

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة أمحمد بوقرة بومرداس

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES



Mémoire de Master

FACULTE DES SCIENCES - DEPARTEMENT DE BIOLOGIE.

Mémoire de projet de fin d'études En vue de l'Obtention du Diplôme de Master

DOMAINE : Sciences de la nature et de la vie

SPECIALITE : Nutrition et sciences des aliments

THEME

**Etude de l'aptitude technologique et
microbiologique du lait de vache destiné à la
fabrication fromagère (unité de Boudouaou)**

Présenté par :

Bourenane Roufeida Djender Darine MayaKouba Imene

Président : Mme Gana S. Pr FS- UMBB

Examineur : Mr. Aidoud A. MCA FS - UMBB

Promotrice : Mme Yahiaoui K. Pr FS-UMBB

2020-2021

REMERCIEMENT

Nous remercions avant tout Allah tout puissant, de nous avoir guidés toutes les années D'étude et nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Dans la gratitude nous adressons un grand merci à notre encadreur et promotrice Mm Yahiaoui Karima qui a encadrée ce travail avec beaucoup d'intérêt et d'optimisme, nous la remercions également pour sa patience, à ses connaissances scientifiques si précieux son intérêt constant qu'elle a manifestées pour ce travail et ses conseils éclairés. Nos remerciements sont adressés aux membres de jury Mr AIDOUUD et Mm GANA de nous avoir honoré de leur présence et d'avoir voulu évaluer ce travail.

Nos vifs et sincères remerciements s'adressent à tous nos professeurs qui ont pu nous aider et éclairer depuis notre début et tout particulièrement à notre professeur M Halet Farid qui a été un excellent professeur et qui nous a donné confiance en nous et de ne jamais baisser les bras malgré les difficultés et de ne jamais répondre à un email sur place un des profs qui a marqué nos vies.

Nos remerciements vont aussi à tous les membres de la laiterie LFB de nous avoir accueillies et aidées durant notre stage pratique.

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à tous les professeurs de notre spécialité pour leur aide et leur dévouement.

En fin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidées de loin ou de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail.

Dédicace

A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, de fierté, de sagesse et de patience. A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois de l'amour et la reconnaissance.

A ma très chère Mère et à mon cher Père

A mes frères Ayoub et Mohamed

A mon mari Farouk

A mes belles sœur Chahrazed, Assia et Fella

A ma belle-famille : ma belle Mère et beau Père

A mes chères amies et binômes Imene et Darine : merci pour tous les moments de joies et de peines qu'on a passée ensemble, A ses famille aussi.

A tous mes amis surtout : Rania, Abir, Dihia

A ma cousine que j'aime trop Imane

A toutes la famille Bourenane et Mekkir

A mes collègues du groupe Science Alimentaire

Bourenane Roufeida eps Bouredjouane

Dédicaces

Essentiellement et particulièrement à la source de tendresse et de joie, mes modèles dans cette vie ...bravoure et patience dont ils ont fait part ceux qui m'ont appris le secret de la réussite et de ne jamais lâcher et continuer jusqu'au bout grâce à vous je deviens celle que je suis aujourd'hui une jeune fille accomplie, à leur confiance en moi à leur soutien permanent et leur énorme sacrifice papa et maman que dieu vous garde pour nous.

A vous mes frères mes copains et acolytes Yanis, Racym et Djebryl pour leurs amours et encouragements à tous nos moments ensemble n a nos souvenir d'une enfance dont nous avons partagé les meilleurs et les plus agréables moments. Pour toute la complicité et l'entente qui nous unissent. J'ou souhaite toute la réussite du monde

A la mémoire de mes grands-parents, Feu Mouloud et Louiza Djender et Abdelkader Boubérak paix sur leurs âmes à toi ma chère grand-mère que j'aime énormément Rania Sadjí.

A toi ma meilleure amie Mnizi Manel a la sœur que tu es pour moi une simple dédicace ne suffirait pas pour te décrire l'importance et ton l'impact sur ma vie MANEL BENGRICHE a toute ta famille est une deuxième pour moi à tes sœurs Lydia et Mènissa et a MANI

A toi mon Mari a la façon que tu as d'être toi ...aux souvenirs que nous allons nous faire À l'avenir et au présent surtout à la santé de cette Terre à nos espoirs et à nos illusions À la santé de ces années d'amour.

A ma belle-famille particulièrement à ma belle-mère professeur Chadli Bahia et à mon beau-frère que son lui nos journée ne seront pas pareil a ses souvenir intacts.

Je fini par mon trinômes ; Bourenane Roufeida a tous les moments difficiles de ce projet a son dévouement à être perfectionniste son toi ce travail ne serait pas le même et à la l'amitié qui nous unies

A Kouba Imene notre amie pour son aide a réalisé ce Modest travail

A mes amies et copines : youya.. souraya hindou amira maroua nini samia ...

A TOI SNOW ET PRINCE

Darine Maya

Dédicaces

J'ai toujours pensé offrir quelque chose à mes parents pour
tous ce qu'ils ont consentis comme effort pour me voir réussir,

Et voilà enfin une occasion tout faite.

Ainsi, je dédie ce travail à mes chers papas Ali et Brahim et à
mes chères mamans Malika et Samira qui sont la source de
mon inspiration et de mon courage, merci papas, merci

Mamans

A mes frères Anis, Mimo et Ayoub

Et ma seule sœur Meriem

à mon mari qui est mon bras droit

A mes binômes Roufeida, Darine et leurs maris

A mes adorable cousines Roumaissa khaoula et Maroua

À tous les gens qui me connaissent sans exception aucun

Kouba Imene eps koba

Résumé

L'objectif de ce travail étant l'étude de l'aptitude technologique du lait de vache destiné à la fabrication fromagère, nous avons réalisé des analyses physicochimiques et microbiologiques du lait cru destinée à la fabrication de fromage EDAM, collecté à partir de plusieurs points de collecte a savoir la région de Blida, Draa Ben Khedaa et l'unité LFB.

L'ensemble des résultats obtenus ont montré un pH, acidité, densité, matière grasse, extrait sec totale et matière grasse qui sont conformes aux normes AFNOR(1986).Concernant les résultats microbiologiques ont révélé la présence de la flore aérobie mésophile à 30°C, des coliformes fécaux et totaux avec absence totale de *Staphylococcus aureus*, salmonelles et *Clostridium* sulfito-Réducteur.

La fabrication du fromage type EDAM a été réalisée à partir des échantillons des laits retenus (Blida, Draa Ben Khedaa et LFB).

Les résultats physicochimiques du produit fini « EDAM » à savoir le pH, matière grasse et l'extrait sec total indiquent que le produit fini est de bonne qualité physico-chimique. Par ailleurs, les résultats de l'analyse microbiologique s'avèrent satisfaisants.

Le lait de l'unité LFB a été jugé plus apte à la transformation fromagère, et ce en vertu de sa meilleure teneur en matière grasse (35 g/l) ainsi que la bonne stabilité du pH (6,65).

Mots clé : Lait cru, Lait de vache, Fromage, EDAM, Physicochimique, microbiologique.

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

Chapitre I : Généralités sur le lait

1.	Définition	3
2.	Colostrum	3
3.	Composition chimique	3
3.1.	L'eau	4
3.2.	Les glucides	4
3.3.	Les matières grasses.....	4
3.3.1.	Les lipides simples	7
3.3.2.	Les lipides complexes	7
3.3.3.	Fraction insaponifiable.....	8
3.4.	La matière azotée.....	8
3.4.1.	Les protéines	8
3.4.2.	Les matières non protéique	11
3.5.	Les enzymes	11
3.6.	Les vitamines	12
3.7.	Les minéraux.....	13
4.	Caractéristique du lait cru	13
4.1.	Caractéristique physicochimique	13
4.2.	Caractéristique microbiologique.....	14
4.2.1.	La flore originelle.....	14
4.2.2.	La flore de contamination.....	14
4.3.	Caractéristique organoleptique	15

Chapitre II : Généralités sur le fromage

1.	Historique et origine des fromages.....	17
2.	Définition	17
3.	Composition des fromages	18
3.1.	Les protéines	19
3.2.	Les glucides.....	19

3.3.	Les lipides	19
3.4.	Les sels minéraux	19
3.5.	Les vitamines	20
3.6.	La teneur en eau.....	20
4.	Procédée de fabrication des fromages	20
4.1.	Coagulation	21
4.1.1.	La coagulation acide.....	21
4.1.2.	La coagulation enzymatique	21
4.1.3.	Le mécanisme de coagulation... ..	21
4.1.4.	la coagulation mixte	22
4.2.	Égouttage.....	23
4.3.	Salage	23
4.4.	L’Affinage	23
5.	Classification des fromages	24
5.1.	Fromage fondus	24
5.2.	Fromage frais	24
5.3.	Fromage à pâte molle	24
5.4.	Fromage a pate pressées	25
5.5.	Fromage a pate filés	26
5.6.	Fromage à pâte dure	26
6.	Fromage de type EDAM	26
6.1.	Définition	26
6.2.	Valeur nutritionnelle	27
6.3.	Les défauts de fabrication fromage EDAM	27
6.3.1.	Défauts liés à la qualité et aux traitements de la matière première.....	27
6.3.2.	Défauts liés à la coagulation et a l’égouttage.....	29

Chapitre III : Aptitude fromagère du lait

1.	Généralité	31
2.	Impact de la qualité physico-chimique du lait cru sur la qualité fromagère	31
2.1.	Aptitude à la coagulation du lait	32
2.2.	Le pH	32
2.3.	L’acidification	32
2.4.	La teneur en caséine	33
2.5.	la teneur en calcium colloïdal	33

3.	Les moyens mis en place à la fromagerie pour permettre le contrôle	34
4.	Impacte de l'acceptation d'un lait de moins bonne qualité	34
5.	Intérêt du contrôle	34
6.	Cause des variations de l'aptitude fromagère des laits	35

Chapitre IV : matériel et méthodes

1.	Lieu et objectif du travail	37
2.	Matériel biologique	37
2.1.	Collecte du lait cru et présentation échantillon	38
2.2.	Essai de fabrication du fromage à pâte pressée type EDAM	38
3.	Analyse physico-chimique et microbiologique	41
3.1.	Analyse physico-chimique du lait cru	41
3.1.1.	Détermination du pH	41
3.1.2.	Détermination de l'acide titrable	42
3.1.3.	Détermination de la densité	42
3.1.4.	Détermination de l'extrait sec total	43
3.1.5.	Détermination de la matière grasse	44
3.1.6.	Teste d'antibiotique	44
3.1.7.	Teste de coagulation	44
3.2.	Analyse physico-chimique du fromage	45
3.2.1.	pH	45
3.2.2.	Matière grasse	45
3.2.3.	Extrait sec total	45
3.2.4.	Rendement fromager	45
4.	Analyse microbiologique du lait cru et fromage	46
4.1.	Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)	46
4.2.	Dénombrement des coliformes	47
4.3.	Recherche des salmonelles	48
4.4.	Recherche et dénombrement de staphylococcus aureus	49
4.5.	Recherche des clostridies anaérobies sulfito-réducteur	49

Chapitre V : Résultats et Discussion

1.	Les caractéristiques physico-chimiques du lait	51
1.1.	pH	52
1.2.	Acidité titrable	53

1.3.	Densité	53
1.4.	Extrait sec totale	54
1.5.	Matière grasse	55
1.6.	Antibiotique	56
1.7.	Temps de coagulation	57
2.	Les caractéristiques physico-chimiques du fromage	58
2.1.	pH	58
2.2.	Extrait sec totale	59
2.3.	Matière grasse	59
2.4.	Rendement du fromage	59
3.	Aspect des produits finis EDAM	60
4.	Analyses microbiologique du lait	61
4.1.	La flore aérobie mésophile totale (FAMT)	62
4.2.	Les coliformes totaux	62
4.3.	Les coliformes fécaux.....	63
4.4.	Les staphylococcus aureus	63
4.5.	Les salmonelles	64
4.6.	Les clostridies anaérobies sulfito-réducteur	64
5.	Analyses microbiologiques du fromage	64
5.1.	Les coliformes totaux	64
5.2.	Les coliformes fécaux	65
5.3.	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonelle</i> et <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	65
Conclusion		66

Références bibliographiques

Les annexes

Liste d'abréviation

ASB : albumine de sérum bovine

a_w : activité de l'eau

BLM : bovin laitier moderne

°C : degré siliceuse

°D : degré Dornic

D₀ : densité

EST: extrait sec total

EST-F : extrait sec total fromage

g: gramme

g/l : gramme / litre

Kg : kilogramme

L : litre

MG : matière grasse

Min : minute

mg : milligramme

ml : millilitre

Rdt-F : rendement fromager

PCA: plante count agar

SAB : Sérum albumine bovine

SNG : **solide non grass**

TB : taux butyreux

T : température

µg : micro gramme

µm : micro mètre

% : pourcentage

α -LA : α -lactalbumine

β -LG : β -lactoglobuline

Liste des tableaux

Tableau 1 : composition chimique du lait de vache (Alais et al. 2008).....	4
Tableau 2 : Distribution des principaux acides gras de la graisse du lait de vache en % (Alais, 1984).....	6
Tableau 3 : Classification de protéine de lactosérum (Brunner, 1981).....	9
Tableau 4 : Répartition des caséines dans les protéines du lait (Brunner, 1981).....	10
Tableau 5 : concentration en vitamines du lait cru (Amiot et al, 2002).....	12
Tableau 6 : composition minérale du lait cru (Jeantet et al. 2007).....	13
Tableau 7 : caractéristiques physiques.....	14
Tableau 8 : Flore originelle du lait cru (Vignola, 2002).....	14
Tableau 9 : composition et valeur nutritionnelle de quelque type de fromage (Dupré, 2001)....	18
Tableau 10 : valeur nutritionnelle du fromage EDAM.....	27
Tableau 11 : Résultats d’analyses physico-chimiques des différents échantillons de lait.....	51
Tableau 12 : Valeurs des analyses physico-chimiques effectuées sur les fromages de Boudouaou, Blida et DBK.....	58
Tableau 13 : Rendement fromager obtenus.....	58
Tableau14 : Résultats d’analyses microbiologiques des différents échantillons de lait.....	62
Tableau 15 : Résultats d’analyses microbiologique des différents échantillons du fromage.....	64

Liste des figures

Figure 1 : micelle de caséine et sous micelle de caséine. Adapté de terra pack processing System ,1995.....	11
Figure 2 : les deux phase de coagulation enzymatique sont suivie par la formation d'un réseau lâche (St-Gelias <i>et al.</i> , 2002).....	22
Figure 3 : pasteurisation du lait.....	38
Figure 4 : Découpage du caillé.....	39
Figure 5 : Pressage et égouttage du caillé.....	40
Figure 6 : Fromage Edam obtenue après affinage.....	41
Figure 7 : le pH du lait des trois régions.....	52
Figure 8 : l'acidité titrable du lait des trois régions.....	53
Figure 9 : la densité du lait de trois régions.....	53
Figure 10 : les extraits secs totaux des échantillons de lait.....	54
Figure 11 : la matière grasse du lait de trois régions.....	55
Figure12 : Photos du fromage à pâte pressé non cuite type Edam fabriqué à petite échelle (Originale, 2021).....	61

Le lait et ses dérivés demeurent la source protéique animale la plus appréciée en Afrique, avec les prix des viandes qui ne cessent d'augmenter à cause de l'augmentation considérable de la demande en protéines animales. La production mondiale du lait (lait de vache : 81 %, lait de bufflonne : 15 %, autres types de lait (chèvre, brebis et chamelle) : 4 %) a augmenté de 1.3 % en 2019 pour s'établir à 852 Mt environ. En Inde, premier producteur mondial, elle a progressé de 4.2 % pour atteindre 192 Mt (**FAO, 2020**).

L'Algérie est le premier consommateur de lait au Maghreb, avec près de 3 milliards de milliards de litres par an (**kirat, 2007**). Cet aliment occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, il apporte la plus grande part de protéines d'origine animale. Acteur clé de l'industrie agroalimentaire. La filière Lait connaît une croissance annuelle de 8% avec un taux de collecte inférieur à 15%, cette filière reste, cependant, fortement dépendante de l'importation de poudre de lait (**SILAIT, 2008**)

La qualité du lait représente une notion complexe parce qu'elle possède plusieurs dimensions telles que la qualité physicochimique et microbiologique ainsi que l'aptitude fromagère. La valeur d'un lait peut être jugée par son efficacité à la transformation en fromage. L'aptitude à la coagulation dépend de son pH, sa teneur colloïdale et en caséine, qui jouent un rôle primordial dans la mise en place du gel. Le rendement fromager est fortement corrélé à la teneur en protéine ou caséine et en matière grasse du lait (**Martin et Coulon, 1995**).

Le lait qui arrive à l'usine constitue donc, une matière première dont la composition n'est pas fixe, et présente l'inconvénient d'être facilement altérable dans le temps, ce caractère rend donc l'utilisation de cette matière première assez difficile, diminue les rendements et modifie les caractères organoleptiques des produits (**Weber, 1987**).

C'est dans ce contexte que nous avons fixé l'objectif d'étudier l'aptitude technologique du lait de vache destiné à la fabrication fromagère. Pour se faire, nous avons suivi une démarche méthodologique qui consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologique sur des prélèvements d'échantillons du lait collecté dans des différentes régions de la Métidja.

Notre travail consiste à étudier la qualité physico-chimique et microbiologique des laits de collectes et la variation de la composition chimique des laits de trois différentes collectes, ainsi que réaliser une étude comparative sur l'aptitude technologique et microbiologique à la transformation fromagère des laits des différentes collectes, en se basant sur les paramètres technologiques et physico-chimiques effectués, réaliser un essai de fabrication de trois fromages de type Edam à partir de trois laitsp de différentes collectes jugées plus aptes par apport aux autres.

Cette étude est réalisée en trois parties :

La première partie est d'ordre bibliographique. Elle rapporte des généralités sur le lait et sur le fromage. La deuxième partie, consacrée au matériel et méthodes, décrit les unités de transformation étudiées, la méthodologie suivie ainsi que les méthodes analytiques. La dernière partie, présente les résultats obtenus ainsi que leur interprétation et on termine par une conclusion.

I. CHAPITRE : LE LAIT

I.1. Définition

Le lait est un liquide alimentaire opaque blanc mat, légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, à odeur peu marquée et au goût douceâtre, sécrété, après parturition, par la glande mammaire des animaux mammifères femelles pour nourrir leur nouveau-né (**Mazyoyer, 2007**). Le lait sécrété dans les premiers jours après la parturition s'appelle le colostrum (**Enil Mamirole, 2011**).

Selon la définition établie par le congrès international de la répression des fraudes alimentaires à Genève (1908) « Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir du colostrum » (**Debry, 2006**).

I.2. Colostrum

Le colostrum est le premier lait sécrété par un animal après la naissance du jeune. Il est très différent du lait normal dans sa composition et ses propriétés. Une caractéristique très distinctive du colostrum est sa forte teneur en protéines solubles : environ 11% (du poids total) contre environ 0.65% dans le lait normal. Cela a comme effet une coagulation du colostrum lorsqu'il est chauffé. Les immunoglobulines sont une partie importante des protéines du sérum de fromagerie et des anticorps protègent le veau de toutes infections jusqu'à la mise en place complète de son système immunitaire. Le colostrum a une couleur jaunâtre et un goût plutôt salé. Sa teneur en catalase et peroxydase est élevée (**Enil Mamirole, 2011**).

I.3. Composition chimique

Le lait est un édifice physico-chimique extrêmement complexe qui constitue une richesse nutritionnelle importante (**Paccalin et Galantier, 1986**).

Le tableau 1 résume les différents constituants du lait qui rentre dans la composition de ces phases (**Alais et al., 2008**).

Tableau 1 : composition chimique du lait de vache (Alais *et al.*, 2008)

Eléments	Composition g /l	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) + eau liée 3,7 %
Glucides :		
Lactose	49	Solution
Lipides :	35	Emulsion de globules gras (3 à 5 µm)
Matière grasse proprement dite	34	
Lécithine (phospholipides)	0,5	
Partie insaponifiable (stérois carotènes, tocophérols)	0,5	
Protéines :	34	Suspension micellaire de phosphacatéinate de calcium
Caséines	27	Solution colloïdale
Protéines solubles (globulines albumine)	5,5	
Substance azotées non protéique	1,5	
Sels :	9	Solution ou état colloïdale
Acide citrique	2	
Acide phosphorique	2,6	
Acide chlorhydrique	1,7	
Constituants divers :	Traces	
Vitamines, Enzymes, gaz dissout		
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

I.3.1. L'eau

L'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion, dans laquelle sont dispersés tous les autres constituants. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confèrent un caractère polaire. Ce caractère polaire est ce qui lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles de sérum (**Amiot *et al.*, 2002**). Elle se trouve sous deux formes :

- **L'eau extra micellaire** représente environ 90 % de l'eau totale, et contient la quasi-totalité du lactose, des sels minéraux solubles, de l'azote soluble ;
- **L'eau intra micellaire** représente environ 10 % de l'eau totale ; une fraction de cette eau est liée aux caséines et l'autre conserve des propriétés solvants (**Mahaut *et al.*, 2003**).

I.3.2. Les glucides

Les glucides sont essentiellement représentés par du lactose 4,6 % à 5,1 % du poids du lait (**Vierling, 2008**). Le lactose est le constituant principal de la matière sèche du lait. C'est un disaccharide, dont la molécule contient les monosaccharides glucose et galactose, sa teneur est élevée puisqu'elle est d'environ 50g/l. Le goût sucré n'apparaît pas dans le lait car le pouvoir sucrant du lactose est très faible. Le lactose est le constituant le plus attaqué par les micro-organismes, il est la principale source d'alimentation des bactéries, ces dernières contiennent un enzyme appelé lactase, qui attaque le lactose en décomposant ses molécules en glucose et galactose, ce qui provoque un abaissement du pH du lait entraînant sa coagulation ; celle-ci est indispensable pour la fabrication de fromages et de laits fermentés (**Amiot, 2002**).

I.3.3. Les matières grasses

Les matières grasses sont présentes dans le lait sous forme d'une émulsion de globules gras. La teneur en matières grasses du lait est appelée taux butyreux (TB)

Les termes «matières grasses» et «lipides» ne sont pas synonymes. En effet, la matière grasse obtenue par des moyens mécaniques (produit de l'écémage obtenu par centrifugation) représente le contenu du globule gras. De ce fait, elle ne contient pas les lipides polaires ou complexes (phospholipides, etc.), mais contient par contre des composés liposolubles qui ne sont pas des lipides au sens strict et que l'on nomme «substance lipoïde». Il s'agit essentiellement d' «

Hydrocarbures » (dont le carotène), d'alcools (dont le cholestérol et la vitamine E) et de vitamines liposolubles (A, D, K). Cette fraction encore appelée insaponifiable regroupe donc des composés variés et nombreux qui, en raison de leur importance et de leur rôle, seront étudiés séparément, même s'ils représentent moins de 1% de la matière grasse totale du lait **(FAO, 1998)**.

Les lipides (fraction saponifiable) constituent donc l'essentiel de la matière grasse (>98%) et de tous les composants du lait de vache, les lipides sont ceux qui, quantitativement et qualitativement, varient le plus. Les taux moyens précisés dans la littérature (35 g/litre) peuvent être retenus en pratique industrielle lorsque le lait est un mélange provenant de plusieurs animaux **(FAO, 1998)**.

La composition lipidique du lait comprend : les lipides simples (les glycérides), les lipides complexes (les phospholipides) et la fraction insaponifiable (stérois).

Le lait contient aussi de très faibles taux d'acides gras libres (<1 mEq/litre). Leur présence donne au lait une saveur rance quand, sous l'effet d'une lipolyse spontanée, leur taux dépasse 2mEq/litre, surtout s'il s'agit d'acides butyrique, caproïque et caprylique **(FAO, 1998)**.

Tableau 2 : Distribution des principaux acides gras de la graisse du lait de vache en % (Alais, 1984).

Saturé :		
Butyrique	C 4 :0	3,6
Caproïque	C 6 :0	2,3
Capylique	C 8 :0	1,3
Caprique	C 10 :0	2,7
Laurique	C 12 :0	3,3
Myristique	C 14 :0	10,7
Pentadécanoïque	C 15 :0	1,2
Palmitique	C 16 :0	27,6
Stéarique	C 18 :0	10,1
Arachidique	C 20 :0	0,2
Monoinsaturés :		

Myristoleique	C 14 :1	1,4
Palmitoléique	C 16 :1	2,4
Oleique	C 18 :1	26,0
Polyinsaturé :		
<u>Non conjugués</u>		
Linoleique	C 18 :2	2,5
Linolenique	C 18 :3	1,4
Arachidonique	C 20 :4	0,3
<u>Conjugués</u>		
Diène	C 18 :2	0,8

I.3.3.1. Les lipides simples

Les lipides simples sont essentiellement constitués de glycérides (98% de la matière grasse) avec, en faibles quantités, des stérides et des cérébrosides. Les glycérides (lipides neutres) sont constituées par des triglycérides (plus de 98%), des diglycérides (de 0,2 à 1,5%) et des monoglycérides (traces). Pondéralement, les acides gras glycéridiques représentent près de 90% de la matière grasse. Si plus de 400 composés ont été identifiés dans le lait de vache, 15 d'entre eux seulement sont présents en quantités notables (> 1% des lipides totaux).

I.3.3.2. Les lipides complexes

Ces lipides sont complexés avec du phosphore et/ou de l'azote. Les plus importants sont les phospholipides, qui ne représentent que 1% à peine de la matière grasse (de 0,3 à 0,5 g/L), mais jouent le rôle de constituant du globule gras et de stabilisant de l'émulsion. Leurs caractéristiques à la fois lipo- et hydrophiles leur permettent de former des ponts entre phases grasse et aqueuse.

On retrouve donc tant dans la crème (environ 60%) et le beurre que dans le lait écrémé (40%) ou le babeurre. Les phospholipides forment trois groupes principaux : lécithines, céphalines et sphingomyélines. Environ 85% des acides gras constituant des phospholipides sont des acides

gras à chaîne longue. D'autres lipides complexes sont présents à des taux mineurs : les gangliosides, les glycolipides et les glycosphingolipides (FAO, 1998).

I.3.3.3. Fraction insaponifiable

Elle est constituée principalement des stérols, des caroténoïdes, des xanthophylles et des vitamines liposolubles A, D, E et K (Amiot *et al*, 2002 ; Mahaut *et al*, 2003).

Les stérols sont présents à l'état libre (>80%) ou estérifiés par des acides gras. Ils représentent environ 0,1 g/l de la matière grasse totale du lait. Le cholestérol en est le constituant majeur (70 mg/l). Son taux n'accuse pas de variation saisonnière. Les stérols entrent surtout dans la composition de la membrane lipoprotéique du globule gras (de 0,3 à γ , 5% des lipides membranaires) et ils contribuent à la stabilité de l'émulsion.

I.3.4 Matières azotées

La matière azotée du lait englobe deux groupes les protéines et les matières non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote minérale du lait (Goursaud, 1985).

I.3.4.1. Les protéines :

Les protéines se répartissent en deux groupes les caséines et les protéines solubles (les protéines de lactosérum :

➤ Les protéines solubles ou protéines du lactosérum :

Les protéines présentent 15% à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées, elles demeurent en solution dans le « sérum isoélectrique », leur teneur est élevée en lysine, tryptophane, cystéine (Poughon et Grsoud, 2001). Les protéines sériques sont définies comme étant les protéines solubles présentes dans le lactosérum suivant la précipitation des caséines à pH 4,6 à 20 °C. Les protéines sériques englobent une première fraction protéique (80 %) composée de β -lactoglobuline (β -LG), d' α -lactalbumine (α -LA), d'albumine de sérum bovin (ASB) et d'immunoglobulines, et une deuxième fraction non protéique (20 %) composée de protéases peptones et de composés azotés (Guiraud, 1998) (tableau 6).

Tableau 3 : Classification de protéine de lactosérum (Brunner, 1981)

Nom de protéine	% de protéines	Nombre d'acides aminés
Protéine de lactosérum	15-22	/
B –lactoglobuline	7 12	162
a –lactalbumine	2 5	123
Sérum albumine	0,7 1,3	582
Immunoglobuline (G1, G2...)	1,9 3,3	/
Protéase-peptone	2 4	/

- **β -lactoglobuline**

β -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55% .Son point isoélectrique est 5,1. La lactoglobuline est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques.

- **α -lactalbumine**

α -lactalbumine est une protéine de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques. Métalloprotéine (elle possède un atome de calcium par mole) du type globuline (structure tertiaire quasi sphérique). Elle présente environ 22% des protéines du sérum (**Vignola, 2002**).

- **Immunoglobulines**

Ce sont glycoprotéines de haut poids moléculaire responsable de l'immunité. On distingue trois grandes classes d'immunoglobulines : IgA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont des protéines du sérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (**Thapon, 2005**).

- **Sérum albumine bovine (SBA)**

Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Comptant un seul variant génétique est identique au sérum albumine sanguin (**Vignola, 2002**).

➤ Les caséines (non soluble) :

La caséine est la principale protéine du lait de vache. Elle représente environ 80 % de toutes les protéines contenues dans le lait, les caséines se regroupent sous forme sphérique appelée micelle (fig. 1) constituées de 92% de protéines et de 8% de minéraux (Amiot et al .2002). Ce sont des petites protéines dont le poids moléculaire varie entre 19 et 25 kDa. La caséine native possède la composition suivante : protéine 94%, calcium 3%, phosphore 2.2%, acide citrique 0.5% et magnésium 0.1% (Adrian et al. 2004).

On peut séparer quatre composants principaux au sein des caséines : caséine α , caséine β , caséine γ , caséine κ (Tableau 4).

Tableau 4 : Répartition des caséines dans les protéines du lait (Brunner, 1981)

Nom de protéines	% de protéines	Nombre des acides aminés
Caséines :	75-85	
Caséine α_1	39-46	199
Caséine α_2	8-11	207
Caséine β	25-35	209
Caséine κ	8-15	169
Caséine γ	3-7	

Les micelles sont des assemblages hétérogènes de caséines. Leur formation a lieu grâce aux interactions hydrophobes entre les caséines α_{S1} , α_{S2} , β et κ et en fonction de leur taille (Waugh et Von Hippel, 1956 ; Horne, 1998). La taille de micelle se situe entre 100 et 500 nm, la constitution de la micelle de la caséine est différente au centre et en périphérie (Vignola, 2002). (Figure1).

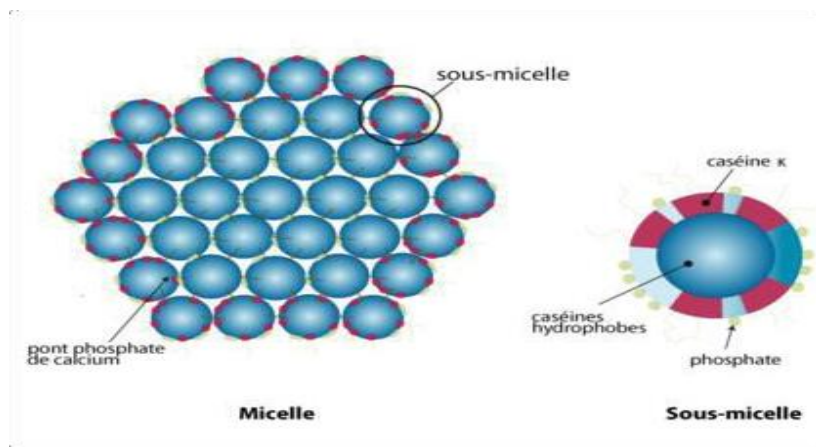


Figure 1 : micelle de caséine et sous micelle de caséine. Adapté de terra pack processing System ,1995.

I.3.4.2. Les matières non protéiques :

Sont définies comme des substances de bas poids moléculaire, la teneur 1,5 à 2 g /l varie en fonction de l'alimentation. Le constituant le plus important est l'urée qui représente 20 à 40 % du NNP, on trouve aussi des bases organiques, des peptides, des acides aminés, etc.

I.3.5. Les enzymes :

Les enzymes Ce sont des substances organiques de nature protéique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (**Vignola, 2002**).

Les enzymes présentes dans le lait sont les lipases, galactase, phosphatase, réductase, catalase et peroxydase. Il existe aussi dans le lait des gaz dissous qui sont le gaz carbonique, l'oxygène, l'azote, dont 4 à 5% du volume du lait se retrouve à la sortie de la mamelle (**Adrian, 1973 ; Andre, 1975**). Peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés :

- Lyses des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase, protéase) ;

- Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme) - Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétyl estérase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthine-oxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (**Blanc ,1982**)

I.3.6. Les vitamines :

Les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs (coenzymes) dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaire (**Jeantet *et al*, 2008**) (**Tableau 5**).

- **Les vitamines hydrosolubles** : la richesse de lait en vitamine B, C est régulièrement élevée quel que soit la saison et le régime alimentaire.
- **Les vitamines liposolubles** : A, D, E, K, qui leurs taux dépendent de nombreux facteurs notamment alimentaires. Le lait renferme un taux élevé de vitamine A lorsque le rationnement des animaux est riche en herbes fraîches (fourrage vert) (**Roy, 1951 ; Wolter, 1997**).

Tableau 5 : concentration en vitamines du lait cru (Amiot et al, 2002)

Vitamines	
Vitamines liposolubles :	
Vitamine A (+carotènes)	40 µg
Vitamine D	2,4 µg
Vitamine E	100 µg
Vitamine K	5 µg
Vitamines hydrosolubles :	
Vitamine C (acide ascorbique)	2 µg
Vitamine B1 (thiamine)	45 µg
Vitamine B2 (riboflavine)	175 µg

Vitamine B6 (pyridoxine)	50 µg
Vitamine B12 (cyan cobalamine)	0,45 µg
Niacine	90 µg
Acide pantothénique	350 µg
Acide folique	5,5 µg
Vitamine H (biotine)	3,5 µg

I.3.7. Les minéraux :

Les minéraux (ou matières salines) sont présents dans le lait à hauteur de 7 g/l environ. Les plus représentés en quantité sont : le calcium, le phosphore, le potassium et le chlore (**tableau 6**). Ces minéraux sont présents soit en solution dans la fraction soluble soit sous forme liée dans la fraction insoluble (**Mathieu, 1998**).

Tableau 6 : composition minérale du lait cru (**Jeantet *et al.* 2007**)

Éléments minéraux	Concentration
Calcium	1043 - 1283
Magnésium	73 - 146
Phosphate inorganique	1805 - 2185
Citrate	1323 - 2079
Sodium	391 - 644
Potassium	1212 - 1681
Chlorure	772 -1207

I.4. Caractéristique du lait cru :

I.4.1. Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques du lait est représentée par le (tableau 7).

Tableau 7 : caractéristiques physiques

Caractéristique	Les normes
Densité	1,028 – 1,032 à 20 °C (Vierling, 2008)
pH	6,5 – 6,7 (Anonyme, 2001)
Acidité	17 – 18 °D (Vignola, 2002)
Le pont de congélation	-0,54 °C et -0,55 °C (Vignola, 2002)

I.4.2.Caractéristique microbiologique

Le lait comporte une flore originelle et une flore de contamination :

I.4.2.1. La flore originelle :

La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis les genres dominants sont essentiellement des mésophiles. Il s'agit de microcoque, streptocoques lactiques, lactobacilles (Tableau8).

Le lait contient peu de micro-organisme lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions, à partir d'un animal sain.

Tableau 8 : Flore originelle du lait cru (Vignola, 2002)

Micro-organisme	Pourcentage %
Micrococcus sp	30 – 90
Lactobacillus	10 – 30
Streptococcus ou lactococcus	< 10
Gram négatif	< 10

I.4.2.2. La flore de contamination

Cette flore est l'ensemble des micro-organismes contaminant le lait, de la collecte jusqu'à la consommation (**Vignola, 2002**) ces contaminations par divers micro-organisme peuvent provenir de l'environnement entérobactéries ou par l'intermédiaire du matériel de traite et de stockage du lait par le sol, l'herbe ou la litière et d'autre contamination d'origine fécale peuvent entraîner la présence de clostridium, d'entérobactéries coliformes et éventuellement d'entérobactéries pathogènes : *salmonella* (ceci explique l'importance d'un contrôle rigoureux du lait)(**Leyral et Vierling,2007**).

D'autre micro-organisme peuvent se trouver dans le lait, lorsqu'il est issu d'un animal malade (agent de mammites -infections du pis-) : Streptococcus pyogènes, Corynebactérium pyogènes, Staphylocoques, etc. (**Cuq, 2007**).

I.4.3. Caractéristiques organoleptiques

L'aspect, l'odeur, la saveur, la texture sont les paramètres organoleptiques qui caractérisent la qualité du lait :

➤ Odeur

Selon (**VIERLING, 2003**), l'odeur est caractéristique, le lait du fait de la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation(les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), a la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette).

➤ Couleur

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène « la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (**FREDOT, 2005**). (**Reumont, 2009**) explique que dans le lait, deux composant les lipides sous forme de globule de matière grasse et les protéines sous forme de micelles de caséine diffractent la lumière. Ces agrégats dispersent les rayons lumineux sans les absorber et le rayonnement qu'ils renvoient, est identique en composition au rayonnement solaire, à savoir une lumière blanche.

➤ Saveur

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquant.

Aussi, il s'avère que l'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un gout amer ainsi que la saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire **(Thieulin et Vuillaume, 1967)**

➤ **Viscosité :**

La viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes.

La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques. La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, le lait concentré à forte consistance est évalué très favorablement chez le consommateur d'Europe centrale. Il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée. **(Rheotest, 2010).**

Chapitre II : Le fromage

II.1. Historique et origine des fromages

Non seulement le lait se consomme à l'état naturel, 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 formateur, c'est à-dire fait dans une forme).

La première occurrence de l'utilisation du fromage comme aliment est inconnue, les ethnologues tiennent preuve que l'homme connaît depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait et cela depuis la découverte des moules à caillé datant de 5000 ans av J.-C sur les rives du lac Neuchâtel (en Suisse). Cependant l'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine, s'entend pour dire que le fromage serait originaire du sud-ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans av J.-C. Les romains auraient stimulés le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 av. J.-C et 300 après J.-C, leur influence est reflétée dans l'étymologie, en effet le mot latin *caseus*, signifiant fromage est la racine du mot caséine, nom qui désigne la protéine coagulable du lait (**Gelais et al., 2002 ; Katz et Weaver, 2003**).

Il est probable que le procédé de fabrication du fromage fût découvert accidentellement en stockant le lait dans des estomacs de mammifères. Il s'agissait en effet d'une pratique courante dans les temps anciens, en Europe de l'est et en Asie de l'ouest, pour transporter le lait. Certains facteurs ont été certainement nécessaires à la transformation du lait en fromage comme la chaleur, l'acidité et les sucs de l'estomac. Ainsi, des extraits d'estomac de plusieurs types d'animaux (moutons, chèvres, vaches), mais également des extraits de plantes (comme le chardon) ont été utilisés pour la préparation de fromages (**Abi azar, 2007**).

II.2. Définition du fromage

Le fromage est un aliment obtenu à partir de lait coagulé ou de produits laitiers, comme la crème, puis d'un égouttage suivi ou non de fermentation et éventuellement d'affinage (fromages affinés). Le fromage est fabriqué à partir de lait de vache principalement mais aussi de brebis, de chèvre, de bufflonne ou d'autres mammifères. Le lait est acidifié, généralement à l'aide d'une culture bactérienne, une enzyme, la présure, ou un substitut comme par exemple de l'acide acétique ou du vinaigre, afin de provoquer la coagulation et former le lait caillé et le petit-lait

(Guiraud, 1998). Certains fromages comportent de la moisissure, soit sur la croûte externe, soit sur la croûte à l'intérieur.

Le fromage est un aliment de base, riche en graisses, protéines, calcium et phosphore à longue conservation en comparaison de la durée de conservation du lait à partir duquel il est fabriqué (Guiraud, 1998).

Selon le Codex Alimentarius (**Codex STAN 283-1978**), est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum /caséines ne dépasse pas celui du lait.

On l'obtient 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, ou alors par emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des produits provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques correspondant à la définition précédente (**Eck, 1997**).

II .3.Composition des fromages

L'accumulation des connaissances en science du lait et la maîtrise des procédés de transformation font qu'aujourd'hui on dénombre de très nombreuses variétés de fromages possédant chacune sa propre originalité. Le Tableau 9, donne une composition nutritionnelle comparative entre les types de fromage.

Tableau 9 : composition et valeur nutritionnelle de quelque type de fromage (Duprè, 2001)

Aliment Fromage	Portion	Kcal	Prot	Lip	Glu	Na+	Mg²⁺	Ca²⁺	Fe	Vit C	Vit B9
Bleu	40g	137	8,1	11,6	0	460	11	289	0,2	0	38
Brie	40g	132	8,2	11	0	287	11	47	0,3	0	60
Camembert	40g	80	9,9	4,4	0	356	10	126	0	n.d	26
Cantal	40g	147	9,2	12,2	n.d	376	12	388	0,2	0	8
Cheddar	40g	162	10,4	13,2	n.d	280	11	296	0,2	0	8
Edam	40g	131	9,9	10,2	n.d	194	18	356	0,1	0	7
Emmental	40g	151	11,8	11,51	n.d	90	18	474	0,3	0	4
Gouda	40g	138	10	11,4	0	248	12	342	0,2	n.d	8
Munster	40g	133	7,6	10,6	0	372	8	172	0,2	0	7
Parmesan	40g	152	14,3	/	0	365	10	510	0,3	0	8

Généralement, le fromage est constitué des éléments nutritionnels suivants :

II.3.1. Les protéines

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30% de protéines. A titre viande (20%). Les protéines proviennent de la caséine modifiée au cours de l'affinage sous l'influence d'une série d'enzyme ; différents selon la microflore ; ils sont aisément digestibles ; et sa composition en acides aminés est très intéressantes sur le plan nutritionnel (**Debry, 2001**).

II.3.2. Les glucides

Les fromages affinés sont pratiquement dépourvus des glucides car la faible quantité lactose restant dans le caillé après égouttage est transformée en acide lactique au cours de l'affinage. Le dosage de lactose dans les fromages affinés est nul ; par contre les fromages frais contiennent des quantités non négligeables de lactose ; d'acide lactique et d'acide citrique (**Mahaut et al., 2000**).

II.3.3. Les lipides

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Au cours de la maturation, se produit sous l'influence de lipases microbiennes ; une lipolyse limitée avec la formation d'acides gras libres, certains de ces acides gras sont volatiles et interviennent dans la formation de l'arôme. Les lipides du lait se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnées, ce qui les rend plus digestibles (**Debry, 2001**).

II .3.4. Les sels minéraux

Calcium et phosphore

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium et de phosphore. Toutefois leur taux varie en fonction de la teneur en eau et du mode de fabrication, on note une bonne constance des teneurs en calcium pour les fromages à pâte pressées (**Debry, 2001**).

Potassium, magnésium et oligo-éléments

Le potassium et le magnésium sont entérinés dans le lactosérum, leurs teneurs rapportés à la matière sèche sont abaissés par rapport à celle du lait. Le sort des oligo-éléments n'est pas toujours totalement lié.

Sodium

Le sodium est apporté au fromage sous forme de chlorure de sodium ; ce dernier au cours du salage ; il permet de :

- Compléter l'égouttage
- Limiter la prolifération de certaines moisissures
- Relever la saveur du fromage (**Gerard, 2001**) à celui-ci. Certains d'entre eux sont associés à des fractions protéiques ou lipidiques du lait, ils restent fixés au cours de l'égouttage (**Mahaut et al., 2000**).

II.3.5. Les vitamines

Les vitamines liposolubles

La teneur en vitamines A, D et E dépend de leur taux en matière grasse. La saison à laquelle le lait a été produit joue également un rôle. Les fromages fabriqués avec les laits de printemps ou d'été ont une activité vitaminique supérieure à celle des fromages issus de lait d'hivers (**Mahaut et al. ,2000**)

Les vitamines hydrosolubles

La teneur en vitamines hydrosolubles varie considérablement selon les fromages ; elle est le résultat de deux facteurs opposés : la perte survient au moment de l'égouttage et l'enrichissement qui survient au cours de l'affinage (Vit C et B) (**Gérard, 2001**).

II .3.6.La teneur en eau

L'ajustement de la teneur en eau est primordial ; elle détermine directement les rendements fromagers et les propriétés physiques et organoleptiques de la pâte. La maîtrise de cette opération se fait essentiellement par le contrôle des facteurs de l'égouttage, tranchage, brassage, chauffage, pressage, retournement et d'affinage (**Fredot 2005**).

II .4.Procédé de fabrication des fromages

La transformation du lait en fromage se fait, généralement, en quatre étapes principales : la coagulation, l'égouttage, le salage et l'affinage. Selon le lait initial et les paramètres

technologiques mis en œuvre au niveau de ces étapes, une grande variété de fromage peut être obtenue (Agioux, 2003).

II.4.1 Coagulation

La coagulation du lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel des caséines du lait. Cette déstabilisation peut être réalisée de deux manières :

II .4.1.1.La coagulation acide

Le mécanisme de la coagulation par voie fermentaire aussi dite coagulation acide est induit par les ferments lactiques. Les genres *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, et *Streptococcus* sont les plus utilisés tout en variant en fonction des fromages et des technologies.

La fonction principale de ces bactéries est de dégrader le lactose pour produire de l'acide lactique, Ce dernier est libéré lors de la croissance des microorganismes et neutralise progressivement les charges électronégatives des caséines ksevré. La répulsion électrostatique entre les micelles de caséine diminue au fur et à mesure de l'enrichissement du milieu en ions H', puis disparaît provoquant ainsi un rapprochement et une agrégation des micelles de caséine (Walstra, 1990).

II .4.1.2.La coagulation enzymatique

Elle est provoquée par l'action d'une enzyme appelée (présure) qui est extraite à partir de caillettes de jeunes ruminants abattus avant sevrage. De nos jours, on l'utilise toujours en technologie fromagère, principalement sous forme liquide ou en poudre.

La présure est constituée en majorité de cytosine, de pepsine et de trypsine en moindre quantité sécrétées dans le quatrième estomac des ruminants non sevrés (Sevents Andren, 2001).

II .4.1.3.Le mécanisme de coagulation

Le mécanisme de la coagulation enzymatique est décrit en trois phases (Guthy et Novak, 1977 ; Genn et Morand, 1981)

- **La phase primaire** : Le caséinomacropeptide (CMP), qui constitue un fragment hydrophile et chargé de la caséine K, est hydrolysé par l'action enzymatique de la présure et est éliminé dans le lactosérum. Le fragment de caséine restant est appelé para-caséine et possède des propriétés hydrophobes. Dans les premières minutes suivant l'apport de l'enzyme coagulante

dans le lait, une diminution de la viscosité du lait apparaît ; elle s'explique par la diminution de la dimension moyenne des micelles suite à leur hydrolyse.

- **La phase secondaire** : est le début du rapprochement des micelles. Cette phase démarre lorsqu'environ 85 à 90% des caséines κ sont hydrolysées. Le para caséine κ va alors s'agréger aux caséines hydrophobes α_1 et α_2 . Les caséines, formant le manteau hydrophile délimitant les micelles, voient alors leur hydrophobicité augmenter. Les micelles de caséine perdent alors leur affinité pour la phase aqueuse et vont se rapprocher et s'agréger entre elles sous l'effet des interactions hydrophobes, faisant ainsi cailler le lait.
- **La phase tertiaire ou (phase de réticulation du gel)** : le gel devient de plus en plus organisé et structuré. Au niveau microscopique, on observe un accroissement des liaisons entre les micelles modifiées, principalement des interactions hydrophobes et électrostatiques, ainsi que la formation des ponts phosphocalciques. Elle correspond au niveau macroscopique au durcissement du gel (**Horne, 1998**) (**Figure N° :2**)

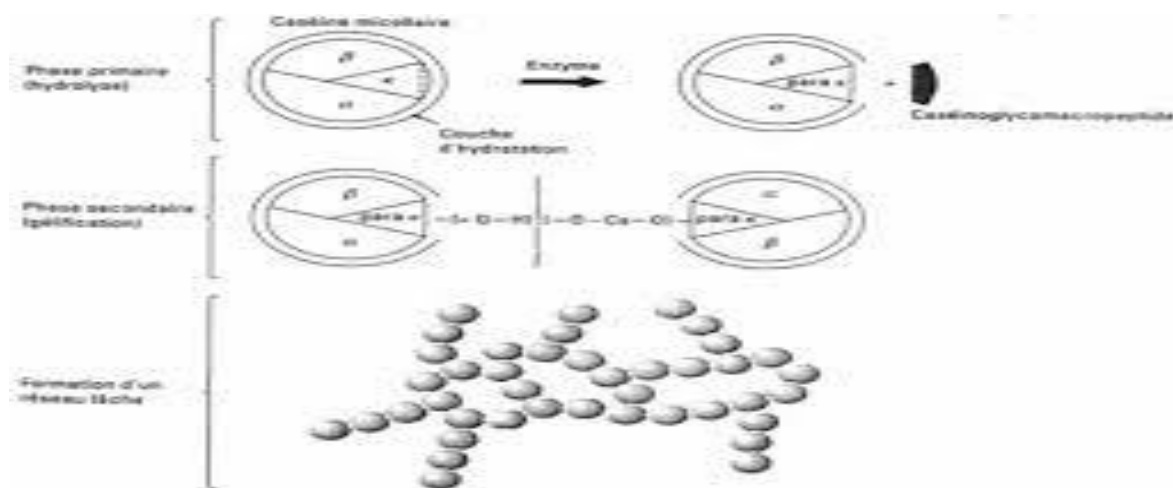


Figure 2 : les deux phase de coagulation enzymatique sont suivie par la formation d'un réseau lâche (**St-Gelias et al., 2002**)

II .4.1.4.La coagulation mixte

C'est le 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'acquérir progressivement les caractères lactiques (**Veisseyre, 1979**).

II.4.2. Egouttage

L'égouttage est naturellement : la synérèse. Il s'agit d'un processus par lequel le caillé précédemment formé expulse le lactosérum (phase liquide) par contraction continue. L'égouttage permet donc de séparer le caillé du lactosérum, contenant la plus grande partie des éléments solubles. Cette étape de fabrication fromagère a un impact sur le type de fromage produit puisque le caillé a une composition variable selon la technique d'égouttage utilisée et la quantité de lactosérum extrait. Il existe trois types d'égouttage : l'égouttage lent, pressé non cuit et pressé cuit (**Carole et Vignola, 2002**).

II.4.3. Le salage

Cette étape permet de compléter l'égouttage par différence de pression osmotique. Elle permet aussi d'arrêter le processus d'acidification et de contrôler le développement des microorganismes du ferment en fonction de leur capacité de tolérance au sel. Il existe trois méthodes de salage : le salage en surface, le salage dans la masse et le saumurage. Le salage en surface se fait par frottement ou saupoudrage du sel sec sur le fromage. Cette technique est utilisée pour les fromages de type suisse. Le salage dans la masse se fait par incorporation de sel lorsque le fromage est en grains, avant la mise en moule, entre-autre dans le cas du cheddar. Le saumurage quant à lui se fait par immersion du fromage dans une saumure, pendant une période pouvant varier de 15 minutes à deux jours. La saumure contient environ 20% de sel (NaCl) et 0,2% de chlorure de calcium (CaCl₂) afin de prévenir la perte de calcium du fromage. La saumure devrait avoir un pH près de celui du fromage (pH 5,2) et être à une température près de 10 à 40°C (**Jeantet et al., 2011**).

II.4.4. L'affinage

A la fin de l'égouttage, le futur fromage est constitué de caséines, de matières grasses, d'eau, de minéraux et de constituants solubles. Cette matrice constitue le milieu de croissance des bactéries, des levures et des moisissures pendant l'affinage. Le contrôle de certains paramètres pendant le processus d'affinage, tel que la température, l'humidité de la chambre d'affinage et

le potentiel d'oxydoréduction influence la croissance des microorganismes. D'autres facteurs naturellement contrôlés par le fromage lui-même comme la teneur en O_2/CO_2 , la disponibilité des nutriments, l'activité de l'eau (a_w), la teneur en sel va aussi influencer la croissance (**Gillis et al., 1997**)

II .5.Classification des fromages

Concernant les types de fromages, chacun ayant ses spécificités. Ils varient par la nature du lait, par la teneur en matière, par leur mode de préparation, par la consistance de leur pâte, par leur durée de conservation.

Ils existent plusieurs types :

II .5.1.Fromages fondus

Le fromage fondus est un produit obtenu par le mélange de fromages de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte ; ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante, jusqu'à obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur (**Vierling, 1999**).

II .5.2.fromage frais

Le fromage frais résulte de la coagulation lente du lait par action de l'acidification combinées ou non à celle d'une faible quantité de présure.

Le fromage frais présente une grande diversité selon le degré d'égouttage et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre. Ces caillés restent très humides (75-80%) et sont peu minéralisés. La pâte a un pH bas (4,3 - 4,5), n'a pas de cohésion et se prête à la fabrication de fromage sans

forme ou de format réduit et de courte conservation (**Mahaut et al., 2000**).

Les fromages frais se caractérisent tous par :

- Un caillé non pressé et une teneur élevée en eau.
- Une faible sensation acide
- Une consommation sans période de maturation

II .5.3.fromage à pâte molle

Ce sont tous les fromages fermentés qui ne sont ni pressés, ni cuits. Ils restent généralement souples et leur taux d'humidité est d'environ 50%.

Deux types de fromages à pâte molle existent :

- Ceux à croûte fleurie : Camembert et fromages assimilés, brie et Coulommiers, Carré de l'Est,
- Ceux à croûte lavée : Livarot, Maroilles, Mont d'Or, Munster, Pont-l'évêque, Epoisses, Langres (**Larpent, 1997**)

II .5.4.fromage à pâte pressées

Les catégories des fromages à pâte pressée désignent un ensemble de fromages très variés dans leur composition, leur format et leur aspect extérieur (croûte sèche ou présence d'une couverture microbienne). La coagulation à caractère enzymatique nécessite des laits frais et l'emploi de dose élevée en enzyme coagulant. Le temps de prise est court et la phase de durcissement est réduite pour éviter la déminéralisation du gel. Le pressage permet de compacter les grains et d'évacuer le lactosérum inter-granulaire (**Lenoir et al., 1985**). La bonne cohésion de la pâte permet la fabrication de fromages de gros format.

Les pâtes pressées se divisent en deux (02) familles :

Non Cuite :

Fromages à pâte pressée non cuite sont des fromages dont le mélange caillé-sérum peut être chauffé, mais à une température inférieure à 50°C et dont le caillé est pressé soutirage-moulage. Le pressage permet de compacter les grains et d'évacuer le lactosérum inter granulaire (**Larpent, 1997**).

- A croûte sèche : Edam, Gouda, Cantal, Raclette, morbier
- A croûte fongique : Tommes, saint nectaire
- A croûte morguée : saint Paulin

Cuite :

Elles subissent une cuisson (53-55 °C pendant 30 - 50 min) lors de travail en cuves afin d'effectuer un égouttage plus poussé pour atteindre un extrait sec final 60% à 63%. Ce sont des fromages de garde, on distingue :

- Le groupe emmental qui se caractérise par des fromages de gros format (65 à 110 kg) à croûte sèche présentant des trous dans la pâte dus à la formation des propénoïques lors du passage en cave chaude (16 à 18 °C) ;

- Le groupe du gruyère qui regroupe des fromages à croûte morguée, de format plus réduit présentant peu ou pas de trous dus à une faible fermentation propénoïque (**Lenoir et al., 1985**).

II .5.5. Fromage à pâte filée

Ce sont des fromages d'origine italienne, ces derniers présentent une grande analogie avec la fabrication des pâtes pressées jusqu'à la fin du brassage en cuve. Après soutirage du lactosérum, les grains sont alors pressés, laissés au repos pendant 3 à 8 heures jusqu'à un ES (extrait sec) de 50-53% nécessaire pour avoir un bon filage. Le caillée est ensuite découpé en lamelles. Celles-ci sont alors immergées dans l'eau ou le lactosérum 70-85°C, pendant 10 à 20 min afin de favoriser l'élasticité et le filage. Le conditionnement est varié ; il peut être sous forme de balle, de cylindre ou de disque (**Lenoir et al. ,1985**).

II .5.6. Fromages à pâte dure

Leur teneur en extrait sec (64%-72%) et leur durée de conservation peut atteindre 2 à 3 ans et en font de véritables fromages de garde. Leur technologie se rapproche de celle des fromages à pâte pressée cuite : le tranchage est poussé et le brassage est effectué à chaud pendant 1 à 2 heures avec une montée en température 55-58 C, ce qui permet d'atteindre l'extrait sec recherché. La croûte est séchée et brossée régulièrement, parfois huilée (**Lenoir et al. ,1985**).

II .6. Fromage type Edam

Étant donné que cette recherche implique la préparation du fromage EDAM, elle est spécifiquement présentée dans cette section.

II.6.1. Définition

Le fromage Edam tire son nom de la ville <<Edam>> située au nord d'Amsterdam en Hollande où il a été fabriqué pour la première fois (**Anonyme, 1994**).

L'Edam est un fromage sphérique légèrement aplati aux parties inférieures et supérieures, 40% à pâte pressée demi- dure ou dure, fait avec du lait écrémé ou demi écrémé (30 à 40%) matière grasse), et affiné avec des bactéries appropriées (**Cheftel et Cheftel , 1977**). D'après **Walstra et al. (1987)**, le lait généralement destiné à la fabrication de l'Edam est un mélange de lait écrémé de la veille et du lait frais de la matinée. Il se consomme après 4 à 6 semaines d'affinage jusqu'à plus d'un an. Il porte les qualificatifs de "tendre" ou "jeune" lorsqu'il a un minimum de

six semaines d'affinage ; " demi- étuvé " ou " demi- vieux " lorsqu'il atteint l'âge de six mois et "étuvé" ou "vieux" lorsque son âge atteint et dépasse 12 mois (**Luquet, 1990 ; Serre, 2002**). C'est un fromage doux, peu salé avec un gout de noisette et une odeur légère comparé à d'autres fromages.

II.6.2. Valeur nutritionnelle

La qualité nutritionnelle de l'EDAM provient de sa teneur élevée en protéines de hautes valeurs biologiques, où les acides aminés sont bien équilibrés. De plus, sa richesse en éléments minéraux et vitamines (Tableau 10) lui confère toutes les particularités d'un fromage de haute valeur alimentaire. Ce produit dérivé est classé parmi les fromages gras, du fait de sa teneur élevé en matière grasse (45%). Dans cette matière lipidique, les acides gras volatils (C2 à C8) lui confèrent une odeur et une saveur particulière (**Me Sweeney et Sousa, 2000**).

Tableau 10 : valeur nutritionnelle du fromage EDAM

Composition	Valeur nutritionnelle
Protéines	24-27
Matière grasse	24-45
Calcium	750-855 mg /100g
Sodium	900mg/100g
Phosphore	500g/100g
Valeur énergétique	390-400kcal /100g de fromage

II .6.3.Les défauts de fabrication de fromage Edam

Les défauts les plus généralement rencontrés en fromagerie sont de quatre ordres :

- Des défauts liés à la qualité et à la préparation de la matière première.
- Des défauts liés à la coagulation et à l'égouttage.
- Des défauts liés à l'affinage.
- Les défauts de saveur et d'arôme.

II .6.3.1. Défauts liés à la qualité et aux traitements de la matière première

- La quantité de caséine qui forme le gel augmente la fermeté du gel et l'élasticité de la pâte fromagère. En conséquence, un lait pauvre en caséine sera plus long à coaguler. Il donnera un fromage avec moins de corps.
- La matière grasse en trappé dans le réseau caséine nuit à la formation et à la contraction du gel. En excès, la matière grasse nuit à l'égouttage et à la fermeté du fromage. Un lait pauvre en matières grasse donne un fromage avec texture trop élastique. Par ailleurs, un lait ayant développé des saveurs rances ou oxydées à la suite de la dégradation des matières grasses durant l'entreposage les transmet au fromage.
- Grace à la standardisation de la composition en protéines et en matière grasse, à l'ajout d'ingrédients laitiers modifiés, à l'ajout de chlorure de calcium, les accidents de la fabrication liés à la composition du lait sont moins nombreux. La présence d'antibiotiques et de résidus de produits de lavage ou d'assainissement dans le lait a des effets plus draconiens. Ces polluants peuvent, dans certains cas, arrêter complètement l'activité fermentaire. L'entreposage du lait non pasteurisé à basse température entraîne des défauts de coagulation et d'égouttage du caillé et peut engendrer des défauts de saveur dans le produit fini. Premièrement, en solubilisant le calcium micellaire et une partie de la β -caséines, l'entreposage ralentit la coagulation et conduit à des caillés moins fermes et diminue les rendements. A l'échelle microbiologique, les bactéries psychotropes sont favorisées par les basses températures ; elles libèrent dans les laits de fromagerie des enzymes thermorésistants qui pourront agir sur l'affinage. En trop grand nombre, elles entraînent des défauts de saveurs, par exemple la rancidité due à la lipase microbienne.

On peut y remédier par :

- L'utilisation d'un lait frais, gage d'une bonne qualité fromagère ;
- L'utilisation rapide du lait dans la fromagerie (puisque le temps de latence des bactéries psychotropes se situe entre 48 et 72 heures d'entreposage pour des températures comprises entre 3 et 6°C).
- La pasteurisation affecte également la fabrication fromagère par son effet sur la qualité chimique et microbiologique du lait. Elle provoque une précipitation partielle du calcium qui nuit à la coagulation présure. Cependant, cette situation est facile à corriger par l'ajout de chlorure de calcium (0.035g/1) au lait. L'effet du chauffage le plus marquant se fait sentir sur les protéines du sérum ; sensibles à la chaleur, elles se dénaturent, deviennent fortement

absorbantes puis se fixent sur les caséines. L'égouttage devient alors plus difficile et les fromages obtenus, plus humides. Ce défaut devient notable dès que le barème de pasteurisation dépasse 75°C pendant 16 secondes (**Luquet, 1990 ; Serre, 2002**).

Sur le plan microbiologique, la pasteurisation diminue la flore initiale du lait, ce qui réduit avantageusement le nombre de bactéries pathogènes. Mais elle diminue de même coup la diversité de la flore. Le pool enzymatique des laits pasteurisée, plus limitée, conduit à des fromages à saveurs moins typées le plus neutre. L'avantage des laits crus vient, en partie, de l'appauvrissement enzymatiques des laits pasteurisés (**St- Gelais et Tirard –collet, 2002**).

II.6.3.2. Défauts liés à la coagulation et à l'égouttage

➤ Défauts de caillage dans les fabrications présures

- **Caillage lent**

Dans les fabrications de type présure, tous les facteurs qui affectent l'activité de la présure sont à prendre en compte et influencent la rapidité de la coagulation : la température et le pH d'emprésurage, la composition du lait et son traitement préalable.

- **Caillé feuilleté**

On observe ce défaut lorsque le caillé est brassé ou que le bassin est déplacé durant la coagulation (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**).

➤ Défauts d'humidité du caillé

L'humidité du caillé est un paramètre essentiel puisqu'il influe en premier lieu son aptitude à bien s'affiner (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**).

On trouvera deux défauts dans le caillé :

- **Caillé trop humide**
- **Caillé trop sec**

➤ Défauts d'acidité finale du caillé

L'acidité finale joue un rôle important dans l'aptitude du caillé à contrôler le développement des microorganismes et à gérer l'ensemble des réactions enzymatiques durant l'affinage. Donc, la texture est directement liée au pH final du caillé (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**).

➤ Défauts liés à l'affinage

- **Problèmes d'ouvertures de la pâte**

La présence d'ouvertures atypiques provient d'une contamination par des microorganismes producteurs de gaz.

Les ouvertures peuvent provenir soient :

- D'une contamination durant la fabrication ;
- D'une très faible quantité d'antibiotiques (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**) ;
- De la pasteurisation qui ne détruit pas le *Clostridium* ;
- D'une température d'affinage trop élevée

- **Gonflements précoces**

Ils se produisent rapidement (dans les 24-48heures) après le début de la fabrication et peuvent atteindre tous les types de fromages. Ils se traduisent par l'apparition de trous généralement en nombre important et souvent petits, au sein de la pâte.

- **Gonflements tardif (gonflement butyrique)**

C'est un des plus graves accidents, il apparait entre 10 jours à 2 mois (**Mahaut et al., 2003**). Il se produit surtout dans les fromages à pâte pressée cuite, et dans beaucoup de fromage à pâte pressée, spécialement ceux de type Edam et surtout gouda (**Bergere et Lenoir, 1997**). On observe l'apparition d'ouvertures durant l'affinage sous forme de nombreux trous de la taille d'une tête d'épingle apparaissant en grappes (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**). Le défaut est dû aux *Clostridium* (bactéries anaérobies sporulées) du groupe butyrique, presque toujours c'est la seule espèce *C. tyrobutyricum* qui est en cause. Leurs produits de fermentation sont uniquement les acides acétique et surtout butyrique, ainsi que le gaz carbonique et l'hydrogène en grande quantité. Ce sont ces gaz, notamment le dernier, qui provoque le gonflement des fromages et peuvent les déformer voire même les faire éclater, alors que l'acide butyrique leur communique un gout et une odeur désagréables à partir d'une certaine concentration.

III .1. Généralités

Le lait est une matière première aux ressources considérables ; et face à la demande du consommateur qui sollicite de plus en plus de produits innovants à la qualité constante, l'industrie doit exploiter toutes les richesses de cette matière première à la fois si simple en apparence et si complexe dans sa composition.

Aussi, l'évolution rapide des facteurs de production et des contraintes de ramassage et de transformation du lait a entraîné des modifications de sa qualité qui peuvent avoir des répercussions sur la quantité et la qualité des produits transformés. Ces modifications sont particulièrement importantes dans les régions où la majeure partie du lait est transformée en fromages.

Ceci ne va pas sans poser des problèmes aux fromagers qui, du fait de l'automatisation croissante des chaînes de production, ont du mal à adapter leurs techniques de fabrication aux variations des caractéristiques du lait : composition, comportement vis à vis de la présure, caractéristiques rhéologiques du caillé. Il est donc primordial de mieux connaître les causes des variations de l'aptitude fromagère des laits (**Martin et Coulon, 1991**).

En conséquence, un lait de qualité est un bon lait qui donnera par conséquent un bon fromage. Cependant, si on y regarde de plus près, l'élément « qualité » devient plus complexe. Tout d'abord, avant de parler de l'aptitude fromagère, à la réception du lait au niveau de l'unité de fabrication du fromage des critères en relation avec la qualité physicochimique et microbiologiques doivent être respectés, tels que :

- $\text{pH} > 6,65$ et une acidité < 16 °D.
- Absence de résidus d'antibiotiques ;
- Absence de matières étrangères dangereuses ;
- Bonne senteur ;
- Température du lait inférieur à 4 °C.

III .2. Impact de la qualité physico-chimique du lait cru sur la qualité fromagère

La qualité du lait pourrait se définir, dans le cas qui nous occupe comme l'adaptation à la fabrication de fromage (**Juran, 1974**). La prise en compte des critères de composition

bactériologiques et physicochimiques du lait est nécessaire pour répondre à des besoins d'aptitude fromagère (**Thebaut, 1991**).

En effet, la valeur d'un lait peut être jugée et définie par son efficacité à la transformation en fromage. L'aptitude à la coagulation dépend de son pH, sa teneur colloïdale et en caséine, densité, taux de matière grasse et extrait sec qui jouent un rôle primordial dans le rendement fromager est fortement corrélé à la teneur en protéine ou caséine et en matière grasse du lait (**Laurent et al., 2002**).

III.2.1. Aptitude à la coagulation du lait

La coagulation du lait par la présure ou par acidification est la première étape de la fabrication d'un fromage qui peut être considéré comme le résultat d'un processus dans lequel la caséine et les matières grasses sont concentrées après élimination du lactosérum. Pour le fromager, le comportement du lait lors de la coagulation joue un rôle important sur le bon ou mauvais déroulement des étapes ultérieures de la fabrication fromagère (**Martin et Coulon, 1995**).

III .2.2. Le pH

Le pH initial du lait a un effet déterminant sur la coagulation bien que pour le temps de raffermissement. La maîtrise de la préparation de lait permet de régler le pH qui conditionne la fermentation des gels au moment de moulage (**Starry, 1982**). En fromagerie, l'abaissement du pH favorise le processus de coagulation (diminution du temps de floculation et formation d'un gel se raffermissant plus rapidement) par deux actions :

- L'activité de la présure sur la caséine k est maximale à pH = 5,5 et est rapidement inactivée lorsque le pH est supérieur à 7,0.
- La stabilité des micelles décroît avec le pH par neutralisation des charges négatives et par libération d'ions calcium, ce qui favorise la réaction d'agrégation (**Linden, 1987**).

III .2.3. L'acidification

L'acidité du lait entraîne des modifications de ses propriétés puis de gel. Elle permet de raccourcir le temps de prise et d'augmenter la vitesse de raffermissement. Elle permet également d'obtenir un fermenté de gel accrue de part une solubilisation du calcium et du phosphore qui deviennent alors disponibles pour créer des liaisons entre les micelles lors de la phase enzymatique de la coagulation. Si l'intensité de l'acidification est mal gérée, les conséquences d'une acidification non respectée mèneront à un mauvais fromage (odeur, gout et texture). Une

acidification insuffisante entraîne une déminéralisation trop faible rend la caille fragile. Il est donc nécessaire en premier lieu, l'ajustement du PH et le contrôle des paramètres d'acidification **(Delphine, 2005)**.

III .2.4. La teneur en caséine

Le lait contient deux fractions de protéines. La caséine et la protéine du sérum ou protéine sérique La caséine se compose de 4 composants autonomes : α_1 , α_2 , β et K. La protéine sérique regroupe les «albumines» et les «globulines». Les caséines ne présentent pas la même sensibilité vis-à-vis du calcium. Les caséines α_1 , α_2 et β s'agrègent en présence de calcium jusqu'à une valeur limite de concentration au-delà de laquelle elles précipitent. Seule la caséine K ne précipite pas en présence de calcium.

Le calcium se lie aux caséines par l'intermédiaire des acides aminés phosphorylés, ainsi deux charges négatives sur les molécules de caséine sont neutralisées par chaque ion calcium lié, ce qui entraîne une diminution des répulsions électrostatiques entre les caséines (chargées négativement à pH (6,6) et les conduits à s'agréger **(Dalgleish, 1982)**.

La présence à la fois d'interactions électrostatiques et hydrophobes permet aux caséines de former des agrégats colloïdaux **(Schmidt, 1982)** qui retiennent le calcium et le phosphate. L'augmentation de la teneur en caséine K s'accompagne de la baisse de la taille des micelles et suggère une localisation de cette caséine à la surface des micelles **(Lavoisier, 1995)**.

III .2.5. La teneur en calcium colloïdal

Un lait pauvre en calcium coagule difficilement et conduit à un gel mou qui se tient mal et, aussi il est difficile d'agir directement sur ces teneurs dans le lait car, les animaux sont capables de mobiliser leurs réserves corporelles ce qui a pour résultat de maintenir un taux stable de calcium dans le lait. Il peut être ajouté du chlorure de calcium avant emprésurage pour permettre d'obtenir un caillé plus structuré et réduire le temps de floculation. Il est indispensable de rappeler que l'utilisation de chlorure de calcium est interdite pour certaines fabrications sous signe de qualité **(Delphine, 2005)**. D'autre part, l'ajout en excès peut entraîner l'apparition de défaut d'amertume et un goût métallique. L'influence du taux de calcium se manifeste sur le temps de floculation et la fermeté du gel. Le calcium est indispensable à la floculation des micelles. L'aptitude à la coagulation dépend également de la teneur en phosphate de calcium colloïdal. Plus la teneur en phosphate de calcium micellairesera élevée, plus le gel sera ferme et se prêtera à l'égouttage **(Delphine, 2005)**.

III .3. LES MOYENS MIS EN PLACE À la fromagerie POUR PERMETTRE LE CONTRÔLE

Lors de l'arrivée d'une citerne de lait, le préposé à la réception du lait effectue les tâches suivantes :

- Contrôle de l'odeur ;
- Validation de la température ;
- Prélèvement d'un échantillon pour le contrôle du pH ;
- Analyse de la présence d'antibiotiques.

Toutes fois, si tous les points de contrôles rencontrent les normes, le lait est retenu. Par contre, si, un ou l'ensemble de ces critères est hors normes, ils seront en droit de refuser le lait.

III .4. IMPACT de L'ACCEPTATION D'UN LAIT DE MOINS BONNE QUALITÉ

Les facteurs que les contrôles permettent de gérer sont les bactéries, les antibiotiques et les propriétés sensorielles du produit. Un lait à haut compte microbien amène à transformer un lait acidifié. On se retrouvera alors avec des problèmes de saveur et d'odeur, de texture et de conservation. Par ailleurs si les mauvaises odeurs sont associées à autre chose que la croissance microbienne, cette senteur se transportera dans la saveur des produits.

Un autre facteur qui n'est pas évalué, mais qui peut avoir un impact sur la qualité des produits transformés, c'est la présence élevée de cellules somatiques. On associe les cellules somatiques au lait de mammite. En effet, la composition chimique du lait de mammite se trouve changée. L'inflammation affecte la synthèse de la protéine « caséine », de la matière grasse et du lactose. Par contre, les protéines sériques, les minéraux et le pH augmentent en raison du passage de ces éléments du sang vers le lait. Dans le fromage on aura donc une baisse du rendement fromager et dans le lait de consommation une baisse de la durée de vie, car le lait est plus susceptible à la lipolyse et à la protéolyse (**Amiot *et al.*, 2002**).

III .5. Intérêt du contrôle

Le contrôle permet de déceler ce qui suit :

- Un pH trop bas est un autre signe d'une quantité de bactéries très élevée. Un pH trop élevé nous indique un lait de mauvaise qualité (Lait à haut compte leucocytaire).
- La senteur du lait permet de déceler des problèmes d'hygiène du lait. Ex. : Odeur d'ensilage, de fumier... un problème d'un compte microbien élevé pourrait se traduire par une odeur de lait suri.
- Le test d'antibiotiques permet de déceler la présence de résidus de médicaments donnés aux vaches.
- La température du lait trop élevée nous conduit directement vers une augmentation du nombre de bactéries.

III .6. Causes des variations de l'aptitude fromagère des laits.

Ces variations semblaient être en relation avec la maîtrise du système d'élevage et plus particulièrement de l'alimentation.

Il est important que le lien entre la composition du lait et la fromageabilité, conformément à la littérature (Coulon *et al.*, 1998), les teneurs en cellules et en sodium élevées sont liées à une mauvaise fromageabilité (temps de coagulation et de raffermissement longs et mauvaise fermeté de caillé). A l'opposé, les taux de matières grasses, matières azotées totales, caséines, et calcium sont liés à une bonne fromageabilité. L'analyse réalisée permet aussi de mettre en évidence l'influence de facteurs non recensés dans la littérature, une bonne aptitude fromagère pourrait en effet être mise en relation avec des teneurs en magnésium et phosphore élevées dans le lait, alors que le potassium pourrait être lié à une mauvaise valeur fromagère. (**Grelet *et al.*, 2013**)

De nombreux travaux ont été réalisés dans le monde entier pour déterminer l'influence des divers aliments de la ration sur la composition du lait.

SEEGERS *et al.* (1989) ont observé que l'utilisation d'ensilage d'herbe en quantité importante dans des rations à base d'ensilage de maïs conduit à une amélioration des taux protéiques ; dans ce cas, l'utilisation d'ensilage d'herbe est un indice de la maîtrise globale du système alimentaire et de l'utilisation raisonnée des différents fourrages disponibles (**COULON, 1991**). En revanche, le taux protéique a augmenté sans modification du taux de caséines (**THENARD *et al.*, 2002**).

Le taux protéique augmente donc de manière linéaire avec les apports énergétiques (**BONY *et al.*, 2005**) sauf lorsque l'augmentation de ces apports est réalisée par l'adjonction de matières grasses qui, quelle que soit leur origine, ont un effet dépressif. Par ailleurs, l'augmentation du

niveau des apports azotés dans la ration entraîne une augmentation conjointe des quantités de lait et de protéines secrétées, de sorte que le taux protéique est peu modifié (**REMOND, 1985**). Enfin, différentes expériences ont démontré que le pois, excellente source de protéines et d'énergie pour les ruminants (**CORBETT, 1997**), pouvait constituer la principale source de suppléments protéiques pour les vaches laitières, en remplacement des tourteaux, de soja et de canola (**PELLETIER, 1999**). Par ailleurs, les teneurs en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite.

IV.1. Lieu et objectif du travail

L'ensemble de ce travail a été réalisé au sein du laboratoire d'analyses au niveau de l'unité de laiterie et fromagerie de Boudouaou (wilaya de Boumerdes) (Annexe A).

Ce travail a pour but d'étudier quelques aptitudes technologiques du lait de vache, provenant de différentes régions destiné à la fabriquer du fromage. Autrement dit, mettre en évidence l'influence des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du lait sur son aptitude à se transformer en fromage.

Pour réaliser cette étude, nous avons adopté la démarche expérimentale suivante :

- Etude de l'effet de la provenance du lait cru sur l'aptitude technologique fromagère. Trois types du lait cru de vache ont été utilisés, l'un provenant de la région de Blida, l'autre de la région de Draa ben Khedaa et le troisième type est constitué d'un mélange de plusieurs types de laits de différentes régions utilisés généralement par le LFB.
- Décrire les étapes de l'essai de fabrication du fromage à pâte pressée type Edam de chaque type du lait, suivi d'une étude comparative des trois fromages, par la réalisation des analyses physicochimiques et microbiologiques et détermination du rendement fromager.

IV.2. Matériel biologique

IV.2.1. Collecte du lait cru et présentation des échantillons

Les prélèvements du lait cru ont été réalisés dans des conditions stériles, au niveau de l'unité de LFB, auprès des collecteurs qui transportent leur lait à travers des citernes. De ces citernes, 05.5 L de lait cru ont été prélevés et stocké dans un récipient pré-stérilisé et étiqueté.

Trois types de lait cru sont retenus pour cette étude, celui de Blida, de Draa Ben Khedaa et le troisième utilisé au sein du LFB, constitué par le mélange du lait cru provenant de toutes les régions confondues.

Les échantillons du lait cru destinés pour l'analyse physico-chimique et microbiologique sont conservés dans des flacons en verre préalablement stérilisés et étiquetés.

IV.2.2. Essai de fabrication du fromage à pâte pressée type Edam

➤ Conditions expérimentales

La fabrication du fromage à pâte pressée type Edam a été réalisée au sein du laboratoire de LFB (laitière - fromagerie de Boudouaou).

Pour transformer le lait cru en fromage, nous avons adopté les procédés technologiques adoptés par la Laiterie-Fromagerie de Boudouaou :

Pasteurisation

Le lait est un produit très périssable et doit donc subir de nombreux traitements dans le but de prolonger sa durée de conservation et d'éliminer tout risque pour la santé du consommateur. La destruction des microorganismes est fonction donc de deux paramètres : la température et la durée du traitement (**Alais, 1984 ; Vignola, 2002**).

Cette étape est nécessaire pour créer les conditions bactériologiques favorables à la coagulation du lait.

La pasteurisation est réalisée à une température de 85 °C pendant 30 min sur une quantité de lait égale à 5 litres (**figure 3**).



Figure 3 : pasteurisation du lait

Refroidissement

Immédiatement après la pasteurisation, le lait est refroidi jusqu'à une température allant de 38 à 40 °C. Cette opération est capitale dans le maintien de la qualité du lait pour la suite de la fabrication fromagère, ainsi que pour le lancement de l'emprésurage dans les meilleures conditions de température.

Emprésurage et coagulation du lait

Le lait est ensuite emprésuré avec la présure commerciale (microbienne) à raison de 0,1 g pour 100 litres de lait en respectant les conditions d'emprésurage suivantes :

- Acidité titrable du lait : 18 °D ;
- pH : 6,4 - 6,5 ;
- Température : 38 – 40 °C.

Le temps de coagulation est compris entre 20 et 30 minutes.

Découpage

Une fois le lait a pris la forme d'un coagulum bien ferme, le caillé est tranché en morceaux plus ou moins importants à l'aide d'un couteau à une vitesse la plus faible possible (**figure 4**). Cette opération a pour but de favoriser l'évacuation du sérum et d'augmenter le taux de l'extrait sec.



Figure 4 : Découpage du caillé

Pressage et égouttage

Le caillé obtenu a été mis dans des toiles puis dans des moules afin de procéder à l'égouttage. L'égouttage est le passage de l'état semi-solide à l'état solide. De plus, le caillé doit être plus

ou moins compact selon le fromage désiré.

Dans notre expérience, le pressage mécanique (pressage à main) s'impose à cause de la petite quantité du lait utilisé par contre l'unité de Boudouaou LFB utilise le pressage automatique à l'aide des machines (Figure 5).



Figure 5 : Pressage et égouttage du caillé.

Salage

Le salage consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium, il agit directement sur le développement des microorganismes et l'activité des enzymes par la diminution de l'activité de l'eau, il complète l'évacuation du lactosérum et facilite la formation de la croûte du fromage.

Le salage se fait en immergeant, pendant 6h, les boules de fromage dans une saumure à 20 % de Na Cl (200 g /l) à température ambiante.

Affinage

L'affinage consiste à la maturation du fromage par voie biologique sous l'action des enzymes. C'est un résultat global des phénomènes variés (glycolyse, lipolyse, protéolyse, etc.), dont la combinaison fixe les caractères organoleptiques du fromage.

Cette étape est réalisée dans une chambre conditionnée (hâloir) à la Laiterie- Fromagerie de Boudouaou à une température de 8 à 10 °C et à une humidité de 90 %. La durée d'affinage est de trois semaines. Le caillé se transforme en pâte, sous l'effet de la fermentation, le goût et l'odeur apparaissent.

Une fois l'affinage est terminé, les fromages sont rincés avec de l'eau et brossés puis acheminés au laboratoire pour réaliser les analyses physico-chimiques.

Après ces analyses, les fromages sont enrobés de paraffine fondus puis emballés dans des sachets en plastique alimentaire (Figure 6).



Figure 6 : Fromage Edam obtenue après affinage

Les fromages obtenus seront stockés dans des conditions stériles pour analyse.

IV.3. Analyses physicochimique et microbiologique

IV.3.1. Analyses physico-chimiques du lait cru

Afin d'évaluer la qualité physico-chimique des laits crus collectés, les paramètres suivants ont été mesurés : pH, acidité titrable, densité, extrait sec total (EST), la matière grasse (MG) et le test d'antibiotiques. Ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyse physico-chimique de laiterie, elles sont effectuées à la température ambiante ($20 \pm 5^\circ\text{C}$).

IV.3.1.1. Détermination du pH

Principe

Le pH mesure l'activité chimique des ions H^+ en solution aqueuse. Il mesure aussi l'acidité ou la basicité d'une solution.

Le lait frais contient peu d'acide, son pH est voisin de la neutralité, les valeurs normales du pH du lait cru varient de 6,5 - 6,8

Mode opératoire

Après étalonnage, on introduit l'électrode du pH mètre dans un bécher qui contient la solution du lait cru. Cependant, concernant le fromage Edam, il suffit d'immerger l'électrode

directement dans la boule du fromage.

Lecture

La valeur du pH est indiquée directement sur l'écran du pH mètre.

IV .3.1.2.Détermination de l'acidité titrable

Principe

Pour déterminer le taux d'acidité titrable, le lait est titré par une solution sodique (hydroxyde de sodium NaOH à 0,111mol/l) en présence de la phénolphtaléine à 1% comme indicateur coloré.

Les tolérances définies dans le lait pour son acceptation varient de 16 à 18 °Dornic.

Mode opératoire

La mesure est effectuée selon la démarche suivante :

- Prendre 10 ml du lait ;
- Ajouter 3 à 5 gouttes de solution de phénolphthaléine ;
- Titrer par la soude avec l'acidimètre jusqu'à un virage de la couleur à la rose pale. Quand la couleur persiste au moins 10 secondes, arrêter l'ajout de la soude ;
- La lecture se fera directement sur l'acidimètre.

Expression des résultats

L'acidité correspond à un gramme d'acide lactique par 10g d'échantillon, elle est donnée par la formule suivante : $A (^{\circ}D) = V \times 10$ Où :

- A (°D) : Acidité titrable en degré Dornic (°D).
- V : Volume de la solution sodique utilisée pour le titrage

IV3.1.3. Détermination de la densité

Principe

La densité permet de déterminer la matière grasse du lait (NA1 130). C'est aussi le poids d'un litre du lait à 15°C. La mesure de la densité du lait sert à l'étude de mouillage du lait.

La densité normale du lait de vache se situe autour de 1028 à 1035. Elle varie selon la richesse en matière sèche et elle est inversement proportionnelle au taux de matière grasse.

Mode opératoire

La mesure est effectuée selon les étapes suivantes :

- Verser le lait dans l'éprouvette tenue inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou de bulles d'air.
- Remplir l'éprouvette avec l'échantillon du lait.
- Introduire le lactodensimètre dans l'éprouvette.
- Après la stabilisation de l'appareil, on lit directement la valeur de la densité sur les graduations du lactodensimètre.

Expression du résultat

La densité exprimée par la formule : $D = D_0 \pm [(20 - T) \cdot 0,2]$

Si $T > 20^\circ\text{C}$ $D = D_0 + 0,2(T-20)$ Avec : D_0 Densité lue sur le lactodensimètre.

Si $T < 20^\circ\text{C}$ $D = D_0 - 0,2(T-20)$ T Température lue sur le lactodensimètre

IV 3.1.4.Détermination de l'extrait sec totale (EST)

Principe

L'extrait sec total (EST) est le taux de la matière sèche restant après une dessiccation. –

L'extrait sec total du lait de vache se situe autour de 120 à 125 (g /l).

Mode opératoire

L'extrait sec total est calculé selon les normes algériennes (**NA679 et NA666**).

- Tarer la capsule dans un dessiccateur à infrarouge ;
- Introduire un volume de 2 à 5 ml du lait dans la capsule ;
- Ensuite sécher pendant 6 à 8 minutes à 120°C .

Expression des résultats

Le résultat de l'extrait sec total est directement affiché sur l'appareil.

IV.3.1.5.Détermination de la matière grasse

Principe

La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode acido-butyrométrique de Gerber. Les constituants du lait, autre que la matière grasse sont dissous par l'acide sulfurique. L'ajout d'une petite quantité de l'alcool iso-amylque (**Ghaoues, 2011**) et la force centrifuge permettent de dissoudre la matière grasse, cette dernière se sépare et monte au sommet du butyromètre. (**AFNOR, 1993**).

Mode opératoire

- Introduire 10ml d'acide sulfurique dans un butyromètre à l'aide d'une pipette.
- Ajouter 11ml du lait sur la paroi du butyromètre.
- Ajouter 1,5ml d'alcool iso-amylque.
- Fermer le butyromètre et bien homogénéiser en faisant attention à ne pas se brûler car la réaction mise en jeu est exothermique.
- Centrifuger à 1200 tours pendant 5 minutes.

Expressions des résultats

Les résultats sont exprimés en g/l en lisant la valeur directement sur les graduations du butyromètre (chaque centimètre du butyromètre correspond à 10g/l de matière grasse à 20°C).

IV.3.1.6.Test d'antibiotique

Principe :

La recherche des ATB se fait par le test du bêta-star, c'est un test rapide qui permet de détecter la présence des résidus de B –lactamine, tétracycline, et des furoylceftiofur dans un échantillon de lait cru. Le résultat s'affiche sur des bandelettes qui comportent quatre ligne superposées la première est la ligne de contrôle, la deuxième c'est la desfuroylceftiofur puis La tétracycline et en fin la B-LACTAMINE.

Mode opératoire

Un (1) ml de lait sont mis dans un flacon en verre contenant des enzymes inactives. la préparation est ensuite secouée et mise dans un incubateur calibré à 47,4°C. Après 3 minutes, une bandelette révélatrice est utilisée pour détecter la présence des antibiotiques du type β -Lactames et Tétracycline.

Expression des résultats

L'apparition de 3 bandes rose signifie que le test est négatif, alors que lorsque l'une des bandes manque, cela signifie que le test est positif.

IV .3.1.7. Test de coagulation

L'aptitude à la coagulation par la présure, par rapport aux différents échantillons de laits, a été appréciée par la mesure du temps de coagulation, selon la technique de **(Berridge, 1952)**. Cette détermination a été effectuée à pH initial des laits dont la température est préalablement équilibrée à 10 °C pendant 30 min, avec une dose de présure diluée à 10^{-2} de 1 ml/10 ml de lait. Le temps de coagulation du lait est apprécié par l'observation visuelle de l'apparition des premiers flocons après emprésurage du lait.

IV.3.2. Analyses physico-chimiques du fromage

Sur chaque échantillon de fromage fabriqué, des analyses physico-chimiques ont été effectuées. Ces analyses portaient sur le pH, matière grasse, l'extrait sec total (EST- F), et on finira par le calcul du rendement fromager (Rdt-F).

IV .3.2.1. pH

Le pH du fromage a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre, en introduisant l'électrode de pénétration dans le fromage.

IV .3.2.2. Matière grasse

Consiste de mettre 3g du fromage bien coupé en des petits morceaux puis ajouter de l'acide sulfurique jusqu'à l'émergence du fromage.

On a ajouté de 1ml d'alcool iso-amylque et versé encore de l'acide sulfurique jusqu'à 35% après de mettre le butyromètre dans un bain-marie à 70°C pour la dissolution du fromage (environ 30 min).

Fermer bien le bouchon et placer le butyromètre dans la centrifugeuse pendant 5minutes.
Lire le résultat directement sur les graduations du butyromètre

IV 3.2.3. Extrait sec total (EST-F)

L'extrait sec total du fromage (EST-F) a été déterminé par dessiccation à l'aide d'un analyseur d'humidité.

IV .3.2.4. Rendement fromager

Le rendement a été évalué en établissant le rapport entre la quantité du fromage obtenue et la quantité du lait utilisée, y compris celui qui entre dans la préparation du ferment (**Vignola, 2002**). L'expression mathématique de ce rapport est donnée comme suit :

$$\text{Rdt-F} = \text{F} / (\text{L} + \text{I}) \times 100 \%$$

Rdt-F : rendement fromager en % ;

F : la masse du fromage obtenue en Kg ;

L : la masse de lait utilisée en Kg ;

I : la masse du ferment utilisée en Kg.

IV .4. Analyses microbiologiques du lait cru et fromage

Les analyses microbiologiques ont pour but de détecter et de dénombrer les populations microbiennes et déceler les sources de contamination afin d'éviter toute forme de toxiinfection alimentaire ou modification des caractères organoleptique des produits de lait et fromages.

La technique de des recherche des germes est la même pour tous les produits :

➤ Préparation de la dilution

Une série de dilutions est réalisée à partir de l'échantillon à l'aide d'une micropipette, 1ml de l'échantillon à analyser est prélevé, ensuite introduit dans un tube contenant 9ml d'eau physiologique stérile (dilution 10^1). Répéter ces étapes jusqu'à la dilution 10^6 pour le lait et de 10^8 pour le fromage.

Ces dilutions sont effectuées de manière aseptique devant le bec Bunsen et le passage d'une dilution a une autre s'accompagne d'un changement de pipette (**Larpent, 1997**).

IV.4.1. Dénombrement de la flore aérobique mésophile totale (FAMT)

La flore mésophile aérobique totale est l'ensemble des micro-organismes aptes à se multiplier à l'air aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25 et 40°C (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

Mode opératoire

Ces germes totaux peuvent se développer dans un milieu nutritif non sélectif. Incubés à 37°C pendant 72h. Apparaissent sous forme de colonies de taille et de formes différentes. Le milieu choisi pour le dénombrement de la flore totale est le PCA (plate count agar) (**Lapied et Petranxiene, 1981**).

- On prépare le milieu de culture (PCA) en le mettant dans un bain-marie, ensuite il est refroidi à 45°C devant un bec benzène et sur une paillasse bien stérile.
- On verse 1ml de chaque dilution (les trois dilutions préparés 10-1 ,10-2 ,10-3) dans les boîtes de pétri vides et stériles à raison de deux boîtes pour chaque dilution.
- On ajoute 15ml de milieu de culture PCA dans les boîtes.
- Ensuite, on mélange soigneusement en faisant des mouvements circulaires en forme de huit (08) pour pouvoir réaliser un ensemencement homogène pour bien mélanger la gélose avec l'inoculum et on laisse les boîtes jusqu'à ce que le contenu devienne solide.
- On incube les boîtes à 37°C pendant 72h (**Institut pasteur d'Algérie**).

Lecture

Les boîtes contenant plus de 300 colonies et moins de 30 colonies sont écartées. Le calcul du nombre de microorganismes par millilitre du lait se fait selon la formule pour tous les microorganismes ont été recherché (**GUIRAUD, 1998**).

Expression des résultats :

Expression des résultats On utilise la relation suivante :

$$N = \sum \text{colonies} / V \text{ ml} * (N1 + 0,1 N2) * d1$$

- **N** : Nombre d'UFC par ml de lait.
- $\sum \text{Colonies}$: Somme des colonies des boîtes interprétables
- **V** : volume de solution déposée (1ml)
- **N1** : nombre de boîtes considéré à la première dilution retenue
- **N2** : nombre de boîte considéré à la seconde dilution retenue
- **d1** : facteur de la première dilution retenue

IV.4.2. Dénombrement des coliformes

Les coliformes totaux et fécaux sont des entérobactéries Gram négatif, aérobies facultatifs. La recherche de ces germes a été réalisée sur maicu désoxycholate dont l'ensemencement se fait en profondeur puis l'incubation à 37 °C pour les coliformes totaux et 44 °C pour les coliformes fécaux, pendant 24 heures **(Guiraud et Rosec, 2004)**.

Mode opératoire

A partir de chaque dilution préparée auparavant, on prélève 1 ml qu'on introduit dans chaque boîte de Pétrie puis on ajoute la gélose VRBL. Le mélange est homogénéisé par des mouvements de huit, l'incubation se fait à 37 °C et 44 °C pour les coliformes totaux et fécaux respectivement, pendant 24 à 48 heures.

Lecture

La lecture s'effectue directement sur les boîtes, ils apparaissent sous forme ovale de couleur rouge. Le nombre de colonies est exprimé en UFC/ml.

IV.4.3. Recherche de salmonelles

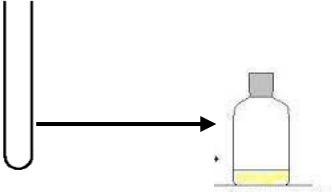
Les Salmonelles sont des bactéries à Gram négatif de type aéro-anaérobies facultatif appartenant à la famille des Enterobacteriaceae et possédant toutes leurs caractéristiques biochimiques. Pourvues de flagelles péritriches, elles sont généralement mobiles mais certains sérovars sont immobiles et d'autres ayant perdu leurs flagelles **(Griment et Grimond, 1986)**.

Les salmonelles attaquent la cavité gastro-intestinale qui va provoquer une diarrhée avec douleur abdominales.

Mode opératoire

La recherche de ces germes est réalisée sur le milieu PCA (plante count agar), le dénombrement se fait après incubation à 30°C pendant 72 heures.

A la recherche de salmonelle ce fait en 3 étapes qui sont présentées dans le tableau suivant :

1 ^{er} étape Pré-enrichissement	2 ^{eme} étape Enrichissement	3 ^{eme} étape Isolement
Introduire 25ml de l'échantillon a analysé dans 225ml de milieu eau peptone tamponnée qui va être incubé à 37°C pendant 24 heures.  25ml de Lait cru 25ml d'eau peptonée tamponnée	Prélever 1ml de milieu de pré-enrichissement et ensemencer le dans 10ml de milieu SFB. Incubé à 37°C pendant 24heures.  Milieu SBF	A partir d'un milieu SFB positif, ensemence par stries une boîte de pétris contenant la gélose Hecktoen, l'incubation se fait à 37°C pendant 24heures.  Gélose Hecktoen

La lecture

Les salmonelles se présentent sous forme de colonies de 2 à 4 mm et de couleur bleu verdâtre avec ou sans centre noir (extrémis les résultats par la présence ou l'absence de germe).

IV.4.4. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Les staphylocoques, *Staphylococcus aureus* est l'espèce la plus redoutée et la plus surveillée en industrie agroalimentaire car elle est capable d'élaborer des entérotoxines responsables d'intoxications alimentaires graves. Elle appartient à la famille des staphylococcaceae, aéro-anaérobies facultatif, elle se présente sous forme de Cocci en paire ou en grappe de raisin, gram positif, catalase positif et coagulase positif ; sa température optimale de croissance est de 37 °C (Federigh *et al.*, 1998).

Mode opératoire

Le milieu de culture de choix employé pour cette recherche est celui de BERD-PARKER (BP) :

- la transférer à l'aide d'une pipette 0.1 ml de chaque dilution dans une boîte BAIRD-PARKER. Puis étaler soigneusement l'inoculum en surface.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures à 48 heures.

Lecture

Les colonies de *Staphylococcus aureus* apparaissent noires brillantes de 1 à 5 mm de diamètre, bombées cerclées d'un liséré blanc opaque et entourées d'un halo d'éclaircissement.

IV.4.5. Recherches des clostridies anaérobies sulfito-réducteur

Les clostridies anaérobies sulfito-réducteur sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts sporulantes, ils sont largement répandus et sont présents dans le sol et dans l'alimentation du bétail, l'environnement des étables et les poussières ou particules véhiculées par les animaux (Joffin, 1999). Le dénombrement se fait par inoculation profonde dans la gélose viande-foie.

Mode opératoire

- On introduit 5 ml de la dilution considérée dans deux tubes stériles et dans un troisième 1 ml de la même dilution puis on le complète par 4 ml pour atteindre 5 ml par l'eau physiologique.
- Ces trois tubes sont chauffés à 80°C pendant 10 minutes, puis refroidis rapidement sous l'eau de robinet afin de détruire les formes végétatives alors seules les formes sporulées subsistent.
- On verse stérilement 20 ml de la gélose viande-foie régénérée à 55°C et additionnée de sulfite de sodium et d'alun de fer. On mélange les tubes sans faire de bulles.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 72h.

Lecture

Les *Clostridium* Sulfito-Réducteurs apparaissent sous forme de colonies d'un halo noir. Effectuer la lecture tous les 24, 48 et 72 h dans le cas où il n'y a pas de colonies caractéristiques. Les résultats sont exprimés par le nombre de spores par ml ou gramme de produit.

Dans la première partie de ce travail, on a essayé d'étudier l'impact de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait sur la qualité des fromages produits.

Il paraît évident que l'analyse des laits avant leur transformation et leur caractérisation sur le plan physico-chimique peuvent aider à mieux orienter les technologues sur les possibilités de leur exploitation industrielle et leur valorisation efficace (Cauty et Perreau, 2009).

V.1. Les caractéristiques physico-chimiques du lait

L'ensemble des résultats des paramètres physico-chimiques (pH, Densité, acidité, extrait sec totale, matière grasse, temps de coagulation et analyse d'antibiotique) montrent une différence entre les laits de Blida (ABAD), DBK et LFB (Tableau 11). Plusieurs auteurs ont mentionné que tous ces paramètres influencent directement l'aptitude du lait de vache destiné à la fabrication fromagère (Cremo, 2003 ; Jakob et Hänni, 2004 ; Pirisi, 2001 ; Bencini et Pulina, 2002).

Tableau 11 : Résultats d'analyses physico-chimiques des différents échantillons de lait.

LAIT Analyse physico-chimique	Blida (ABAD)	DBK (Draa ben Khedaa)	LFB	Normes (AFNOR, 1980)
pH	6,80	6,57	6,65	6,5-6,80
Acidité °D	19	17,32	16	16-18
Densité	1028	1030	1030	1030-1032
Matière grasse (g/l)	35,62	36,2	35	34-36
Extrait sec totale (g/l)	120,00	113,03	114,32	100- 120
Antibiotique (fréquence de présence)	abs	abs	abs	Abs
Temps de coagulation (min)	25min	30min	20 min	Entre 20 et 30 min

V .1.1. pH

Les résultats obtenus (Tableau 11) montrent que le pH varie entre les trois laits, avec des valeurs de (6,80 - 6,57 - 6,65) respectivement pour Blida (ABAD), DBK (Draa ben Khedaa) et LFB (figure 7).

Les valeurs de pH enregistrés sont conformes aux normes que celles rapportée par **AFNOR (1980)** (pH= 6,5-6,8).

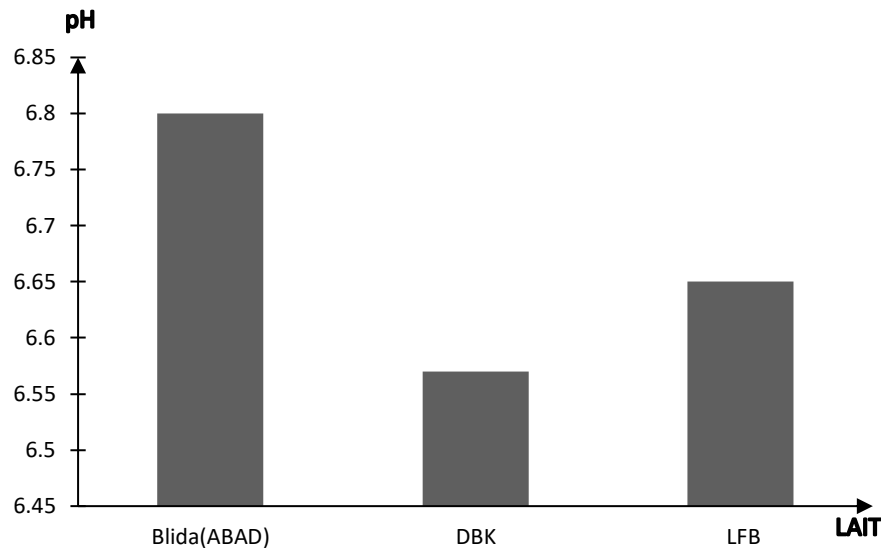


Figure 7 : le pH du lait des trois régions.

En effet, il a été mentionné dans la littérature que le pH dépend de la teneur en sels minéraux et en ions apportés par le fourrage et l'eau potable. La modification du pH du lait engendre un déséquilibre dans la composition physicochimique du lait qui a un impact direct sur la coagulation de la caséine et sur le rendement fromager (**Fauconneau, 1989 ; Martin et Coulon, 1995**).

Le pH joue également un rôle très important dans la coagulation des laits ; lorsque le pH descend est au-dessous du pH du lait ; le temps de prise est plus court, le taux de raffermissement augmente et le gel devient plus ferme entre un pH de 5,8 et 6,0. Mais à des pH élevés soit supérieurs à 6,5, la présure est inactivée (**Eck et al., 2006**).

V .1.2. Acidité titrable

Selon la norme **AFNOR (1980)**, le lait a une acidité titrable comprise entre 16 et 18°D. C'est un paramètre indicateur de la fraîcheur du lait.

Les résultats mentionnés dans le (**Tableau 11**) montrent que les valeurs de l'acidité du lait du DBK (17,32 °D) et du LFB (16 °D), demeurent comprises dans l'intervalle établi par la norme AFNOR (1980). Alors que, l'acidité du lait de Blida est élevée (19 °D) (**Figure 8**).

Cette augmentation de l'acidité est probablement due au conditionnement prolongé du lait collecté pendant le transport. Par ailleurs, d'autres facteurs peuvent aussi intervenir tels que le climat, le stade de lactation, la saison et la conduite d'élevage notamment l'alimentation et l'apport hydrique (**Labioui et al., 2009**).

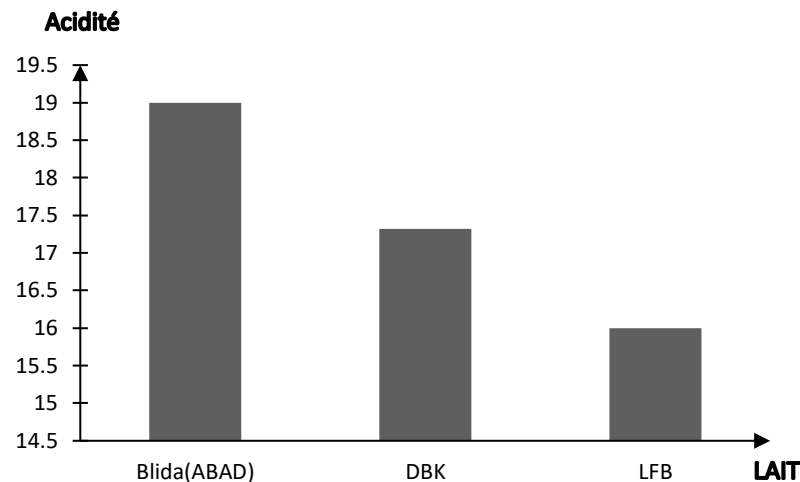


Figure 8 : l'acidité titrable du lait des trois régions.

En outre, l'acidité dépend de la teneur en caséine, en sel minéraux et en ions (**Alais, 1984**), mais aussi à des conditions hygiéniques, techniques non correctes de la traite, mauvaise condition de stockage au niveau des fermes, non respect des températures isothermes des citernes au cours de transport, ainsi au mauvais rinçage des tuyauteries au cours de nettoyage au niveau de la laiterie. Un lait ayant une acidité qui dépasse les normes ne peut pas être destiné à la fabrication du fromage car il risque de se coaguler.

V .1.3. Densité

Les valeurs de la densité des laits LFB et DBK ont indiqué une valeur moyenne de 1030, ce qui est conforme aux normes AFNOR (1,030-1,032). Cependant, le lait de Blida (ABAD) a présenté une valeur minimale de (1028) (**Tableau 11 et Figure 9**).

Un lait ayant une acidité qui dépasse les normes ne peut pas être destiné à la fabrication du fromage car il risque de se coaguler au niveau de pasteurisateur, comme celui de Blida qui avait une acidité de 19°D contrairement à ceux de LFB et DBK qui sont conformes aux normes **AFNOR (1980)**.

Selon la recherche bibliographique, la densité du lait varie selon le taux de la matière sèche et le taux de matière grasse (**Luquet, 1985 ; Latyrfall, 1997**).

Selon **Amiot et al., (2002)**, un produit laitier contenant un pourcentage élevé en matière grasse, sa densité sera basse, inversement plus la teneur en solides non gras (SNG) est élevée, plus sa densité sera élevée. Par ailleurs, **Le Mens (1985)** a signalé que la densité diminue avec l'augmentation de matière grasse.

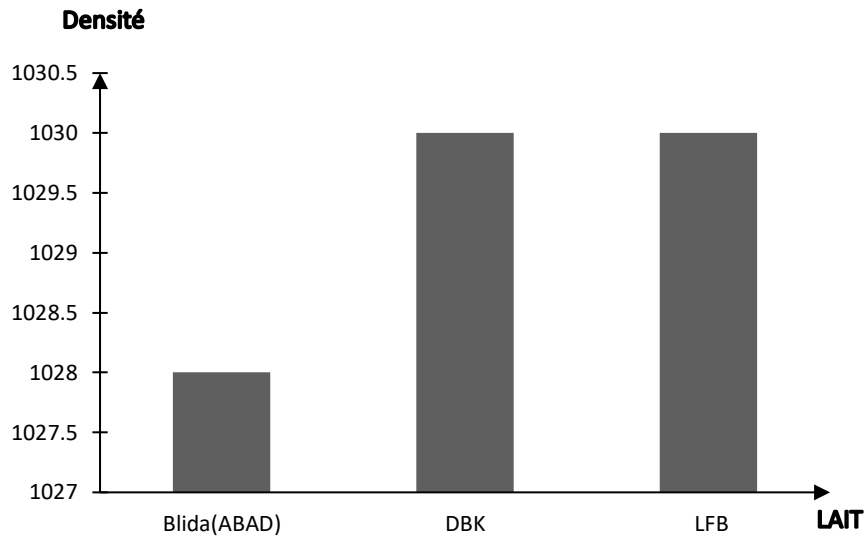


Figure 9 : la densité du lait de trois régions.

D'autre part si on considère la période de l'étude, **HASSAINYA et al., (2006)** ont montré que généralement la densité du lait est maximale en printemps et minimal en automne.

V .1.4. Extrait sec totale (EST)

L'extrait sec total correspond à l'ensemble des substances présentes dans le lait à l'exclusion de l'eau. La teneur en extrait sec du lait diffère selon l'espèce (100-600 g/l). La cause de cette différence est essentiellement due à la teneur en matière grasse (**Alais, 1984**).

D'après les résultats indiqués (**Tableau14**), il a été observé que toutes les valeurs de la teneur en matière sèche totale des trois laits de Blida 120 g/l, DBK 113,03g/l et LFB 114.32g/l (**Figure 11**) sont conformes aux normes **AFNOR (100-120 g /l)**. Cela est peut-être dû à un équilibre dans l'alimentation du bétail, puisque les éléments qui composent le lait proviennent de l'alimentation.

Le lait provenant de Blida (ABAD) représente la valeur la plus élevée de l'EST (120g/l), Cela est en relation avec les teneurs en protéines et matières grasses obtenus (**Alais, 1984**).

Le lait du DBK 113,03g/l et LFB 114,32g/l présentant un taux faible en EST par rapport au lait de Blida (ABAD), cela peut être expliqué par l'action des bactéries du lait sur les différents éléments au cours du stockage (fermentation du lactose, lipolyse de la matière grasse due aux enzymes bactériennes...). Il est à noter aussi que la teneur en extrait sec total dépend de plusieurs facteurs tels que la qualité de l'eau et sa quantité disponible pour les animaux (**Gonzalo *et al.*, 2005**).

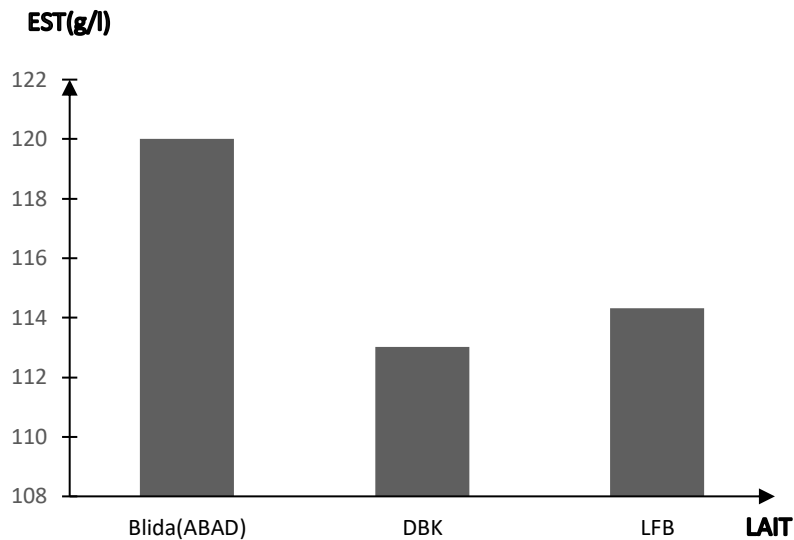


Figure 10 : les extraits secs totaux des échantillons de lait

V .1.5. Matière grasse (MG)

D'après les résultats mentionnés dans le Tableau 14 et la Figure 11, il a été noté des valeurs de l'ordre de 35 g/l, 36,62 g/l et 35.62 g/l, respectivement pour DBK, Blida et LFB. Ces valeurs sont proches à l'intervalle des normes qui tolèrent des valeurs se situant entre 34 à 36 g/L établit par **AFNOR (1980)**.

Le taux de matière grasse du lait du LFB est inférieur comparés aux autres échantillons. Cela pourrait être expliqué par le phénomène de dilution car il s'agit d'un mélange de différents laits. En effet la matière grasse varie suivant la race, le stade de lactation, la saison et l'alimentation (**Siboukeur 2007**).

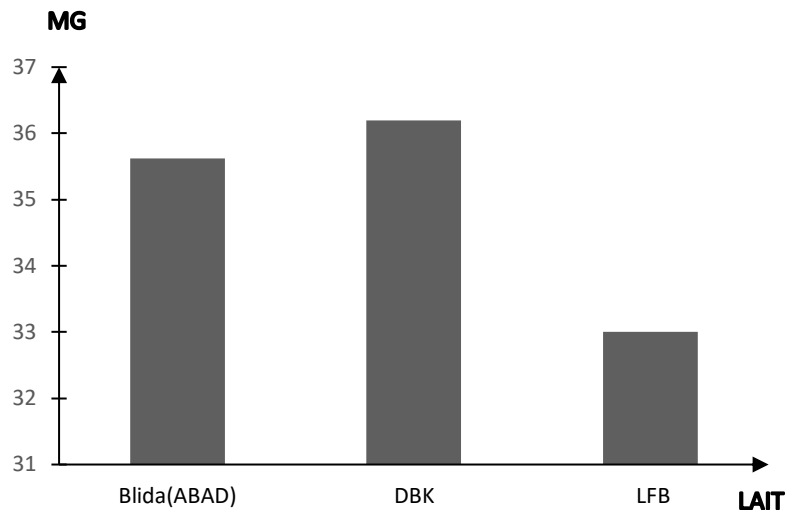


Figure 11 : la matière grasse du lait de trois régions.

Par ailleurs, selon la **FAO (1972)**, les vaches nourries avec des rations fortement énergétiques mais pauvres en foin, la teneur en matière grasse dans leur lait diminue. Le lait est plus riche en matière grasse quand le climat est froid (**Mahaut et al., 2003**). Aussi, la teneur en matière grasse laitière diminue pendant les premières semaines qui suivent le vêlage (**Mathieu, 1998**).

V .1.6. Antibiotique

La présence d'antibiotiques pouvait engendrer des problèmes techniques de la transformation des laits dûs à une inhibition de l'activité de la flore lactique et des phénomènes de fermentation bactérienne nécessaire à la fabrication de nombreux produit laitiers (**Althaus, 2003**).

Plusieurs risques sur la santé humaine ont été mis en évidence à cause de la consommation des denrées alimentaires contenant des résidus d'antibiotique, tels que : toxicité directe, risque allergique et risque cancérigènes.

Certains auteurs ont indiqués que la présence de résidus d'antibiotiques utilisés pour traiter les mammites est l'une des causes fréquentes de perturbations de la fermentation lactique (**Weber, 1992**) ; **Bergere et Lenoir, 1997**). Cette présence se traduit par le ralentissement, voire l'absence de l'acidification qui provoque des défauts de coagulation, d'égouttage, d'aromatisation, d'affinage...; Les antibiotiques ne sont pas détruits par la pasteurisation. Pour cela **Weber (1997)** propose diverses solutions pour remédier aux défauts provoqués par ceux-ci : souches lactiques résistantes, l'inactivation de la pénicilline par la pénicillinase.

Tous les résultats obtenus sont considérés comme des laits satisfaisants dans la mesure où il y a absence de résidus d'antibiotiques pour tous les échantillons (**Tableau14**).

V.1.7. Temps de coagulation

Il est important de savoir que la coagulation du lait se caractérise par trois phases pendant un temps entre 20min et 30 min selon les normes de l'unité :

- Le temps de prise (temps de floculation) : phase primaire
- La fermeté du gel ou le temps de coagulation partielle : phase secondaire
- Le taux de raffermissement (ou vitesse de raffermissement) : phase tertiaire

Le temps de prise est inversement proportionnel à la concentration des enzymes utilisée et au pH du lait : dans notre cas le temps de prise est entre 5 et 8 minutes pour nos différents échantillons de lait soit une totale conformité par rapport à la norme (**FIL.2018**).

Par contre le temps de raffermissement et de fermeté du gel augmente avec l'ajout de la présure au lait. Notre temps de coagulation partielle est le temps de prise 5 à 8 min, le temps de raffermissement est 20 à 30 min, le temps de prise et la coagulation totale est déterminée selon le doigté du fromager par l'obtention d'une coupe franche non friable 05 minutes après l'écoulement du temps de raffermissement (**FIL.2018**).

La coagulation du lait par la présure est la première étape de la réalisation de la plupart des fromages. Le comportement du lait lors de la coagulation joue un rôle important sur le bon déroulement des étapes ultérieures de la fabrication fromagère qui sont souvent considérées comme sa simple continuation (**Lawrence et al, 1984**).

Les résultats du temps de la coagulation étudié pour les trois laits à savoir LFB, DBK et Blida qui sont mentionnés dans le tableau indiquent que les laits de Blida, DBK et LFB présentent respectivement des temps de coagulations de 25min, 30min et 20min.

Le temps de coagulation du lait de LFB est très important de 20 min, il permet de fournir des produits de haute qualité dans un délai idéal.

Le pH et la température influent aussi sur la coagulation totale. On a préconisé dans nos contrôles des échantillons de laits testés une température de 37°C nécessaire à l'obtention d'un caillé ferme avec une coagulation progressive évolutive.

V.2. Les caractéristiques physico-chimiques du fromage

Après avoir étudié les paramètres physico-chimiques des laits de chaque région et pour juger qu'elle est le lait le plus apte à la transformation fromagère ; on a réalisé à partir de ces derniers des essais de fabrication fromagère de type Edam.

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les différents fromages sont présentées dans le **Tableau N° 12**.

Tableau 12 : Valeurs des analyses physico-chimiques effectuées sur les fromages
de Boudouaou, Blida et DBK

Analyse physico-chimique	Déférents Laits			Normes <i>Codex Alimentatirus</i>
	Blida (ABAD)	DBK (Draa ben Khedaa)	LFB	
pH	5,48	5.30	5.26	5,15 – 5,50
EST (%)	61,37	60.02	54,3	48 %
MG (%)	45	37	25	22%
Rendement du fromage (%)	12,86	11,80	10	/

V.2.1. pH

Les résultats obtenus dans le **Tableau N°12** montrent que le pH des fromages (EDAM) étudiés, sont successivement 5,48 ; 5,30 et 5,26 de Blida, DBK et LFB.

Ces valeurs de pH, de LFB et DBK sont plus basse relativement à celui de Blida. Toutefois, ces valeurs demeurent comprises dans l'intervalle établi par la bibliographie : 5,0-5,5 (**Ramet, 1985**).

Cette différence du pH est, fort possible, due à l'état d'avancement des réactions de fermentation du lactose résiduel en acide lactique au cours de l'affinage, qui est différent dans le cas des deux fromages. Plus le temps d'affinage s'allonge, plus il y a production d'acide lactique (**Amiot et al, 2002**).

Selon **Choisy et al., (1987)**, la coagulation du lait par action de la présure est favorisée par un abaissement du pH. Au cours de l'égouttage, une partie de l'agent coagulant est évacuée avec le lactosérum, l'autre partie reste prisonnière dans le caillé et participe à l'affinage de ce dernier. Plus le pH est bas, plus la quantité de présure retenue est importante.

V.2.2. Extrait sec totale

Selon les résultats, les fromages de Blida et DBK présentent de grande teneur en EST, avec des valeurs respectives de 61,37 % et 60,02% comparé au fromage de LFB de Boudouaou 54,3% (**Tableau 12**). Ces valeurs correspondent parfaitement au niveau de référence établie par les normes FAO du *Codex alimentarius* et de la (**FIL, 2018**).

V.2.3. Matière grasse

On a constaté que le fromage de Blida détient la plus grande teneur en MG, avec respectivement des pourcentages de 45 %, 37% et 25 % (**Tableau 12**). Les valeurs de MG-F du trois fromage correspond parfaitement au niveau de référence établi par les normes FAO du *codex alimentarius*.

V.2.4. Rendement du fromage

Le Tableau 13 représente le rendement fromager et la qualité du lait utilisé pour la fabrication des fromages à pâte pressée type Edam.

Tableau 13 : Rendement fromager obtenus

Différents laits	LFB	Blida(ABAD)	DBK
Quantité de lait utilisée (L)	5	5	5
Quantité de fromage produite (Kg)	0, 500	0.590	0,643
Rendement fromager (%)	10	11,8	12,86
Matière grasse du lait utilisé g/l	35	35,60	36,2

On constate selon le Tableau 13 que pour une quantité de 5 l de lait utilisé lors de la fabrication fromagère, les rendements fromagers de la région DBK (12.86%), Blida (11.8%) et LFB (10%) sont différents, Les rendements augmentent avec l'augmentation de la matière grasse.

Cette différence est peut-être due à la variation de la composition chimique du lait de départ d'une part, et à la maîtrise de bonnes pratiques de fabrication d'autre part (**Lawrence, 1993**).

On explique le bon rendement de fromage par l'élévation de la teneur en matière grasse du lait ce qui s'applique pour le fromage obtenu de lait de DBK, un rendement de 12,86% avec une matière grasse 36,2g/l. Et **McMahon et al., (1999)**, explique que la teneur en matière sèche des

fromages varie en fonction de la teneur en matière grasse du lait ce qui explique la variation de l'EST observé entre les trois laits crus.

Après avoir comparé les paramètres physico-chimiques des laits de chaque unité de production aux normes **AFNOR** (1980) ; il est à signaler que le lait de LFB était le plus apte à la transformation fromagère, avec un pH 6,65 ; acidité 16 ; densité 1030 ; MG 35g/l EST 114,32 et absence des antibiotique. Cependant, concernant le rendement du fromage c'est le lait de DBK (12,86%) qui a enregistré la valeur la plus importante.

Il est évident que la composition physicochimique du lait cru affecte non seulement sa qualité nutritionnelle mais aussi son aptitude à la transformation technologique et la qualité et la quantité des produits qui en résultent (**Pirisi et al. 2001 ; Bencini et Pulina., 2002**).

V.3. Aspect des Produits finis (EDAM)

Après 21 jours d'affinage de nos trois fromages ont été soumis à une série d'observation qui a portées sur les critères suivants : épaisseur de la croûte, homogénéité, élasticité et couleur de la pâte, odeur et goût (**Figure 12**) ; le jugement est donné par l'équipe de laboratoire de l'unité de LFB :

Les fromages Edam fabriqués de trois lait déferents (Blida, DBK et LFB) à petite échelle sont caractérisés par des croûtes épaisses comparativement à la norme de l'Edam qui présente une croûte très mince.

Cette différence peut s'expliquer par la durée de saumurage car la durée de contact entre le caillé et le sel conditionne l'épaisseur de la croûte ainsi que la durée et l'intensité de l'affinage qui limitent son degré d'accroissement (**Voisin, 2010**).

L'observation montre que les pâtes des fromages obtenu EDAM de Blida, DBK et LFB sont peu homogènes et possèdent quelques trous de petits diamètres. Ces trous peuvent être le résultat soit d'une acidification insuffisante au cours de la coagulation soit d'un mauvais pressage.

Ces fromages sont caractérisés par une souplesse. Il est à signaler que la composition en acides gras pourrait influencer sur la texture des fromages. Les acides gras insaturés seraient à l'origine d'une texture plus souple des fromages (**Voisin, 2010**).

Généralement, le fromage de type EDAM se caractérise par une couleur jaune cette variation de couleur est due aux doses de colorant utilisé (le rocou), en revanche les échantillons de

fromage n'avaient pas la bonne couleur. Nous tenons à préciser que l'affinage aussi peut influencer sur la couleur du fromage en le rendant plus clair selon **FAO**.

Les deux fromages DBK et LFB présentent une bonne acidité et ne présentent pas d'amertume ce qui correspond aux caractéristiques du fromage type Edam. Cependant, le fromage DBK a un aspect friable, alors que le fromage Blida est plus acide.

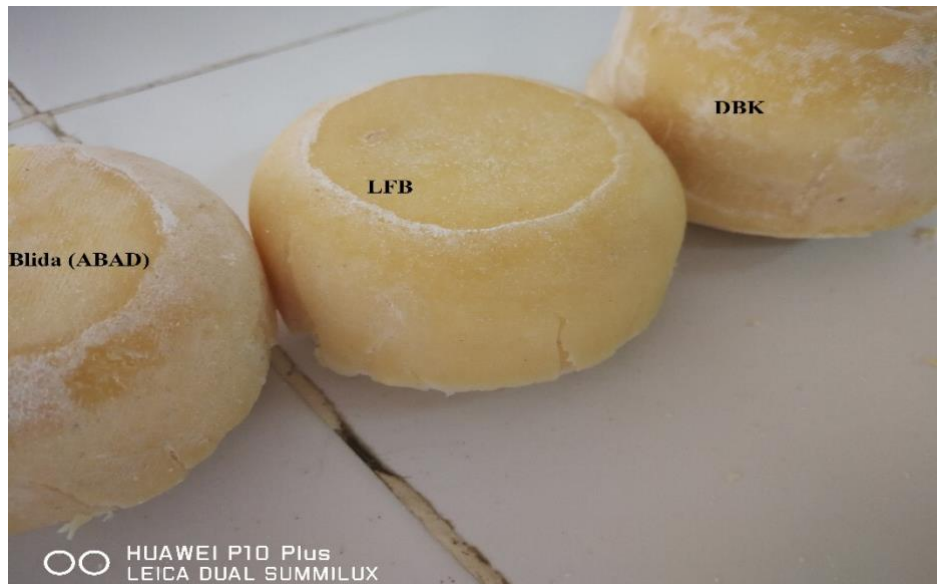


Figure 12 : Photos du fromage à pâte pressé non cuite type Edam fabriqué à petite échelle
(Originale, 2021)

V.4. Analyses microbiologiques du lait

Le lait et le fromage sont des milieux très favorables au développement de microorganismes et le contrôle microbiologique joue un rôle fondamental pour déterminer la qualité de ces produits. A cet effet, des analyses microbiologiques ont été réalisées selon les protocoles agréés par le journal officiel de la république Algérienne N° 35 du décret de 27/05/1998. Les résultats des analyses microbiologiques du lait cru ont été exprimés en germe/ ml rapportés dans le tableau ci-dessous. Ces derniers représentent les charges en différents groupes et espèces microbiens, dénombrées sur des milieux sélectifs, à partir des dilutions de 10^{-1} à 10^{-3} . Les germes dénombrés sont considérés comme des indicateurs de la qualité globale du lait et des pratiques d'hygiène.

Les résultats sont présentés dans le Tableau 14 suivant :

Tableau14 : Résultats d'analyses microbiologiques des différents échantillons de lait.

Echantillons Paramètres	Echantillons 1 (Blida)	Echantillons 2 (DBK)	Echantillons 3 (LFB)	Norme JORA (1998)
Flore mésophiles aérobie totale	5.10^5	$4.92.10^5$	$7.88.10^5$	$<10^5$
Coliformes totaux (30°C)	$2,26.10^3$	4.10^2	7.10^1	$<10^5$
Coliforme fécaux	5	2	ABS	Absence
Staphylococcus aureus	ABS	ABS	ABS	Absence
Salmonelles	ABS	ABS	ABS	Absence
Clostridium Sulfito-Réducteur	ABS	ABS	ABS	<50

V.4.1. La flore aérobie mésophile totale (FTAM)

La flore mésophile aérobie nous informe toujours sur la qualité hygiénique du lait cru, elle est considérée comme le facteur déterminant de la durée de conservation du lait frais (Guinot-Thomas *et al.*, 1995).

Les valeurs des FTAM pour nos 3 échantillons du lait cru et par région varient entre 5.10^5 et 8.10^4 . Selon les normes de JORA le nombre maximale pour la présence des FTAM dans le lait cru est $<10^5$ germes/ml. Les valeurs précédentes des FTAM en générale ne dépassent pas les normes. Les moyennes sont relativement moindres par rapport à ceux rapportés par Karimuribo *et al.*, (2005).

D'après l'étude réalisée par Ameer *et al.*, (2011), le lait cru collecté présente un taux de contamination par la FAMT (entre 10^5 et 10^7 UFC/ml). Nos résultats sont inférieurs par rapport aux résultats des autres chercheurs (Aggad *et al.*, 2009 ; Ameer *et al.*, 2011)

V.4.2. Les coliformes totaux

Les résultats de nos analyses microbiologiques balance entre $2,26 \times 10^5$ et $4,0 \times 10^2$ pour Blida et DBK et de $0,7 \times 10^2$ pour LFB montrent que le nombre des coliformes totaux pour les trois

(03) échantillons sont dans les normes déterminé dans le JORA qui est de $<10^5$. Nos résultats sont inférieurs à ceux rapportés au Maroc et Tunisie par **Afif et al., (2008)**.

La contamination du lait par les coliformes, peut être d'origine fécale, due à l'excrétion mammaire puisque ces bactéries peuvent être un facteur favorisant les mammites, ou par une eau contaminée utilisée pour les différentes opérations de nettoyage. D'autres sources de contaminations sont également à considérer tel que les ustensiles laitiers fortement souillées contenant plus de coliformes et augmentant la prévalence de mammites, suggérant une contamination des trayons et du lait plus importante, les mauvaises conditions de transport et le manque d'hygiène pendant la traite (**Magnusson et al., 2007**) .

V.4.3. Les coliformes fécaux

Le nombre moyen des coliformes fécaux dans nos échantillons varie entre 5 et 2 pour ceux Blida(ABAD) et DBK et absence pour l'échantillon de LFB.

Selon les normes déterminées dans le JORA le nombre maximal pour la présence des coliformes fécaux dans le lait cru à (44°C) est nulle (absence totale).

La présence de coliformes fécaux est souvent associée à des entérobactéries pathogènes comme les Salmonella, les *Shigella*, les Yersinia et certains biotypes d'*E.coli* (**Guiraud et Rose, 2004**).

Les déjections des ovins constituent le principal réservoir de ces bactéries. Les principaux vecteurs sont la peau des trayons souillés par les fèces et le matériel de traite mal conçu et de se fait mal nettoyé, où les bactéries coliformes peuvent coloniser entre les traites (**Heuchel et Meffe , 2000**).

Nos résultats sont supérieurs à ceux rapportés par **Ghazi et Niar, (2011)**, dans la région de Tiaret avec une moyenne de 1,7. 10 UFC/ml, ils sont inférieur aussi des résultats obtenus par **Afif et al., (2008)** dans l'une des coopératives laitières à Tadla (Maroc) $3,2.10^4$ UFC/ml, sont nettement inférieurs aux résultats rapportés par **Ouinine et al., (2004)** .

V.4.4. Les *Staphylococcus aureus*

On a noté une absence totale de Staphylocoques dans nos échantillons. Nos résultats sont différents de ceux d'une étude apportée par **Aggad et al., (2009)** dans l'ouest algérien avec une moyenne de $3,5 \times 10^2$ UFC/ml, et également des résultats obtenus par **Affif et al., (2008)** dans la région de Tadla au Maroc, et ceux obtenus par **Mennane et al., (2007)** avec une moyenne de 1,2 germe/ ml .

Les infections mammaires à staphylocoques représentent la principale source de contamination du lait à la production. L'absence de ces germes dans nos échantillons, peut être considérée comme un indice de faible prévalence de mammite (**Thieulon, 2005**).

V.4.5. Les Salmonelles

Les Salmonelles sont absentes dans nos trois échantillons. Ce résultat concorde avec ceux trouvé au Maroc par **Srairi et Hamama (2006)**, et **Affif et al., (2008)**. En général, l'isolement des salmonelles dans le lait cru est difficile à mettre en évidence (**Affif et al., 2008**). La présence de cette bactérie interrompra toute fabrication fromagère et le lait sera jeté.

V.4.6. Clostridium sulfito-réducteurs (CS.R).

Considéré comme un hôte habituel du tube digestif de l'homme. On a noté leurs absences lors de nos analyses.

V.5. Analyses microbiologiques du fromage

Les résultats sont mentionnés au Tableau 18 suivant :

Tableau 15 : Résultats d'analyses microbiologique des différents échantillons du fromage.

Déterminations des bactéries	Echantillons			Normes J.O.R.A Germe/ml
	Blida	DBK	LFB	
Coliforme totaux /ml	ABS	ABS	ABS	10 ²
coliforme fécaux/ml	ABS	ABS	ABS	10
Staphylococcus aureus	ABS	ABS	ABS	Abs
Salmonelle/25ml	ABS	ABS	ABS	Abs
Clostridium sulfito-réducteur a 46°C/ml	ABS	ABS	ABS	1

V.5.1. Coliformes totaux

L'absence des coliformes totaux dans nos analyses montre que les fromages contrôlés sont dépourvus de toute contamination d'origine fécale.

V.5.2. Coliforme fécaux

Il est à noter une absence de coliforme fécaux dans les trois échantillons malgré les 10 germes/ml autorisé dans le **JORA**.

V.5.3. *Staphylococcus aureus*, Salmonelle et Clostridium sulfito-réducteur à 46°C/ml

Selon les normes, on peut garantir que nos échantillons de fromage sont conformes. L'estimation de la qualité hygiénique des fromages se fait en comparant les résultats obtenus au cours de notre étude avec les normes établies par **J.O.R.A et O.M.S**. Nos résultats révèlent l'absence totale des coliformes fécaux, Absence de germes pathogènes (staphylocoques), des CSR et salmonelles lait et fromage.

On a constaté la présence d'un nombre faible de la flore mésophiles aérobie totale et coliformes totaux (30°C) dans le lait cru. Ces derniers peuvent provoquer des accidents de croûtage ainsi que l'apparition de petits trous dus à la formation de gaz carbonique mais surtout à celle d'hydrogène qui a une très faible solubilité dans le fromage. Selon **Choisy et al.(1987)** les germes pathogènes proviennent d'un lait récolté dans de mauvaises conditions hygiéniques et d'une pasteurisation mal conduite. Dans notre cas le lait ne présente pas une source de contamination car les résultats des analyses microbiologiques montrent qu'il est conforme aux normes, ce qui explique que le fromage est contaminé au cours de la fabrication soit par un matériel infecté (les toiles, les moules, les récipients...) (**Bourgeois et al., 1990, O.M.S, 1997 et J.O.R.A, 1998**).

Les résultats obtenus ont pu mettre en évidence la qualité bactériologique des échantillons de laits crus.

Malgré l'absence de la flore pathogène, néanmoins nous avons enregistré un taux de contamination d'origine fécale en comparaison avec les produits préparés. Une rigueur dans l'application des exigences des BPF serait nécessaire. En effet, les exigences des BPF sont des mesures qui assurent une approche globale efficace sur le plan du contrôle de la qualité des produits et de la gestion des risques.

A travers ces quelques éléments de recherche sur la technologie laitière et fromagère qui visaient l'étude de l'aptitude technologique et microbiologique du lait de vache cru destiné à la fabrication fromagère, il convient de dire que :

L'analyse physico-chimique a montré que le lait de LFB présente globalement une composition satisfaisante, particulièrement en ce qui concerne les teneurs en matière grasse et matière sèche ; et même la mesure et la détermination des autres paramètres comme le pH, viscosité, acidité.... Le fromage Edam obtenu est jugé satisfaisant par l'équipe du laboratoire LFB.

Une connaissance de la composition chimique des laits de fermes permet d'avoir des laits de mélanges de meilleures qualités. En effet, nos analyses ont montré l'existence d'un phénomène de compensation entre les laits de fermes, ce qui est très contrariant pour le collecteur, car la connaissance des caractéristiques physico-chimiques des laits de fermes permet :

D'avoir une meilleure teneur en MG dans le lait de mélange en choisissant le lait à ramasser. En effet, notre étude a montré qu'il existe des laits de fermes ayant des teneurs en MG totalement différentes, allant de 34 g/l jusqu'à 36 g/l. La matière grasse a une influence positive sur le rendement fromager final d'EDAM, en effet ce dernier augmente en parallèle avec le taux de la matière grasse. Nos résultats ont montré un rendement plus important pour le lait DBK mais le fromage obtenu a présenté un aspect friable, qui n'est pas accepté par le consommateur.

D'éviter la contamination en résidus d'antibiotiques dans le lait final, et de ce fait s'assurer que le lait ne soit refoulé par les laboratoires, car dans le cas contraire ce lait se voit vendre tout de même par diverses manières menaçant ainsi la santé publique.

Il faudrait savoir que seule la mesure du pH nous indique l'état de fraîcheur d'un lait. Néanmoins la combinaison du pH et l'acidité titrable nous renseigne énormément sur la stabilité du lait ainsi que sa composition chimique. En plus, le pH joue également un rôle très important dans la coagulation des laits.

Concernant les analyses microbiologiques, les résultats ont montré la présence élevée de germes totaux pour le lait, par contre les germes pathogènes sont absents dans la totalité des

échantillons analysés. Ceci démontre une qualité hygiénique moins satisfaisante. A cet effet, la vigilance et la rigueur tout au long de la préparation restent de mise à fin d'assurer toujours au consommateur un produit de première qualité. Par conséquent, on recommande d'augmenter la fréquence des analyses physico-chimiques et microbiologiques et d'appliquer le système de prévention, de surveillance et d'identification des risques (méthode HACCP) dans la laiterie au moins une fois par trimestre pour le matériel du laboratoire et une fois tous les six mois pour l'équipement de production.

En fin, Il n'y a pas de façon unique de prédire la performance du fromage en fonction de la composition du lait et de la composition du fromage et des modèles théoriques et empiriques et de leurs formules correspondantes ont été développés par d'autres chercheurs

En perspectives, l'appréciation des propriétés technologiques des laits de la ferme demeure un sujet d'actualité pour lequel les échanges doivent s'intensifier entre phytotechniciens , zootechniciens et technologues à l'atteinte des résultats escomptés sur le plan amélioration de la production , qualité des laits et leur aptitude à la transformation.

Référence bibliographique

Alais C., Linden G., (1987). Biochimie alimentaire : abrégé. Masson, Paris, p.p. 143-169.

Alais C., Linder G., et Mielo L., (2008). Abrégé en biochimie alimentaire. Paris Dunod, 260p.

Alais C., (1984). Science du lait - principes des techniques laitières. 4^{ème} Ed., Sepaic. Paris, 814 p.

Ali, D., Lacroix, C., Simard, R. E., Thuault, D., & Bourgeois, C. M. (1995). Characterization of diacetin B, a bacteriocin from *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* bv. *diacetylactis* UL720. Canadian journal of microbiology, 41(9), 832-841.

Amiot. J, (2002). Science et technologies du lait, transformation du lait, volume4, 2^{ème} édition, p50-51

Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R., (2002). Composition, propriétés physico-chimiques, valeurs nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait, In : Vignola C L., 2002. Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse internationale polytechnique, Montréal, 600 p.

Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., et simpon R., (2002). In Vignola C.L., coord Amiot J., Angers P., [et al.], collab.

Adrian J., (1973). Valeur alimentaire du lait. La maison rustique, 229 p.

Andre E., (1975). Le lait et l'industrie laitière. Presses universitaire de France, 126 p.

Abi Azar, R. (2007). Milk protein complexation by green carob pods extract. Technological properties of obtained coagulums (Doctoral dissertation, AgroParisTech).

Agioux, L. (2003). Conception et validation d'un outil d'aide à l'estimation de l'état sensoriel des fromages en cours d'affinage : Application à l'affinage d'un fromage à pâte molle et à croûte fleurie (Doctoral dissertation, Paris, Institut national d'agronomie de Paris Grignon).

Azarnia, S., Ehsani, M. R., & Mirhadi, S. A. (1997). Evaluation of the physico-chemical characteristics of the curd during the ripening of Iranian brine cheese. International Dairy Journal, 7(6-7), 473-478.

Abdelbasset, D. D. En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie Filière: Sciences Agronomiques Spécialité/Option: Biotechnologie Alimentaire.

AFNOR. (1993): Contrôle de la qualité des produits alimentaires : Lait et produits laitiers : analyses physico-chimiques., Paris La Défense., 4e éd., 581 p.

AFNOR. (1980). Lait produit laitiers : méthodes d'analyse, AFNOR, paris, 1998.AFNOR, 1986.

B

BACHTARZI, N., AMOURACHE, L., & DEHKAL, G. (2015). Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien)[Quality of raw milk for the manufacture of a Camembert-type soft cheese in a dairy of Constantine (eastern Algeria)].

Bärtschi, C., Berthier, J., & Valla, G. (1994). Inventaire et évolution des flores fongiques de surface du reblochon de Savoie. *Le Lait*, 74(2), 105-114.

Blanc, (1982). Les protéines du lait a activité enzymatiques et hormonale, volume62, 1ère édition, p95.

Brunner J., (1981). Cow milk proteins: twenty-five years of progress. *J. dairy Sci.*, 64, p.p. 1038-1054. CEPIL-INRA, Paris, p.p. 121-127

Breque, C., Bremand, F. J., & Dupre, J. C. (2001, June). Characterization of biological materials by means of optical methods of measurement. In Second International Conference on Experimental Mechanics (Vol. 4317, pp. 463-468). International Society for Optics and Photonics.

Bergere J.L., Lenoir J. (1997). Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages In : le fromage. Ed : 3. Paris, Techniques et Documentation- Lavoisier, P.509-541.

BECHLEM, H., BETATACHE, A., & BOUDJERDA, D. E. (2018). Contrôle de qualité microbiologique et physicochimique des nouvelles marques de fromage fondu commercialisé dans la wilaya de Jijel (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

Boughellout, H. (2007). Coagulation du lait par la pepsine du poulet. Mémoire magister, université Mentouri constantine, 69p.

Baltadjieva, M., Kalatzopoulos, G., Stamenova, V., & Sfakianos, A. (1985). Composition en acides gras libres et en acides aminés de deux fromages fabriqués à partir de lait de chèvre. *Le Lait*, 65(649-650), 221-241.

Bouton, Y., & Grappin, R. (1995). Comparaison de la qualité de fromages à pâte pressée cuite fabriqués à partir de lait cru ou microfiltré. *Le Lait*, 75(1), 31-44.

Bony, J., Contamin, V., Gousseff, M., Metais, J., Tillard, E., Juanes, X., & Decruyenaere, V. Facteurs de variation de la composition du lait à la Réunion. (2005).

Bourgeois C.M., Mescle J.F. & Zucca J. (1996). Microbiologie alimentaire. Tome 1 : Aspects microbiologiques de la sécurité et de la qualité alimentaire. Ed. Tec. & Doc Lavoisier. Paris. France.

Bencini R. & Pulina G. (1997). The quality of sheep milk. *a review australian Journal of Experimental Agriculture*, 37- 485-504.

BACHTARZI, N., AMOURACHE, L., & DEHKAL, G. (2015). Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien)[Quality of raw milk for the manufacture of a Camembert-type soft cheese in a dairy of Constantine (eastern Algeria)].

C

Cuq J.L. (2007). Microbiologie alimentaire. Edition science et technologie du Languedoc. Université de Montpellier. P20-25.

Coulon, J. B., Rock, E., & Noël, Y. (2003). Caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers et variation selon leur origine. *Productions animales*, 16(4), 275-278.

Coulon, J. B. (1991). Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. *Productions animales*, 4(4), 303-309.

Coulon, J. B., & Rémond, B. (1991). Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. *Livestock Production Science*, 29(1), 31-47.

Choisy C., Desmazeaud M., Gripen J.C., Lamberc G., Lenoir J. & Tourneur C. (1987). Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques et la biochimie de l'affinage in : *Le fromage*. Ed : 2.Paris, Techniques et documentation- Lavoisier, p.62-99.

Chambre, M., & Daurelles, J. (1997). Le fromage fondu. *Le fromage*. 3rd ed. Eck A, Gillis JC (ed). Technique et documentation Lavoisier, Paris, France, 691-708.

Corbett, R. R. (1997). Peas as a protein and energy source for ruminants. In *Western Canadian Dairy Seminar (USA)*.

Crema. (2003). *Problèmes de qualité du lait ? – Causes possibles et mesures à prendre*. Brochure 1ere édition Paris. 3p.

D

Debry G., (2006). Lait, nutrition et santé. Ed : tec et doc Lavoisier, Paris, 566 p.

Déshydratée dans des rations complètes pour vaches laitières en début de lactation.

E

Enil Mamirole, (2011). Connaissance du lait Congrès international de la répression.

Eck A et Gillis J-C., (1997) : le fromage de la science à l'assurance –qualité. 3ème Edition, Tec et Doc Lavoisier. Paris.

ECK et GILLIS J.C. (2006) : Le fromage, Lavoisier, 3eme édition, Paris. P.874.

F

FAO / O.M.S, (2000). Codex alimentarius: lait et produits laitiers. 2^{ème} Ed., Rome, CODEX-STAN 265-1966.

FAO / OMS, (2013). Codex alimentarius: General Standard for Cheese. CODEX-STAN 283-1978.

FAO (Food Agriculture Organisation) (1972). Le Lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.

Fredot E., (2005).connaissance des aliments –bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier : 10-14 (397P).

FERMIER, D. U. P. L. SALMONELLES.

Federight Roux Y., Rainard P., Poutrel B (1998) Cinétique des variations de la composition du lait au cours d'une mammite expérimentale à *Escherichia coli*. Lait 79.Edition INRA/Elsevier, Paris. Pp: 535-549.

Findlay, C. J., Stanley, D. W., & Emmons, D. B. (1984). Chicken pepsin as a rennet substitute. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 17(2), 97-101.

Fauconneau J., (1989).Aspects technologiques du lait de vache. Conservation, transformation. CIHEAM-Option. Méditerranéennes.

FIL Référence ISO 707/ F.I.L octobre (2018) Normes définies pour les analyses Microbiologiques et chimique des produits laitiers.

G

Guiraud J. P., (1998). Microbiologie Alimentaires, volume 4, 2^{ème} Ed., Dunod, Paris, p.p. 89- 95.

Guiraud J.P. (1998) : Microbiologie des principaux produits alimentaires ; in : «Microbiologie Alimentaire, Techniques de Laboratoire » Dunod, Paris.

Guisard J., Rosec P., (2004). Pratique des normes en microbiologie alimentaire. AFNOR, 300p.

Grimont F & Grimond P.A.D. (1986). Ribosomal ribonucleic acid gene restriction patterns as potential taxonomic tools. Ann. Inst. Pasteur/Microbiol., 137B, 165-175.

Goursaud J., (1985). Composition et propriétés physico-chimiques du lait. Dans laits et produits laitiers. Vache, brebis, chèvre. LUQUET F M., Tome1, les laits de la mamelle à la laiterie, p.p. 15-174.

Guellif, K., Makhdjoui, S., & Medjoudj, H. (2020). Propriétés physico-chimiques et protéolyse du fromage traditionnel Bouhezza préparé au lait de chèvre.

Gardner-Fortier, C. (2011). Développement d'un fromage fonctionnel renfermant un composé bioactif, l'acide gamma-aminobutyrique (GABA).

GRELET, C., FROIDMONT, E., RONDIA, P., DEHARENG, F., & SINNAEVE, G. Influence de l'alimentation des vaches laitières sur la fromageabilité du lait Influence of dairy cows feeding on cheeseability. Lait, 71, 421.

Gonzalo C, Blanco. B., Beneitez M.T., Juarez A., Martinez B., Linage. & Ariznabarreta. (2005). Bulk milk quality of dairy sheep in the Castilla-Leon region (Spain) Dairying Rumin, 12 :401.

Guinot-Thomas, P., Al Ammouri, M., & Laurent, F. (1995). Effects of storage conditions on the composition of raw milk. International Dairy Journal, 5(2), 211-223.

H

Hamouni kh., (2015) .Docteur vétérinaire Alger. Les facteurs de variation de la production laitière et le teneur en matière grasse du lait produit dans des fermes bovines laitières de la Wilaya d' Alger et de Boumerdes.

I

Institut pasteur Algérienne. Catalogue Milieux de culture réactifs de laboratoire et méthodes d'analyses microbiologiques. Edition IPA

J

Joffin C., Joffin J.N., (1999). Microbiologie alimentaire 5^{ème} édition collection biologie technique, p211.

Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuk P., Brule G ., (2008). Les produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier, 17, 185 P.

JAKOB E. et HÄNNI J-P. (2004). Fromageabilité du lait. Edition, Agroscope Liebefeld Posieux. Groupe de discussions N° 17F.

K

Karimuribo, E. D., Kusiluka, L. J., Mdegela, R. H., Kapaga, A. M., Sindato, C., & Kambarage, D. M. (2005). Studies on mastitis, milk quality and health risks associated with consumption of milk from pastoral herds in Dodoma and Morogoro regions, Tanzania. *Journal of Veterinary Science*, 6(3), 213-221.

Kirat, 2007. Les conditions d'émergence d'un system d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouge bovines-cas de la wilaya de Jijel en Algérie .Montpellier (France) : CIHEAM-IAMM (13P)

L

Lahrech, A., Hamidi, M., Choukri, A., & Ancer, B. Qualité microbiologique du lait et du fromage de chèvres Arbia: coagulation par *Cynara cardunculus*.

Leyral G. et Vierlinge É. (2007). Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaire. 4^e édition biosciences et technologiques. 87p.

Lopez, C., Le Ruyet, P., & Quiblier, J. P. (2010). Matière grasse laitière dans les fromages affinés : Effets de sa composition, de sa structure et des autres constituants de la matrice sur sa digestion et conséquences métaboliques. *Sciences des Aliments*, 29(1), 69.

Lapointe-Vignola, C. (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses inter Polytechnique.

Lawrence R. C., (1993). Processing conditions, In : International Dairy Federation Special Issue 9301, Factors affecting the yield of cheese. *International Dairy Fed.*, Brussels, Belgium, p.p. 64-78.

Lawrence R. C., Heap H. A., Gilles J., (1984). A controlled approach to cheese technology. *Journal Dairy Science*, 67, p.p. 1632-1645.

Lortal, S., & Boudier, J. F. (2011). La valorisation de la matière première lait, évolution passée et perspectives. *Innovations Agronomiques*, 13, 1-12.

Larpent J.P(1997).Lait et produits laitiers non fermentés. Dans *Microbiologie alimentaire.* (bourgeois C.M., Mescle J.F et Zucca) Tome1 : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. Edition Tec et Doc. Lavoisier. Pp : 201 – 215.

Lapied L. & Petransxiene D. (1981). La qualité bactériologique du lait et des produits laitiers. Edition : Tech et Doc, Lavoisier. Paris. P: 228.

Labioui, Laarousi, Benzakour, El yachoui, Berny, et Ouhssine, (2009). Étude physicochimique et Microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 2009, 148. Pp 7-16.

Luquet F.M. (1985). Laits et produits laitiers ; vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Société Scientifique d'hygiène Alimentaire. Edition : Technologie et documentation- Lavoisier. Paris, 139p.

M

Mahaut L, Varnam A.H. et Sutherland P. (2003). Milk and products: Technology, Chemistry, and Microbiology. Volume1 food products series. An Aspen Publication .New York .pp:35-37.

Mahaut, M., & Korolczuk, J. (2002). Influence de l'homogénéisation du lait et du cisaillement du caillé sur la viscosité des fromages frais obtenus par ultrafiltration de coagulum. *Industries alimentaires et agricoles*, 119(11), 13-17.

MAHAUT, M., & KOROLCZUK, J. (1992). cAg Acérgsrigues pHEOLOGIQUES DES FROMAGES FRAS og rejs pA. LA TECHNIQUE D'ULTRAFILTRATION DE LAT. *Les Cahiers de Rhéologie* X, 171, 178.

Mathieu J., (1998). Initiation à la physico-chimie du lait. Tec et Doc-Lavoisier, Paris, 220 p.

Martin. B., Coulon. JB., (1995)Facteur de production du lait et caractéristique de fromage. Influence du facteur de produit sur l'aptitude à la coagulation des laits *.Lait.* 5: 61-80.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec—Bas-Saint-Laurent. Aptitude à la coagulation du lait de vache : influence de l'alimentation. Etude

réalisée dans 6 exploitations du Pays de Thônes (Haute-Savoie). *Productions animales*, 4(3), 209-217.

McMahon D.J., Fife R.L., Oberg C.J. (1999). Water partitioning in Mozzarella cheese and its relationship to cheese meltability. *Journal of Dairy Science*, vol. 82, n. 7, p. 1361–1369.

Mutwedu, V. B., Ayagirwe Rodrigue Basengere, Y., Mugumaarhahama, G. B., Barume, A., Matendo, R., Bisimwa, E., ... & Mushagalusa, G. (2018). Effets des techniques de transformation sur la qualité du fromage blanc traditionnel «Mashanza» produit au Sud-Kivu, RD Congo. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 38(1), 6097-6111.

N

Nadjet, K. (2019). Evaluation de la qualité microbiologique de quelques échantillons du fromage traditionnel (type jben) commercialisé dans la ville de Djelfa (Doctoral dissertation).

P

Paccalin J., Galantier M., (1986). Valeur nutritionnelle du lait et des produits laitiers, p.93 121, In : Luquet F.M., 1986. Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, 3 : qualité-énergie et tables de composition. Tec et Doc-Lavoisier, Apria, Paris, 445 p.

Pougheon S., Goursaud J., (2001). Le lait : caractéristiques physico-chimiques, In. **Debry G.**, lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).

Pelletier, C., & Saint-Laurent, M. B. (1999). Alimentation d'un troupeau laitier avec des pois.

Pirisi A., Lauret. & Dubeuf J P. (2001). Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. *Small Ruminant Research* ,68 : 167-178.

Bencini R. & Pulina G. (1997). The quality of sheep milk. *a review australian Journal of Experimental Agriculture*, 37- 485-504.

Perreau, (2014). Conduire son troupeau de vaches laitières. 2ème ed. Agriproduction France Agricole. , France. 405p.

R

Ramet J. P., (1985). La fromagerie, les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection. Production et santé Animales. FAO, Rome, Italie, 187 p.

Rheotest M., (2010). Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre a capillaire RHEOTEST LK- produits Alimentaires et aromatisants <http://www.rheotest.de/download/nahrn-gs.fr.pdf>.

Roy G., 1951. Technologie laitière, Dunod, Paris, p.p. 34-59.

Remache, A., & Medjoudj, H. (2020). Détermination de la date limite de consommation (DLC) du fromage traditionnel algérien «Bouhezza» au cours de sa conservation par réfrigération.

Rémond, B. (1985). Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2. Taux Protéique : facteurs généraux. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 62, 53-67

S

SIBOUKEUR O. (2007). Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physicochimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Option : Sciences Alimentaires. Institut national El-Harrach .Alger. Pp 21-28. 135p.

Souaré, M. L., Traoré, L., Sidimé, Y., Sidibé, M., & Sangaré, A. (2017). Utilisation de la pepsine de chinchard (*trachurus mediterraneus*) dans la fabrication d'un fromage frais. Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie, 44, 64-69.

Souaïbou, F., Marc, K. T., Philippe, S., & Issaka, Y. Qualité microbiologique du lait cru de vache élevée en milieu extensif au Bénin.

T

Thieulin G. et Vuilla R., (1967). Elément pratique d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et de l'œufs-revue générale de questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris : 71-73(388 p).

Turcot, S., St-Gelais, D., & Turgeon, S. L. (2002). Affinage de fromages allégés de type Cheddar fabriqués à partir de laits enrichis en phospholipides. Le Lait, 82(2), 209-223.

Turcot, S., St-Gelais, D., & Turgeon, S. L. (2002). Affinage de fromages allégés de type Cheddar fabriqués à partir de laits enrichis en phospholipides. Le Lait, 82(2), 209-223.

Touatia, B. S. Valorisation et optimisation de l'utilisation d'un coagulant végétal pour la fabrication d'un fromage traditionnel.

Thenard, V., Mauriès, M., & Trommschlager, J. M. (2002). Intérêt de la luzerne

V

Vignola C.L (2002).science et technologie du lait – transformation du lait, école polytechnique de Montréal, ISBN : 29-34(600 page).

Vierling E., (2003).aliment et boisson-filière et produit, 2ème édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine : 11(270page).

Vignola. C.L (2002): Science et technologie de lait, transformation de lait, volume11, 4ème édition, p67.

Vinay, A., Gerard, M., Bonnet, M., Rexand-Galais, F., & Fromage, B. (2016). À la recherche du sujet dans la maladie d'Alzheimer. *Pratiques psychologiques*, 22(3), 255-268.

Voisin A. (2010).Influence du type de l'alimentation sur texture et la saveur du fromage. Mem. Doc. Vet. Ecole nationale vétérinaire (Toulouse), 97 p.

W

Weber F., (1987). Les incidences technologiques des variations de composition du lait. . In :

Weber. (1992). Les germes responsables d'altération : les germes utiles susceptibles d'être à l'origine d'altération, in : les groupes microbiens d'intérêt laitier. Paris, CEPIL, p.371-394.

Vierling E., (2008). Aliment et boisson : filière et produits.3éd. Le Corsa, Doin, 277p.

Waugh D. F., Von hippel P. H., (1956). -K-casein and the stabilization of casein micelles. *J, Am. Chem. Soc.*, 78, p.p. 457-458.

Wolter S.,(1997). Hand book of milk. Ed., composition academic press, San Diego, 30 p.

Widad, L. E. K. B. I. R., & Amina, M. A. O. U. C. H. E. (2018). Evaluation de la qualité physicochimique et microbiologique du fromage fondu en fonction des conditions de conservation (Doctoral dissertation).

Z

Zaiter, N., Benaziza, S., & Akrom, S. E. (2009). L'intérêt de *penicillium camembertii*, *P. roquefortii* et *geotrichum candidum* dans la fabrication des fromages (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة الملاءمة التكنولوجية لحليب البقر المخصص لإنتاج الجبن، وقد أجرينا التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للحليب الخام المخصص لتصنيع جبن "إدام"، المأخوذ من عدة مناطق البلدية، درع بن خدة ومزيج بودواو.

أظهرت جميع النتائج التي تم الحصول عليها أن الرقم الهيدروجينية، الحموضة، الكثافة، مادة دسمة والمستخلص الجاف الكلي ودسم التي تتوافق بشكل عام مع معايير أفنور (1986). فيما يتعلق بالنتائج الميكروبيولوجية كشفت قيم من الفلورا الهوائية الوسطية الهوائية عند 30 درجة مئوية والبكتيريا القولونيات البرازية والكلية مع الغياب التام للمكورات العنقودية الذهبية، السالمونيلا والطمئية السولفتية المخفض.

تم إنتاج الجبن من نوع EDAM باستخدام عينات من الحليب المختار (البلدية، درعة بن خداع وLFB). تظهر النتائج الفيزيائية والكيميائية للمنتج النهائي "إدام" لمعايير الرقم الهيدروجيني، الدهون والمواد الصلبة الكلية إلى أن المنتج النهائي ذو جودة جيدة. علاوة على ذلك، فإن نتائج التحليل الميكروبيولوجي

ومن هذا يمكن اعتبار ممزوج الحليب لوحدة بودواو أكثر ملاءمة بحكم احتوائه على دهون أفضل (35جم/لتر) واستقرار جيد لدرجة الحموضة (6.65).

الكلمات الرئيسية: حليب خام، حليب البقر، جبن، إدام، فيزيائي-كيميائي، ميكروبيولوجي.

Abstract

The objective of this work being the study of the technological suitability of cow's milk intended for cheese production, we carried out physicochemical and microbiological analyzes of raw milk intended for the manufacture of EDAM cheese, collected from several regions. Blida, Draa Ben Khedaa and the LFB unit.

All of the results obtained showed a pH, acidity, density, fat, total dry extract and fat which are generally compliant and agree with AFNOR standards (1986). Regarding the microbiological results revealed the presence of mesophilic aerobic flora at 30 ° C, fecal and total coliforms with total absence of Staphylococcus aureus, salmonella and Clostridium sulfito-Reducer.

The production of EDAM type cheese was carrying out using samples of the selected milk (Blida, Draa Ben Khedaa and LFB).

The physicochemical results of the finished product "EDAM" of the parameters of pH, fat and total solids indicate that the finished product is of good quality. Furthermore, the results of the microbiological analysis are satisfactory.

The milk from the LFB unit was judge more suitable for cheese processing, due to its better fat content (35 g / l) and good pH stability (6.65).

Keywords: Raw milk, Cow's milk, Cheese, EDAM, Physicochemical, microbiological

Annexe A

Historique de l'unité :

Spécialisée dans l'industrie laitière ; l'unité de LFB a été créée en 1969 par un privé sous l'appellation : Fromagerie de la Mitidja (SOFRQM).

Elle fut nationalisée en 1972 et l'guée aux biens de l'office national du lait (ONALAIT).

Cette unité appartenait à l'office régional du lait et produits laitiers du centre (ORLAC), elle a commencé sa production en 1978.

Faisant partie de l'ex ORLAC, l'entreprise appelée SPA laiterie fromagerie de Boudouaou, par abréviation « SPA / LFB » a été finalisée le 21 septembre 1997, avec un capital social de 200000000,00 DA, et appartient au groupe industriel des productions laitières GIPLAIT.

Présentation du l'unité LFB



La laiterie fromagerie de Boudouaou (LFB) se situe à l'entrée de la ville de Boudouaou dans la wilaya de Boumerdes, s'étale sur une surface totale de 7 hectares, l'activité principale de la LFB est la production et la commercialisation des laits et des produits laitiers. Elle a été créée en 1969 par un groupe privé sous l'appellation : fromagerie de la Mitidja, elle fut nationalisée en 1972 et léguée aux biens de l'office national du lait (ONALAIT), elle appartenait à l'office régional du lait et produits laitiers du centre (ORLAC).

L'unité comprend un effectif de 445 personnes occupantes trois directions principales :

- Direction de l'administration et des finances ;
- Direction commerciale ;
- Direction technique.

➤ Gamme de production

- **Le lait de consommation :**
- Lait pasteurisé ;

- Lait partiellement écrémé ;
- Lait entier ;
- L'ben pasteurisé.
- **Produits laitiers :**
- Fromage fondu pasteurisé ;
- Fromage fondu en portion (boîtes de 8 et 16 portions) ;
- Fromage fondu en barre ;
- Fromage fondu stérilisé ;
- Fromage Edam ;
- Beurre ;
- Crème fraîche.
- **Poudre de lait conditionné :**
- Sachet de 19 g.

Annexe B

Matériel	Réactifs
Récipient	Lait de vache (DBK /Blida / LFB)
Flacon en verre	Solution sodique (NaOH)
Ph mètre	Phénolphtaléine (Indicateur coloré)
Bécher	Acide sulfurique
Pipette	Alcool iso-amylque
Acidimètre	Milieu PCA
Éprouvette	Milieu eau peptone tamponné
Lactodensimètre	Milieu SFB
Centrifugeuse	Gélose Hecktoen
Butyromètre	Milieu VRBG
Capsule	La présure et les ferments lactiques
Dessiccateur	
Bandelettes	
Boîtes de pétri	
Étuve	
Couteau	
Le moule de fromage	
Toiles	

PH-mètre

Est un appareil, souvent électronique, permettant la mesure du pH d'une solution.



Photo originale : pH mètre (2021).

Acidimètre

Un acidimètre permet de déterminer le degré d'acidité du lait, utile pour la transformation fromagère. Capacité 500 ml. Plage 0/100° Dornic. S'utilise avec de la soude titrée Dornic N/9 et de la phénolphtaléine en solution alcoolique à 1%.



Photo originale : Acidimètre (2021).

Le butyromètre

Est un instrument de mesure utilisé pour déterminer la teneur en matière grasse du lait ou des produits laitiers par la méthode Gerber, inventée par le chimiste Nikolaus Gerber.



Photo originale 3 : butyromètre (2021).

Milieu PCA

Principe

La gélose PCA (Plate Count Agar) est un milieu recommandé pour le dénombrement standardisé des bactéries dans l'eau, les produits laitiers et les aliments, les produits cosmétiques ou pharmaceutiques.

Préparation

- Mettre en suspension 23 grammes dans 1 litre d'eau pure. Porter le milieu à ébullition sous
- Agitation constante pendant au moins 1minute.
- Répartir en tubes ou flacons.
- Autoclave à 121°C pendant 15 minutes

Composition (g/l)

- Peptone de caséine..... 5,00
- Extrait de levure..... 2,50
- Glucose..... 1,00
- Agar..... ..15,00
- pH final à 25°C : 7,0 +-0,2

La gélose VRBG

Principe

Est recommandée pour la recherche et le dénombrement des coliformes dans les Aliments et les produits pharmaceutiques.

Composition en (g/l)

Pouvant être modifiée pour 1 litre de milieu :

Peptone pepsique de viande : 7,0 (Biokar – Himedia – Liofilchem)

Digestion pancréatique de gélatine : 7,0 (Difco)

Extrait auto lytique de levure : 3,0

- Glucose :10,0
- Sels biliaires :1,5
- Chlorure de sodium : 5,0
- Rouge neutre:0, 030
- Cristal violet:0, 002
- Agar agar : 13,0 (Biokar) 15,0 (Difco) 12,0 (Himedia) 14,0 (Liofilchem)
- PH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,4 ± 0,2

Préparation de l'eau peptonée tamponné

Principe

Verser 20 g de poudre dans un litre d'eau distillée. Bien mélanger et répartir. Stériliser 15 minutes à 121°C à l'autoclave. L'eau peptonée tamponnée OXOID (CM0509) peut être utilisée comme milieu de pré-enrichissement avant l'enrichissement sélectif lors de la recherche des Salmonella dans les aliments.

Composition (g/l)

- Peptone10,0
- Chlorure de sodium5,0
- Phosphate di sodique anhydre.....3, 5
- Dihydrogénophosphate de potassium.....1,5
- PH 7,2 ± 0,2

Milieu SFB

Principe

Est un milieu de culture .Dans le protocole du TP est écrit que le milieu SFB est utilisé pour l'enrichissement des salmonelles et shégilles , et c'est tout, C'est pour ça je cherche le nom exact du milieu, sa composition et est ce qu'il permet l'enrichissement de d'autre germe.

Composition (g/l)

- Tryptone5,0
- Lactose.....4,0
- Phosphate di sodique10, 0
- L-cystine0,01
- pH 7,0 ± 0,2
- 500 grammes permettent de préparer 26,3 litres de milieu.

Préparation

Dissoudre 4 g de bi sélénite de sodium (LP0121) dans un litre d'eau distillée et ajouter 19 g de bouillon de base sélénite cystine (CM0699).

Chauffer jusqu'à dissolution complète et répartir en flacons sur une hauteur d'au moins 5 cm. Stériliser 15 minutes en vapeur fluente. NE PAS AUTOCLAVER.

Afin de limiter les risques potentiels de tératogénicité pour le personnel de laboratoire, le bi sélénite de sodium n'est pas inclus dans le milieu en poudre mais ajouté sous forme de solution dans le bouillon Sélénite cystine.

Gélose Hecktoen

Principe

La gélose Hecktoen est un milieu d'isolement sélectif des bacilles à Gram négatif non exigeants et utilisé pour la recherche des Salmonella et des Shigella dans les selles.

Composition gélose Hecktoen

- Protéase-Peptide.....12,0 g
- Extrait de levure.....3,0 g
- Désoxycholate de sodium..... 9,0 g
- Lactose.....12,0 g
- Saccharose.....12,0 g
- Salicine.....2,0 g
- Bleu de bromothymol..... 65 mg
- Fuchsine acide..... 100 mg
- Thiosulfate de sodium5,0 g
- Citrate ferrique ammoniacal1,5 g
- Chlorure de sodium5,0 g
- Agar15,0 g
- pH = 7,5
- Eau distillée qsp 1 L

Méthode de Gerber	La méthode acido butyrométrique Gerber est largement pratiquée dans l'ensemble des laboratoires laitiers pour le dosage, en routine, de la matière grasse du lait. L'un des réactifs qu'elle utilise est l'alcool amylique, un mélange de deux isomères.
Test bêta star	Le test se réalise en une seule étape : un volume de lait donné est introduit dans un tube, puis déposé dans un incubateur. La bandelette est ensuite introduite dans le tube pour démarrer le test. Au cours de l'incubation, le lait migre le long de la

	bandelette en entraînant les réactifs présents au pied de celle-ci. En présence d'antibiotiques, les réactifs de détection vont être complètement ou partiellement bloqués par la présence des antibiotiques. Ce faisant, l'intensité de la couleur de la réponse correspondant à la ou aux lignes antibiotiques sera plus faible, montrant ainsi un résultat positif pour le ou les.
Méthode de Van-Gulik	Technique conventionnelle qui, appliquée à un fromage, donne une teneur en matière grasse, exprimée en grammes pour 100 g de fromage, équivalente à celle obtenue par la méthode de référence (ISO 1735 FIL 5).

Annexe C



Photo originale4 : Dessiccateur (2021)



photo originale 5 : Centrifugeuse Gerber (2021)



Photo originale6 : Plaque chauffante(2021)



Photo originale7 : Bain marie (2021)



Balance analytique



Lactodensimètre dans une éprouvette

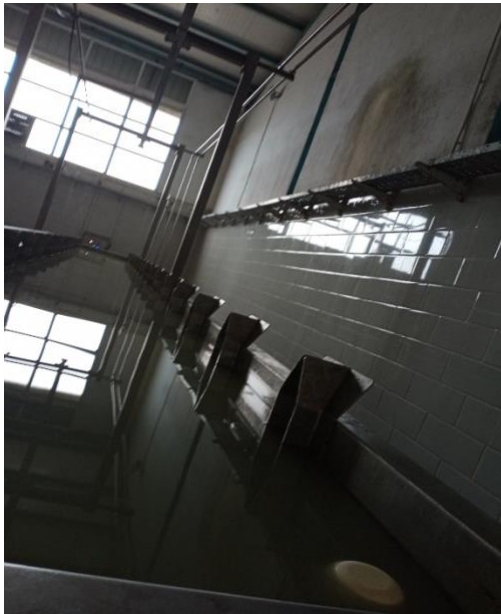


Photo originale 8 : bassin de salage (2021).



Photo originale 9 : bec bunsen (2021).



Photo originale 10 : analyseur d'antibiotique (2021)

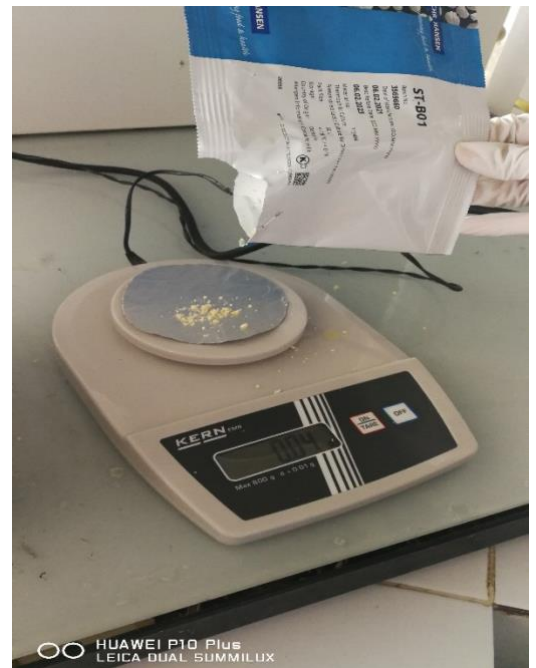


Photo originale11 : balance (2021)

Annexe D

Quelques photos réel de préparations du fromage



