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères,10 p .
- ✚ **J.O.R.A.n°35, (1998).** Arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 23 juillet 1994. Relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires. p.17.
- ✚ **Kim S.Y., Park P.S.W., Rhee K.C.(1992).** Textural properties of cheese analogs containing proteolyticenzymemodified soy protein isolates. J. Am. Oil Chem. Soc. vol. 69, p. 755–759.
- ✚ **Kiziloz M.B., Cumhur O., Kilic M.(2009).** Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. Food Hydrocolloids, vol. 23, p. 1596–1601.
- ✚ **Kohajdova Z., KarovicovAJ.,Schmidt S.(2011).**Composition de lupin et de l'utilisation possible dans la boulangerie-Un examen. Tchèque.J. Food Science, 29:. 203-211.
- ✚ **Lee Y.H., Marshall T.(1981).** Microstructure and texture of process cheese, milk curds, and caseinate curds containing native or boiled soy proteins. Journal of Dairy Science, vol. 64, p.2311–2317.
- ✚ **Le NeindreB.(2004).**"Viscosité. Définitions et dispositifs de mesure", Techniques de l'ingénieur, Constantes physico-chimiques, Base documentaire [K 478] .
- ✚ **LefrancqE.,Roudaut H.(2005).**Alimentation Theorique.Doin.304p.
- ✚ **Leveau J-Y.,1993.**Microbiologieindustrielle:lesmicroorganisms d'intérêt industriel .Tec et Doc,Lavoisier,Paris :612p.
- ✚ **Linnemann A.R,&DijkstraD.S.,**Towardsustainable production of protein –rich foods:appraisal of eight crops for westenEurope.PartI;Analysis of the primary links of the production chain.Critical Review of Food Science and Nutrition ,42,377-401.
- ✚ **Lucey J.A., Johnson M.E., Horne D.S.(2003).** Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. Journal of Dairy Science, Vol. 86, n. 9, p. 2725-2743.
- ✚ **Marshall R.J.(1990).** Composition, structure, rheological properties and sensory texture of processed cheese analogues. Journal of Science and Food Agriculture, vol. 50, p. 237–252.
- ✚ **Martinez-Villaluenga C., Frias J., Vidal-Valverde C.(2006a).** Graines de lupin fonctionnelles (*Lupinusalbus* L. et *Lupinusluteus* L.) après extraction des α -galactosides. Aliments Chemistry, 98: 291-299.

- ✚ **Martinez-Villaluenga, C., Sironi E., Vidal-Val-Verde C., durantim.(2006b).** Effets de l'oligosac- procédure de suppression de charide sur les profils protéiques de graines de lupin. Recherche et technologies alimentaires européennes, **223** : 691-696.
- ✚ **McSweeney P.L.H.(2004).** Biochemistry of cheese Ripening: Introduction and Overview, Aspects, *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Volume 1: General Aspects, Third edition, Elsevier, Academic Press, Amsterdam, Chapman Hall, p. 347-360 .
- ✚ **Meyer A.(1973).** Processed Cheese Manufacture, Food Trade Press Ltd., London, 201 p.
- ✚ **Mikis A., Peric V., Dordevic, Srebric M., Mihailovic V.(2009).** Facteur anti-nutritionnels dans certains grains légumineuse, Biotechnologie en élevage ISSN 1450-9165 Institut de l'élevage, Belgrade Zemun UDC 633.3
- ✚ **Mohamed A.A., Rayas-Duarte P.(1995).** Composition de *Lupinus albus* . *Chemcéréales*, 72: 643-647.
- ✚ **Mounsey J.S., O'Riordan E.D.(1999).** Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese. *Journal of Food Science*, vol. 64, n. 4, p.701–703.
- ✚ **MOUNSEY J.S., O'RIORDAN E.D.(2008).** Modification of imitation cheese structure and rheology using pre-gelatinised starches. *European Food Research Technology*, vol. 226, p. 1039–1046.
- ✚ **NF : V 08-010 Mars (1996).** Microbiologie des aliments-Règles générales pour la préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique ; Analyse microbiologique tome 1 ; Méthodes horizontales. AFNOR 6eme ED. 67-75.NF V 08-050
- ✚ **Noronha N., Cronin D., O'Riordan D., O'Sullivan M.(2008a).** Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme modified cheeses (EMCs). *Food Chemistry*, vol. 110, p. 973–978.
- ✚ **Noronha N., O'Riordan E.D., O'Sullivan M.(2008b).** Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese. *European Food Research of Technology*, vol. 226, p. 385–393.
- ✚ **Ortega-Fleitas O., Real-Del-Sol E., Cabrera M.C., Oretga A., Suarezsolis V., Cardoso F., Iniguez C.(2001).** Manufacture of a cheese substitute for pizzas. *Alimentaria*, vol. 322, p. 87–89.

- ✚ **Paquet D.(1988)**. Processed cheeses :physico-chemical aspects. **In: Lorient D., Colas B., LE Mestre M.** Functional properties of food macromolecules. Ed. Les cahiers del'ENSBANA. Paris: Technique & Documentation Lavoisier, p. 227–241.
- ✚ **Papavergou E.J., Bloukas J.G., Doxastakis G.(1999)**. Effet des protéines de graine de lupin sur les caractéristiques de qualité de saucisses fermentées. *Viande Science*, **52** : 421-427.
- ✚ **Paraskevopoulou A., Provatidou E., Tsotsio D., & Kiosseoglou V., 2010** .Dough rheology and baking performance of Wheat flour-lupin protein in isolate blends. *Food Research International*, **43**, 1009-1016.
- ✚ **Patart J.P.(1987)**. Les fromages fondus. **In : ECK A.** Le fromage. Edition Lavoisier, p. 385-398.
- ✚ **Penchev P.I.(2010)** . Etude des procédés d'extraction et de purification des produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pression. Thèse de doctorat. Université de Toulouse (France).
- ✚ **Petit.E.(2012)**.Lupins-avantages et potentiels leur portent préjudice. *Biodiversité*, **13**: 54-64.
- ✚ **Phan H.T.T., Ellwood S.R., Adhikari K., Nelson M.N., Oliver R.P.(2007)**. La première carte génétique et comparative de lupin blanc (*Lupinus albus* L.): Identification des QTL pour la résistance anthracnose et le temps de floraison et un lieu pour le contenu alcaloïde. *DNA Res* . **14**: 59-70.
- ✚ **Salomon W.K.(2007)**. Cinétique d'hydratation de lupin (*Lupinus albus* graines). *J. Process alimentaire Eng*, **30**: 119-130.
- ✚ **Sbabou L.(2009)**. diversité génétique de lupin au Maroc et étude du développement racinaire de lupin blanc sous stress abiotique par des approches de génomique fonctionnelle ,Génomique et Biotechnologie. Université Mohamed V-AGDAL Rabat .P.07.
- ✚ **Schneider A., Huyghe C.(2015)**. éditions Quae , 30 juin -512pages , chapitre 4 , les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires, p. 227
- ✚ **Schmid R., 2000**. le fromage: Manuel Suisse des denrées alimentaire. Ed. MSDA. p.38
- ✚ **Sukhinina S.Y., Selyatitskaya V.G., Palchikova N.A., Shorin Y.P., Poznyakovskii V.M. and Bondarev G.I.(1997)**. Efficiency of processed cheese enriched by iodine in prevention of goitre. *Voprosy-Pitaniya*, vol. 1, p. 21–23.
- ✚ **Taggart P., Mitchell J.R.(2009)**. Starch. **In: Phillips G.O., Williams P.A.** Handbook of Hydrocolloids. Second edition, Woodhead Publishing Limited, p. 108-141.

- ✚ **Taranto M.V., Yang C.S.T.(1981).** Morphological and textural characterization of soybean Mozzarella cheese analogs. *Scanning Microsc*, vol. 3, p. 483–492.
- ✚ **Tizazu H., Emire S.A.(2010).** Composition chimique, propriétés physico - chimiques et fonctionnelles de lupin (*Lupinus albus* graines) cultivées en Ethiopie. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev .* , 10: 3029-3046.
- ✚ **Tourneur C.(1997).** Les phénomènes microbiens, Dans *Le fromage*(Coord.ECK A. et GILLIS J.C.), 3èmed., Tec et Doc. Lavoisier. p377.
- ✚ **USDA commodity requirements.(2007).** PCD5 Pasteurized process American cheese for use in domestic programs, 9 p.
- ✚ **Veisseyre R(1979):** Technologie du lait: constitution, Récolte, Traitement et transformation du lait, 3ème édition ,Paris :714p .
- ✚ **Vazquez S., Agha R., Granado A., Sarro MJ., Esteban E., Penalosa JM., Carpena R.O.(2006).** L' utilisation de plantes de lupin blanc pour phytostabilisation du sol acide et Cd comme pollués. *Eau Air Sol Pollut*, 177: 349-365.
- ✚ **Yang C.S.T., Taranto M.V., Cheryan M.(1983).** Optimization of textural and morphological properties of a soy-gelatin Mozzarella cheese analogue. *Journal of Food Processus Preservation*, vol. 7, p. 41–64.
- ✚ **Yang C.S.T., Taranto M.V.(1982).** Textural properties of Mozzarella cheese analogs manufactured from soyabeans. *Journal of Food Science*, vol. 47, p. 906–910.
- ✚ **Yeheyis L., Kijora C., Van Santen E., Clin M., Danier J., Peters K.J.(2012).** Protéine brute, acide aminé et la teneur en alcaloïdes de lupin doux annuel (*Lupinus* plantes fourragères et les graines spp. L.) cultivés en Ethiopie. *Exp. Agric*, 48: 414-427.
- ✚ **Yeheyis L., Kijora C., clin M., Peters K.J., 2011.** Effet d'une méthode de traitement traditionnelle sur la composition chimique de lupin blanc (local *Lupinus albus* graines L.) dans le nord-ouest de l' Ethiopie. *Z. Naturforsch. C*, 66: 403-408.
- ✚ **Yeheyis L., Kijora C., Clin M., Peters K.J.(2011).** Effet d'une méthode de traitement traditionnelle sur la composition chimique de lupin blanc (local *Lupinus albus* graines L.) dans le nord-ouest de l' Ethiopie. *Z. Naturforsch. C*, 66: 403-408.
- ✚ **Yorgancilar M., Babaoglu M., Hakki E.E., Atalay E.(2009).** Détermination de la relation entre les anciens lupin du monde (*Lupinus* sp.) Des espèces en utilisant des marqueurs RAPD et ISSR. *Afr. . J. Biotechnol*, 8: 3524-3530.
- ✚ **Vignola, Carole L.(2002).** Sciences et Technologie du lait transformation du lait. Ecole polytechniques de Montréal 2002

Références bibliographiques

- ✚ **Vignola C.(2002).** Sciences et Technologie du lait Transformation du lait. (Ed). Presses Internationales Polytechnique. Canada. 600p
- ✚ **Zehren V.L. andNusbaum D.D.(1992).** Process Cheese. Cheese Reporter Publishing Company, Inc., Madison.
- ✚ **Zhang D., MahoneyA.W.(1991).** Iron fortification of process Cheddar cheese. Journal of Dairy Science, vol. 74, p. 353–358.

Annexe 01: les appareillages

- ✓ Acidimètre
- ✓ Balance de précision
- ✓ Bec benzène
- ✓ Béchers.
- ✓ Burette à robinet graduée
- ✓ Butyromètre « GERBER ».
- ✓ Butyromètre de VAN GULIK
- ✓ Capsule de cellulose
- ✓ Capsule cylindrique en acier.
- ✓ Centrifugeuse à 1200 tr/mn
- ✓ Creuset
- ✓ Dessiccateur
- ✓ Distillateur
- ✓ Etuve bien ventilée munie d'un système de réglage thermostatique permettant d'obtenir une température de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Fioles jaugées
- ✓ Four à moufle
- ✓ Godet
- ✓ Lactodensimètre
- ✓ Pipette Pasteur.
- ✓ Pipette graduée de 10ml et 11 ml
- ✓ pH mètre .
- ✓ Plaque chauffante
- ✓ Réfrigérateur (température 2 à 5°C).
- ✓ Rhéomètre

Annexe 02 :

Fiche de dégustation**Produit** : spécialité fromagère

Nom : prénom : âge :

Sexe : F Fumeur : O M

N

0 1 2 3 4 5

Paramètres Produit Formulé	Aspect	Couleur	Odeur	Texture	Gout	Acceptable
produit 01						
produit 02						
produit 03						
produit 04						
produit 05						
produit 06						
produit 07						
produit 08						
produit 09						
produit 10						
produit 11						
produit 12						
produit 13						
produit 14						

0 : très mauvais

1 : passable

2 : moyen

3 : assez bon

4 : bon

5 : excellent Le dégustateur

Annexe 03 :Les caractéristiques organoleptiques

Tableau : les valeurs moyennes de notes des caractéristiques organoleptiques des produits formulés et PR

Les paramètres Les produits	Aspect	couleur	odeur	texture	gout	acceptable
1	2,51	3,72	3,06	2,89	2,62	2,65
2	3,13	3,68	3,34	3	2,89	2,89
3	3,65	3,79	3,72	3,51	3,34	3,06
4	1,62	3,03	2,48	1,03	1,58	1,34
5	3,65	3,82	3,79	3,65	3,37	3,24
6	3 ,17	3,82	3,31	3,41	2,48	2,51
7	3,03	3,62	3,55	2,96	2,82	2,75
8	3,72	3,89	3,82	3,58	3,51	3,41
9	2,62	3,86	3,48	2,86	2,75	2,72
10	2,17	2,82	3,10	1,93	1,86	1,82
11	2,62	3,41	3,37	2,86	2,44	2,31
12	3,34	3,68	3,41	2,51	2,93	2,93
13	2,62	3,65	3,24	2,24	2,75	2,34
14	3,72	4,17	3,93	3,79	3,96	3,89
PR	3,96	4,44	3,68	3,86	4,24	4,13

Annexe 04: les photos de quelques appareils



Dissicateur



rheomètre



Dissicateur



Centrifugeuse

ملخص

إنّ الهدف من الدّراسة الحالية هو تشكيل تحضيرات جبنيّة معدّة انطلاقاً من المستخلص المائي لبذور نبتة الترمس (*Lupinus albus*) هذه الدّراسة تسعى إلى صنع مواد عالية الجودة موجّهة إلى الاستهلاك من أجل هذا تمّ تشكيل 14 منتجاً بالاستعانة بطريقة مخطط التجارب بكميات مختلفة من المستخلص المائي، حليب البقر الخام ومسحوق الحليب الخالي من المادّة الدّسمة.

الاختبارات الحواسيّة أظهرت أنّ التّحضيرات المنجزة تمتاز بخواص تذوّقية جيّدة أمّا الاختبارات الفيزيائية و الكيمائية فقد أظهرت نسبة من البروتينات تتراوح من 12,04 إلى 21,67% بما في ذلك المادّة الجافة بنسب تتراوح من 26,26 إلى 34,15% مقارنة بالمنتج الأصلي (12% بروتينات و 20% مادّة جافة)

الاختبارات الميكروبيولوجية أكّدت جودة منتوجاتنا و خلوّها من الكائنات الحية الدقيقة التي تم البحث عنها .

الدّراسة الريولوجية لهذه المنتجات بينت أنّها عبارة عن عجائن بتشكيلة شبه مطاطيّة وذات ميوعة معتبرة.

النتائج المتحصل عليها تسمح لنا بإيجاد تشكيلة بمكوّنات مثالية من أجل قيمة غذائية مُرضية.

الكلمات المفتاحيّة: تحضيرات جبنيّة ، نبتة الترمس (*Lupinus albus*)، مخطط التجارب ، الدّراسة الريولوجية.

