

**Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences Alimentaires**  
**Filière : Sciences Biologique**  
**Spécialité : Science Alimentaire**  
**Option : Industrie laitière**



**Réf :.....**

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Optimisation de la mise au point d'un  
fromage de vache affiné.**

Présenté par :

**Aiden Ouazna & Hamouche Saida**

Soutenu le : **12 Juin 2016**

Devant le jury composé de :

Mme. Adrar S.	MAA	Présidente
M. Moussi K.	MAA	Encadreur
Mme. Guendouze N.	MAA	Examinatrice

**Année universitaire : 2015 / 2016**

## *Dédicaces*

*A l'aide de notre dieu le tout puissant on a pu faire ce modeste travail que je dédie à :*

*A celle qui m'a comblé d'amour, de soutien et de tendresse. A vous mon signe de joie et de*

*bonheur, ma fierté et mon honneur : Ma Mère*

*A celui qui a sacrifié toute sa vie pour me guider et m'encourager avec ces précieux conseils et*

*son soutien tout au long de mes études : Mon père*

*A mon cher frère : Tarik*

*A mes adorables soeurs: Ouardia, Lewiza, Lamia et son mari Abdenour et leurs enfants :*

*Amel, Farah, Mohand*

*A ma chère grand-mère*

*A mon cher mari, Idir pour son aide précieuse et sa persévérance tout au long de mon projet*

*et toute sa famille.*

*Tous mes oncles, tantes, cousins, cousines*

*Pour leur soutien et encouragement, tout au long de mes études.*

*A mes meilleures amis : Latifa, Soura, Sabrina, Ghania, Hamida, sylvia, djohra, Messi*

*A ma très chère collègue Saida et toute sa famille*

*A tous ce qui me connaisse.*

*A Toute la Promotion M II SA.*

OUAZNA

## *Dédicaces*

*A l'aide de notre dieu le tout puissant on a pu faire ce modeste travail que je dédie ce travail:*

*A celle qui ma donné la vie et m'a comblé d'amour, de soutien et de tendresse. A vous mon  
signe de joie et de bonheur, ma fierté et mon honneur : Ma Mère*

*A celui qui a sacrifié toute sa vie pour me guider et m'encourager avec ces précieux conseils et  
son soutien tout au long de mes études : Mon père*

*A mes chers frères : Rachid, Yazid, Sofiane, Jigou, Massi*

*A mes adorables soeurs: Thiziri, Chames ,Souhila, Kahina et son mari Athman et sa  
fille :Yamina*

*A ma chère belle sœur : Tassadit et ces deux enfants : Salas, Ghilas*

*Tous mes oncles, tantes, cousins, cousines*

*Pour leur soutien et encouragement, tout au long de mes études.*

*A mes meilleurs amis : Souhila, Sabrina, Syla, Lynda, Soura, Sabrina, Ghania, Latifa, et  
tous mes amis sont exception*

*A ma très chère collègue Ouazena et toute sa famille*

*A tous ce qui me connaisse.*

*A Toute la Promotion M II SA.*

*Saida*

# Remerciement

*Avant tout nous remercions "Allah" tout puissant qui nous a donné*

*Le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail.*

*Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*Nous tenons à remercier notre promoteur: Mr Moussi K,*

*D'avoir accepté de nous encadrer. Nous le remercions aussi pour*

*Son aide, ses conseils, ses orientations et pour sa patience, sa disponibilité intellectuelle qui a*

*contribué à alimenter notre réflexion.*

*On désire aussi remercier toute e de notre Co-promoteur Mr RAHMOUN Y.*

*Et toute l'équipe et le directeur du laboratoire de recherche BBBS pour leurs précieuses*

*aides, leurs orientations et le temps qu'ils nous ont accordé durant cetravail.*

*Nous adressons nos plus vifs remerciements Mme ADERAR S. d'avoir*

*Accepter de présider le jury et à Mme GUENDOUIZE N. de nous avoir fait l'honneur*

*d'examinerNotre travail.*

*Nous remerciements s'adressent également à toute personne ayant*

*Participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, surtout M. MOUKRANI Lotfi*

*d'avoir met à notre disposition l'armoire d'affinage et le pasteurisateur.*

*Merci à tous et à toutes.*

*A la fin, on tient à remercier profondément toute l'équipe de département de Sciences*

*Alimentaires pour leurs aides et leurs orientations.*

*Merci*

## Liste des abréviations

**FAO** : Food and Agriculture Organization

**FTAM** : Flore totale aérobie mésophile

**JORA** : Journal Officiel République Algérienne

**MGES** : Matière grasse dans l'extrait sec

**MRS** : Man Rogosa et Sharp

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**ONS** : Office National des Statistiques.

**PCA** : Plate Count Agar

**PVC** : Polychlorure de vinyle

**TEFD** : teneur en eau dans le fromage dégraissé

**UFC** : Unité Formant Colonie

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Diagramme de classification des différents types de fromage.....	7
<b>Figure 2:</b> Pasteurisateur. ....	17
<b>Figure 3:</b> Préparation de la présure.....	17
<b>Figure 4 :</b> Tranchage de coagulum. ....	18
<b>Figure 5:</b> Brassage du caillé. ....	18
<b>Figure 6:</b> Récupération de caillé et de lactosérum.....	19
<b>Figure 7 :</b> Moulage du fromage. ....	19
<b>Figure 8 :</b> Egouttage des fromages. ....	19
<b>Figure 9:</b> Salage du fromage. ....	20
<b>Figure 10:</b> Affinage des Fromages. ....	20
<b>Figure 11 :</b> les surfaces de réponses pour le rendement. $X_1$ : température de cuisson, $X_2$ : le pressage, $X_3$ : la teneur en sel, $X_4$ : la durée d'affinage.....	26
<b>Figure 12:</b> La corrélation des valeurs prédites en fonction valeurs expérimentales. ....	27
<b>Figure 13 :</b> Profil de prédiction de rendement d'un fromage affiné, 1,5 correspond à 150 g et 1 à 10 %.....	27
<b>Figure 14:</b> Comparaison de nombre de la flore totale et lactique des fromages affinés. ....	29
<b>Figure 15 :</b> Les 5 fromages sélectionnés pour l'analyse sensorielle. ....	32
<b>Figure 16:</b> Corrélation des variables sensorielle des fromages fabriqués. ....	34
<b>Figure 17 :</b> Préférences générale du jury expert.....	34

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I</b> : Composition approximative du lait de vache .....	2
<b>Tableau II</b> : Classification des fromages en fonction de la consistance, de la teneur en matière grasse et les principales caractéristiques d'affinage A-6 .....	6
<b>Tableau III</b> : Valeur nutritionnelle des fromages. ....	6
<b>Tableau IV</b> : Matrice d'expérimentation pour l'optimisation de la fabrication d'un fromage affiné à pâte cuite. ....	16
<b>Tableau V</b> : Différents germes recherchés pour les fromages à pâte pressés cuite. ....	21
<b>Tableau VI</b> : Résultat des analyses microbiologiques de lait de vache. ....	23
<b>Tableau VII</b> : Paramètres de fabrication, le rendement et regroupement des échantillons de fromages. ....	24
<b>Tableau VIII</b> : Résultats des analyses microbiologiques du fromage. ....	28
<b>Tableau IX</b> : Valeurs moyenne des paramètres physico-chimique des fromages affinés.....	30
<b>Tableau X</b> : Les fromages sélectionnés pour l'analyse sensorielle.....	3

## Sommaire

Introduction .....	1
--------------------	---

### SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralité sur le lait .....	2
I.1. Définition .....	2
I.2. Composition chimique .....	2
I.3. Valeur nutritionnelle du lait de vache .....	3
II. Agents acidifiants et coagulants de lait .....	3
II.1. Levain mésophile.....	3
II.2. <i>Geotricum candidum</i> .....	3
II.3. Présure .....	3
II.3.1. Composition.....	4
II.3.2. Propriétés et mode d'action de la présure.....	4
III- Fromage .....	4
III.1. Historique .....	4
III .2. Définition .....	4
III.3. Classification des fromages.....	5
III.3.1. Classification officielle.....	5
III.3.2. Classification didactique.....	6
III.3. Valeur nutritionnelle des fromages. ....	6
III.4. Fromage à pâte pressée .....	7
III.4.1.Définition .....	7
IV. Le processus technologique de fabrication du fromage affiné à pate pressé cuite .....	8
IV.1. Préparation du lait .....	8
IV.2. Coagulation .....	8
IV.2.1. Coagulation par acidification .....	8
IV.2.2. Coagulation par voie enzymatique.....	9
IV.2.3. Coagulation mixte .....	9
IV.3. Décaillage.....	9
IV.4. Brassage .....	9
IV.5. Cuisson.....	9
IV.6. Moulage .....	10
IV.7. Pressage.....	10
IV.8. Egouttage .....	10
IV.9. Démoulage .....	10



IV.10. Salage .....	10
IV.11. Affinage .....	11

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **Matériel et méthodes**

I. Equipements.....	12
I.1. Equipements.....	12
II. Collecte du lait.....	13
II. 1. Analyse microbiologique.....	13
II. 1.1. Flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	13
II.1.2. Flore lactique (Bactérie lactique) .....	14
II. 1.3. <i>Staphylocoques aureus</i> .....	14
III. Application de l’approche d’un plan d’expérience pour l’optimisation de fabrication d’un fromage affiné à pâte cuite .....	14
III.1. Etapes de fabrication .....	17
III. Rendement et analyses des fromages .....	21
III.1. Rendement.....	21
III.2. Analyses microbiologiques .....	21
III.3. Analyses physico-chimiques .....	21
III.3.1. pH.....	21
III.3.2. Matière sèche.....	22
III.3.3. Humidité.....	22
III.4. Analyses sensorielles.....	22

### **Résultats et discussion**

I. Lait .....	23
I. Caractérisation microbiologique du lait.....	23
II. Application de l’approche d’un plan d’expérience pour l’optimisation de fabrication d’un fromage affiné à pâte cuite .....	24
II.1. Rendement et les analyses des fromages.....	24
II.1.1. Rendement .....	24
II.1.2. Analyses microbiologiques du fromage .....	28
II.1.3. Analyses physico-chimiques du fromage .....	30
II.2. Analyses sensorielles .....	32
Conclusion.....	35
Références bibliographiques	
Annexes	

# ***INTRODUCTION***

## Introduction

Le premier produit laitier fermenté daterait d'environ 8000 ans. Depuis lors, les hommes rapidement découvre comment provoquer, contrôler et développer la production du fromage à volonté. La fabrication du fromage été considéré depuis longtemps comme un art qu'est propre pour chaque fromage, et il est souvent difficile de reproduire les types de fromage dans un autre lieu et un autre temps. Aujourd'hui, la fabrication du fromage est une industrie importante, l'intention d'augmenter ses profits, de développer de nouveaux marchés et de présenter un produit de haute qualité pour les consommateurs est d'actualité. Il n'est donc pas surprenant que de nombreux scientifiques se sont impliqués dans l'étude de l'affinage du fromage (Dufour et al., 1996).

Aujourd'hui, Selon le F.A.O., 40 % du lait dans le monde est transformé en fromage, ce chiffre qui ne cesse d'augmenter d'année en année, en fait que l'industrie fromagère soit en tête des industries de transformation des laits. Selon cette même organisation, la production mondiale du fromage, a passé de 17,5 millions de tonnes en 2003, jusqu'à 25 millions de tonnes en 2011, voire une augmentation de 2 % par an. L'Algérie ne fait pas l'exception, en 2011, selon l'Office National des Statistiques (O.N.S.), près de 25 mille tonnes de fromages ont été vendu dans le marché Algérien (Zikiou, 2012).

Au cours des dernières décennies, les technologies de maturation du fromage ont reçu une attention croissante (Dufour et al., 1996). La maturation du fromage est un processus lent (Castillo et al., 2007), complexe et diversifié. En effet, la période d'affinage des fromages est diversifiée en fonction de leur type (quelques jours à plus de 2 ans) (Garbowska et al., 2016). L'intérêt est porté principalement sur la réduction de la période de maturation, afin de réduire le temps de stockage, les coûts et pour améliorer la saveur. De nombreuses stratégies ont été développées pour réduire la période de maturation (Dufour et al., 1996).

La présente étude est inscrite dans le cadre de l'application de l'approche d'un plan d'expérience pour l'optimisation de fabrication d'un fromage affiné à pâte cuite à partir du lait de vache cru, en variant la température de la cuisson, le pressage, le taux de sel et la durée d'affinage. Pour l'appréciation de la qualité des fromages affinés obtenus (60 fromages), des analyses microbiologiques (flore totale, flore lactique et *Staphylococcus aureus*) et physico-chimiques (rendement, pH, l'humidité et la matière sèche) ont été réalisées. En outre, une analyse sensorielle par un jury expert a été effectuée par l'évaluation de la couleur, l'odeur, le goût et la texture pour les fromages sélectionnés.

***SYNTHESE***  
***BIBLIOGRAPHIQUE***

## **I. Généralité sur le lait**

### **I.1. Définition**

Selon le congrès international de la répression des fraudes de 1909, le lait est le produit intégral de la traite totale interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum (Perrin, 1997).

Le lait est un substrat très riche fournissant à l'Homme et aux jeunes mammifères un aliment presque complet : protides, glucides, lipides, sels minéraux et vitamines sont présents à des concentrations tout à fait satisfaisantes pour la croissance et la multiplication cellulaire. Bien entendu les microorganismes existant dans notre environnement vont trouver dans le lait un substrat idéal pour leur développement. En effet, la présence de nombreux facteurs de croissance permettra de satisfaire de nombreuses espèces microbiennes exigeantes et difficiles à cultiver dans un milieu moins complet (Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997).

### **I.2. Composition chimique**

Le lait est un mélange liquide de nombreuses substances dont certains tels que le lactose et les caséines n'appartiennent qu'à lui. En effet, le lait est un produit complexe dont la composition en glucides, protéines, sels minéraux est remarquablement équilibré, par contre, il présente un déficit en fer assimilable, et contient peu de vitamine C (tableau I) (Alais et Linden, 1997).

**Tableau I :** Composition approximative du lait de vache (Walstra et al., 2005).

<b>Composants</b>	<b>Concentration moyenne (%)</b>	<b>Gamme de concentrations (%)</b>
Eau	87,1	85,3 - 88,7
Matière grasse	4	2,5 - 5,5
Matières sèches non grasse	8,9	7,9 - 10,0
Lactose	4	3,8 - 5,3
Protéines	63,3	2,3 - 4,4
Caséines	2,6	1,7 - 3,5
Protéines sériques	0,6	---
Substances azotées non protéiques	0,06	---
Substances minérales	0,7	0,57 - 0,83
Acides organiques	0,17	0,12 - 0,21
Constituants divers	0,15	-----

### **I.3. Valeur nutritionnelle du lait de vache**

Le lait et les œufs sont les seuls aliments complets connus à l'état naturel du fait qu'ils contiennent des quantités significatives des quelques 55 nutriments essentiels à la vie. En regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments ; on le considère donc comme un aliment de forte densité nutritionnelle. Le lait n'est cependant pas un aliment parfait, car il ne contient pas à l'état naturel des fibres et que son contenu en certains nutriments, dont le fer et la vitamine D, demeure relativement faible (Amiot et al., 2002).

Le lait est un aliment liquide, mais sa teneur en matière sèche (10 à 13 %) est proche de nombreux aliments solide. Sa valeur énergétique est de 700 Kcal/L, ses protéines possèdent une valeur nutritionnelle élevée en particulier la lactalbumine et la lactoglobuline (Kodio, 2005).

Le lait est une source de calcium, de phosphore, mais il contient par contre peu de fer, et de cuivre, peu d'acide ascorbique, de niacine et de vitamine D (Kodio, 2005).

## **II. Agents acidifiants et coagulants de lait**

### **II.1. Levain mésophile**

Un levain lactique mésophile constitué par un mélange de quatre souches appartenant aux espèces *Streptococcus lactis*, *S. diacetylactis* et *S. cremoris*. Ce levain est préparé sur un lait écrémé autoclavé et ajouté au lait de fabrication à la dose de 0,06 % au moment du remplissage de la cuve de fabrication, c'est-à-dire environ 30 à 45 mn avant l'emprésurage (Accolas et al., 1978).

### **II.2. *Geotrichum candidum***

C'est la moisissure responsable du revêtement blanchâtre de la plupart des fromages. Elle contribue à la formation de la saveur et de l'arôme du fromage. Il joue un rôle important dans l'affinage des fromages, le *Geotrichum* s'installe très rapidement à la surface des fromages facilitant ainsi l'implantation de *Penicillium* (Gauzere, 2009).

### **II.3. Présure**

La présure est une enzyme protéolytique, extraite de la quatrième poche de l'estomac des jeunes ruminants nourris exclusivement au lait (avant servage) (Ramet, 1997b). Elle est traditionnellement à la base de la fabrication des fromages (Lefief-Delcourt, 2014). La dénomination présure est réservée à l'extrait coagulant provenant de la caillette du jeune veau

([Ramet, 1985](#)), elle est sécrétée sous une forme inactive à l'état de pro-présure ([Cherkat, 1967](#)).

### **II.3.1. Composition**

Elle est constituée de deux enzymes principales, la chymosine et la pepsine, dont la proportion varie selon l'âge de l'animal ([Collin, 2015](#)).

### **II.3.2. Propriétés et mode d'action de la présure**

La chymosine et la pepsine sont des holoprotéines dont le poids moléculaire est environ de 30000 D ; ce sont des endoprotéase qui ont une double action sur la caséine :

- Elles ont une activité élevée et spécifique sur la caséine kappa qui conduit à la libération du caséinomacropéptide et à la déstabilisation micellaire.
- Elles ont une activité faible de protéolyse générale sur les autres fractions de la caséine qui intervient dès la mise en coagulation et se poursuit pendant l'affinage du fromage ([Ramet, 1997b](#)).

## **III- Fromage**

### **III.1. Historique**

Non seulement le lait se consomme à l'état nature, il peut également subir différentes biotransformations qui contribuent à élargir considérablement ses qualités sensorielles et nutritionnelles. L'un des dérivés de ces transformations est le fromage, de l'ancien français «<fromage>> (du latin *formaticus*, c'est-à-dire fait dans une forme). ([St-Gelais et Tirard-Collet, 2002](#)).

La première occurrence de l'utilisation d'un fromage comme aliment est inconnue. Les ethnologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte, sur les rives du lac Neuchâtel, de moules à cailler datant de 5000 ans av. J.-C. Cependant, l'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine. On s'entend pour dire que le fromage serait originaire du Sud-Ouest asiatique et datait d'environ 8000 ans. Les Romains auraient stimulé le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 av. J.-C. et 300 apr. J.-C. Leur influence s'est reflétée dans l'étymologie : en effet, le mot latin *caseus*, signifiant fromage, est la racine qui donnera le mot caséine en français, le nom qui désigne les protéines coagulables du lait ([St-Gelais et Tirard-Collet, 2002](#)).

### **III .2. Définition**

Le fromage est défini par le décret n° 88-1206 du 30 décembre 1988 de la manière suivante : « La dénomination « fromage » 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 et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse (Zeller, 1980).

Le fromage, selon la norme codex, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséines ne dépasse pas celui du lait .On obtient le fromage par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation ; on peut aussi faire appel à des techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ayant les caractéristiques physiques, chimiques et sensorielles similaires à celles de la définition précédente (FAO, 1978; St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

Le fromage affiné est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation peu après sa fabrication, mais qu'on doit maintenir pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage. Le fromage affiné aux moisissures est un fromage dont l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques, dans la masse sur la surface du fromage. Le fromage non affiné, dont le fromage frais, est un fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

### **III.3. Classification des fromages**

La grande diversité des fromages rend leur classification difficile. Cette dernière est d'autant plus compliquée à établir que les caractères sur les quels pourraient se fonder une classification s'entremettent (Mietton et al., 1994).

Le regroupement des fromages en famille dépend des auteurs ou des législations propres à chaque pays (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

#### **II.3.1. Classification officielle**

La norme internationale A-6 (FAO/OMS, 1978, modifiée en 1990) permet de classer les fromages en fonction de leur teneur en eau dans le fromage dégraissé (TEFD : teneur en eau dans le fromage dégraissé), leur teneur en matière grasse sur la matière sèche (MGES :



matière grasse dans l'extrait sec) et les principales caractéristiques d'affinage (**tableau II**) (FAO, 1998).

**Tableau II:** Classification des fromages en fonction de la consistance, de la teneur en matière grasse et les principales caractéristiques d'affinage **A-6** (FAO, 1998).

Formule I		Formule II		Formule III
TEFD (%)	Le premier élément de la dénomination sera:	MGES(%)	Le second élément de la dénomination sera :	D'après les principales caractéristiques d'affinage :
<51	Pâte extra dure	>60	Extra	1. Affiné.
49-56	Pâte dure	45-60	Tout gras	a. Principalement en surface.
54-63	Pâte demi-dure	25-45	Mi- gras	b. Principalement en masse.
61-69	Pâte demi-molle	10-25	Quart-gras	2. Affiné aux moisissures.
>67	Pâte molle	<10	Maigre	a. Principalement en surface. b. Principalement en masse. 3. Frais.

### II.3.2. Classification didactique

Selon le processus de fabrication : égouttage, affinage, il existe divers types de fromages qui sont représentés dans la **figure 1**.

### III.3. Valeur nutritionnelle des fromages.

La valeur nutritionnelle de divers fromages est illustrée dans le **tableau III**.

**Tableau III :** Valeur nutritionnelle des fromages (Mahaut et al., 2000).

Fromages	Protéines (%)	Lipides (%)	Ca <sup>++</sup> (g.kg-1) Valeur	Energétique (kj.100 g <sup>-1</sup> )
Fromage frais	10	0 à 9	1.0 à 1.6	2000 à 6500
Pâte molle	20	20 à 28	1.5 à 3.8	11000 à 15000
Pâte pressée non cuite	24 à 27	24 à 29	6.5 à 8.6	13500 à 16000
Pâte pressée cuite	27 à 29	28 à 30	9.0 à 11.0	16500 à 17000
Pâte persillée	20	27 à 32	7.2 à 8.7	17500

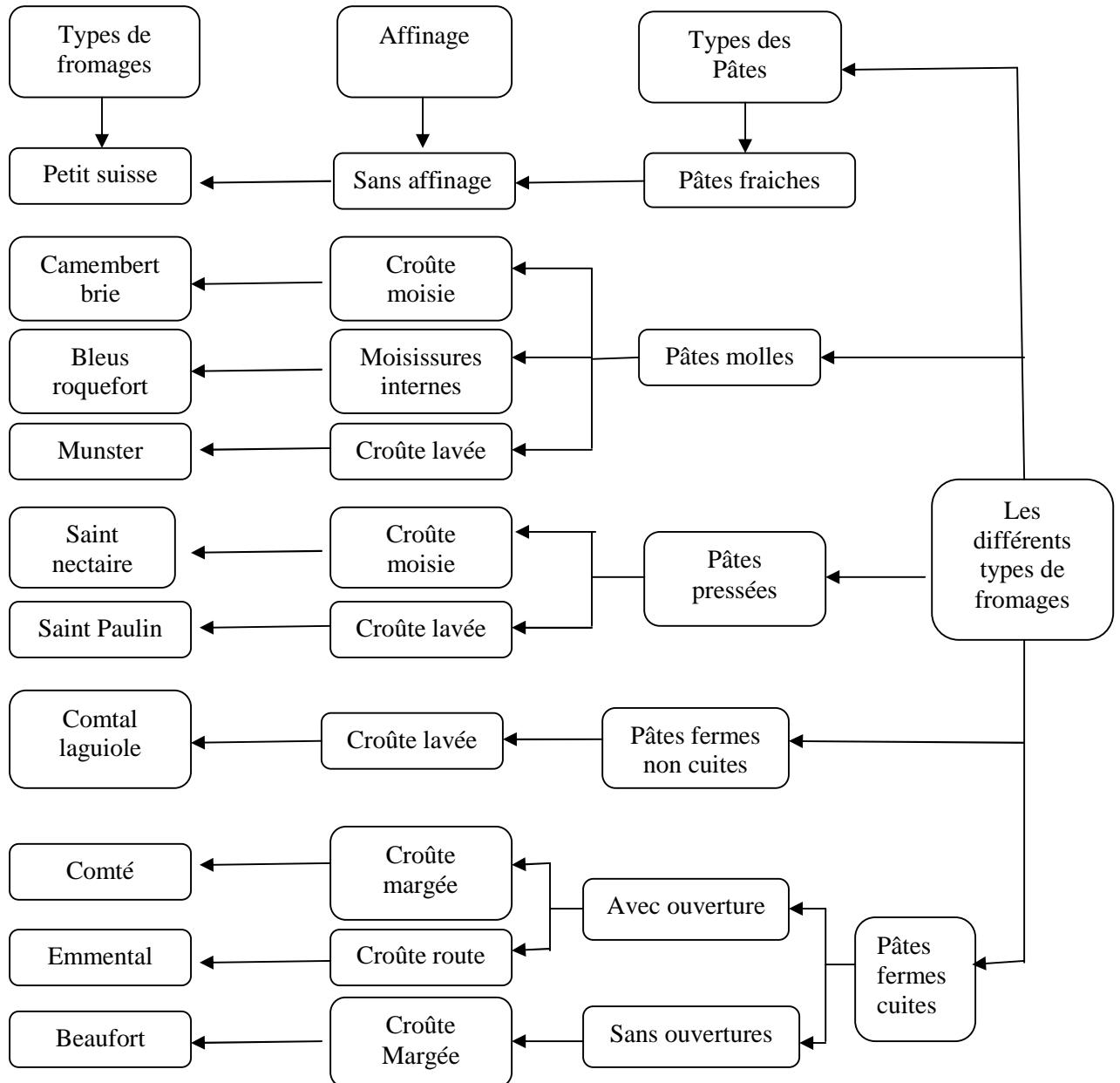


Figure 1 : Diagramme de classification des différents types de fromage (Cuvillier, 2007).

### III.4. Fromage à pâte pressée

#### III.4.1. Définition

Le fromage correspond à une véritable conserve alimentaire, obtenue grâce au jeu croisé de l'élimination plus au moins poussée de l'eau du lait et de la récupération des matières sèches. Selon les paramètres mis en œuvre au niveau des différentes étapes de transformation du lait en fromage, une grande variété de produits peut être obtenue (figure 1) (Cuvillier, 2007).

Les fromages à pâte pressée se divisent en deux sous-familles :

- **Les pâtes pressées non cuites** : ne subissent pas de chauffage ou cuisson lors de brassage en cuve. Une majorité de fromages (morbier, raclette, gouda, édam, cantal et cheddar) est à croûte sèche ; certains sont affinés avec des flores fongiques (saint-nectaire et tommes), des flores Morge (saint-paulin, raclette et morbier) (Ramet, 1997c).
- **Les pâtes pressées cuites** subissent un égouttage en cuve plus poussé par cuisson à 52-55 °C pendant 30 à 60 mn, qui permet d'amener l'extrait sec final entre 60 et 63%. Il existe deux catégories de pâtes cuites : le groupe d'Emmental qui se caractérise par des fromages de gros formats (65 à 110 Kg), à croûte sèche ; la fermentation propénoïque est développée (trous de 15 à 25 mm) et les faces sont bombées. Le second groupe est celui de Gruyère ou se rangent le Comté, le Beaufort pour la France et le fromage de Jura et de Fribourg pour la Suisse ; ces fromages sont de format plus réduit (25 à 55 Kg) ; la fermentation propénoïque est nulle ou faible (trous de 8 à 10), les faces sont plates et couvertes d'une Morge (Ramet, 1997c).

## IV. Le processus technologique de fabrication du fromage affiné à pâte pressé cuit

### IV.1. Préparation du lait

Tous les laits n'ont pas la même aptitude à la transformation en fromage, par ce qu'ils sont plus ou moins riches en protéines responsables de la coagulation ou en nutriments nécessaires aux bactéries lactiques (Mietton et al., 1994).

Le lait cru utilisé pour la préparation du fromage à pâte cuite subit un traitement thermique (thermisation) pour avoir un produit homogène répondant aux normes de qualité.

### IV.2. Coagulation

La coagulation du lait est une étape importante de la préparation du fromage. Il s'agit de la transformation du lait liquide en un gel, appelé aussi coagulum ou caillé qui, après un certain nombre de transformations, deviendra un fromage (Boudjenah-Haroun, 2012).

#### IV.2.1. Coagulation par acidification

Le mécanisme de la coagulation acide est de nature électrochimique (Ramet, 1985). Elle est provoquée par la flore lactique qui transforme le lactose en acide lactique (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

### **IV.2.2. Coagulation par voie enzymatique**

Plusieurs enzymes protéolytiques d'origine animale (présure, pepsine...), végétales (broméline, ficine, chardon...) ou microbiennes (enzymes de certaines moisissures ou de bactéries) ont la propriété de coaguler les caséines du lait. Cependant, en France, seule la présure est utilisée dans l'industrie fromagère ([St-Gelais et Tirard-Collet, 2002](#)).

### **IV.2.3. Coagulation mixte**

Résultat de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification lactique. Dans la pratique industrielle, un gel mixte peut être obtenu selon deux techniques:

- Soit emprésurant un lait au cours de l'acidification, la coagulation est alors généralement, plus rapide et le gel ainsi obtenu offre des caractères intermédiaires entre un gel présure et un gel lactique.
- Soit en laissant s'acidifier naturellement un caillé emprésuré, ce qui permet à ce dernier d'acquies progressivement les caractères lactiques ([Ramet, 1997a](#)).

### **IV.3. Décaillage**

Cette étape vise à transformer le caillé en grains à l'aide d'une tranche caillé, afin de permettre au lactosérum de s'échapper ; la taille des grains préconisée est celle d'un grain de riz à celle d'un grain de maïs (1,5-2 cm<sup>3</sup>) ([Botton et al., 1990](#)).

### **IV.4. Brassage**

Consiste à agiter modérément dans le lactosérum les grains de caillé obtenus lors de tranchage (un à deux selon la synérèse), afin de maintenir libres les surfaces d'exsudation créées par le découpage. A l'état statique, ces grains ont une tendance marquée à se ressouder spontanément d'où une inhibition de l'expulsion du lactosérum. Pour les coagulums à prédominance lactique qui possèdent une faible propension à la repolymérisation, le brassage est facultatif et se pratique de manière discontinue. Au contraire, lorsque le caractère s'accroît (pâtes pressées et dures), les fragments du gel possèdent une forte tendance à la reprise en masse, le brassage doit être réalisée obligatoirement de manière continue et avec une intensité élevée en raison de leur densité accentuée ([Ramet, 1985](#)).

### **IV.5. Cuisson**

Après coagulation du lait par la présure, le caillé est divisé, brassé puis chauffé à 50-55°C pendant une à deux heures dans le petit-lait. Cette cuisson favorise la séparation du lactosérum et l'obtention ultérieure des fromages à matière sèche élevée ([Favier et al., 1984](#)).

### **IV.6. Moulage**

Le moulage a pour but d'éliminer les dernières portions du sérum inter granulaire, et cela se fait en subissant au fromage plusieurs retournement et de donner au fromage sa forme définitive (Ramet, 1985).

### **IV.7. Pressage**

Initialement, les fromages étaient pressés pendant 15 à 20 h avec retournements. Actuellement la durée du pressage est considérablement réduite, à quelques heures.

Le pressage a pour le but d'évacuer les dernières portions de sérum inter-granulaire subsistant la masse fraîchement séparée du lactosérum et de donner au fromage sa forme définitive. Le pressage s'effectue en appliquant une pression transfert des grains dans un contenant adapté (toile ou moule ou cuve). Au plan fondamental, la physique du pressage a été très peu étudiée (Ramet, 1997a).

### **IV.8. Egouttage**

L'égouttage est un phénomène complexe et ses mécanismes sont encore peu connus. Cependant, il est généralement admis que l'égouttage résulte à la fois d'un processus physique actif appelé la synérèse, qui correspond à la rétraction du gel, et d'un processus passif correspondant à l'aptitude du gel à évacuer le lactosérum occlus, qui dépend de la porosité et de la perméabilité du gel (Walstra et al., 1985). Ce phénomène aboutit à une concentration sélective de certains constituants majeurs du lait (caséines et matière grasse) dans un petit volume, appelé caillé (Ramet, 1997a). L'essentiel du lactosérum est éliminé pendant le travail en cuve par l'application d'un ensemble de traitements physique (tranchage, brassage, chauffage facultatif) et d'une acidification limitée qui améliore la perméabilité du gel. La durée d'égouttage en cuve est comprise en général entre 30 et 90 minutes selon le type de fromage (Ramet, 1997c).

### **IV.9. Démoulage**

Les pièces de fromage sont démoulées lorsque le caillé a atteint un pH de 4,8 à 4,9 et une humidité de 58% à 60 % (Luquet, 1990).

### **IV.10. Salage**

Le salage du fromage est l'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium qui joue un rôle multiple, selon Bertrand (1988) :

- Il contribue à achever l'égouttage et facilite ainsi la formation de la texture de la pâte, en particulier au niveau de la croûte, souvent plus salée et plus déshydratée que la pâte.
- Il joue un rôle important dans l'affinage, par son rôle dépresseur sur l'activité de l'eau, il constitue alors un facteur de sélection des populations microbiennes et modifie les activités enzymatique.
- Il apporte au fromage son goût salé.

Le salage est réalisé, essentiellement avec du chlorure de sodium, selon deux méthodes d'après [Payne et Morrison \(1999\)](#) et [Simal et al. \(2001\)](#) :

- salage à sec par saupoudrage superficiel, frottage ou incorporation dans la masse du caillé.
- Salage en saumure par immersion dans une solution de chlorure de sodium saturée.

Les cinétiques de transfert du sel au moment du saumurage sont dépendantes de la perméabilité, du rapport surface/volume, du pH du caillé, également de la température et de l'agitation de la saumure.

### IV.11. Affinage

L'affinage est une phase de digestion enzymatique des composants du caillé. Les modifications biochimiques confèrent au caillé des caractères nouveaux que ce soit au niveau de la texture ou de la flaveur des fromages. La pâte, à l'origine relativement dure, compacte, sans grande saveur, est modifiée dans sa composition, sa structure et, par suite, dans son aspect, sa consistance et sa couleur. Les principales transformations sont la fermentation du lactose en acide lactique, la dégradation de la matière grasse et l'hydrolyse des protéines ([Choisy et al., 1997](#)).

***PARTIE***  
***EXPERIMENTALE***

***MATERIEL ET  
METHODES***



Le travail a été réalisé au niveau du laboratoire de recherche Biomathématique, Biophysique, Biochimique, Scientométrie (BBBS) à l'Université Abderrahmane MIRA de Bejaia, ce travail est réparti en quatre étapes:

- Production de fromage affiné à pâte cuite-pressée
- Analyse physico-chimique du produit fini (fromage affiné).
- Analyse microbiologique du lait et de produit fini.
- Analyse sensorielle de produit fini (fromage).

## I. Equipements

### I.1. Equipements

#### a. Pasteurisateur

Un schéma de la conception du pasteurisateur utilisé :

Avec :

- (1) : Thermorégulateur.
- (2) : Résistance de chauffage.
- (3) : Data-logger.
- (4) : Pompe hydraulique.
- (5) : Vane bac intérieur.
- (6) : Moteur compresseur.
- (7) : Thermorégulateur.
- (8) : Conteneur du fluide de chauffage.
- (9) : Conteneur du lait.
- (10) : Bac de refroidissement.
- (11) : Vane de vidange.

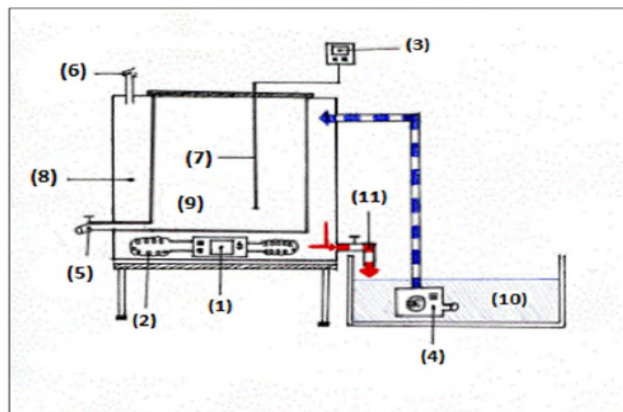


Schéma de dispositif de pasteurisation.

#### b. Armoire d'affinage (hâloir) : la conception de l'armoire d'affinage (hâloir) utilisée.

Avec :

- (1) : Hygrorégulateur.
- (2) : Humidificateur ultrasons.
- (3) : Ventilateur.
- (4) : Canalisation d'aire.
- (5) : Transformateur.
- (6) : Moteur compresseur.
- (7) : Thermorégulateur.
- (8) : Evaporateur.
- (9) : Conduite de gaz réfrigérant.
- (10) : Ambiance de régulation.
- (11) : Air déshumidifié.
- (12) : Air chaud.
- (13) : Air refroidie.
- (14) : Air humidifié.
- (15) : Eau atomisée.

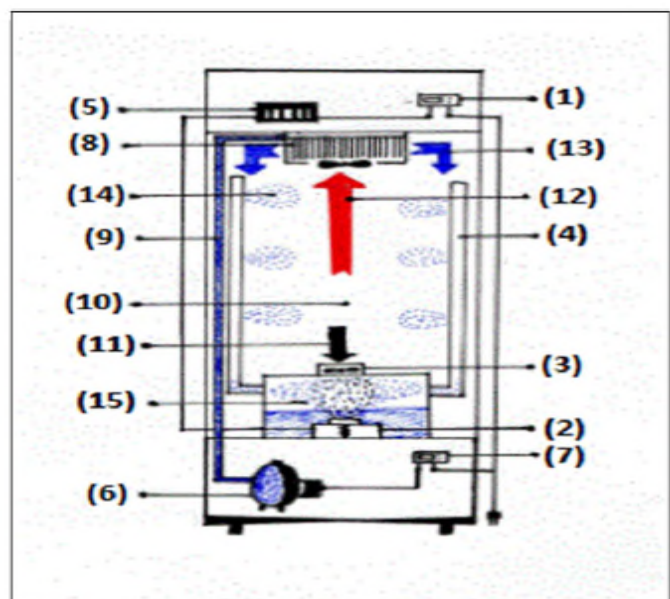


Schéma de l'armoire d'affinage (hâloir).

- c. Bacs de coagulation:** sont des bacs en PVC alimentaire de 10 litres avec couvercle.
- d. Tranche caillé :** Un fil en plastique alimentaire en forme de U.
- e. Moules :** Des moules en Plastique alimentaire à fond arrondi d'une capacité de 750 ml avec une perforation intercalaire de 2.5 cm entre un trou et un autre.
- f. Couteau :** Un couteau de tranchage en inox alimentaire à fine lame.
- g. Louche :** en inox alimentaire qui sert à remplir les moules avec du Caillé et pour récupérer aussi le sérum.
- h. Passoire de pré égouttage :** Passoire tout inox (en acier inoxydable) alimentaire de diamètre 10 cm avec perforation de 2 mm.
- i. Fouet :** en plastique alimentaire qui sert à brasser le coagulum.
- j. Flacon et disque en bois :** en verre qui sert a pressé le caillé.

## **II. Collecte du lait**

Le lait cru de vache utilisé est un mélange de la traite de 8 vaches, qui provient du village Ait Malek (Acif Alhemam, Adekar, Bejaia). La collecte du lait a été réalisée chaque jours à 7 h du matin pendant dix jours, les échantillons ont été transportés directement au laboratoire et utilisés fraîchement pour la préparation du fromage.

### **II. 1. Analyse microbiologique**

Pour les analyses microbiologiques, 10 ml de chaque échantillon de lait ont été ajoutés stérilement dans un flacon à 90 ml de Tryptone-sel (solution mère). A partir de cette dernière les dilutions  $10^{-1}$  - $10^{-7}$  on été préparés. Voir annexe II pour la composition des milieux utilisés.

#### **II. 1.1. Flore totale aérobie mésophile (FTAM)**

Les microorganismes aérobies et aérobies anaérobies facultatifs se développent dans un milieu nutritif gélosé incubé à 30 °C pendant 48 heures. Ils apparaissent sous forme de colonies de tailles et de formes différentes. Cette flore est significative du degré de contamination et de l'état de fraîcheur du lait ([Bouton et Grappin, 1995](#)).

La recherche de la flore totale aérobie mésophile a été réalisée par ensemencement dans la masse, par introduction aseptiquement de 1 ml de chaque des dilutions de  $10^{-5}$  –  $10^{-7}$  séparément au fond d'une boîte de Pétri et en utilisant le milieu PCA (Plate Count Agar) en surfusion. Après solidification les boîtes ont été incubées à 30 °C pendant 48 h ([Mbawala et al., 2010](#)). Les analyses ont été réalisées en double pour chaque dilution.

### II.1.2. Flore lactique (Bactérie lactique)

Elle est constituée essentiellement des genres *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus* et *Leuconostoc*. Leur recherche est importante car ce sont des germes utiles dans l'affinage. Leur quantification permet le suivi de la maturation du fromage. Leur dénombrement repose sur l'utilisation d'un milieu spécifique MRS (Man Rogosa et Sharp, pH 6,5). L'incubation a lieu à 37 °C pendant 48 heures .

La recherche de la flore lactique a été réalisée par ensemencement dans la masse, par introduction aseptiquement de 1 ml de chaque des dilutions de  $10^{-5}$  –  $10^{-7}$  séparément au fond d'une boîte de Pétri et en utilisant le milieu MRS (Man Rogosa et Sharp, pH 6,5) en surfusion. Après solidification les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 48 h . Les analyses ont été réalisées en double pour chaque dilution.

### II. 1.3. *Staphylocoques aureus*

*S. aureus* est une coque à coloration de Gram positive. Il mesure de 0,5 à 1µm de diamètre, sporulé, immobile, anaérobie facultatif et possède une catalase et une coagulase.

Les staphylocoques sont des agents pathogènes opportunistes importants, qui affectent la santé humaine et animale. *Staphylococcus aureus* est depuis longtemps reconnu comme un agent pathogène dans de nombreuses maladies (Bodenstein et Toit, 2012). En outre, *S. aureus* synthétise une toxine thermostable qu'elle libère dans les aliments humides. En effet, cette espèce est recherchée dans le lait et le fromage, en utilisant le milieu Baird Parker (Brisabois et al., 1997).

La recherche de *S. aureus* a été réalisée par ensemencement dans la masse, par introduction aseptiquement de 1 ml de chaque des dilutions de  $10^{-1}$  –  $10^{-2}$  séparément au fond d'une boîte de Pétri et en utilisant le milieu Baird Parker en surfusion (additionné d'une solution de jaune d'œuf et de sulfite de sodium). Après solidification les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 48 h. Les analyses ont été réalisées en double pour chaque dilution. *Staphylococcus aureus* donne des colonies noires avec halo clair (Aggad et al., 2009).

## III. Application de l'approche d'un plan d'expérience pour l'optimisation de fabrication d'un fromage affiné à pâte cuite

Les plans d'expériences permettent d'organiser au mieux les essais qui accompagnent une recherche scientifique ou des études industrielles. Ils sont applicables de manière à déterminer un minimum d'essais avec un maximum de précision sur l'influence de multiples paramètres sur une ou plusieurs réponses (Goupy, 2006). Le plan d'expérience est une

méthodologie qui adopte des surfaces de réponse qui servent à la modélisation et l'analyse du problème dans lequel la réponse d'intérêt est influencée par plusieurs variables, dont l'objectif est d'optimiser cette réponse (Kaur et al., 2008).

Dans beaucoup de cas le but d'un plan d'expérience est d'optimiser ou de réaliser une valeur souhaitable de la réponse. Supposer que le système ou le processus implique une réponse  $Y$  qui dépend des facteurs  $X_1, X_2 \dots$  par fonction inconnue  $f$  (c.-à-d.  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ ). La méthodologie et les conceptions de réponse visent la recherche et l'approximation de la fonction inconnue  $f$  utilisant l'expérimentation, la modélisation et l'analyse de données. La première phase d'expériences est d'effectuer un procédé de dépistage en adaptant un modèle linéaire de premier ordre aux données. Habituellement, le modèle utilisé est de la forme suivante (Labb et al., 2006):

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_j + E$$

$Y$  : est la réponse (la grandeur d'intérêt),  $X_j$  : sont les variables,  $\beta_0$  et  $\beta_j$  : sont les coefficients de polynôme et  $E$  : l'erreur (Dahmoune et al., 2013).

La présente étude a employé un plan factoriel du premier ordre (JMP), en utilisant 20 combinaisons (Tests). L'effet des variables testées sont, la température de cuisson, le pressage, le taux de sel et la durée d'affinage. Les gammes étudiées étaient de 35 à 45 °C et 0 à 300 g pour la force de pressage ; de 10, 15 et 20 % pour le taux de sel ; de 10, 20 et 30 jours pour la durée d'affinage (Ramet et J.Scher, 2006).

L'optimisation de la formule de production d'un fromage affiné à pâte cuite-pressée a été étudiée à l'aide d'un plan d'expérience factoriel complet à quatre facteurs ( $X_1, X_2, X_3$  et  $X_4$ ). Les facteurs modélisant le système sont représentés dans tableau IV et réalisés en triple.

**Tableau IV** : Matrice d'expérimentation pour l'optimisation de la fabrication d'un fromage affiné à pâte cuite.

	Combinaison	Cuisson (°C) (X <sub>1</sub> )	Pressage (g) (X <sub>2</sub> )	Nacl (%) (X <sub>3</sub> )	Affinage (j) (X <sub>4</sub> )
1	----+	35	300	10	30
2	++++	45	300	10	30
3	+++--	45	300	20	10
4	----+	35	0	10	30
5	---+-	35	0	20	10
6	----+	35	0	20	30
7	++---	45	300	10	10
8	+----	45	0	20	30
9	0	40	150	15	20
10	-----	35	0	10	10
11	++++	45	0	10	30
12	---+-	35	300	20	10
13	----+	35	300	10	10
14	0	40	150	15	20
15	----+	35	300	20	30
16	0	40	150	15	20
17	+---+	45	0	20	10
18	0	40	150	15	20
19	-----	45	0	10	10
20	++++	45	300	20	30

### **III.1. Etapes de fabrication**

La présure utilisée est de marque CHR Hausen (France), d'origine bovine d'une force de 1/1000000. Elle est composée de la pepsine et de chymosine.

Les fromages à pâte cuite-pressée se définissent par la technologie de leur fabrication et un certain nombre des caractéristiques (Favier *et al.*, 1984).

Le résumé de la fabrication du fromage affiné à pâte cuite-pressée est présenté dans l'annexe III.

#### **a. Préparation du lait**

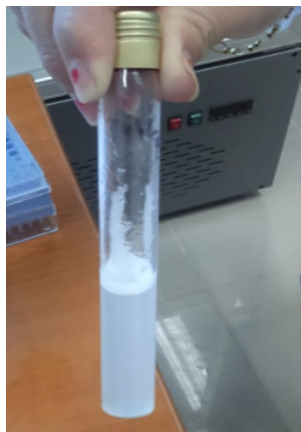
Le lait a été mis dans le bac de pasteurisation (**figure 2**) etensemencé avec 0,25 g de ferment mésophile (DANSCO, France), suivi de chauffage à la température de 35 °C et de maturation pendant quelque minute pour avoir un pH d'emprésurage 6,3.



**Figure 2** : Pasteurisateur.

#### **b. Préparation de la présure**

2 g de la poudre de la présure ont été introduite dans 10 ml de l'eau minérale, suivi d'agitation au Vortex (**figure 3**).



**Figure 3** : Préparation de la présure.

**c. Emprésurage**

Après maturation, pour 10 L de lait, 3 mL de la présure ont été ajoutés à une température stable de 35°C.

**d. Caillage**

Le caillage du lait (coagulation enzymatique) est obtenu au bout de 15 min à 30 min.

**e. Décaillage**

Après le raffermissement, le découpage du caillé est effectué à l'aide d'une spatule en plastique pour obtenir des mailles uniformes (**figure 4**), pour faciliter l'égouttage. Cette étape permet de séparer un maximum de lactosérum du caillé.



**Figure 4 :** Tranchage du coagulum.

**f. Brassage et Cuisson**

Le brassage consiste à agiter modérément dans le lactosérum les grains de caillé obtenus lors de tranchage pendant 15 à 30 min à l'aide d'un fouet en inox, afin de maintenir libres les surfaces d'exsudation créées par le découpage. La taille des grains préconisée est celle d'un grain de riz. La cuisson se fait au même temps que le brassage (**figure 5**) séparément à 35, 40 et 45 °C pendant 30 min respectivement pour chaque échantillon (**tableau IV**).



**Figure 5 :** Brassage du caillé.

**h. Pré-égouttage et pressage**

Consiste à séparer le lactosérum et le caillé à l'aide d'une passoire en acier inoxydable qui facilite la récupération du lactosérum. Une fois ce dernier est éliminé le caillé est récupéré et subi un pressage manuel (**figure 6**).



**Figure 6 :** Récupération de caillé et de lactosérum.

**g. Moulage**

Le caillé est versé dans des moules en plastique cylindriques à l'aide d'une louche en inox alimentaire, en évitant de briser le caillé (**figure 7**).



**Figure 7 :** Moulage du fromage

**i. Egouttage et retournement**

L'égouttage consiste à laisser le coagulum à une température de 12 °C dans l'armoire d'affinage (hâloir) et de le retourner une seule fois après 4 h pour favoriser la synérèse (**figure 8**).



**Figure 8 :** Egouttage des fromages.



**f. Démoulage et salage**

Après 24 h d'égouttage, un démoulage est réalisé et le produit (fromage) subi le salage par saumurage (**tableau IV**) pendant 1 h.



**Figure 9** : Salage du fromage

**j. Affinage**

Après salage, le fromage estensemencé par le *Geotricum candidum*, ainsi les fromages sont entreposés sur des claies dans la chambre d'affinage à une température d'affinage (12 °C) et 92 % d'humidité relative pendant 10, 20 et 30 jours respectivement pour trois échantillons de 20 fromages en triple (60 fromages au total). En outre, un retournement est réalisé chaque 3 jours, afin d'assurer une croissance homogène des ferments fongiques sur toute la surface du fromage.



**Figure 10** : Affinage des Fromages.

### III. Rendement et analyses des fromages

#### III.1. Rendement

Le rendement fromager est une des données les plus importantes pour une fromagerie. En effet, la quantité de fromage généralement obtenue est faible par rapport à la quantité d'ingrédients mis en œuvre (il faut environ 100 Kg de lait pour obtenir 10 à 12 kg de fromage).

Le rendement global fromager, en pourcentage, est calculé par la méthode de [St-Gelais et Tirard-Collet \(2002\)](#), qu'est défini comme le rapport entre la masse du fromage et la masse du lait utilisée.

$$R(\%) = \frac{F}{L} \times 100$$

**R** : Rendement (%) ; **F** : Masse de fromage obtenue ; **L** : Masse de lait utilisé en gramme.

#### III.2. Analyses microbiologiques

La solution mère a été obtenue en mélangeant 10 grammes du fromage dans des sachets Stomacher avec 90 ml de tryptone-sel. Les échantillons ont été bien homogénéisés par dissolution manuelle.

Le Tableau V présente les analyses microbiologiques effectuées et ont été réalisées de la même manière citée en haut.

**Tableau V** : Différents germes recherchés pour les fromages à pâte pressés cuite.

Les Germes recherché	Milieu de culture	Température	Temps d'incubation
Flor totale	PCA	30°C	48h
Flor lactique	MRS	37°C	48h
<i>Staphylococcus aureus</i>	Baird Parker	37°C	48h

#### III.3. Analyses physico-chimiques

##### III.3.1. pH

La mesure du pH renseigne sur le niveau de la production de l'acide lactique par les microorganismes au cours de l'affinage du fromage. Pour tous les échantillons collectés, le

pH a été mesuré au moyen d'un pH-mètre (Sboui et al., 2010). La mesure du pH a été réalisée par l'introduction directe de la sonde dans la masse du fromage (OECD, 2005).

### III.3.2. Matière sèche

La matière sèche est l'un des paramètres les plus importants pour la caractérisation et la classification des fromages. La méthode consiste à mettre 3 g du fromage dans un creuset en céramique et l'ensemble est placée à l'étuve à une température de 103 °C jusqu'à une masse constante (OECD, 2005).

La moyenne est exprimée par la formule suivante :

$$MS (\%) = \frac{(M_f - M_o)}{3g} \times 100$$

**M<sub>f</sub>**: Masse de l'échantillon incinéré + la masse du creuse ; **M<sub>o</sub>**: Masse du creuse à vide.

### III.3.3. Humidité

L'humidité ou la teneur en eau d'un fromage est la différence entre le poids d'un échantillon de fromage et sa matière sèche obtenue à 103 °C (OECD, 2005).

$$\text{Humidité (\%)} = 100 - MS$$

**M<sub>s</sub>**: Taux de la matière sèche.

### III.4. Analyses sensorielles

L'évaluation sensorielle est un ensemble de techniques et de pratiques qui visent à mesurer et interpréter de façon systématique les perceptions de l'Homme (Kergoat, 2010). En effet, la qualité sensorielle des fromages dépend d'un grand nombre de facteurs, liés à la fois à la technologie de fabrication et aux caractéristiques chimiques et microbiologiques de la matière première (Coulon et al., 2005).

Dans la présente étude, l'analyse repose sur la dégustation des fromages, en choisissant un panel de 8 dégustateurs (experts). L'analyse a été réalisée par la mise à la disponibilité des experts 8 échantillons de fromages des trois durées d'affinage (10, 20 et 30 jours) qui présentent le meilleure rendement. L'évaluation a été effectuée par le remplissage d'un questionnaire établi sur les critères de couleur, d'odeur, le goût et de la texture (annexe IV). Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant XLSTAT.

	Amertume	Arière gout	Couleur	Dureté	Gout acide	goût salé	odeur	Fermeté	préférence
Amertume	1	0,867	0,262	0,518	-0,143	-0,069	<b>0,904</b>	0,413	<b>0,893</b>
Arière gout	0,867	1	0,378	0,217	0,229	-0,051	<b>0,947</b>	0,556	0,771
Couleur	0,262	0,378	1	-0,363	-0,410	0,672	0,121	-0,414	0,632
Dureté	0,518	0,217	-0,363	1	-0,312	-0,733	0,322	0,046	0,228
Gout acide	-0,143	0,229	-0,410	-0,312	1	-0,283	0,290	0,783	-0,382
goût salé	-0,069	-0,051	0,672	-0,733	-0,283	1	-0,138	-0,265	0,338
odeur	<b>0,904</b>	<b>0,947</b>	0,121	0,322	0,290	-0,138	1	0,728	0,719
Fermeté	0,413	0,556	-0,414	0,046	0,783	-0,265	0,728	1	0,107
préférence	<b>0,893</b>	0,771	0,632	0,228	-0,382	0,338	0,719	0,107	1

*En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil  $\alpha=0,050$  (test bilatéral)*

***RESULTATS ET  
DISCUSSION***

## I. Lait

### I. Caractérisation microbiologique du lait

Les résultats microbiologiques effectués sur le lait cru de vache destinée à la fabrication du fromage affiné à pâte cuite-pressée sont illustrés dans le **tableau VI**.

**Tableau VI** : Résultat des analyses microbiologiques de lait de vache.

Germe	Lait 1 UFC/mL	Lait 2 UFC/mL	Lait 3 UFC/mL	JORA N° 35, 1998
Flore lactique	$1,09 \cdot 10^7$	$0,74 \cdot 10^7$	$0,78 \cdot 10^7$	/
Flore totale	$2,45 \cdot 10^7$	$2,18 \cdot 10^7$	$2,04 \cdot 10^7$	$10^5$
<i>Staphylococcus aureus</i>	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$

La diversité en flore microbienne du lait cru contribue aux grandes différences dans les caractéristiques organoleptiques entre les fromages au lait cru. En effet, bien que plusieurs des caractéristiques souhaitées par les consommateurs ne sont pas présents dans les fromages pasteurisés. La microflore dominante du lait cru est généralement des bactéries lactiques (Lafarge et al., 2004). Ces dernières assurent un rôle protecteur, en empêchant la prolifération des micro-organismes nuisibles et comme elles servent d'appoint aux levains (J.Richard et M.Desmazeaud, 2006). Les résultats obtenus (tableau VI) montrent la dominance de la flore lactique par différence à la flore totale.

La recherche de *S. aureus* permet de prévoir si l'aliment présente un risque pour le consommateur, car ils peuvent produire une entérotoxine, qui cause une intoxication alimentaires (Aggad et al., 2009). En effet, le résultat est négatif pour la recherche de *Staphylococcus aureus* dans le lait de vache cru utilisé (tableau VI), en montrant une conformité à la norme du journal officiel de la république Algérienne concernant les critères microbiologiques du lait cru (annexe V), contrairement à la flore totale. La surcharge de cette dernière peut être expliquée par la dominance de la flore lactique.

## II. Application de l'approche d'un plan d'expérience pour l'optimisation de fabrication d'un fromage affiné à pâte cuite

### II.1. Rendement et les analyses des fromages

#### II.1.1. Rendement

Le tableau VII montre les résultats des rendements obtenus de la matrice d'expérimentation pour l'optimisation de la fabrication d'un fromage affiné à pâte cuite-pressée (tableau IV), mais classés par ordre décroissant du rendement et leurs analyses de différence statistique obtenu par XLSTAT.

Selon la littérature, le rendement fromager des pâtes cuites est de 9 à 12 % (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002). Dans ce cadre, les rendements des fromages obtenus dans la présente étude est de 5 à 11 % selon les variabilités des paramètres de fabrication utilisés.

**Tableau VII** : Paramètres de fabrication, le rendement et regroupement des échantillons de fromages.

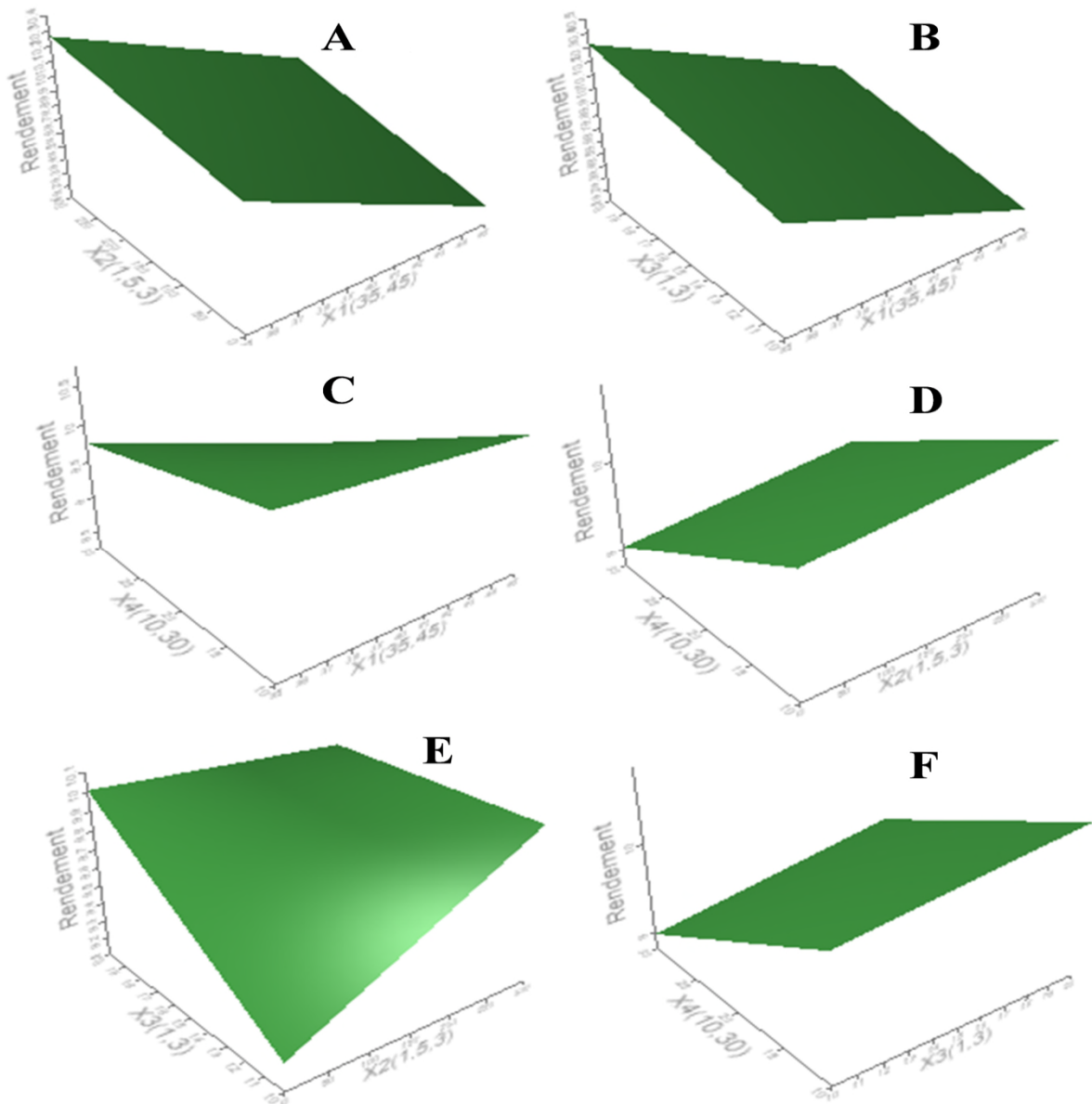
Modalités	Paramètres de fabrication				Rendement
	Cuisson (°C) (X <sub>1</sub> )	Pressage (g) (X <sub>2</sub> )	NaCl (%) (X <sub>3</sub> )	Affinage (Jours) (X <sub>4</sub> )	
Fromage 13	35	300	10	10	11,07 ± 0.47
Fromage 12	35	300	20	10	10,67 ± 0.23
Fromage 17	45	0	20	10	10,59 ± 0.59
Fromage 05	35	0	20	10	10,41 ± 0.29
Fromage 03	45	300	20	10	10,26 ± 0.30
Fromage 14	40	150	15	20	10,26 ± 0.18
Fromage 07	45	300	10	10	10,20 ± 0.22
Fromage 19	45	0	10	10	9,98 ± 0.57
Fromage 10	35	0	10	10	9,95 ± 0.10
Fromage 01	35	300	10	30	9,65 ± 0.33
Fromage 16	40	150	15	20	9,58 ± 0.41
Fromage 18	40	150	15	20	9,56 ± 0.19
Fromage 09	40	150	15	20	9,39 ± 0.86
Fromage 04	35	0	10	30	9,29 ± 0.18
Fromage 06	35	0	20	30	7,70 ± 0.45
Fromage 15	35	300	20	30	7,38 ± 0.36
Fromage 02	45	300	10	30	7,06 ± 0.17
Fromage 08	45	0	20	30	6,74 ± 0.30
Fromage 11	45	0	10	30	6,42 ± 0.03
Fromage 20	45	300	20	30	5,78 ± 0.16

A, B, C, D E et F des niveaux de différence significative

Les facteurs influençant le rendement des fromages sont divers, tel que le traitement thermique, le salage (El-Gawad et Ahmed, 2011; J.Hardy, 1986), le pressage et la durée d'affinage (El-Gawad et Ahmed, 2011). En effet, l'affinage du fromage est un processus complexe impliquant des changements chimiques et physiques tels que les fluctuations de pH, la glycolyse, la lipolyse et la protéolyse (Soltani et al., 2016). En outre, le NaCl est utilisé pour empêcher la détérioration microbienne dans les aliments. La concentration requise dépend de la nature de l'aliment, de son pH et sa teneur en humidité, mais généralement la concentration inférieure à 10 % est suffisante, en engendrant le principal facteur inhibiteur qu'est la réduction de l'activité de l'eau (Fox et al., 2000).

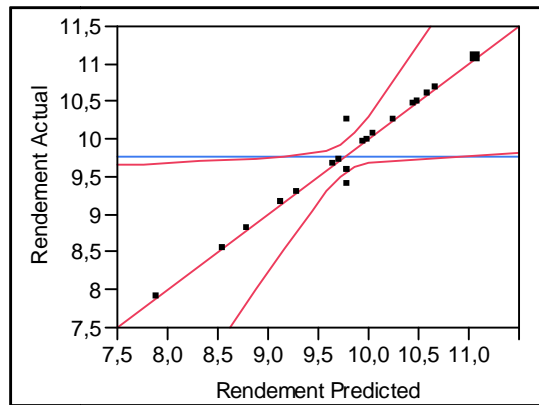
L'analyse des surfaces de réponse (figure 11), montre que le rendement des fromages varie en fonction des paramètres étudiés à savoir la température de cuisson ( $X_1$ ), le pressage ( $X_2$ ), la teneur en sel ( $X_3$ ) et la durée d'affinage ( $X_4$ ). En analysant les résultats obtenus des surfaces de réponse on remarque que le rendement est influencé par tous les paramètres, et d'une manière drastique par l'affinage qui montre aussi une grande concordance avec les niveaux de différence significative (tableau VI), suivi par l'effet de la cuisson, ensuite par le salage et faiblement par le pressage. D'après la littérature, cette perte de rendement a pour conséquence l'enrichissement de lactosérum en matière azotée (Barbosa et al., 1976).





**Figure 11** : les surfaces de réponses pour le rendement.  $X_1$  : température de cuisson,  $X_2$  : le pressage,  $X_3$  : la teneur en sel,  $X_4$  : la durée d'affinage.

Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) de la réponse obtenue par la corrélation des valeurs prédites du rendement par le logiciel JMP pour les combinaisons des paramètres choisies (**tableau IV**) avec celles obtenues expérimentalement (**figure 12**) montre une grande corrélation avec un  $R^2 = 0,96$ .

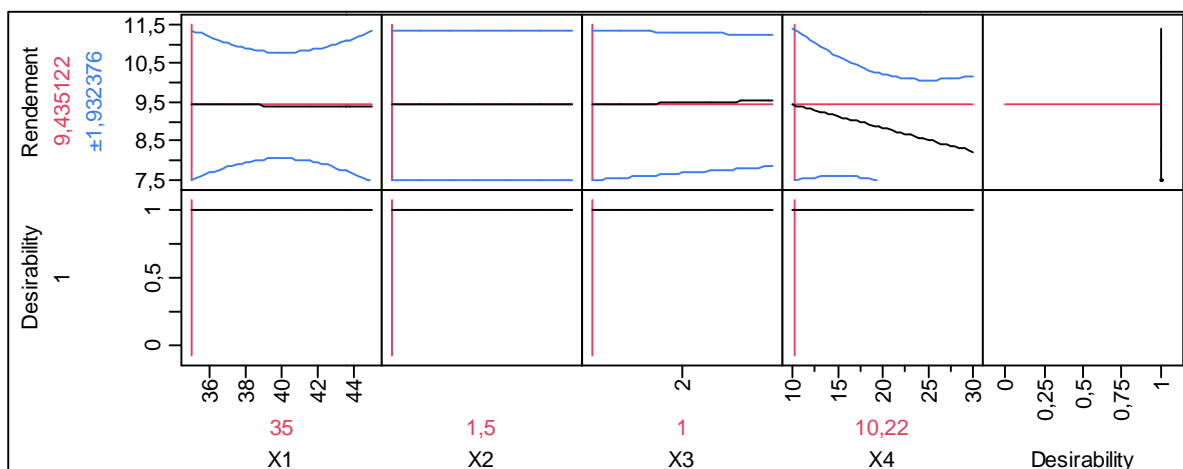


**Figure 12:** La corrélation des valeurs prédites en fonction valeurs expérimentales.

Les surfaces de réponse obtenues pour le rendement (**figure 11**) montrent une variation selon une équation polynomiale ci-dessous, qui indique que tous les paramètres sont influents.

$$\begin{aligned}
 Y = & 8,6824825 - 0,248783 X_1 + 0,0034525X_2 + 0,0736069 X_3 - 0,815617 X_4 - 0,000427 X_1X_2 \\
 & - 0,011132 X_1X_3 - 0,000214 X_2X_3 - 0,239217X_1 X_4 + 0,0006275 X_2X_4 + 0,0161131 X_3 X_4 \\
 & + 3,9375 e^{-5} X_1X_2 X_3 + 0,0014275 X_1X_2 X_4 - 0,014331 X_1X_3X_4 - 4,562 e^{-5}X_2X_3X_4 \\
 & - 2,687 e^{-5}X_1X_2 X_3X_4 + E
 \end{aligned}$$

La valeur optimale prédite du rendement par le logiciel dans le cadre des limites choisies des quatre paramètres ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  et  $X_4$ ) est de  $9,435 \pm 1,932$  % pour les paramètres suivant: 35°C pour cuisson, 150 g pour le pressage, 10 % pour le salage et 10,22 jours pour la durée d'affinage (**figure 13**)



**Figure 13 :** Profil de prédiction de rendement d'un fromage affiné, 1,5 correspond à 150 g et 1 à 10 %.

## II.1.2. Analyses microbiologiques du fromage

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sont illustrés dans le tableau VIII.

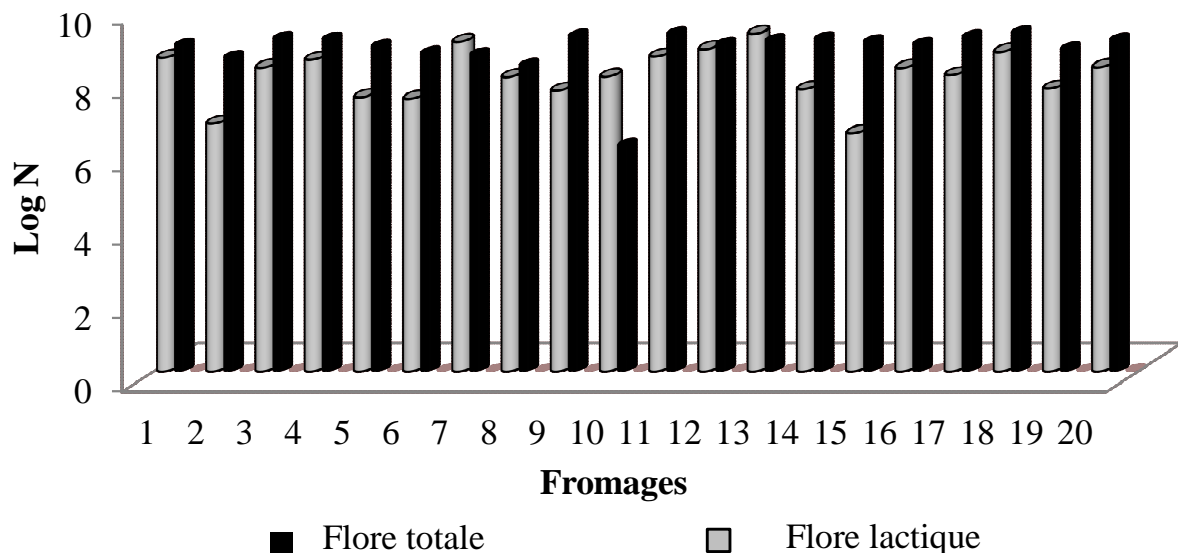
**Tableau VIII** : Résultats des analyses microbiologiques du fromage.

Modalités	Paramètres de fabrication				Germes		
	Cuisson (°C)	Pressage (g)	NaCl (%)	Affinage (Jour)	Flore lactique Log N	Flore total Log N	<i>S. aureus</i>
Fromage 13	35	300	10	10	9,19 ± 0,01	09,0 ± 0,05	1 ≤
Fromage 12	35	300	20	10	8,77 ± 0,33	8,90 ± 0,32	1 ≤
Fromage 17	45	0	20	10	08,06 ± 0,0	9,10 ± 0,37	1 ≤
Fromage 05	35	0	20	10	7,46 ± 0,08	8,84 ± 0,26	1 ≤
Fromage 03	45	300	20	10	8,27 ± 0,99	9,06 ± 0,03	1 ≤
Fromage 14	40	150	15	20	7,68 ± 0,21	9,05 ± 0,01	1 ≤
Fromage 07	45	300	10	10	8,97 ± 0,25	8,62 ± 0,21	1 ≤
Fromage 19	45	0	10	10	07,70 ± 0,0	8,77 ± 0,23	1 ≤
Fromage 10	35	0	10	10	8,02 ± 0,27	06,14 ± 0,0	1 ≤
Fromage 01	35	300	10	30	08,54 ± 0,0	08,87 ± 0,0	1 ≤
Fromage 16	40	150	15	20	08,26 ± 0,0	08,90 ± 0,0	1 ≤
Fromage 18	40	150	15	20	08,70 ± 0,0	09,21 ± 0,0	1 ≤
Fromage 09	40	150	15	20	7,64 ± 0,24	9,12 ± 0,28	1 ≤
Fromage 04	35	0	10	30	08,48 ± 0,0	9,04 ± 0,01	1 ≤
Fromage 06	35	0	20	30	7,42 ± 0,19	8,66 ± 0,02	1 ≤
Fromage 15	35	300	20	30	06,48 ± 0,0	8,97 ± 0,12	1 ≤
Fromage 02	45	300	10	30	06,74 ± 0,0	8,54 ± 0,02	1 ≤
Fromage 08	45	0	20	30	8,01 ± 0,14	8,32 ± 0,04	1 ≤
Fromage 11	45	0	10	30	8,57 ± 0,03	09,18 ± 0,1	1 ≤
Fromage 20	45	300	20	30	8,28 ± 0,02	09,02 ± 0,1	1 ≤

## Résultats et Discussions

Les fromages produits à partir du lait cru non pasteurisé par des procédés de fabrication traditionnels est riche en écosystème microbien, qui influence fortement la qualité des fromages (Aydemir et al., 2015).

La maturation du fromage est un phénomène complexe impliquant un large éventail de réactions biochimiques. Un nombre élevé de microorganismes sont présents tout au long du processus de maturation du fromage, et cette composition de la population microbienne joue un rôle significatif dans le processus de maturation. La contribution importante est liée à la microflore secondaire (essentiellement constitué par les entérocoques, microcoques, bactéries lactiques non ajoutées et les levures) dans la maturation fromage est reconnue. En particulier, les levures sont associés à la microflore secondaire d'une grande variété de fromages et peut jouer un rôle important dans la maturation de ces fromages (Cardoso et al., 2015). En outre, il a été rapporté que la flore dominante de la plus part des fromages est supérieure à  $10^9$  /g (Choisy et al., 1987). En effet, les résultats d'analyses microbiologiques des fromages affinés montrent que le nombre varie entre  $10^6$ - $10^9$  UFC/g. La figure 14 montre la comparaison entre le nombre de la flore totale et lactique, en montrant que les bactéries lactiques sont dominantes dans le fromage affiné.



**Figure 14:** Comparaison le nombre la flore totale et lactique des fromages affinés.

### II.1.3. Analyses physico-chimiques du fromage

Les valeurs moyennes des caractérisations physico-chimiques des fromages affinés obtenus avec différents paramètres, sont illustrées dans le **tableau IX**.

**Tableau IX** : Valeurs moyenne des paramètres physico-chimique des fromages affinés.

Modalités	Paramètres de fabrication				pH	Matière sèche (%)	Humidité (%)
	Cuisson (°C)	Pressage (g)	NaCl (%)	Affinage (Jour)			
Fromage 13	35	300	10	10	5,47 ± 0,08	66,55 ± 2,24	33,45 ± 2,24
Fromage 12	35	300	20	10	5,30 ± 0,07	68,53 ± 1,18	31,47 ± 1,17
Fromage 17	45	0	20	10	5,59 ± 0,04	70,03 ± 0,67	29,97 ± 4,29
Fromage 05	35	0	20	10	5,39 ± 0,29	66,50 ± 2,29	33,49 ± 2,30
Fromage 03	45	300	20	10	5,52 ± 0,03	65,81 ± 4,98	34,19 ± 4,98
Fromage 14	40	150	15	20	5,52 ± 0,06	64,83 ± 0,24	35,17 ± 1,89
Fromage 07	45	300	10	10	5,45 ± 0,10	76,40 ± 0,67	23,60 ± 0,67
Fromage 19	45	0	10	10	5,52 ± 0,04	65,00 ± 1,41	35,00 ± 1,41
Fromage 10	35	0	10	10	5,36 ± 0,18	70,00 ± 1,19	30,00 ± 1,20
Fromage 01	35	300	10	30	5,39 ± 0,29	68,00 ± 1,89	32,00 ± 0,24
Fromage 16	40	150	15	20	5,58 ± 0,08	64,67 ± 1,89	35,33 ± 3,54
Fromage 18	40	150	15	20	5,39 ± 0,05	68,83 ± 3,54	31,17 ± 1,89
Fromage 09	40	150	15	20	5,52 ± 0,11	64,00 ± 1,41	36,00 ± 0,24
Fromage 04	35	0	10	30	5,03 ± 0,07	60,00 ± 0,71	40,00 ± 6,13
Fromage 06	35	0	20	30	5,05 ± 0,06	64,00 ± 0,71	35,50 ± 0,71
Fromage 15	35	300	20	30	5,21 ± 0,07	65,00 ± 1,89	35,00 ± 1,89
Fromage 02	45	300	10	30	5,30 ± 0,12	65,00 ± 0,24	34,50 ± 0,24
Fromage 08	45	0	20	30	5,39 ± 0,05	39,33 ± 0,47	60,67 ± 0,47
Fromage 11	45	0	10	30	5,40 ± 0,16	64,17 ± 0,71	35,83 ± 0,71
Fromage 20	45	300	20	30	5,30 ± 0,11	71,17 ± 1,65	28,83 ± 1,65

La plupart des bactéries ont besoin d'une valeur de pH neutre pour une croissance optimale et faible à des valeurs de pH inférieures à 5. Le pH du fromage après la fabrication se situe généralement dans l'intervalle 4,5-5,3. Le pH est également un facteur important dans le contrôle de la croissance bactérienne dans le fromage. Les bactéries lactiques, en particulier les lactobacilles, ont généralement un pH optimal inférieur à 7, et les *Lactobacillus* spp. peuvent même croître à un pH de 4. En outre, les levures et moisissures peuvent se développer à des valeurs de pH inférieur à 3 (Fox et al., 2000). En plus, les pH bas et le sel sont les deux facteurs qui contribuent à l'inactivation des agents pathogènes bactériens pendant l'affinage du fromage (Sung et Collins, 2000).

## *Résultats et Discussions*

---

Les résultats de la mesure du pH (**tableau IX**) montrent que la valeur du pH varie de 5,03- 5,58.

Pour le taux d'humidité, il a été rapporté que le taux pour certaines fromages est de 29,2-82,5 % (**Fox et al., 2000**). Dans ce cadre, les taux d'humidité obtenus dans la présente étude est de 23,60-60,67 %.

Le fromage contient 40 % de protéines, 0,9 % de matière grasse, 0,4 % de carbohydrates et 3 % sel (**Rage, 1999**). En effet, les résultats de la matière sèche (**tableau IX**) est entre 60- 71,17 %.

### II.2. Analyses sensorielles

Les indices les plus importants de l'affinage du fromage sont ceux sur lesquels le consommateur décide d'acheter le produit: la saveur, la texture et l'apparence. En fin de compte, la qualité du fromage est mieux évaluée par analyse sensorielle. Cette dernière est effectuée traditionnellement par un groupe d'experts dans le but d'évaluer le potentiel du fromage à développer un goût mature ou la détermination de la qualité au point de vente. Bien que les caractéristiques recherchées par les juges experts sont généralement celles souhaitées par les consommateurs, les notes attribuées ne correspondent pas toujours avec la préférence des consommateurs (Fox *et al.*, 2000).

Compte tenu des résultats des analyses microbiologiques, nous avons soumis seulement les 5 échantillons retenus sur les 8 soumis à l'analyse sensorielle : les Fromage 3,12, 13, 1, 18 sont notés respectivement **A, B, C, D, E** (figure 15)



**Figure 15** : les 5 fromages sélectionnés pour l'analyse sensorielle.

## Résultats et Discussions

En se basant sur certains aspects technologiques (rendement), gustatif (amertume persistante), et durée d'affinage, 5 fromages qui ont été sélectionnés pour l'analyse sensorielle. Ainsi les fromages 12 et 13 sont retenus car ils présentent des rendements élevés ; les fromages 17, 5 et 14 sont éliminés par cause d'amertume malgré leurs rendement élevés, et pour voir la qualité sensorielle des fromages de 20 et 30 jours d'affinage même à faible rendement, les fromages 18 et 1 ont été retenus (**tableau X**).

**Tableau X** : Les fromages sélectionnés pour l'analyse sensorielle.

Modalités	Paramètres de fabrication			
	Cuisson (°C)	Pressage (g)	NaCl (%)	Affinage (Jour)
Fromage 13	35	300	10	10
Fromage 12	35	300	20	10
Fromage 03	45	300	20	10
Fromage 01	35	300	10	30
Fromage 18	40	150	15	20

Le test du plan d'expérience avec XL Stat-MX est utilisé pour créer un plan d'expériences optimal, ou quasi-optimal, dans le cadre d'expériences visant à modéliser les préférences d'un ensemble de consommateurs ou d'experts pour différents produits ([Périnel et Pagès, 2004](#)).

Une fois les données des 8 experts sont répertoriées sur une feuille d'Excel et la procédure de génération du plan d'expérience a été lancée directement à partir de la commande XLSTAT, les résultats sont analysés par Analyse des Composantes Principales (ACP) (**figure 16**).

La figure 16 montre que 75,87 % des variabilités sont exprimées par deux axes (F1, F2). F1 largement prépondérant avec 45,09 % de la variabilité, et F2 avec 30,79 % de variabilité. Ainsi le fromage 3 est le plus préféré, car il est positivement corrélé avec la préférence et l'axe F1.

L'axe F1 correspond à l'absence d'arrière-goût, l'absence d'amertume et une faible odeur. En effet, le fromage 3 est positivement corrélé. Le deuxième facteur F2 est fortement corrélé avec le goût salé et la couleur que caractérisent les fromages 13 et 12. Cependant, la dureté et la fermeté, ainsi le goût acide sont négativement corrélé pour le fromage 3.



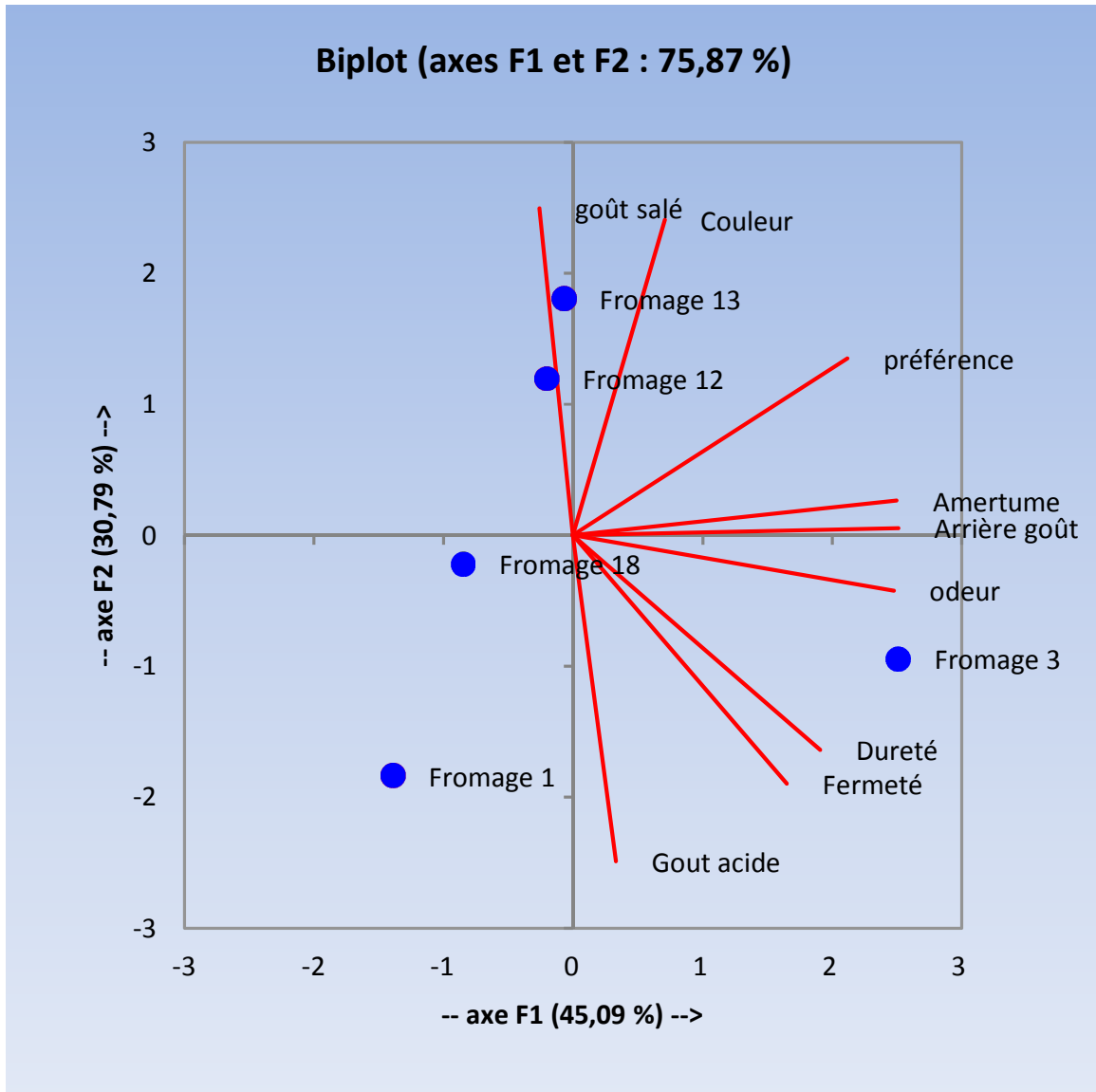


Figure 16 : Corrélation des variables sensorielle des fromages fabriqués.

L'analyse des données des préférences du jury expert montre que le fromage 3 (F3) obtenu avec des paramètres de 45 °C, 300 g, 20 % et 10 jours, respectivement, pour la cuisson, le pressage, le taux de sel et la durée d'affinage est le plus apprécié (figure 17).

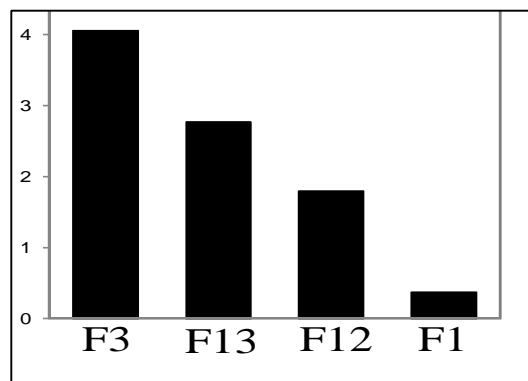


Figure 17 : Préférences générale du jury expert.

# ***CONCLUSION***

### Conclusion

Cette étude entre dans le cadre de l'optimisation des paramètres de la fabrication d'un fromage affiné à pâte cuite-pressée à partir du lait cru de vache collecté dans la région d'Adekar, Bejaia. En effet, un plan d'expérience a été réalisé, en variant la température de la cuisson, le pressage, le taux de sel et la durée d'affinage. En plus, des analyses microbiologiques, physico-chimiques et sensorielles ont été réalisées pour les fromages obtenus.

L'analyse microbiologique du lait cru de vache utilisé montre l'absence de *Staphylococcus aureus*, en répondant à la norme, contrairement à la flore totale qui montre une dominance de la flore lactique.

L'analyse des surfaces de réponse obtenues montre que le rendement des fromages est influencé par tous les paramètres étudiés, mais d'une manière très significative par la durée de l'affinage. En outre, le coefficient de détermination ( $R^2$ ) de la réponse obtenue par la corrélation des valeurs prédites pour les combinaisons des paramètres choisies avec celles obtenues expérimentalement montre une grande corrélation avec un  $R^2 = 0,96$ , en justifiant sa validité. En effet, la valeur optimale prédite du rendement par le logiciel dans le cadre des limites choisies est de  $9,435 \pm 1,932$  % pour les valeurs de 35°C, 150 g, 10 % et 10,22 jours, respectivement, pour la cuisson, le pressage, le salage et la durée d'affinage.

Pour les résultats d'analyses microbiologiques des fromages affinés obtenus montrent une variation de la flore totale entre  $10^6$ - $10^9$  UFC/g, dominé par la flore lactique.

Les analyses physico-chimiques des fromages affinés obtenus montrent un pH de 5,03- 5,58, un taux d'humidité de 23,60-60,67 % et un taux de matière sèche de 60- 71,17 %.

Pour l'analyse sensorielle, 5 fromages ont été retenus sur les 8 soumis à l'analyse. En analysant les données des préférences du jury expert, le fromage 3 (F3) obtenu avec des paramètres de 45 °C, 300 g, 20 % et 10 jours respectivement pour la cuisson, le pressage, sel et l'affinage est le plus apprécié.

En perspective, d'autres analyses telles que la texture, la protéolyse, la lipolyse, la détermination de la matière grasse, glucidique, matière azoté et la détermination de la flore fongique et bactérienne sont nécessaire, ainsi élaboration des nouvelles recettes.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

Accolas, J.P., Veaux, M., Vassal, L., Mocquot, G., 1978. Évolution de la flore lactique thermophile au cours du pressage des fromages à pâte cuite. *Le Lait*, INRA Editions, 1978, 58 (573 574), pp.118-132.

Aggad, H., Mahouz, F., Ahmed Ammar, Y., Kihal, M., 2009. Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. *Rev. Méd. Vét.* 160, 590-595.

Alais, C., Linden, G., 1997. *Abrégés, Biochimie Alimentaire*. Masson, Paris.

Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., 2002. Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, in: Vignola, C.L. (Ed.), *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses internationales Polytechnique, Fondation de technologie laitière du Québec, pp. 1-73.

Aydemir, O., Harth, H., Weckx, S., Dervisoglu, M., De Vuyst, L., 2015. Microbial communities involved in Kasar cheese ripening. *Food microbiology* 46, 587-595.

Barbosa, M., Valles, E., Vassal, L., Mocquot, G., Nicolas, M., Pitel, G., Vachot, J., 1976. L'utilisation d'extrait de *Cynara cardunculus* L. comme agent coagulant en fabrication de fromages à pâte molle et à pâte cuite. *Le Lait* 56, 1-17.

Bertrand, F., 1988. Le fromage grand-oeuvre des microbes [étude sur l'ensemble de la fabrication des fromages, nature et action des principaux microorganismes]. *Revue Generale du Froid*.

Bodenstein, J., Toit, K.D., 2012. The susceptibility of *Staphylococcus aureus* and *Klebsiella pneumoniae* to naturally derived selected classes of flavonoids in: Bobbarala, V. (Ed.), *Antimicrobial Agents*, pp. 73-84.

Botton, B., Breton, A., Fèvre, M., Guy, P., Larpent, J., Veau, P., 1990. *Moisissures utiles et nuisibles. Importance industrielle*. Edition Dunod, France.

Boudjenah-Haroun, S., 2012. Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés: effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaires, Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Thèse de doctorat.

Bourgeois, C., Leveau, J., 1991. *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, tome 3: le contrôle microbiologique*. Lavoisier, Paris France.

Bouton, Y., Grappin, R., 1995. Comparaison de la qualité des fromages à pâte pressée cuite fabriqués à partir De lait cru ou microfiltré. *Lait* 75, 31-44.

Brisabois, A., Lafarge, V., Brouillaud, A., De Buyser, M., Collette, C., Garin-Bastuji, B., Thorel, M., 1997. Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers: situation en France et en Europe. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz* 16, 452-471.

Cardoso, V.M., Borelli, B.M., Lara, C.A., Soares, M.A., Pataro, C., Bodevan, E.C., Rosa, C.A., 2015. The influence of seasons and ripening time on yeast communities of a traditional Brazilian cheese. *Food Research International* 69, 331-340.

Castillo, I., Calvo, M.V., Alonso, L., Juárez, M., Fontecha, J., 2007. Changes in lipolysis and volatile fraction of a goat cheese manufactured employing a hygienized rennet paste and a defined strain starter. *Food Chemistry* 100, 590-598.

Cherkat, F., 1967. Les lipides du lait et des produits laitiers, Faculté des Sciences de Montpellier, Université de Montpellier. Thèse de doctorat.

Choisy, C., Desmazeaud, M., Gripon, J., Lamberet, G., Lenoir, J., 1997. La biochimie de l'affinage. Le fromage. A. Eck and JC Gillis, ed Tec Doc Lavoisier, Paris, 86-105.

Choisy, C., Gueguen, M., Lenoir, J., Schmidt, J.L., Tourneur, C., 1987. L'affinage du fromage: les phénomènes microbiens, in: Eck, A. (Ed.), Le fromage. Lavoisier TEC Paris, pp. 165-200.

Collin, J.C., 2015. Présures et coagulants de substitution: Comment faire le bon choix ? Quae, France.

Coulon, J., Delacroix-Buchet, A., Martin, B., Pirisi, A., 2005. Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. *INRA Prod. Anim* 18, 49-62.

Cuvillier, D., 2007. Les dénominations des fromages. Document cours Centre Fromager de Bourgogne. <http://ressources.cfppa-bourgogne.org/index.php?tg=fileman&idx=get&id=3&gr=Y&path=transformation-alimentaire%2Fcourses&file=1-transformation-fromagere-S4A4C.pdf>. Consulté 03 juin 2016.

Dahmoune, F., Boulekbache, L., Moussi, K., Aoun, O., Spigno, G., Madani, K., 2013. Valorization of Citrus limon residues for the recovery of antioxidants: Evaluation and optimization of microwave and ultrasound application to solvent extraction . *Industrial Crops and Products* 50, 77-87.

Dufour, P., Laoy, E., Vullemard, J.-C., Simard, R.E., 1996. Liposomes and cheesemaking, in: Lasic, D.D., Barenholz, Y. (Eds.), *Handbook of Nonmedical Applications of Liposomes, Vol IV From Gene Delivery and Diagnosis to Ecology*. Taylor & Francis.

El-Gawad, M.A.M.A., Ahmed, N.S., 2011. Cheese yield as affected by some parameters review. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 10, 131-153.

FAO, 1978. Norme générale codex pour le fromage. CODEX STAN 283-1978. [www.fao.org/input/download/standards/175/CXS\\_283f.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/175/CXS_283f.pdf). Consulté le 02 juin 2016.

FAO, 1998. Fromages. <http://www.fao.org/docrep/t4280f/T4280F0f.htm>. Consulté 02 juin 2016.

Favier, J.C., Ansoborlo, M.J., Daval, L., Pradier, F., 1984. Composition des fromages à pâte cuite pressée. *Cahiers de nutrition et de diététique* XIX, 43-55.

Fox, P.F., Guinee, T.P., M., T., McSweeney, P.L.H., 2000. Fundamentals of Cheese Science: Microbiology of cheese ripening. Springer.

Garbowska, M., Pluta, A., Berthold-Pluta, A., 2016. Changes during ripening of reduced-fat Dutch-type cheeses produced with low temperature and long time (LTLT) heat-treated adjunct starter culture. LWT - Food Science and Technology 69, 287-294.

Gauzere, Y., 2009. Les flores de surface et d'affinage. Technologie fromagère, Journées du 23-24-25- juin 2009.

[http://idele.fr/?eID=cmis\\_download&oID=workspace://SpacesStore/7f33c94d-e10f-48b9-8594-f59208baa207](http://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace://SpacesStore/7f33c94d-e10f-48b9-8594-f59208baa207). Consulté 02 juin 2016.

Goupy, J., 2006. Les plans expériences. Revue modulad, 74-116.

Hardy, J., 1986. L'activité de l'eau et le salage des fromage, in: ECK, A. (Ed.), Le fromage, pp. 37-61.

Kaur, S., Sarkar, B.C., Sharma, H.K., Singh, C., 2008. Optimization of Enzymatic Hydrolysis Pretreatment Conditions for Enhanced Juice Recovery from Guava Fruit Using Response Surface Methodology. Springer Science.

Kergoat, M., 2010. Approche psychosociale et différentielle des évaluations sensorielles: Intensité affective et préférences tactiles. Université Paris Ouest Nanterre La Défense. Thèse de Doctorat

Kodio, A., 2005. qualité de produits laitiers de production industrielle et artisanle, Faculté de medecine, de pharmacie et d'odonto stomatologie bamaco. Université du Mali. thèse de doctorat.

Labbe, D., Tremblay, A., Bazinet, L., 2006. Effect of brewing temperature and duration on green tea catechin solubilization: Basis for production of EGC and EGCG-enriched fractions, Separation and Purification Technology 49, 1-9.

Lafarge, V., Ogier, J.C., Girard, V., Maladen, V., Leveau, J.Y., Gruss, A., Delacroix-Buchet, A., 2004. Raw cow milk bacterial population shifts attributable to refrigeration. Applied and environmental microbiology 70, 5644-5650.

Larpent, J.-P., Larpent-Gourgau, M., 1997. Mémento technique de microbiologie: micro-organismes eucaryotes et procaryotes. Structure. Métabolisme. Systématique. Applications industrielles. Milieux de culture et réactifs. Tec & Doc Lavoisier.

Lefief-Delcourt, A., 2014. Mes petits yaourts maison: 100 recettes faciles et gourmandes (avec ou sans yaourtière). Leduc.s éditions.

Luquet, F., 1990. Laits et produits laitiers: vache, brebis, chèvre. Tome 2: Les produits laitiers, transformation et technologies. Ed., Lavoisier. Sciences et Techniques Agro-alimentaires, 637.

Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., 2000. Initiation à la technologie fromagère. Éditions TEC & DOC.

Mbawala, A., Daoudou, B., Ngassoum, M., 2010. Qualité microbiologique du kilishi (produit carné séché) produit dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun). *Tropicultura* 28, 153-160.

Mietton, B., Desmazeaud, M., De Roissart, H., Weber, F., 1994. Transformation du lait en fromage. *Bactéries lactiques* 2, 55-132.

OECD, 2005. Orientation pour la réalisation des tests objectifs visant à déterminer la qualité interne des fruits et légumes frais et secs et séchés. *Normalisation Internationale des fruits et légumes*, 1-39.

Payne, R.L., Morrison, D., 1999. The importance of knowing the affective meaning of job demands revisited. *Work & Stress* 13, 280-288.

Périnel, E., Pagès, J., 2004. Optimal nested cross-over designs in sensory analysis. *Food Quality and Preference* 15, 439-446.

Perrin, G., 1997. Qualité hygiénique du lait de chèvre, Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre: Niort (France), 7 novembre 1996. INRA, Paris (les colloques n° 81).

Rage, A., 1999. North European varieties of cheese, in: Fox, P.F. (Ed.), *Cheese: chemistry, physics and microbiology: chemistry, physics and microbiology*. Aspen Publishers, Inc., Maryland.

Ramet, J.P., 1985. Principes généraux de fromagerie. La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. <http://www.fao.org/docrep/004/x6551f/x6551f03.htm>. Consulté le 02 juin 2016,

Ramet, J.P., 1997a. L'égouttage du coagulum. *Le Fromage*, Tec & Doc Lavoisier, Paris, 42-61.

Ramet, J.P., 1997b. Les agents de transformation du lait : la présure et les enzymes coagulantes, in: Eck, A., Gillis, J.-C. (Eds.), *Le fromage*. Lavoisier TEC Paris, pp. 165-200.

Ramet, J.P., 1997c. Technologie comparée des différents types de caillé. *Le fromage*, 333-364.

Ramet, J.P., Scher, J., 2006. Propriétés physiques du coagulum, in: Eck, A., Gillis, J.-C. (Eds.), *Le fromage*, pp. 324-363.

Richard, J., Desmazeaud, M., 2006. Le Lait DE fromagerie, in: Eck, A., Gillis, J.-C. (Eds.), *Le fromage*. Cap, pp. 202-211.

Sboui, A., Khorchani, T., Djegham, M., Belhadj, O., 2010. Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie* 5.



Simal, S., Sánchez, E., Bon, J., Femenia, A., Rossello, C., 2001. Water and salt diffusion during cheese ripening: effect of the external and internal resistances to mass transfer. *Journal of food Engineering* 48, 269-275.

Soltani, M., Boran, O.S., Hayaloglu, A.A., 2016. Effect of various blends of camel chymosin and microbial rennet (*Rhizomucor miehei*) on microstructure and rheological properties of Iranian UF White cheese. *LWT - Food Science and Technology* 68, 724-728.

St-Gelais, D., Tirard-Collet, P., 2002. Fromage, in: Vignola, C.L. (Ed.), *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses internationales Polytechnique, Fondation de technologie laitière du Québec, pp. 349-415.

Sung, N., Collins, M.T., 2000. Effect of three factors in cheese production (pH, salt, and heat) on *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* viability. *Applied and environmental microbiology*, 1334-1339.

Walstra, P., van Dijk, H., Geurts, T., 1985. The syneresis of curd, 1: general considerations and literature review. *Netherlands Milk and Dairy Journal* (Netherlands).

Walstra, P., Wouters, J.T., Geurts, T.J., 2005. *Dairy science and technology*. CRC press.

Zeller, B., 1980. *Le fromage de chèvre: spécificités technologiques et économiques*. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Zikiou, A., 2012. *La coagulation du lait par l'extrait des fleurs de cardon (Cynara cardunculus)*. Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A.A.). Université Constantine 1. Mémoire de magister.

# **ANNEXES**

*Annexe I*

**Appareillages**

L'appareillage utilisé:

- VORTEX (VELP, Scientifica)
- Bain-marie (MEMMERT).
- Balance de mesure (RADWAG WPS).
- pH-mètre (Foodcare, HANNA)
- étuve (Beschickung-loading mode).
- les creusé (utilisé pour la matière sèche)

Annexe II

➤ Milieux solides

**P.C.A (gélose)**

Tryptone.....	5g/ l
Dextrone.....	1g/l
Extrait de levure.....	2.5g/l
Agar.....	12 g/l

**pH final : 7.0 ± 0.2**

**M.R.S. (gélose)**

Mélange de peptones.....	18 g/l
Extrait de levure.....	4 g/l
Glucose .....	20 g/l
Tween 80 .....	1g/l
Hydrogénophosphate.....	2 g/l
dipotassique	
Citrate de tri-ammonium.....	2g/l
Agar.....	15g

**pH final : 5.7±0.1**

**BAIRD PARKER (gélose)**

Source de cet de N : Peptones.....	10 g/l
Extrait de viande de bœuf.....	5 g/l
Facteurs de croissance: Extrait de levure.....	1 g/l
Pyruvate de sodium.....	10 g/l
Accélérateurs de croissance :Glycine.....	12 f/l
Inhibiteur : Chlorure de lithium.....	5 g/l
Agar.....	20 g/l

**pH=7.2**

➤ Milieu liquide

**Tryptone sel (bouillon)**

Tryptone .....	10 g/l
Chlorure de sodium.....	5 g/l

**pH final : 7.5 ± 0.2**

Annexe III

Le processus de fabrication du fromage affiné à pâte pressé cuit est présenté dans le Diagramme suivant (Figure 6) :

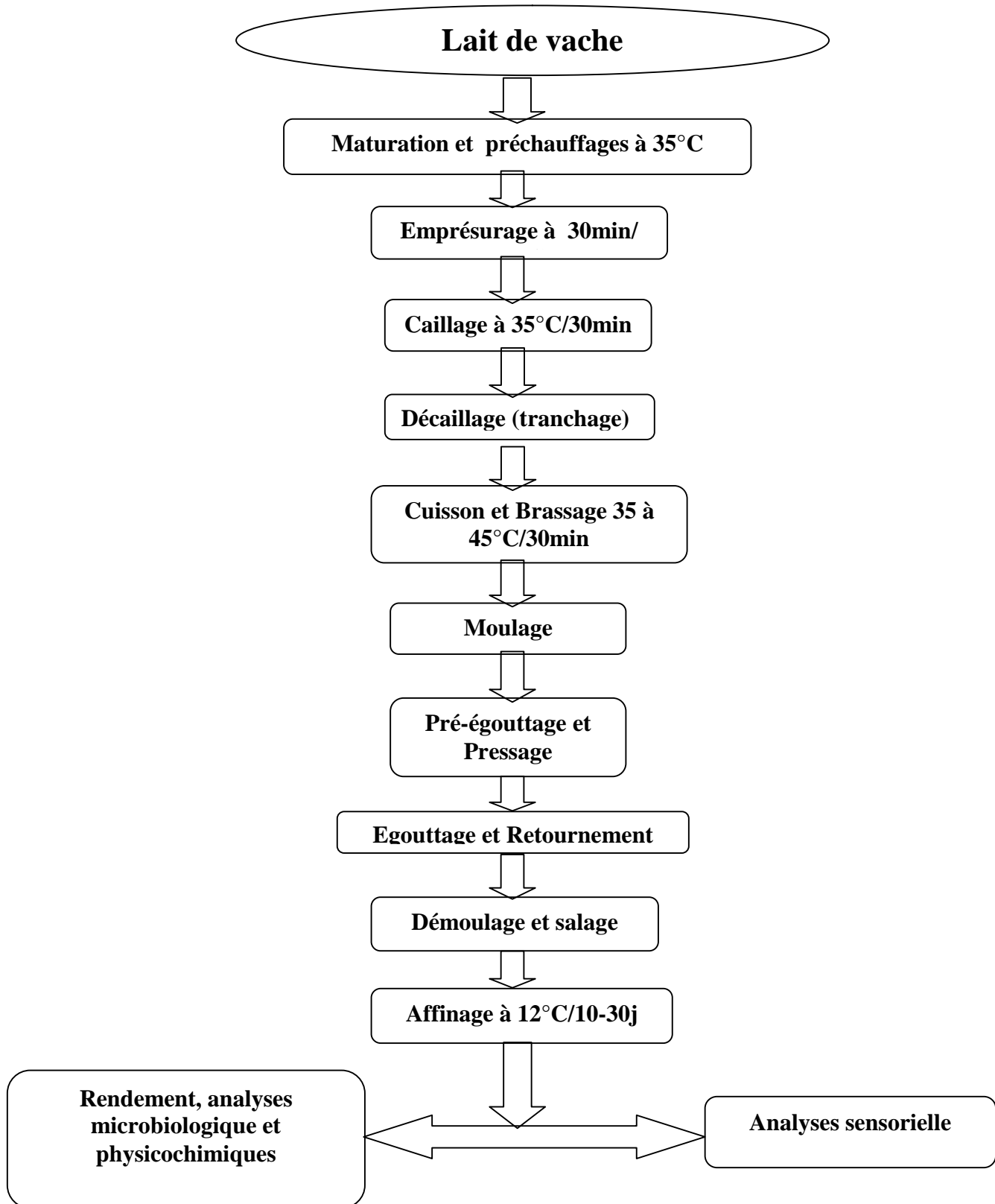


Figure 9 : Diagramme de fabrication de fromage affiné à pate pressé cuite

Annexe IV

FICHE D'ANALYSE COMPARATIVE DU FROMAGE

Sexe : Féminin  Masculin

Date : ...../...../.....

Age :

Huit échantillons de fromage préparé à base de lait de vache codés **A, B, C, D, E, F, G, H**, vous sont présentés, il vous est demandé de cocher les cases correspondantes à l'impression ressentie, selon l'intensité des descripteurs suivants :

**NB :** Veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon

**I. Couleur :**

	Blanche	Beige	Jaune Pale	Jaune	Jaune Orangé
<b>A</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>B</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>C</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>D</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>E</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>G</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>H</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**II. ODEUR :**

	Absent	Faible	Moyenne	Forte	Très Forte
<b>A</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>B</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>C</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>D</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>E</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>G</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>H</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**II.GOUT**

**1. GOUT ACIDE :**

	Absent	Faible	Moyen	Fort	Très Fort
<b>A</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>B</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>C</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>D</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>E</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>G</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>H</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**2. GOUT SALE :**

	Absent	Faible	Moyen	Fort	Très Fort
<b>A</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>B</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>C</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>D</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>E</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>G</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>H</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**3. AMERTUME:**

Absente	Faible	Moyenne	Prononcée	Forte
A <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**4. Arrière Gout :**

Absent	Faible	Moyen	Fort	Très Fort
A <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**IV. TEXTURE**

**1) Dureté (Aspect)**

Trop mou	Mou	Moyen	Dur	Extra dur
A <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



2) Texture en bouche

	Fondante	ferme	friable	Collante	lisse
<b>A</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>B</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>C</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>D</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>E</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>G</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>H</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

V. Préférence :

Classez les 08 échantillons en attribuant une note entre 1 et 9, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et la note 9 à l'échantillon le plus préféré.

<input type="checkbox"/> Echantillon <b>A</b> :	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Echantillon <b>B</b> :	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Echantillon <b>C</b> :	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Echantillon <b>D</b> :	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Echantillon <b>E</b> :	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Echantillon <b>F</b> :	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Echantillon <b>G</b> :	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Echantillon <b>H</b> :	<input type="checkbox"/>

## Annexe V

ANNEXE I  
CRITERES MICROBIOLOGIQUES RELATIFS A CERTAINES DENREES ALIMENTAIRES  
TABLEAU I  
CRITERES MICROBIOLOGIQUES DES LAITS ET DES PRODUITS LAITIERS

PRODUITS	n	c	m
<b>1. Lait cru :</b>			
— germes aérobies à 30° C	1	—	10 <sup>5</sup>
— coliformes fécaux	1	—	10 <sup>3</sup>
— streptocoques fécaux	1	—	abs/0,1ml
— <i>Staphylococcus aureus</i>	1	—	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	1	—	50
— antibiotiques	1	—	absence
<b>2. Lait pasteurisé conditionné :</b>			
— germes aérobies à 30° C	1	—	3.10 <sup>4</sup>
— coliformes :			
* sortie usine	1	—	1
* à la vente	1	—	10
— coliformes fécaux			
* sortie usine	1	—	absence
* à la vente	1	—	absence
— <i>Staphylococcus aureus</i>	1	—	1
— phosphatase	1	—	négatif
<b>3. Lait stérilisé et lait stérilisé UHT (nature et aromatisé) :</b>			
— germes aérobies à 30° C	5	2	< 10/0,1 ml
— test de stabilité	5	0	négatif
— test alcool	5	0	négatif
— test chaleur	5	0	négatif
<b>4. Lait concentré non sucré :</b>			
— test de stabilité	5	0	négatif
— test alcool	5	0	negatif
— test chaleur	5	0	négatif
<b>5. Lait concentré sucré :</b>			
— germes aérobies à 30° C	5	2	10 <sup>4</sup>
— coliformes	5	0	absence
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	0	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	5	0	absence
— levures et moisissures	5	0	absence
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence
<b>6. Lait déshydraté conditionné (1) :</b>			
— germes aérobies à 30° C	5	2	5.10 <sup>4</sup>
— coliformes	5	2	5
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	0	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	5	0	absence
— levures et moisissures	5	2	50
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence
— antibiotiques	1	0	absence

TABLEAU I (suite)

PRODUITS	n	c	m
<b>7. Lait déshydraté destiné aux industries alimentaires:</b>			
— germes aérobies à 30° C	1	—	2.10 <sup>4</sup>
— coliformes	1	—	1
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	5	2	absence
— antibiotiques	1	0	absence
<b>8. Yaourts ou yoghourts :</b>			
— coliformes	5	2	10
— coliformes fécaux	5	2	1
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10
— levures	5	2	<10 <sup>2</sup>
— moisissures	5	0	absence
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence
<b>9. Laits acidifiés :</b>			
— coliformes	5	2	3.10 <sup>4</sup>
— coliformes fécaux	5	2	30
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	3.10 <sup>2</sup>
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence
<b>10. Fromages frais :</b>			
— coliformes	5	2	10
— coliformes fécaux	5	2	1
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence
— <i>Listeria monocytogene</i>	5	0	absence
<b>11. Fromages à pâtes molle :</b>			
— coliformes	5	2	10 <sup>2</sup>
— coliformes fécaux	5	2	10
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	1	10 <sup>2</sup>
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	5	2	1
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence
— <i>Listeria monocytogene</i>	5	0	absence
<b>12. Fromages à pâtes dure et demi-dure :</b>			
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	1	10 <sup>2</sup>
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence
— <i>Listeria monocytogene</i>	1	0	absence
<b>13. Glaces et crèmes glacées :</b>			
<b>13.1. Glaces et crèmes glacées de consommation :</b>			
— germes aérobies à 30° C	5	2	5.10 <sup>4</sup>
— coliformes	5	2	10 <sup>2</sup>
— coliformes fécaux	5	2	1
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10
— <i>Salmonella</i>	10	0	absence
<b>13.2. Préparation pour glaces et crèmes glacées :</b>			
— germes aérobies à 30° C	5	2	2,5.10 <sup>4</sup>
— coliformes	5	2	10
— coliformes fécaux	5	2	1
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10
— <i>Salmonella</i>	10	0	absence

## Résumé

Le présent travail est porté sur l'optimisation des paramètres de la fabrication d'un fromage affiné à pâte cuite-pressée à partir du lait cru de vache collecté dans la région d'Adekar, Bejaia. En effet, les résultats obtenus montre la validité du model utilisé pour la production du fromage affiné avec une valeur prédite du rendement de  $9,435 \pm 1,932$  %. Les fromages obtenus montrent une charge microbienne de  $10^6$ - $10^9$  UFC/g, un pH de 5,03- 5,58, un taux d'humidité de 23,60-60,67 % et un taux de matière sèche de 60-71,17 %. Pour les données des préférences du jury expert de l'analyse sensorielle, le fromage 3 (F3) obtenu avec des paramètres de 45 °C, 300 g, 20 % et 10 jours respectivement pour la cuisson, le pressage, sel et l'affinage est le plus apprécié.

**Mots clés:** Fromage affiné/lait cru, plan d'expérience, rendement, analyses sensorielles.

## Abstract

The present work is focused on optimizing the parameters of manufacturing a cooked-ripened hard cheese from raw cow milk collected in the region of Adekar, Bejaia. Indeed, the results show the validity of the model used for the production of ripened cheese with a predicted value for yield of  $9.435 \pm 1.932$  %. The cheeses obtained show a microbial load of  $10^6$ - $10^9$  CFU/g, a pH of 5.03- 5.58, a moisture content of 23.60-60.67 % and a dry matter content of 60- 71.1 %. For the jury expert data preferences in sensory analysis, the cheese 3 (F3) obtained with parameters of 45 °C, 300 g, 20 % and 10 days, respectively for cooking, pressing, salt and ripening is most appreciated.

**Keywords:** Ripened Cheese /raw milk, experimental design, yield, sensory analysis.