



Institut des Sciences  
Vétérinaires- Blida

Université Saad  
Dahlab-Blida 1-



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du  
**Diplôme de Docteur Vétérinaire**

**SUIVI DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES  
DU LAIT PASTEURISE ET DU FROMAGE "CAMEMBERT" AU NIVEAU  
DE LA LAITERIE LA VALLEE. BEJAIA.**

Présenté par  
**DERRICHE SEGHIRA  
DJARLOUL ABDELKADER**

Devant le jury :

<b>Président(e) :</b>	RAZALI K.	MAA	ISV-Blida 1
<b>Examineur :</b>	KABIR W.	MAA	ISV-Blida 1
<b>Promoteur :</b>	GHALLAL M.	MAA	ISV-Blida 1

**Année : 2018/2019**

# REMERCIEMENTS

Avant tout nous remercions Allah Tout-Puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail, merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite et de nous avoir donné la force et la patience pour terminer ce travail.

Nous remercions notre promoteur Dr **Ghallal M.** pour l'honneur qu'il nous a fait, de nous avoir encadrés et d'avoir dirigé ce présent travail.

Nous exprimons également nos remerciements à Dr **Rezali K.** d'avoir accepté de présider le jury et à Dr **Kebir W.** d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Nous remercions également le personnel du laboratoire de la « Vallée » de nous avoir bien accueillis et guidés tout au long de notre stage.

Nous remercions le docteur vétérinaire **Oubelaid Ghani** pour ses encouragements et ses conseils.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance ;

Ceux qui ont attendu avec patience les fruits d'une bonne éducation ; mes parents

Celle qui m'a donné la vie, symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, ma chère mère ;

Celui qui m'a donné la vie, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années d'études, a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, me donner de l'aide et me protéger, mon cher père ;

Que Dieu garde mes chers parents et les protège ;

Ma chère adorable sœur : Mouna ;

Mon frère : Abderrahmane ;

Mes chers collègues : Amayes, Djilali, Yasser, Pedro, Antar, Naceur, Adel, Anes, Omar, Othmane et Younes ;

Mon copain de chambre : Kouceila ;

Mon promoteur : Dr Ghallal M. ;

Mon camarade de PFE : Seghira ;

Tous ceux qui me sont chers ;

Tous ceux qui m'aiment ;

Tous ceux que j'aime ;

Tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon parcours éducatif ;

A toi mon cher Ilyes.

*ABDELKADER*

# DEDICACES

Je dédie ce mémoire à :

Mon cher papa, et ma chère maman qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance ;

Merci pour la tendresse, l'amour, les encouragements et les sacrifices que vous m'avez témoignés, vous êtes les héros de ma réussite et mon bonheur, que Dieu les protège et les garde ;

Mon cher grand frère Amine et sa femme Nesrine ;

Mon cher frère Toufik et sa femme Toha ;

Mes chères sœurs : Samia et Chahrazed et leur maris ;

Ma chère petite sœur Madina ;

Mes bébés d'amour : Chabha, Malak, Aymen, Anis et Naila ;

Mon cher oncle Vava Mokrane et ma tante Nana Fatima ;

Mon cousin bien-aimé Aymen, la personne qui a été toujours là pour moi dans tous mes cas ;

Mes chères copines SABRINA, AMINA, ZAHIA, TAKLIT, KHADIDJA et SOUHILA « Groupe de choc », avec qui j'ai passé les plus beaux moments de ma vie, merci pour tous les beaux et merveilleux moments qu'on a passés ensemble, je vous adore ;

Mon camarade de PFE ABDOU qui m'a accompagné le long de mes 5 ans ;

Tous ceux que je ne pourrais pas citer ici et qui me sont très chers ;

Toute la promotion des sciences vétérinaires 2018/2019.

# RESUME

Le lait cru et le lait en poudre présentent sans aucun doute un produit de base dans le modèle de la consommation algérienne car il répond aux exigences du consommateur en matière de nutriments de base.

Cette étude a porté sur l'évaluation de l'efficacité des protocoles physico-chimique et microbiologique au niveau de la laiterie la « vallée », du lait cru provenant des différentes exploitations de la région de Bejaia utilisé pour la fabrication du fromage (camembert), lait pasteurisé conditionné, ainsi que le lait en poudre et l'eau de procès mis en œuvre pour sa préparation, et Pour approfondir le contrôle laitier effectué durant notre stage, on a eu recours à des données bibliographiques portant sur la qualité et la composition du lait et ses paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

D'après le contrôle des protocoles fait, les méthodes appliquées par cette laiterie sont conformes à celles cités par le journal officiel de la république Algérienne.

**Mots clés :** lait, fromage, analyse physico-chimique, analyse microbiologique.

# المخلص

لا شك أن الحليب الخام ومسحوق الحليب عنصر أساسي في نموذج الاستهلاك الجزائري لأنهما يلبيان المتطلبات الغذائية الأساسية للمستهلك.

يتركز عملنا، الذي قمنا به على مستوى ملينة "لافالي" لمدة ثلاثة أسابيع، على تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لجنين الكامومبير، والحليب الخام القادم من مناطق في بجاية والذي يستخدم في صناعته، والحليب المبستر وكذلك مسحوق الحليب والماء المستعملين في تحضيره. لتعميق مراقبة الحليب الذي يتم إجراؤها خلال فترة تربصنا، استخدمنا معطيات ببلوغرافية عن جودة وتركيب الحليب ومعلماته الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية

**الكلمات المفتاحية:** الحليب، جنين، تحليل فيزيائي وكيميائي، تحليل ميكروبيولوجي.

# ABSTRACT

Raw milk and powdered milk undoubtedly present a basic product in the Algerian consumption because they meet basic nutrients requirements of the consumer.

Our work, which was carried out at the dairy of the valley for a period of three weeks, focused on the assessment of the physico-chemical and microbiological quality of the cheese (camembert), the raw milk coming from several areas of Bejaia and used for its manufacturing, the pasteurized milk, as well as the powdered milk and the water used for its preparation. To deepen the milk control done during our traineeship, we used bibliographic data on the quality and the composition of milk and its physico-chemical and microbiological parameters.

**Keywords:** milk, cheese , physico-chemical analysis, microbiological analysis.

**PARTIE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**

# Sommaire

INTRODUCTION .....	1
Chapitre I : le lait .....	3
1. Généralités sur le lait : .....	3
1.1. Définition : .....	3
1.2. Nutriments du lait : .....	3
1.3. Qualité du lait : .....	4
2. Composition du lait : .....	5
2.1. Eau : .....	6
2.2. Glucides : .....	6
2.3. Matière grasse : .....	7
2.4. Sels minéraux : .....	8
2.5. Protéines : .....	8
2.5.1. Caséines : .....	9
2.5.2. Protéines du lactosérum : .....	9
2.6. Vitamines : .....	10
2.7. Enzymes : .....	11
3. Propriétés organoleptiques : .....	12
3.1 Couleur : .....	12
3.2 Odeur : .....	12
3.3 Saveur : .....	12
4. Caractéristiques physico-chimiques du lait .....	12
4.1. Densité (poids spécifique ou masse volumique) : .....	13
4.2. Acidité de titration ou acidité Dornic : .....	13
4.3. pH : .....	14
4.4. Point de congélation : .....	15
4.5. Point d'ébullition : .....	15
5. Principales activités microbiennes dans le lait .....	16
5.1. Activité protéolytique : .....	16
5.2. Activité acidifiante : .....	16
5.3. Activité lipolytique : .....	17

5.4. Classification des bactéries lactiques : .....	17
6. Résidus d'antibiotiques dans le lait .....	19
6.1. Causes de contamination du lait par les résidus d'antibiotiques : .....	19
6.1.1 Erreurs commises par l'éleveur : .....	19
6.1.2 Mauvaise utilisation du médicament : .....	20
6.1.3. Non-respect du délai d'attente : .....	20
6.1.4. Contamination par le matériel de traite : .....	20
6.1.5. Mauvaise hygiène lors de la traite : .....	20
6.1.6. Adjonction volontaire d'antibiotiques dans le lait : .....	21
6.2. Problèmes liés à la présence des résidus d'antibiotiques dans le lait : .....	21
6.2.1. Toxicité directe des résidus d'antibiotiques : .....	21
6.2.2. Risques allergiques : .....	21
6.2.3. Risques cancérigènes : .....	22
6.2.4. Risques liés à la modification de la flore digestive par les résidus d'antibiotiques : .....	23
6.2.5. Risques de développement et dissémination de résistance bactérienne aux antibiotiques : .....	23
6.2.6. Problèmes liés à la transformation du lait : .....	23
Partie expérimentale .....	25
1. Objectif : .....	25
2. Présentation du lieu de stage : .....	25
3. Matériel : .....	26
4. Méthodes : .....	26
4.1 Matière première : .....	26
4.1.1 Eau de procès : .....	26
4.1.2 Lait en poudre : .....	27
4.1.3. Lait préparé : .....	35
4.2. Fromage (Camembert) : .....	40
CONCLUSION .....	48
Interprétation .....	49
Références bibliographiques .....	51
ANNEXES .....	58

# Liste des tableaux

<b><u>Tableau 1.1</u></b> : Composition chimique moyenne du lait de vache.....	4
<b><u>Tableau 1.2</u></b> : Composition du lait de vache .....	5
<b><u>Tableau 1.3</u></b> : Composition chimique du lait de quelques espèces animales .....	6
<b><u>Tableau 1.4</u></b> : Constituants majeurs des matières salines du lait de vache .....	8
<b><u>Tableau 1.5</u></b> : Composition vitaminique moyenne du lait cru .....	11
<b><u>Tableau 1.6</u></b> : Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache .....	13
<b><u>Tableau 1.7</u></b> : Caractéristiques des principaux genres de bactéries lactiques .....	18

# Liste des figures

<b>Figure 1.1</b> : Composition de la matière grasse du lait .	7
<b>Figure 2.1</b> : pH-mètre.	26
<b>Figure 2.2</b> : Conductimètre.	27
<b>Figure 2.3</b> : Lactodensimètre.	28
<b>Figure 2.4</b> : Butyromètre.	29
<b>Figure 2.5</b> : Burette.	29
<b>Figure 2.6</b> : Balance analytique.	30
<b>Figure 2.7</b> : Recherche et dénombrement des coliformes totaux dans le lait en poudre.	32
<b>Figure 2.8</b> : Recherche et dénombrement des GAMT dans le lait en poudre.	33
<b>Figure 2.9</b> : Recherche des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs dans le lait en poudre.	34
<b>Figure 2.10</b> : Préparation des dilutions du lait pasteurisé conditionné .	37
<b>Figure 2.11</b> : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux dans du lait pasteurisé conditionné.	38
<b>Figure 2.12</b> : Recherche et dénombrement des GAMT dans le lait pasteurisé conditionné.	39
<b>Figure 2.13</b> : Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> dans le lait pasteurisé conditionné.	39
<b>Figure 2.14</b> : Recherche et dénombrement des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs dans le Camembert.	47

# INTRODUCTION

L'Algérie est le plus important consommateur du lait au Maghreb, avec une consommation moyenne de 110 litres par habitant et par an, estimée à 115 litres en 2010 (FAO, 2007).

Considéré à juste titre comme un produit de base dans le modèle de consommation Algérien, le lait occupe une place importante dans la ration alimentaire de la population. Les besoins sont estimés à 3,2 milliard de litres et une consommation moyenne de l'ordre de 100 à 110 litres/habitant/an. La production nationale, estimée à 1,6 milliard de litres par an, ne couvre que 40 % des besoins (Yakhlef et al., 2010).

Le lait est un aliment complet qui garantit un apport non négligeable en protéines, lipides, sels minéraux, notamment en calcium et phosphore, et en vitamines (Watier, 1992).

Le lait et les produits laitiers renferment une flore microbienne naturelle et/ou additionnelle à l'origine de la diversité des produits mis sur le marché. L'origine des contaminations par les bactéries pathogènes varie en fonction de la nature du produit et de son mode de production et de transformation. La contamination du lait et des produits laitiers par les germes pathogènes peut être d'origine endogène, et elle fait alors suite à une excrétion mammaire de l'animal malade ; elle peut aussi être d'origine exogène, il s'agit alors d'un contact direct avec des troupeaux infectés ou d'un apport de l'environnement (eaux, personnel, ...) (Debry, 2001).

Si le lait est un produit à haute valeur nutritive, sa composition et ses propriétés physico-chimiques en font un milieu très favorable à la multiplication des micro-organismes (Faye et Loiseau, 2002).

La richesse du lait cru fait de celui-ci un milieu favorable pour la multiplication des germes provenant des mauvaises conditions d'hygiène de la traite ainsi de l'état sanitaire

des animaux. La contamination du lait a des conséquences néfastes tant sur les aptitudes à la transformation, que sur la santé humaine (**Debry, 2001**).

Ce travail a pour but le suivi et le control des protocoles expérimentaux des analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait préparé, du lait cru et du fromage (camembert) fabriqué au sein de la laiterie la « vallée » (Tazmalt).

Dans ce contexte, notre présent manuscrit se divise en trois parties :

- Etude bibliographique : comprenant les généralités et la composition du lait, les propriétés physico-chimiques et la microbiologie de ce dernier, ainsi que les résidus d'antibiotiques dans le lait.
- Une partie expérimentale : dans laquelle les méthodes utilisées dans les analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait conditionné, lait cru, le fromage (camembert) et l'eau, ont été contrôlées.

# Chapitre I : le lait

## 1. Généralités :

### 1.1. Définition :

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la vache et la chamelle, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant. Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe (**Carole, 2002**).

Le lait est un 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 de colostrum (**Chye et al., 2004**).

Le lait est défini comme étant « la sécrétion mammaire normale d'animaux obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destinée à la consommation comme un lait liquide ou après un traitement ultérieur (**Codex Alimentarius, 1999**).

Le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes (**Larousse, 2019**).

### 1.2. Nutriments du lait :

Le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes (**Franworth et Mainville, 2010**).

Le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras

saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A, ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E (**Favier, 1985**).

Le lait et les produits laitiers contiennent naturellement des nutriments essentiels tels que le calcium, le phosphore, le potassium, le magnésium, les protéines, des vitamines A, B2, B3 et B12. Les études ont démontré que les produits laitiers, quand ils sont intégrés dans une alimentation saine, améliorent la qualité générale de l'alimentation et peuvent contribuer à réduire les risques d'ostéoporose, d'hypertension, d'obésité, de calculs rénaux et de cancer du côlon. Les produits laitiers contiennent des protéines de bonne qualité, ce qui signifie qu'ils contiennent aussi des acides aminés dont le corps a besoin (**Anonyme 1**).

### 1.3. Qualité du lait :

La vache assure de loin la plus grande part de la production mondiale de lait (90 %), et même en pays tropicaux (70 %). Ce lait est le plus connu et les données qui le caractérisent sont sans doute les plus exactes. Il est logiquement aussi le produit laitier le plus consommé et étudié en nutrition humaine (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO, 2019**)).

**Tableau 1.1** : Composition chimique moyenne du lait de vache (g/l) (**Anonyme 2**).

	<b>Matière sèche</b>	<b>Matière protéique</b>	<b>Lipides (MG)</b>	<b>Lactose</b>	<b>Cendres (MM)</b>	<b>Calcium (Ca)</b>	<b>Phosphore (P)</b>
<b>Vache</b>	132	35	38	50	7,2	1,25	0,95

Le lait est également une excellente source de minéraux intervenant dans divers métabolismes humains notamment comme cofacteurs et régulateurs d'enzymes. Le lait assure aussi un apport non négligeable en vitamines connues comme vitamines A, D, E (liposolubles) et vitamines B1, B2, B3 (hydrosolubles). Il est, néanmoins, pauvre en fer et en cuivre et il est dépourvu de fibres (**Cheftel et Cheftel, 1996**).

La haute qualité nutritionnelle des protéines du lait repose sur leur forte digestibilité et leur composition particulièrement bien équilibrée en acides aminés indispensables. Pour les nouveau-nés, les protéines du lait constituent une source protéique adaptée aux besoins de croissance durant la période néonatale (**Derby, 2001**).

**Tableau 1.2 :** Composition du lait de vache (**Anonyme 3**).

<b>Composants</b>	<b>Lait de vache</b>
Energie	450 kcal
Eau	900 ml
Protides	35 g
Lipides	38 g
Glucides	50 g
Calcium	1,25 g

## **2. Composition du lait :**

Les principaux constituants du lait par ordre croissant sont :

- l'eau, très majoritaire ;
- les glucides principalement représentés par le lactose ;
- les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras ;
- les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire ;
- les protéines : caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles ;
- les éléments à l'état de traces mais au rôle biologique important : enzymes, vitamines et oligo-éléments (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

Le lait est constitué de quatre phases :

- une phase grasse ou une émulsion de matières grasses, constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A et D) ;
- une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelles ;
- une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux et azote non protéique) ;
- une phase gazeuse composée d'O<sub>2</sub>, d'azote et de CO<sub>2</sub> dissous, et qui représente environ 5 % du volume du lait (**Fredot, 2006**).

**Tableau 1.3:** Composition chimique du lait de quelques espèces animales (Alais, 1984).

	Eau (%)	Matière grasse (%)	Protéines (%)	Glucides (%)	Minéraux (%)
Vache	87,5	3,7	3,2	4,6	0,8
Chèvre	87,0	3,8	2,9	4,4	0,9
Brebis	81,5	7,4	5,3	4,8	1,0
Chamelle	87,6	5,4	3,0	3,3	0,7
Jument	88,9	1,9	2,5	6,2	0,5

### 2.1. Eau :

L'eau est le constituant le plus important du lait. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution qui varie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides (Amiot et al., 2002).

### 2.2. Glucides :

Les glucides du lait représentent 4,7 g/l, la quasi-totalité de ces glucides est sous forme de lactose (Fredot, 2006).

Le lactose est le glucide, ou l'hydrate de carbone, le plus important du lait puisqu'il constitue environ 40% des solides totaux. D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose ; en outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines. Ainsi, le lait contient près de 4,8 % de lactose, tandis que la poudre de lait écrémé en contient 52% et la poudre de lactosérum près de 70 % (Vignola, 2002).

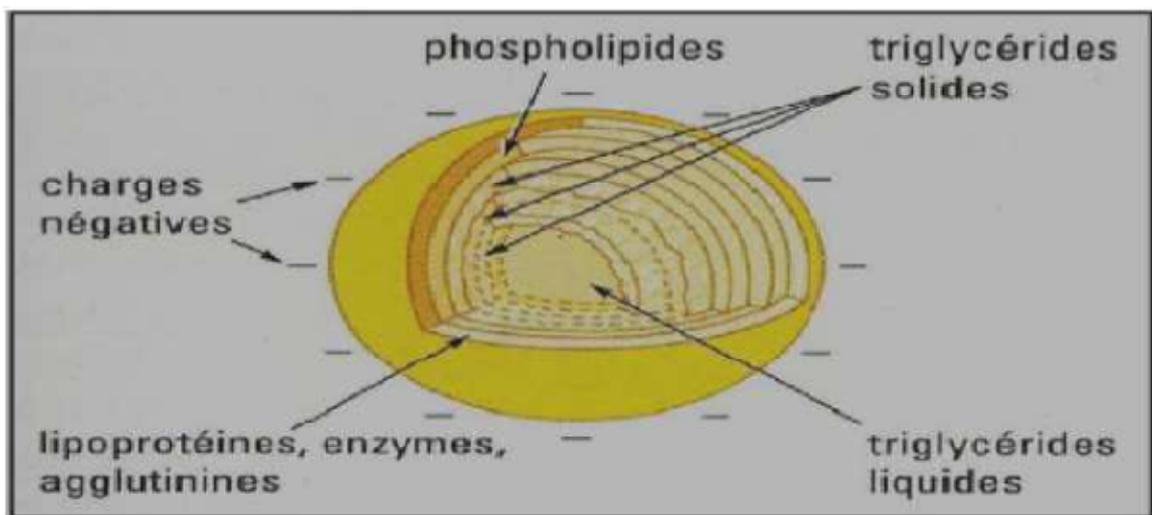
### 2.3. Matière grasse :

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (Luquet, 1985).

Elle est constituée par : 98,5% de glycérides (esters d'acides gras et de glycérol), 1% de phospholipides polaires et 0,5 % de substances liposolubles, cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (**Goursaud, 1985**).

La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qui est le lait écrémé (**Boutonnier, 2008**).

Cet état globulaire est fragile, toute altération de la membrane par voie chimique, physique et microbienne conduit à la déstabilisation de l'émulsion. Cette évolution peut être accidentelle, elle se traduit alors le plus souvent par une séparation de la phase grasse sous forme d'huile ou d'agrégats et/ou par l'apparition de saveurs indésirables (rancidité) ; lorsqu'elle est dirigée, elle permet la concentration de la phase grasse sous forme de beurre après barattage, ou sous forme d'huile de beurre et de matière grasse laitière anhydre après chauffage et centrifugation (**Majdi, 2009**).



**Figure 1.1** : Composition de la matière grasse du lait (**Bylund, 1995**).

#### **2.4. Sels minéraux :**

Les minéraux (ou matières salines) sont présents dans le lait à une quantité de 7 g par litre environ (tableau 2.2).

Les plus représentés en quantité sont le calcium, le phosphore, le potassium et le chlore. On retrouve ces matières salines soit en solution dans la fraction soluble, soit sous

forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale). Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, potassium et chlore) et sont particulièrement biodisponibles. Les autres (calcium, phosphore, magnésium et soufre) existent dans les deux fractions. Dans la fraction soluble, le calcium et les magnésiums ionisés existent en partie sous forme libre non dissociée, les citrates et les phosphates existent en partie sous forme saline, ou encore sous forme complexe (esters phosphoriques et phospholipides). Dans la fraction colloïdale, les minéraux (calcium, phosphore, soufre et magnésium) sont associés ou liés à la caséine au sein des micelles (FAO, 1998).

**Tableau 1.4 :** Constituants majeurs des matières salines du lait de vache (g/l) (FAO, 1998).

Minéraux	Teneur (g/l)
Calcium	1,25
Magnésium	0,12
Phosphate	1,00
Citrate	1,80
Sodium	0,50
Potassium	1,25
Chlorure	1,00

## 2.5. Protéines :

Le lait de vache contient 3,2 à 3,5% de protéines réparties en 2 fractions distinctes :

- les caséines qui précipitent à un pH de 4,6 et représentent 80% des protéines totales ;
- les protéines sériques solubles à un pH de 4,6 et représentent 20% des protéines totales (Jeantet et al., 2007).

### 2.5.1. Caséines :

Jean et Dijon (1993) rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents acides aminés, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g/mol, forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1 µm (Jean et Dijon, 1993).

La caséine native a la composition suivante : protéine 94%, calcium 3%, phosphore 2,2%, acide citrique 0,5% et magnésium 0,1% (Adrian et al., 2004).

### **2.5.2. Protéines du lactosérum :**

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées (Debry, 2001).

Thapon (2005) définit les protéines du lactosérum comme protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et en tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique (Thapon, 2005).

#### **2.5.2.1. $\alpha$ -lactalbumine :**

L' $\alpha$ -lactalbumine est une protéine de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques (A, B, C). Métalloprotéine (elle possède un atome de calcium par mole) du type globulaire (structure tertiaire quasi-sphérique), elle présente environ 22% des protéines du sérum (Amiot et al., 2002).

#### **2.5.2.2. $\beta$ -lactoglobuline :**

La  $\beta$ -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est de 5,1, la  $\beta$ -lactoglobuline est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors du chauffage, la fixation d'une molécule de caséine K et d'une  $\beta$ -lactoglobuline se fait également par un pont disulfure (Pougheon et Goursaud, 2001).

#### **2.5.2.3. Sérum-albumine :**

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

#### **2.5.2.4. Immunoglobulines :**

Ce sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire responsables de l'immunité. On distingue trois grandes classes d'immunoglobulines: IgA, Ig G et IgM. Elles sont très

abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont les protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (Thapon, 2005).

#### 2.5.2.5. Protéoses-peptones :

Elles forment la fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à pH de 4,6 à une température de 95°C pendant 20 à 30 minutes. C'est un groupe hétérogène issu de la protéolyse par la plasmine de la caséine  $\beta$  (Debry, 2001).

### 2.6. Vitamines :

Le lait de vache contient d'une part des vitamines liposolubles (vitamines A, D, E) qui sont généralement fixées à la surface des globules gras et d'autre part des vitamines hydrosolubles (vitamine C et vitamines B) diversement complexées avec des protéines ou d'autres groupements (Leclercq, 1999).

On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait ;
- vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (Debry, 2001).

**Tableau 1.5 :** Composition vitaminique moyenne du lait cru (Amiot et al., 2002).

	Vitamines	Teneur moyenne ( $\mu\text{g}/100\text{ml}$ )
<b>Vitamines Liposolubles</b>	Vitamine A (Rétinol)	40
	Vitamine D (calciférol)	2,4
	Vitamine E (Tocophérol)	100
	Vitamine K (phylloquinone)	5
<b>Vitamines Hydrosolubles</b>	Vitamine C (acide ascorbique)	2000
	Vitamine B1 (thiamine)	45
	Vitamine B2 (riboflavine)	175
	Vitamine B6 (pyridoxine)	50
	Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0,45
	Niacine B3 et niacinamide	90
	Vitamine B5 (Acide pantothénique)	350
	Acide folique B9	5,5
Vitamine H (biotine)	3,5	

## 2.7. Enzymes :

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 (**Blanc, 1982**).

Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés :

-Lyse des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase et 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 et 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**).

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases. Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température. En effet, chaque enzyme possède un pH et une température d'activité maximale (**Veisseyre, 1975**).

## 3. Propriétés organoleptiques :

### 3.1 Couleur :

L'opacité du lait est due à sa teneur en particules suspendues de matières grasses, de protéines et de certains minéraux, la couleur varie du blanc au jaune en fonction de la coloration (teneur en carotène) de la matière grasse (**Gosta, 1995**).

### **3.2 Odeur :**

La présence de la matière grasse dans le lait lui confère une odeur caractéristique. Au cours de sa conservation, le lait est caractérisé par une odeur aigüe due à l'acidification par l'acide lactique (**Vierling, 1998**).

### **3.3 Saveur :**

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est en parfois de même du colostrum. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés, etc. peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer. 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**).

## **4. Caractéristiques physico-chimiques du lait**

Les propriétés physico-chimiques du lait sont plus ou moins stables, elles dépendent soit de l'ensemble des constitutions comme la densité, soit des substances en solution comme le point de congélation ou encore des concentrations en ions comme le pH (acidité) (**Vignola, 2002**).

Les principales caractéristiques physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la densité, l'acidité de titration ou acidité Dornic, le point de congélation, le point d'ébullition et le pH (**Amiot et al., 2002**).

**Tableau 1.6 :** Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache (**Bourgeois et al., 1990**).

<b>Caractéristique chimiques</b>	<b>Valeurs</b>
pH	6,6 – 6,8
Densité	1,030 – 1,033
Température de congélation (°C)	- 0,53
Teneur en eau (%)	87,3
Extrait sec total (%)	12,7
Taux de matière grasse (%)	3,9
Extrait sec dégraissé (%)	9,2
Teneur en matière azotée totale (%)	3,4
Teneur en caséine (%)	2,8
Teneur en albumine et globuline (%)	0,5
Teneur en lactose (%)	4,8
Teneur en cendre (%)	0,9
Vitamines, enzymes et gaz dissous (%)	Traces

#### **4.1. Densité (poids spécifique ou masse volumique) :**

Pour une même espèce, la densité n'est pas constante. Elle dépend de la richesse du lait en éléments dissouts et en suspension ainsi que de la teneur en matière grasse. Elle est également variable en fonction de la température. A 20°C, la densité des laits individuels peut prendre des valeurs entre 1,030 et 1,033 et de 1,020 à 1,038 pour les laits de mélange. La densité du lait fraîchement extrait de la mamelle est instable et tend à augmenter avec le temps (**Seydi, 2004**).

La densité des laits écrémés est supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale (**Vierling, 2008**).

La densité est mesurée par le thermo-lactodensimètre. La densité du lait augmente avec l'écémage et diminue avec le mouillage (**Vignola, 2002**).

#### **4.2. Acidité de titration ou acidité Dornic :**

L'acidité de titration indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. Un lait frais a une acidité titrable de 16 à 18 °Dornic (°D). Conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement. C'est la raison pour laquelle on distingue

l'acidité naturelle, celle qui caractérise le lait frais, d'une acidité développée issue de la transformation du lactose en acide lactique par divers micro-organismes (**CIPC, 2011**).

On exprime couramment l'acidité d'un lait en degrés Dornic ; ce dernier étant le nombre du dixième de millilitre de soude utilisé pour 10 millilitre de lait en présence de phénolphthaléine. Deux laits peuvent avoir le même pH et des acidités titrables différentes et inversement. C'est à dire qu'il n'y a pas de relation d'équivalence réelle entre le pH et l'acidité de titration (**Dieng, 2001**).

La teneur en acide lactique:  $1^{\circ}\text{D} = 0,1\text{g}$  d'acide lactique. Elle varie entre 0,13 et 0,17 % d'équivalent d'acide lactique (**Vignola, 2002**).

L'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique. Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité  $\leq 21^{\circ}\text{D}$ . Un lait dont l'acidité est supérieure ou égale à  $27^{\circ}\text{D}$  coagule au chauffage ; un lait dont l'acidité est supérieure ou égale  $70^{\circ}\text{D}$  coagule au froid (**Jean et Dijon, 1993**).

L'acidité de titration globale mesure à la fois le pH initial du lait et l'acidité développée après la traite par la fermentation lactique qui diminue le pH jusqu'à 4 ou 5 (**Amarglio, 1986**).

#### **4.3. pH :**

Le pH du lait correspond à la concentration en ions hydrogène et représente l'acidité naturelle du lait. Sa valeur n'est pas constante mais varie au cours du cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation. Dans une même espèce, l'amplitude des variations est faible. On mesure le pH de deux façons: la mesure potentiométrique au pH-métrie plus précise, ou la mesure colorimétrique plus simple, moins coûteuse avec des indicateurs colorés, au moyen de papiers indicateurs ou de solutions de colorants (**Alais, 1984**).

Le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. S'il ya une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique (**CIPC, 2011**).

Le pH du lait change d'une espèce à une autre, étant donné les différences de la composition chimique, notamment en caséine et en phosphate et aussi selon les conditions environnementales (**Alais, 1984**).

#### **4.4. Point de congélation :**

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, se situe entre  $-0,54\text{ °C}$  et  $-0,55\text{ °C}$  (**Mathieu, 1998**).

La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1% entraîne une augmentation du point de congélation d'environ  $0,0055\text{ °C}$  (**Goursaud, 1985**).

Le mouillage élève le point de congélation vers  $0\text{ °C}$ , puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue. D'une manière générale, tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition, qui font varier leurs quantités, entraînent un changement du point de congélation (**Mathieu, 1999**).

L'écémage ne modifie pas le point de congélation. Cependant, l'acidification lactique et l'addition de sels solubles l'abaissent (**Alais, 1984**).

#### **4.5. Point d'ébullition :**

Le point d'ébullition est défini comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés (**Amiot et al., 2002**).

Cette propriété physique diminue avec la pression. On applique ce principe dans les procédés de concentration du lait (**Vignola, 2002**).

L'ébullition propre du lait a lieu à  $100\text{ °C}$  ; cependant, lorsqu'on porte le lait sur le feu, à une température voisine de  $80\text{ à }90\text{ °C}$ , il y a une montée du lait, c'est-à-dire formation d'une membrane protéino-calcaire ou peau du lait (frangipane) qui gêne l'ébullition de ce

dernier. Pour bouillir le lait, il faut donc éliminer cette peau de lait. Le test à l'ébullition permet d'anticiper le comportement du lait à la stérilisation (**Boivert, 1980**).

## **5. Principales activités microbiennes dans le lait**

Les altérations du lait sont associées à la multiplication de levures, moisissures et bactéries. Cependant et compte tenu de leurs caractères écologiques, les contaminations bactériennes sont les plus fréquentes et les plus importantes et leurs potentialités de développement sont les plus à craindre. Ces processus de dégradation sont possibles, lorsque les conditions du milieu environnant sont favorables à la prolifération microbienne et à l'activité enzymatique. De graves défauts de goût et d'odeur peuvent apparaître par accumulation des produits issus, soit du métabolisme cellulaire, soit de l'action de systèmes enzymatiques complexes sur les constituants du lait. Le plus fréquemment, il s'agit de lait acide, amer, fruité, rance, malté ou à goût étranger (**Kim et al., 1982**).

### **5.1. Activité protéolytique :**

Les bactéries lactiques possèdent des protéinases et des peptidases nécessaires à la dégradation des protéines du lait en peptides et acides aminés. Au cours de leurs activités métaboliques, certains micro-organismes, grâce à l'action de leurs protéases, dégradent des fractions protéiques du lait. Ce phénomène produit la libération de sous produits très variés, dont des peptides à longue ou courte chaîne à l'origine des goûts amers, des saveurs non désirées et atypiques ou des textures inadéquates de lait contaminé. Les germes incriminés sont *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, ainsi que d'autres germes de la flore banale à Gram négatif (**Guiraud, 2003**).

### **5.2. Activité acidifiante :**

C'est une production d'acide lactique à partir du lactose par les ferments lactiques lors de leur croissance. L'acidification est produite par des germes thermotolérants ou des germes sporulés ayant résisté comme les *Clostridium* et les *Bacillus*. Lorsque des bactéries lactiques hétérofermentaires interviennent, il y a en plus des acides organiques et de nombreux composés volatils variés (aldéhydes, cétones, alcools). L'acidification est le rôle principal des bactéries utilisées comme ferments, et a différents buts :

- la coagulation du lait (en facilitant l'action de l'enzyme de la présure) et l'augmentation de la synérèse du caillé ;
- la participation aux propriétés rhéologiques du produit final ;
- l'inhibition de la croissance des bactéries nuisibles (**Guiraud, 2003**).

### **5.3. Activité lipolytique :**

La lipolyse est une réaction enzymatique de dégradation de la matière grasse qui se traduit dans le lait par une augmentation de la teneur en acides gras libres. Au-delà de certains seuils, cette augmentation peut provoquer l'apparition de défauts de goûts (rance, savon, ...) dans les produits laitiers (**Heuchel et al., 2003**).

Dans un lait cru réfrigéré, la flore dominante est représentée par les psychrotrophes. 70% ou plus de cette population possèdent une activité lipolytique. Cependant, elle n'est perceptible au goût qu'à partir des teneurs de 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> germes/ml, c'est-à-dire pour des laits crus considérés comme très pollués liés à un manque d'efficacité de nettoyage et de la désinfection du matériel de traite et de réfrigération (**Chilliard et Lamberet, 1984**).

### **5.4. Classification des bactéries lactiques :**

Les bactéries lactiques appartiennent à un groupe de bactéries bénéfiques, dont les vertus se ressemblent, et qui produisent de l'acide lactique comme produit final du processus de fermentation (**Prescott et al., 2010**).

Elles sont partout dans la nature, et se trouvent aussi dans le tube digestif de l'homme. Si elles sont surtout connues pour le rôle qu'elles jouent dans la préparation des laitages fermentés, elles sont utilisées également dans le saumurage des légumes, la boulangerie, la fabrication du vin, le saurissage des poissons, des viandes et des salaisons (**Prescott et al., 2010**).

La première classification des bactéries lactiques, basée sur les propriétés observables à savoir les propriétés morphologiques, biochimiques et physiologiques, a été établie en 1919 par Orla-Jensen. Les marqueurs chimio-taxonomiques tels que les

compositions des acides gras et les constituants de la membrane cellulaire, ont été aussi utilisés pour la classification (**Krieg, 2001**).

Les nouvelles techniques pour l'identification et la classification des bactéries lactiques remettent couramment en cause et/ou complètent les approches phénotypiques anciennement utilisées (**Garrity et al., 2008**).

Actuellement, les bactéries lactiques regroupent onze genres bactériens différents : *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactobacoccus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* et *Bifidobacterium* (**Federighi, 1998**).

**Tableau 1.7 :** Caractéristiques des principaux genres de bactéries lactiques (**Federighi, 2005**).

Genre	Morphologie	Fermentation	Température optimale
<i>Lactobacilles</i>	Bacilles	Homofermentaires ou Hétérofermentaires	Thermophiles ou mésophiles
<i>Carnobacterium</i>	Bacilles	Hétérofermentaire	Psychotropes Peu acidotolérants
<i>Lactococcus</i>	Coques	Homofermentaires	Mésophiles
<i>Streptococcus</i>	Coques	Homofermentaires	Thermophiles
<i>Enterococcus</i>	Coques	Homofermentaires	Mésophiles
<i>Pediococcus</i>	Coques en tétrades	Homofermentaires	Mésophiles, halotolérants
<i>Tetragenococcus</i>	Coques en tétrades	Homofermentaires	Mésophiles, Halophiles
<i>Leuconostoc</i>	Coques	Hétérofermentaires	Mésophiles
<i>Oenococcus</i>	Coques	Hétérofermentaires	Mésophiles
<i>Bifidobacterium</i>	Forme irrégulière	Acide acétique et lactique	Mésophiles
<i>Vagococcus</i>	Coques mobiles	Homofermentaires	Mésophiles

## 6. Résidus d'antibiotiques dans le lait

Les antibiotiques se définissent comme des molécules antibactériennes synthétiques ou naturelles (d'origine biologique) capables d'inhiber la croissance des bactéries ou les détruire (Helali, 1999). Ils ont une toxicité sélective, c.à.d. ils sont toxiques pour les bactéries mais pas pour l'organisme cible (**Merad et Merad, 2001**).

Les sources principales des antibiotiques sont les champignons, mais aussi les bactéries. Il existe également des antibiotiques entièrement synthétiques (**Ziadi, 2010**).

L'utilisation des antibiotiques pourrait amener à une présence anormale des résidus dans les denrées d'origine animale (**Follet, 2007**).

Les résidus d'antibiotiques dans le lait peuvent causer des problèmes à 2 niveaux :

-hygiénique : toxicité des résidus pour le consommateur ;

-technologique : entrave de la transformation industrielle du lait (**Moretain, 2000**).

Les résidus sont définis comme toutes substances pharmacologiquement actives, qu'il s'agisse de principes actifs, d'excipients ou de métabolites ; présents dans les liquides et tissus des animaux après administration des médicaments et susceptibles d'être retrouvés dans les denrées alimentaires produites par ces animaux et de nuire à la santé humaine (**Laurentie et Sanders, 2002**).

### 6.1. Causes de contamination du lait par les résidus d'antibiotiques :

Le traitement des mammites représente la principale cause de contamination du lait par les antibiotiques (**Sraïri et al., 2004**), plusieurs causes peuvent ainsi être incriminées :

#### 6.1.1 Erreurs commises par l'éleveur :

Nombreuses sont les fautes commises par les éleveurs pouvant engendrer la contamination du lait par les résidus d'antibiotiques. Selon Abidi (2004) :

-un mélange accidentel du lait d'une vache traitée avec celui des autres vaches ;

-une traite, par erreur, d'une vache tarie, récemment traitée par des antibiotiques ;

- une désinfection défectueuse de la machine à traire ;
- une non-vérification de l'ancien traitement administré aux vaches en lactation récemment achetées ;
- un mélange accidentel de l'aliment médicamenteux avec la ration des vaches (**Abidi, 2004**).

#### **6.1.2 Mauvaise utilisation du médicament :**

Cela s'articule autour du :

- non-respect de la dose, car l'augmentation de cette dernière est à l'origine de l'allongement de la durée d'élimination du médicament ;
- non-respect de la voie d'administration ;
- l'utilisation d'une préparation destinée à une vache tarie dans le traitement d'une vache en lactation (**Gedilaghine, 2005**).

#### **6.1.3. Non-respect du délai d'attente :**

Le non respect du délai d'attente peut être dû à un :

- défaut de communication entre médecins vétérinaires et éleveurs ;
- acte volontaire de la part de l'éleveur par ignorance des risques réels de ce geste (**Abidi, 2004**).

#### **6.1.4. Contamination par le matériel de traite :**

Cela se produit suite à un défaut de nettoyage après la traite des vaches traitées (**Brouillet, 1994**).

#### **6.1.5. Mauvaise hygiène lors de la traite :**

Le lait peut être contaminé par les souillures fécales contenant des antibiotiques excrétés par voie digestive (**Labie, 1981**).

#### **6.1.6. Adjonction volontaire d'antibiotiques dans le lait :**

Cela se fait après la traite, dans le but d'inhiber le développement de la microflore et d'améliorer la qualité bactériologique du produit (Labie, 1981).

#### **6.2. Problèmes liés à la présence des résidus d'antibiotiques dans le lait :**

La présence des résidus d'antibiotiques dans les denrées alimentaires, et notamment le lait, pose également un problème à l'industrie agroalimentaire pour la fabrication de produits fermentés (Fabre et al., 2002).

Les problèmes liés à la présence des résidus d'antibiotiques sont d'ordre sanitaire et technologique. Il faut toutefois distinguer la notion d'inhibiteurs qui correspond à un problème technologique et la notion de résidus qui correspond à un problème de santé publique (Fabre et al., 2002).

##### **6.2.1. Toxicité directe des résidus d'antibiotiques :**

Les antibiotiques sont des médicaments antibactériens d'origine naturelle, produits à partir des champignons ou des bactéries ou obtenus par synthèse ou semi-synthèse. Ils ont en principe une toxicité sélective, c'est-à-dire qu'ils sont toxiques pour les bactéries mais non pour l'organisme ; ce qui, malheureusement, n'est pas toujours vrai. Comme pour tout médicament actif, les antibiotiques sont susceptibles de provoquer des accidents plus ou moins importants. Il faut cependant signaler que, du fait de leur mode d'administration qui se fait souvent par voie générale, les antibiotiques constituent une classe relativement peu toxique. Ces effets indésirables, même s'ils sont relativement peu fréquents et rarement graves, doivent dans tous les cas faire l'objet d'une déclaration au niveau des centres de pharmacovigilance (Clive et al., 1999).

##### **6.2.2. Risques allergiques :**

Les antibiotiques, particulièrement les dérivés  $\beta$ -lactames et leurs produits de dégradation, sont bien connus pour provoquer des réactions allergiques. Les patients ayant des antécédents d'allergie atopique paraissent particulièrement susceptibles de développer ces réactions. Les sulfamides, le triméthoprim, la nitrofurantoïne et l'érythromycine ont

aussi été associés à des réactions d'hypersensibilité, particulièrement des rashes (**Chambers et Sande, 1998**).

Il est important de savoir que le potentiel allergénique de certains résidus d'antibiotiques n'est pas nécessairement identique à celui de la molécule parentale. Par exemple, pour les pénicillines, le déterminant majeur est le groupement benzylpenicilloyl, qui est à 95 % le produit métabolique majeur des biotransformations de la pénicilline, mais d'autres dérivés peuvent être mis en cause tels les acides pénicilloïque, pénicillénique et pénalmaidique, les pénicillényles ou les pénicillamines. Ce dernier étant classiquement considéré comme responsable du plus grand nombre de chocs anaphylactiques (**Demoly et al., 2000**).

Ces divers composés ne sont immunogènes qu'après fixation covalente sur une protéine, *in vivo* chez l'individu. Ces complexes immunogènes peuvent également exister dans l'organisme de l'animal et peuvent ne pas être dosés en tant que résidus car ils correspondent à des résidus non-extractibles ou résidus liés. En conclusion, on peut dire que le rôle sensibilisant des résidus d'antibiotiques, c'est-à-dire leur allergénicité, ne semble pas représenter un danger pour la santé publique. Par contre, leur rôle déclenchant, c'est-à-dire leur immunogénicité, peut entraîner des accidents chez des individus extrêmement sensibles (**Petrović et al., 2008**).

Cependant, les cas certains d'allergie, directement liés à la présence des résidus d'antibiotiques dans des denrées d'origine animale, sont extrêmement rares (**Stoltz, 2008**).

### **6.2.3. Risques cancérigènes :**

Certains antibiotiques ont des propriétés carcinogènes connues. Les résidus de ces antibiotiques peuvent avoir un effet carcinogène sur le long terme (**Petrović et al., 2008**).

Ces antibiotiques sont alors interdits d'utilisation chez les animaux de production : c'est le cas des nitrofuranes et des nitroimidazoles (**Stoltz, 2008**).

#### **6.2.4. Risques liés à la modification de la flore digestive par les résidus d'antibiotiques :**

Dans le tube digestif, vivent en effet des milliards de bactéries saprophytes et commensales (surtout des bactéries anaérobies : bactéroïdes, *Fusobacterium*) (Person, 1984).

La consommation de produits contenant des résidus d'antibiotiques (cyclines, sulfamides) perturbe cette flore intestinale (Moulin, 2007). En modifiant sa composition par inhibition sélective, ils dévastent la flore normale et laissent place à des bactéries pathogènes ou opportunistes tels que les entérobactéries, les *Pseudomonas*, les entérocoques, les staphylocoques et les levures (Stoltz, 2008).

Ce déficit immunitaire peut conduire à certains problèmes sanitaires tels qu'une atteinte du système nerveux, des os, des dents (coloration des dents en jaune), du foie, du sang (Broutin et al., 2005), ainsi que l'apparition de bactéries mutantes résistantes aux antibiotiques, engendrant des échecs thérapeutiques (Stolker et al., 2008).

#### **6.2.5. Risques de développement et dissémination de résistance bactérienne aux antibiotiques :**

Le risque lié à l'apparition d'antibiorésistance reste préoccupant. En effet, l'utilisation d'antibiotiques en médecine humaine et en médecine vétérinaire conduit inmanquablement à la sélection de bactéries résistantes (Schwarz et Chaslus-Dancla, 2001).

Le risque d'antibiorésistance consécutif à un usage massif d'antibiotiques en élevage est donc bien réel. La dynamique de la résistance est avant tout en fonction des antibiotiques utilisés mais elle dépend aussi d'autres facteurs parmi lesquels une prédisposition génétique, un échange de gènes de résistance et leur fonctionnalité chez différentes bactéries hôtes et une pression de sélection. Le transfert de la résistance acquise au niveau de l'agriculture vers l'homme a cependant pu être établi (Rhodes et al., 2000).

#### **6.2.6. Problèmes liés à la transformation du lait :**

L'industrie de transformation laitière s'est sensibilisée à la présence des résidus d'antibiotiques dès l'utilisation de ces molécules en élevage laitier. Ainsi, dès le début des

années cinquante, des études ont montré l'importance de la sensibilité des starters industriels à la présence de résidus inhibiteurs (**Petrović et al., 2008**).

La présence des résidus d'antibiotiques dans le lait présente des conséquences néfastes pour la technologie laitière de fabrication de produits fermentés. Ces conséquences néfastes résultent essentiellement de l'inhibition partielle ou totale des phénomènes de fermentation bactérienne nécessaires à la fabrication de nombreux produits laitiers. Les fabrications les plus sensibles sont celles où interviennent les ferments lactiques et les germes d'aromatisation : yaourt, fromages à caillage acide et à caillage mixte, crème et beurres maturés. En effet, même une faible quantité d'antibiotique suffit en général à inhiber ces ferments (**Stoltz, 2008**).

Les différents ferments ne sont pas sensibles de la même manière aux différents résidus d'antibiotiques présents dans le lait. Les laits contaminés par la pénicilline posent de sérieux problèmes en laiterie. Dès 0,01 partie par million (ppm), la production d'arômes cesse. A 0,05 ppm, la fermentation lactique est ralentie de façon significative et de 0,1 à 0,2 ppm, l'acidification est arrêtée (**Mourot et Loussouarn, 1981**).

Ainsi, une très petite quantité des résidus d'antibiotiques peut perturber les techniques de transformation du lait (**Petrović et al., 2008**).

# Partie expérimentale

## 1. Objectif :

La qualité du lait et ses dérivés est en relation étroite avec ses paramètres physico-chimiques et microbiologiques, donc, le non-respect de l'un de ces derniers conduit à l'altération de la composition et la qualité organoleptique du lait. Pour cela, notre travail a pour but le suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du lait pasteurisé conditionné et du fromage (camembert) fabriqués au sein de la laiterie la « vallée » (Tazmalt), ainsi de leurs matières premières.

## 2. Présentation du lieu de stage :

La laiterie de la « vallée » est une société à grand intérêt public. Elle se situe dans la commune de TAZMALT à 80 km du chef-lieu de la wilaya de Bejaia. Elle est bordée par les communes : Benimlikeche au nord, Boujdelil au sud, Akbou à l'est et Chorfa à l'ouest.

Elle s'étale sur une surface totale 2000 m<sup>2</sup>, y compris les garages de stockage aménagés, les laboratoires d'analyses et les services d'administration.

C'est une société qui a vu le jour en 1998 par les frères ZEGGANE, et dont la responsabilité est limitée (S.A.R.L). Elle est spécialisée dans la production du lait pasteurisé et du camembert. L'installation de tous ses équipements a été faite au début de l'année 2000. La production a été lancée une année plus tard. En se lançant dans l'industrie crémière en 2005, la société est devenue en pleine extension.

La période du stage s'étend du 11/11/2018 au 29/11/2018.

### 3. Matériel :

Le matériel utilisé dans cette étude est classé en deux :

-Matériel biologique : lait et fromage.

-Matériel non biologique : l'ensemble des réactifs, verreries, produits chimiques, appareillage (annexes).

### 4. Méthodes :

#### 4.1 Matière première :

##### 4.1.1 Eau de procès :

**Analyses physico-chimiques :**

**Mesure du pH :**

C'est la mesure des ions  $H^+$  dans l'eau de procès. On met 50 ml de l'eau dans un bécher, puis y plonger l'électrode du pH-mètre, la valeur du pH sera lue quelques minutes sur l'appareil. L'électrode doit être rincée à l'eau distillée avant de l'introduire (**6.5-8.5 selon J.O.R.A, 1998**)



**Figure 2.1** : pH-mètre.

**Détermination de la conductivité :**

Le but de cette étape est l'estimation de la concentration des ions dans l'eau. Le mode opératoire est le même que celui de la mesure du pH, en utilisant un conductimètre.



**Figure 2.2 :** Conductimètre.

### **Titre hydrométrique (dureté) :**

Cette étape sert à mesurer la quantité des ions  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$ .

On commence par remplir une fiole de 25 ml en eau jusqu'au tri rouge puis verser cette eau dans l'erlenmeyer, ajouter 2 ml du tampon ammoniacal à pH 10, ajouter une pincée de l'indicateur coloré le noir ériochromeT (indicateur NET), puis mettre sous une burette de 50 ml et faire un titrage avec l'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) (0,02 N) jusqu'au changement de couleur vers le bleu, enfin lire le nombre de graduation sur la burette, ce chiffre sera multiplié par 4 pour obtenir le résultat en degré français F°. (**44 °F selon J.O.R.A, 1998**).

Une fois analysée, l'eau sera destinée vers des tanks de mélange là où aura lieu le mélange de l'eau et de la poudre du lait.

#### **4.1.2 Lait en poudre :**

##### **4.1.2.1. Analyse organoleptique :**

Goût : caractéristique.

Saveur : bonne.

Odeur : rien à signaler.

Couleur : blanchâtre.

#### 4.1.2.2. Analyses physico-chimiques :

##### Masse volumique (MV) ou Densité :

Elle est déterminée par un lactodensimètre qui consiste à remplir une éprouvette en lait et la tenir d'une manière inclinée afin d'éviter la formation d'une mousse ou des bulles d'air ; mettre le lactodensimètre dedans et laisser déborder le lait pour se débarrasser des traces de mousse qui gêne la lecture, puis lire la valeur indiquée sur le lactodensimètre «  $MV_R$  » (1030-1034 selon selon J.O.R.A, 1998).

Si le lait est à une température de 20 °C, on lit directement la valeur de MV sur le lactodensimètre (g /ml).

Si la température lue sur le lactodensimètre est autre que 20 °C, on calcule la MV par les formules suivantes :

Si la  $T^\circ$  du lait est inférieure à 20 °C,  $MV = 0,0002 \times (20 - T_2) - MV_R$  ;

Si la  $T^\circ$  du lait est supérieure à 20 °C,  $MV = 0,0002 \times (20 + T_2) + MV_R$ .

$T_2$  : température lue sur le lactodensimètre.

$MV_R$  : masse volumique lue sur le lactodensimètre.

**0,0002** : constante.



**Figure 2.3** : Lactodensimètre.

### **Dosage de la matière grasse (MG) :**

A l'aide d'une pipette, introduire 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre puis ajouter 11 ml du lait. L'acide sulfurique provoque la dissolution des protéines. Procéder ensuite à la séparation de la matière grasse du lait par l'addition de 1 ml d'alcool isoamylique. Bien fermer le butyromètre avec son bouchon, le mettre dans une centrifugeuse avec un butyromètre témoin vide pour réaliser un équilibre au sein de la centrifugeuse et laisser centrifuger pendant 5 minutes. Enfin, lire directement sur le butyromètre la valeur de la matière grasse (g/l) (34-40 selon J.O.R.A, 1998).



**Figure 2.4 :** Butyromètre.

### **Acidité :**

Mettre 10 g du lait dans un récipient, ajouter 3 gouttes de l'indicateur coloré (phénolphaléine), puis titrer sous une burette contenant d'une solution de soude NaOH à N/9 jusqu'au changement de couleur au rose pâle. Lire le chiffre qui correspond à la chute de la burette et le multiplier par 10 pour avoir la valeur de l'acidité qui est exprimée en degré Dornic (°D) (14-18 selon J.O.R.A, 1998).



**Figure 2.5 :** Burette.

### Mesure du pH :

C'est la mesure des ions  $H^+$  dans l'eau de procès. On met 50 ml de l'eau dans un bécher, puis y plonger l'électrode du pH-mètre, la valeur du pH sera lue quelques minutes sur l'appareil. L'électrode doit être rincée à l'eau distillée avant de l'introduire (**6.5-8.5 selon J.O.R.A, 1998**).

### Humidité :

Pour déterminer l'humidité, calculer l'EST. Pour ce faire, peser la capsule (T) dans la balance analytique. Puis Peser 2 à 3 g de la poudre sur la capsule et peser encore (E) et mettre la capsule contenant de l'échantillon dans l'étuve à 100 °C pendant 3 heures. Après étuvage, mettre la capsule dans un dessiccateur pendant quelques minutes. Laisser se refroidir, ensuite peser la capsule ( $E_1$ ). La valeur de l'EST est obtenue par la formule :  $(E_1 - T/E) \times 100$ .

L'humidité est égale à **100 – EST**.



**Figure 2.6 :** Balance analytique.

### 4.1.2.3. Analyses microbiologiques :

#### Préparation de la dilution mère :

A l'arrivée, la poudre du lait est contrôlée au niveau du port, puis elle est distribuée au niveau de l'unité agro-alimentaire.

Au niveau de la laiterie, le sac de la poudre du lait est ouvert dans des conditions stériles pour préparer les échantillons destinés aux analyses microbiologiques, on y prélève une quantité de 10g de poudre et on la met dans 90 ml de diluant (eau physiologique). C'est

la DM (dilution « mère »)  $10^{-1}$ . La DM est homogénéisée puis revivifiée à 40 °C pendant 5 à 10 minutes.

### **Recherche et dénombrement des coliformes totaux :**

Mettre dans 3 tubes à cloche de Durham 100 ml de milieu BLBVB (bouillon lactosé bilié au vert brillant 2 %) D/C (double concentré) et 10 ml de la DM.

Mettre dans 3 tubes à cloche de Durham 10ml de milieu BLBVB D/C (double concentré) et 10 ml de la DM.

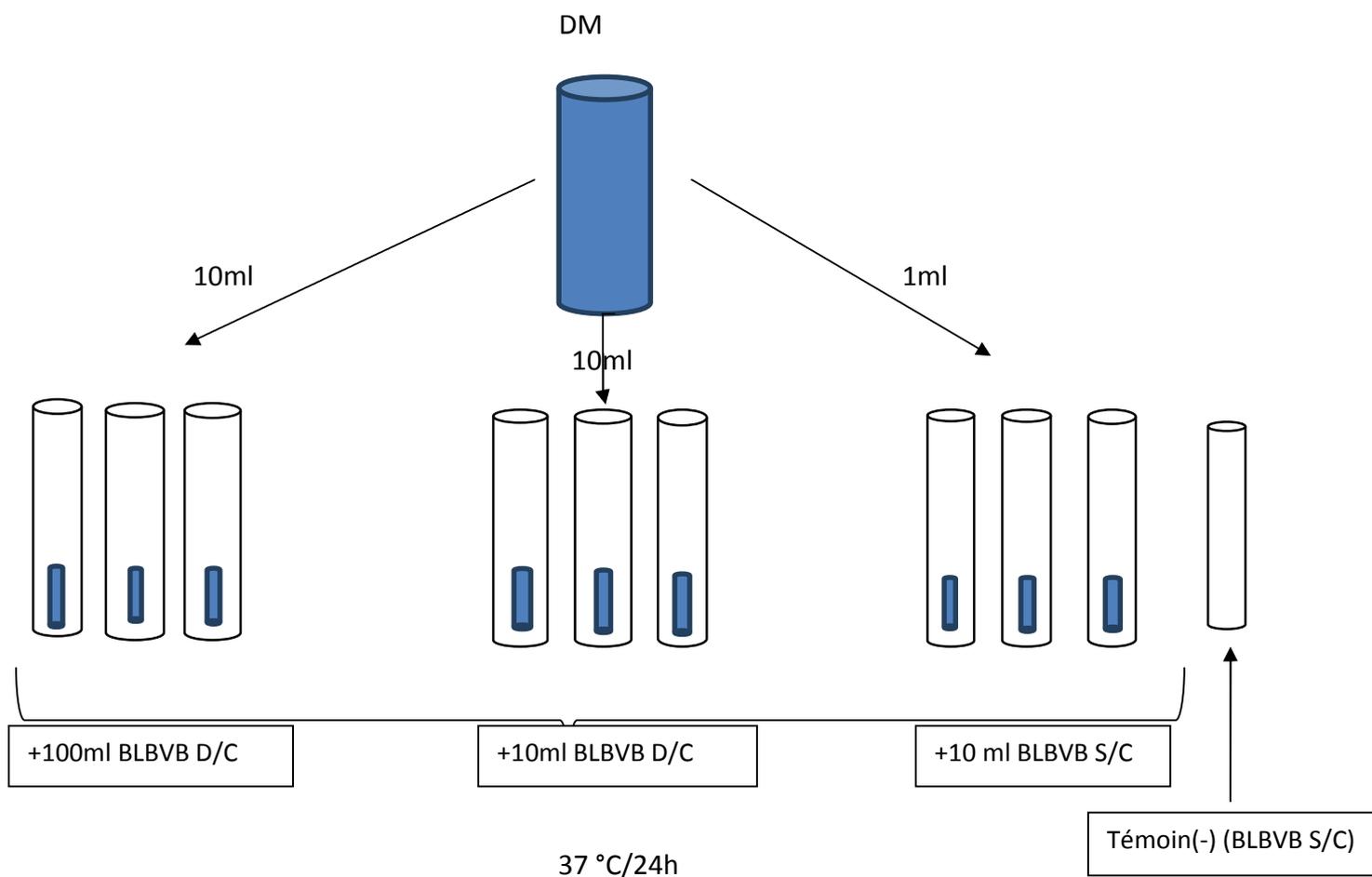
Mettre dans 3 tubes à cloche de Durham 10ml de milieu BLBVB S/C (simple concentré) et 1ml de la DM.

Incuber les cultures à 37 °C pendant 24 heures.

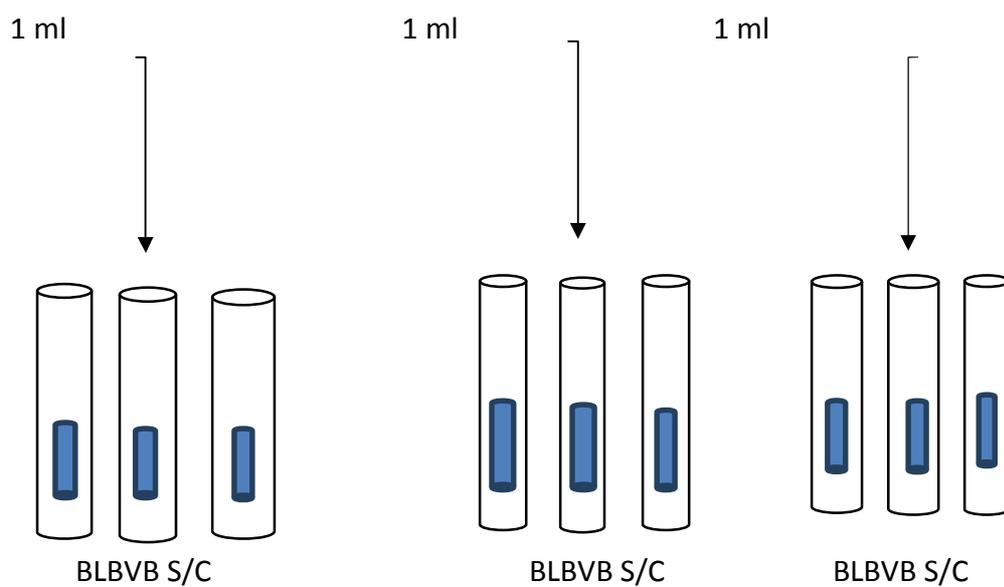
Après 24 heures, repiquer 1 ml de toutes les cultures dans des tubes à essai avec Cloche de Durham contenant le milieu BLBVB S/C et incuber à 37 °C pendant 24 heures.

Observer les 9 tubes (présence ou non d'un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune) et les cloches (présence ou non de bulles de gaz).

Lire le chiffre sur la table de Mac Grady, c'est la technique du NPP (nombre le plus probable).



Après les 24h on fait repiquage sur S/C.



**Figure 2.7 :** Recherche et dénombrement des coliformes totaux dans le lait en poudre.

## Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) :

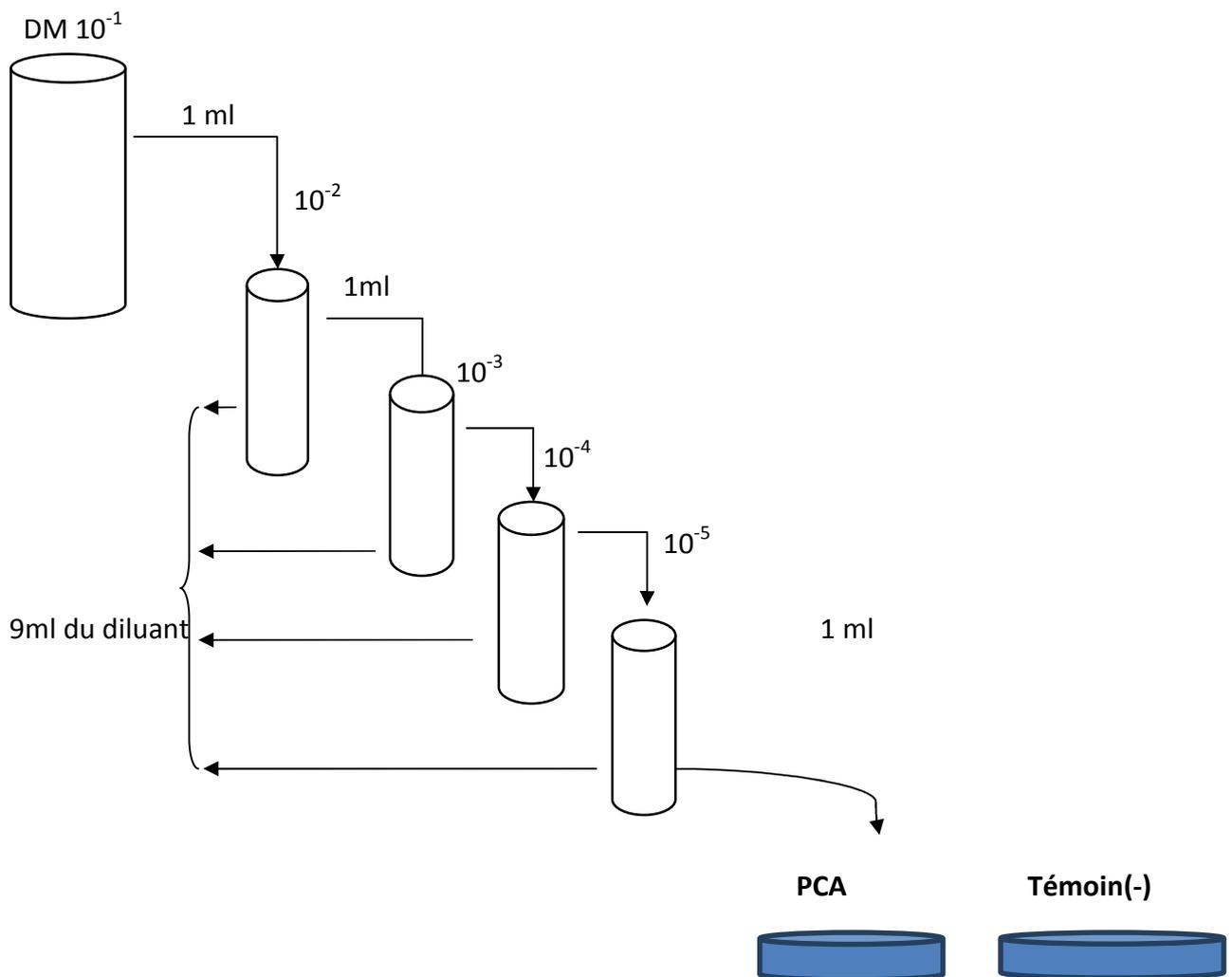
Mettre 1 ml de la DM dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique pour avoir une dilution de  $10^{-2}$ , et ainsi de suite jusqu'à atteindre une dilution de  $10^{-5}$ .

Ensemencer en masse la dilution  $10^{-5}$  dans des boîtes de Petri identifiées contenant la gélose PCA (Plat Counter Agar).

Incuber à  $30\text{ °C}$  pendant 24 à 72 heures avec un « témoin » négatif.

Les GAMT donnent des colonies blanches.

Le nombre de GAMT est le nombre de colonies multiplié par l'inverse de dilution, c.à.d. par  $10^5$  ( **$10^5$  selon J.O.R.A, 1998**).



**Figure 2.8 :** Recherche et dénombrement des GAMT dans le lait en poudre.

## Recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs :

Mettre 20ml de la DM dans 4 tubes à essai.

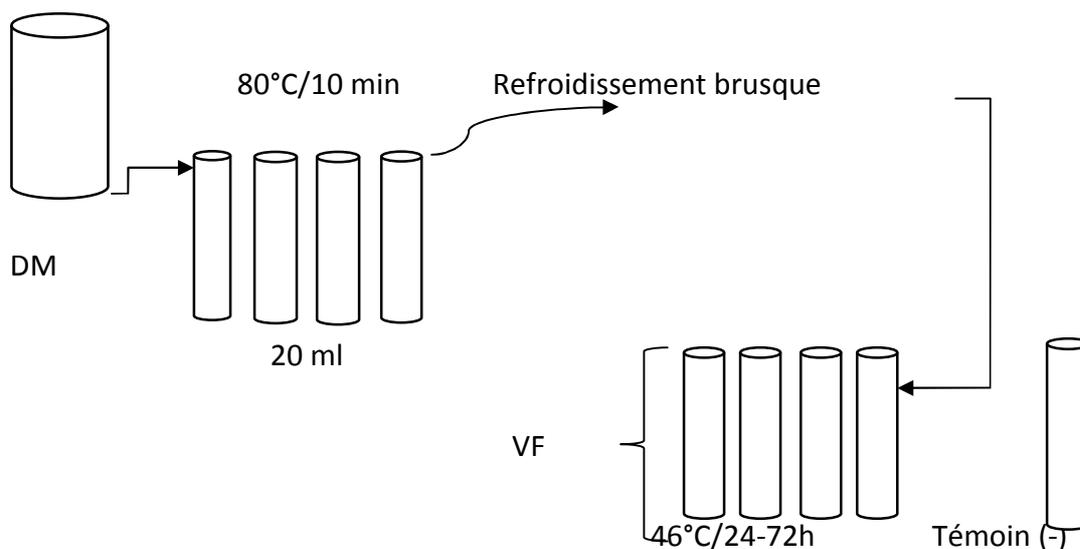
Inciter la forme sporulée des clostridies à germer en forme végétative en les soumettant à un choc thermique : un chauffage à 80°C pendant 10 minutes suivi d'un refroidissement brusque.

Ajouter aux échantillons la gélose viande-foie(VF) préparée en ajoutant 2 additifs : alun de fer et sulfite de sodium.

Incuber à 46 °C pendant 24 à 72 heures avec un « témoin » négatif.

Les clostridies donnent des colonies nettement noires.

Le lait en poudre doit être exempt de clostridies (**50 selon J.O.R.A, 1998**).



**Figure 2.9 :** Recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs dans le lait en poudre.

### 4.1.3. Lait préparé :

#### 4.1.3.1. Analyses physico-chimiques :

Une fois le lait est préparé, et avant pasteurisation, il subit un ensemble de tests physico-chimiques :

### **Masse volumique :**

Elle est déterminée par la méthode du lactodensimètre qui consiste à remplir une éprouvette en lait et la tenir d'une manière inclinée afin d'éviter la formation d'une mousse ou des bulles d'air ; mettre le lactodensimètre dedans et laisser déborder le lait pour se débarrasser des traces de mousse qui gêne la lecture, puis lire la valeur indiquée sur le lactodensimètre «  $MV_R$  ».

Si le lait est à une température de 20 °C, on lit directement la valeur de MV sur le lactodensimètre (g /ml).

Si la température lue sur le lactodensimètre est autre que 20 °C, on calcule la MV par les formules suivantes :

Si la  $T^\circ$  du lait est inférieure à 20 °C,  $MV = 0,0002 \times (20 - T_2) - MV_R$  ;

Si la  $T^\circ$  du lait est supérieure à 20 °C,  $MV = 0,0002 \times (20 + T_2) + MV_R$ .

$T_2$  : température lue sur le lactodensimètre.

$MV_R$  : masse volumique lue sur le lactodensimètre.

**0,0002** : constante.

### **Test d'ébullition :**

Un lait qui n'est pas frais présente une structure de caséines instable et un simple traitement thermique permet d'en préciser. Verser 20 ml du lait dans un bécher et le faire bouillir dans un four à micro-ondes. Si le lait est normalement frais, on voit un liquide homogène, alors que les laits acidifiés se coagulent par ébullition.

### **Dosage de la matière grasse :**

A l'aide d'une pipette, introduire 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre puis ajouter 11 ml du lait. L'acide sulfurique provoque la dissolution des protéines. Procéder ensuite à la séparation de la matière grasse du lait par l'addition de 1 ml d'alcool isoamylique. Bien fermer le butyromètre avec son bouchon, le mettre dans une

centrifugeuse avec un butyromètre témoin vide pour réaliser un équilibre au sein de la centrifugeuse et laisser centrifuger pendant 5 minutes. Enfin, lire directement sur le butyromètre la valeur de la matière grasse (g/l).

#### **Acidité :**

Mettre 10 g du lait dans un récipient, ajouter 3 gouttes de l'indicateur coloré phénolphtaléine, puis titrer sous une burette contenant d'une solution de soude NaOH à N/9 jusqu'au changement de couleur au rose pâle. Lire le chiffre qui correspond à la chute de la burette et le multiplier par 10 pour avoir la valeur de l'acidité qui est exprimée en degré Dornic (°D).

#### **Mesure du pH :**

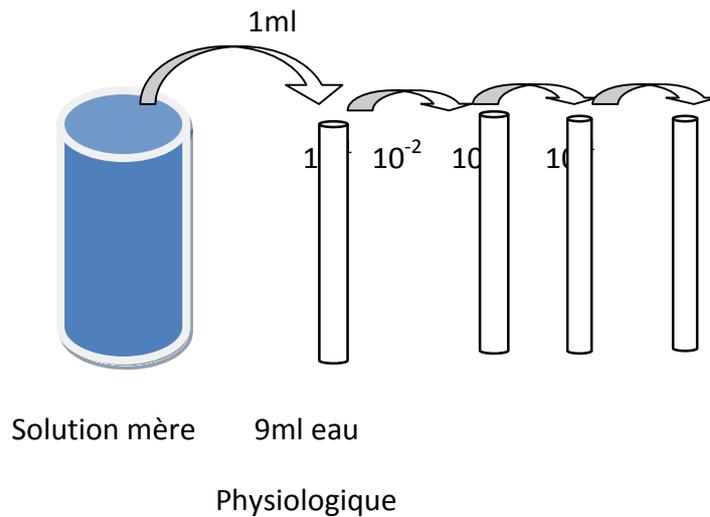
C'est la mesure des ions H<sup>+</sup> dans l'eau de procès. On met 50 ml de l'eau dans un bécher, puis y plonger l'électrode du pH-mètre, la valeur du pH sera lue quelques minutes sur l'appareil. L'électrode doit être rincée à l'eau distillée avant de l'introduire.

#### **6.4.1.3.2. Analyses microbiologiques :**

Après la pasteurisation et le conditionnement du lait, on procède aux analyses microbiologiques suivantes :

#### **Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux :**

Le prélèvement consiste à prendre 1ml du lait d'un seul sachet appartenant à un lot préparé. Mettre cette quantité, qui constitue la solution « mère » SM non encore diluée, dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique pour avoir une dilution de 10<sup>-1</sup>, et ainsi de suite jusqu'à atteindre une dilution de 10<sup>-4</sup>.



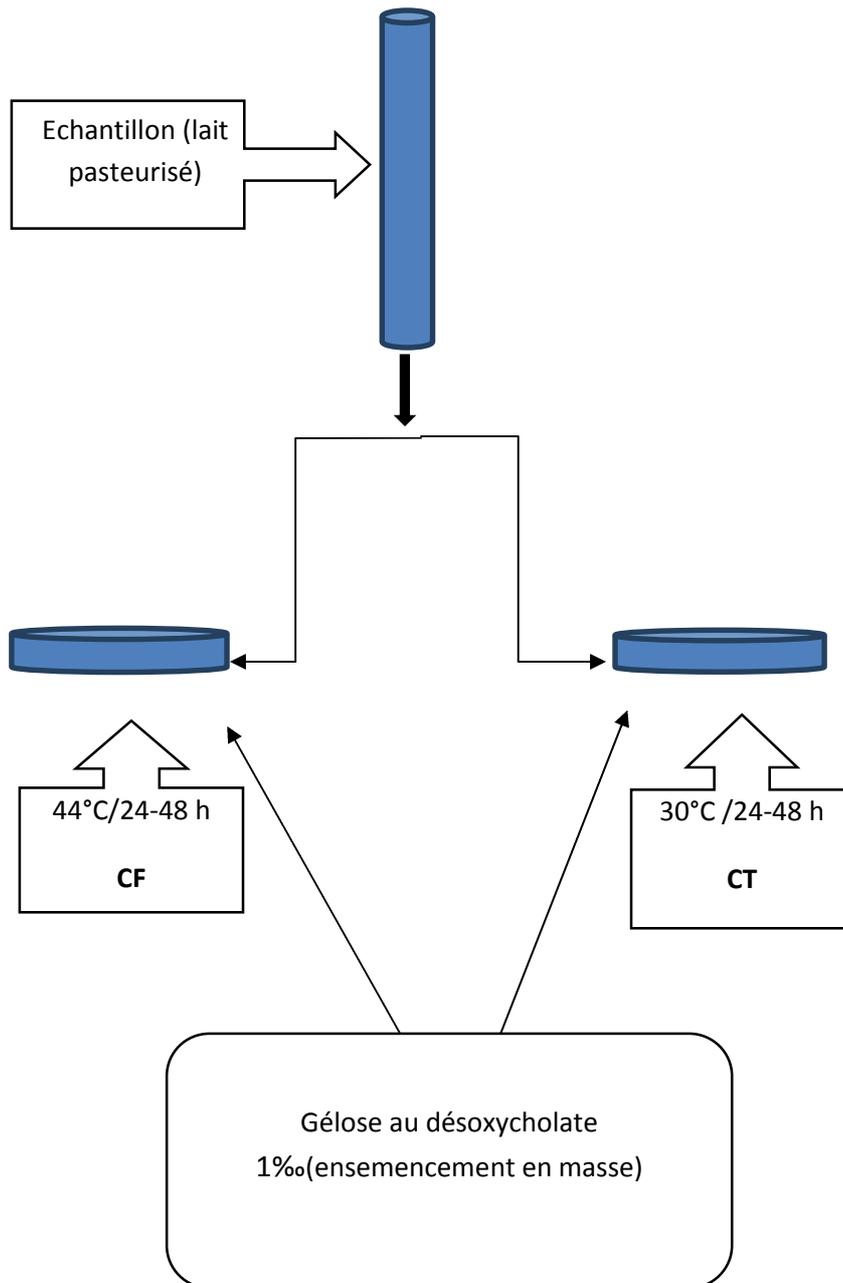
**Figure 2.10 :** Préparation des dilutions du lait pasteurisé conditionné.

L'ensemencement à partir de la dilution  $10^{-4}$  est effectué en masse dans des boîtes de Petri identifiées contenant la gélose au désoxycholate à 1 ‰.

L'incubation se fait à 30°C pour les coliformes totaux et à 44 °C pour les coliformes fécaux, pendant 24 à 48 heures.

Les colonies des coliformes fécaux et totaux apparaissent roses.

Le nombre de germes est le nombre de colonies poussées, multiplié par l'inverse de dilution, soit  $10^4$  ( **$10^3$  selon J.O.R.A, 1998**).



**Figure 2.11 :** Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux dans du lait pasteurisé conditionné.

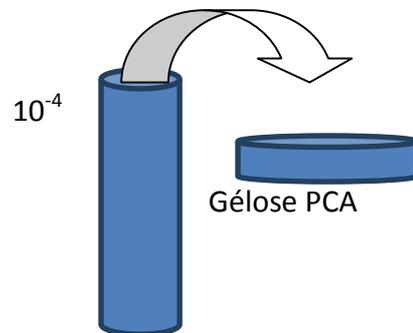
**Recherche et dénombrement des GAMT :**

La dilution  $10^{-4}$  est ensemencée en masse sur milieu PCA.

L'incubation est faite à 30 °C pendant 24 à 72 heures.

Les colonies à dénombrer sont des colonies blanchâtres.

Le nombre final des GAMT est le nombre de colonies comptées, multiplié par l'inverse de la dilutionensemencée ( $10^4$ ).



**Figure 2.12 :** Recherche et dénombrement des GAMT dans le lait pasteurisé conditionné.

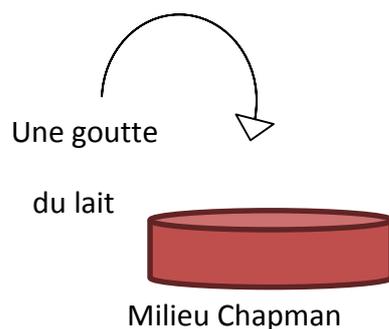
#### Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* :

A l'aide d'une anse de platine, prendre une goutte du lait et la déposer sur une boîte de Petri contenant la gélose Chapman et faire un ensemencement en surface par des stries.

Mettre dans l'étuve et laisser incuber pendant 24 à 48 heures à 37°C.

Un résultat positif se traduit par le développement des colonies dorées avec un anneau jaunâtre.

Il faut que le lait ne contienne pas plus d'une seule *S. aureus* pour qu'il soit conforme à la consommation (**absence selon J.O.R.A, 1998**).



**Figure 2.13 :** Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* dans le lait pasteurisé conditionné.

## **6.4.2. Fromage (Camembert) :**

### **6.4.2.1. Matière première (lait) :**

Le lait de vache est livré à la laiterie matin et soir. Il est transporté dans des camions à citernes isothermes depuis les centres de collecte jusqu'à son arrivée à la laiterie, et ce afin de maintenir la qualité du lait lors du transport.

Au moment de l'arrivage du lait, on effectue un échantillon à partir de la citerne dans un bécher en plastique de 500 ml.

L'échantillon subira des analyses physico-chimiques et un test de recherche des résidus d'antibiotiques.

Le lait cru serait rejeté si l'un des paramètres testés ne répond pas aux normes.

#### **6.4.2.1.1. Analyses physico-chimiques :**

Les paramètres suivants sont mesurés en utilisant les mêmes méthodes précédemment décrites à savoir: acidité, pH, matière grasse, masse volumique, et test d'ébullition.

D'autres analyses physicochimiques ont été contrôlées à savoir :

#### **Test d'amidon :**

Ajouter 3 gouttes d'iode au lait, attendre quelques secondes puis faire la lecture :

S'il y a un changement de couleur du lait vers le bleu, cela signifie la présence d'amidon ;

-S'il y a pas de changement de couleur, il y a donc absence d'amidon et le lait s'agit de lait de vache 100 %.

#### **Détermination de l'extrait sec total (EST) :**

L'EST est la masse de la matière résiduelle après évaporation de l'eau.

Prendre la masse d'une capsule en verre (T) dans la balance analytique. Mettre 10 à 11 ml du lait dans la capsule et mesurer dans la balance (E). Mettre la capsule avec l'échantillon dans l'étuve à 50 °C pendant 24 heures. Ensuite mettre la capsule dans un

dessiccateur pendant quelques minutes et laisser se refroidir. Mesurer la capsule ( $E_1$ ) et calculer la formule  $E_1 - (T/E)$  pour avoir l'EST (125-130 g/l selon J.O.R.A, 1998).

#### **Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD) :**

C'est le résultat du calcul de la formule suivante **EST – MG**.

(90-95 g/l selon J.O.R.A, 1998).

#### **Recherche des résidus d'antibiotiques :**

Préparer un milieu de culture, conçu pour ce test, en le mettant dans un appareil appelé **Beta Star (Combo)** à 47,5 °C pendant deux minutes. Avec une micropipette, 200 µl du lait sont prélevés et ajoutés au milieu de culture. Laisser le mélange chauffer pendant trois minutes et y mettre une bandelette conçue pour ce test, laisser agir pendant quelques minutes. Faire la lecture sur la bandelette comme suit :

Apparition de trois tris, ça renseigne sur l'absence des résidus d'antibiotiques ;

Apparition de deux tris, cela signifie la présence des résidus d'antibiotiques.

Le lait retenu est récupéré dans un quai où se trouve une installation qui contient des pompes et un compteur pour déterminer la quantité du lait réceptionnée. Cette installation contient deux filtres afin d'éliminer les impuretés qui peuvent se mêler au lait lors de la traite.

Par la suite, le lait est mis dans un dégazeur pour éliminer certains gaz et les odeurs qui risquent d'affecter le goût et l'odeur du lait.

Le lait subit un refroidissement jusqu'à 1°C puis est stocké dans des tanks isothermes pour éviter l'évolution de l'acidité.

Le lait est ensuite pasteurisé, il est chauffé à une température de 84°C puis mis à une température de 4 à 6°C et est enfin stocké dans des tanks pendant 16 heures.

Le lait pasteurisé subit subséquemment des analyses microbiologiques.

#### **6.4.2.1.2. Analyses microbiologiques :**

Prendre un échantillon du tank et le mettre dans un tube à essai. Avant toute manipulation, Il faut bien désinfecter les mains avec un désinfectant à base d'alcool et le robinet avec de l'eau de Javel.

Les analyses microbiologiques suivantes sont réalisées en mettant en œuvre les mêmes méthodes déjà expliquées :

**Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux ;**

**Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* ;**

**Recherche et dénombrement des GAMT.**

#### **6.4.2.2. Produit fini (Camembert) :**

##### **6.4.2.2.1. Etapes de fabrication du camembert :**

Le lait pasteurisé est destiné à la fabrication du camembert qui passe par les étapes suivantes :

**Maturation** : on met le lait dans un tank de maturation de 3000 litres où on ajoute des ferments (d'acidification et d'affinage) pour augmenter l'acidité jusqu'à 20°D à une température de 37°C.

**Coagulation** : la coagulation se traduit par la transformation du lait de sa forme liquide à un gel «caillé» à la suite de la modification physico-chimique des micelles de caséine. Ces micelles vont se solidifier et se souder entre elles pour former un gel compact emprisonnant le sérum, et cela par l'ajout de présures (coagulation enzymatique) dans des cuves de caillage.

**Tranchage** : se fait dans le but d'accélérer la séparation du lactosérum par le découpage, il se fait verticalement et horizontalement.

**Brassage** : cette étape a pour but de créer des ouvertures dans la pâte, cela par le mélange des grains de caséines avec le lactosérum obtenu lors du tranchage.

**Pré-égouttage** : c'est la préparation à l'égouttage en favorisant la séparation du caillé et du lactosérum, avec un tuyau d'extraction du lactosérum de la cuve.

**Moulage** : c'est la descente du caillé des cuves dans les différents moules et laisser égoutter, et donc éliminer, le lactosérum.

**Egouttage** : c'est la rétraction et le durcissement de la pâte, il se fait à 26 °C.

**Retournement** : consiste à basculer le moule afin de favoriser l'égouttage.

**Démoulage** : cette étape consiste à retirer le fromage des moules.

**Salage** : mettre le fromage dans des baquets contenant de l'eau et du sel là où il y aura le phénomène d'osmose qui améliore l'égouttage et le développement de la flore d'affinage et améliore la saveur de la pâte.

**Ressuyage** : dans cette étape le fromage est destiné dans des hâloirs à 18 °C au séchage pendant environ 2 à 3 jours.

**Affinage** : c'est la dernière étape de fabrication du fromage, ça se fait dans des hâloirs à une température de 15°C là où il y aura formation de la croûte de surface de pénicillium.

**Conditionnement** : après l'affinage, les fromages sont destinés au conditionnement dans des emballages résistants à l'humidité et le suremballage doit être en carton.

Ce fromage à pâte molle subit des analyses physico-chimiques et microbiologiques avant le conditionnement :

#### **6.4.2.2.2. Analyses physico-chimiques :**

Préparer l'échantillon sur lequel on fera les analyses : couper avec une spatule et éliminer tout le pénicillium et bien broyer le fromage avec un mortier.

#### **Détermination de la matière grasse :**

La détermination de la matière grasse est basée sur la séparation des composants du lait, elle se fait par l'ajout de l'acide sulfurique (pour la dissolution des protéines) et l'alcool isoamylique (pour la dissolution des protéines), puis on passe à la centrifugation.

Dans la cloche du butyromètre qui est déjà taré, introduire 3 g du produit. Placer la cloche dans le butyromètre puis verser l'acide sulfurique jusqu'à l'émersion de l'échantillon. Placer le butyromètre par la suite dans un bain marie à 80 °C jusqu'à l'obtention d'une solution homogène, puis introduire à nouveau l'acide sulfurique et 1 ml d'alcool isoamylique. Mettre dans la centrifugeuse pendant 5 minutes, ce qui est à l'origine de la séparation de la matière grasse en couche claire. La lecture de la valeur de la MG est faite directement sur le butyromètre (g/l).

#### **Détermination de l'acidité :**

Prendre quelques grammes de l'échantillon et mesurer de 1,5 à 2,5 g. Mettre la quantité mesurée dans un bécher et la diluer avec de l'eau distillée, mélanger jusqu'à homogénéisation. Ajouter quelques gouttes de phénolphaléine. Titrer sous une burette avec de la soude (NaOH à N/9) jusqu'à obtention d'une couleur rose pâle. Faire la lecture sur la burette.

Lire le chiffre qui correspond à la chute de la burette et le diviser par la masse du camembert, le résultat multiplié par 100 constitue la valeur de l'acidité exprimée en degré Dornic (°D).

#### **Détermination de l'EST :**

Peser la capsule d'aluminium (T) dans la balance analytique. Étaler 1,5 à 2 g de l'échantillon sur la capsule et peser encore (E). Mettre la capsule contenant de l'échantillon dans l'étuve à 50 °C pendant 24 heures. Après l'incubation, mettre la capsule dans un dessiccateur pendant quelques minutes et laisser se refroidir. Puis peser la capsule (E<sub>1</sub>). La valeur de l'EST est obtenue par la formule :  $(E_1 - T/E) \times 100$ .

**E<sub>1</sub>** : poids après l'étuvage

**T** : poids de la capsule

**E** : poids avant l'étuvage

### **Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD) :**

L'extrait sec dégraissé est calculé selon la formule suivante :

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}.$$

EST : extrait sec total

MG : matière grasse

### **Détermination du pH :**

Couper le camembert en deux parties.

Introduire l'électrode du pH-mètre dans le camembert après l'avoir rincée à l'eau distillée. Lire la valeur du pH, qui doit être entre 6,5 à 6,7, directement sur le pH-mètre.

### **6.4.2.2.3. Analyses microbiologiques :**

Peser un échantillon de 10 g à partir de 5 unités de fromage appartenant à un lot fabriqué, et le mélanger avec 90ml de l'eau physiologique pour obtenir une DM  $10^{-1}$ , réalisé ensuite une dilution de  $10^{-2}$ .

### **Recherche et dénombrement des coliformes fécaux :**

Avec une pipette Pasteur,ensemencer en masse 1 ml de la dilution  $10^{-2}$ , le mettre dans une boîte de Petri et ajouter une quantité de la gélose au désoxycholate à 1‰et faire des mouvements circulaires pour l'homogénéisation du mélange.

Laisser le mélange se solidifier et mettre la boîte à l'incubation à 44 °C pendant 24 heures.

Des colonies roses sont considérées comme coliformes fécaux.

### **Recherche et dénombrement des coliformes totaux :**

Avec une pipette Pasteur,ensemencer en masse 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  et le verser dans une boîte de Petri, puis jouter la gélose au désoxycholate à 1 ‰.

Incuber la boîte à une température de 30 °C pendant 24 heures.

Un résultat positif se traduit par la poussée de colonies roses.

**Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* :**

Prendre 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  avec l'anse de platine et l'ensemencer en surface sur le milieu Chapman.

Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Un résultat positif se traduit par le développement de colonies dorées.

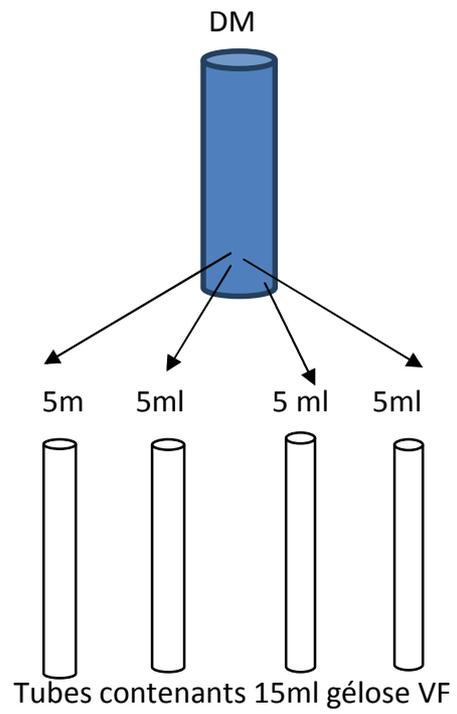
**Recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs :**

Verser 5 ml de DM dans 4 tubes à essai, réaliser un choc thermique, et ajouter 15 ml de la gélose VF déjà préparée.

Incuber à 46°C pendant 24 à 72 heures.

Un résultat positif se traduit par l'apparition de colonies noires.

Il faut que le fromage ne contienne pas plus d'une seule clostridie pour qu'il soit conforme à la consommation.



**Figure 2.14 :** Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfite-réducteurs dans le Camembert.

# CONCLUSION

A travers cette étude qui s'est portée sur les méthodes et les protocoles suivis au niveau de la laiterie « la vallée» pour la fabrication du camembert et le lait en poudre destiné à la fabrication du lait préparé, on a pu évaluer l'efficacité de ces protocoles pour les différents paramètres analysés, à savoir physicochimiques et microbiologiques.

La qualité microbiologique permet de mettre en évidence la capacité de pasteurisation et les mesures hygiéniques du matériel utilisé, des locaux d'élevages et des conditions de la traite, ainsi que sur la salubrité des produits destinés à la consommation. En outre, l'analyse physicochimique permet de contrôler les paramètres organoleptiques et l'apport nutritionnel des produits fabriqués (acidité, MG, pH, test d'amidon, MV, EST, ESD).

D'après le contrôle des protocoles fait au sein de la laiterie la vallée, les méthodes appliquées par cette dernière sont compatibles à celles cités par les revues bibliographiques.

Afin d'améliorer la qualité du lait, il serait souhaitable d'améliorer :

- L'hygiène des locaux et l'alimentation des animaux ;
- Les conditions de la traite ;
- Le respect des conditions de collecte (temps, température, transport, hygiène de citerne de collecte) ;
- Le respect du délai d'attente pour les animaux traité pour le lait cru ;
- La bonne pratique des analyses physico-chimiques et microbiologiques.

A la lumière de tous ça ; d'autres études complémentaires peuvent s'effectuer :

- Contrôle physicochimiques et microbiologiques du lait ainsi que les autres gammes de produits laitiers de la laiterie la vallée ; voir comparer les résultats avec ceux de la bibliographie ou des normes.
- Contrôle bactériologique des eaux de procès.
- Contrôle de l'efficacité des plans de nettoyage.
- Contrôle de la mise en place du système HACCP.

# Interprétation

Les protocoles des analyses physicochimique et microbiologiques des matières premières suivie au niveau de la laiterie la vallée évaluent et contrôlent l'efficacité de ces derniers et pour cela on dit que ces protocoles sont les mêmes avec nos revues bibliographique et sont conformes et celles cités dans le journal officiel de la république algérienne.

La pratique des analyses physicochimique et microbiologique les produits fini sont compatibles a ceux du journal officiel de la république algérien et sont bien pratiqué donc ces derniers sont propre a la consommation humaine.

D'après cette étude on a pu évaluer l'efficacité et la qualité des denrées alimentaires produit au sein la laiterie la vallée sont compatibles aux exigences de J.O.R.A et sont propre a la consommation humaine.

# Références bibliographiques

**Abidi, K., 2004.** Résidus d'antibiotiques dans le lait de boisson, Thèse en médecine vétérinaire, École nationale de médecine vétérinaire de Sidi Thabet, Tunisie, 6p-23p.

**Adrian, J., Potus, J. et Frangne, R., 2004.** La science alimentaire de A à Z, 2<sup>ème</sup> édition, Tec. et Doc., Lavoisier, 477p.

**Alais, C., 1984.** Science du lait, Principe des techniques laitières, 3<sup>ème</sup> édition, Tom 1 et 2, Paris, 807p.

**Amarglio, S., 1986.** Contrôle de la qualité des produits laitiers : analyse physique et chimique, 3<sup>ème</sup> édition, Paris, AFNOR (Association française de Normalisation), ITSV, 1030p.

**Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R. et Turgeon, H., 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, *In* Vignola C.L., Science et technologie du lait (Transformation du lait), École polytechnique de Montréal, ISBN: 3-25-29, 600p.

**Anonyme 1.** <https://www.vachebleue.com/fr/le-saviez-vous/quels-nutriments-trouve-t-dans-le-lait>.

**Anonyme 2.** Alves De Oliveira L., Composition chimique du lait, Cours de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon, Alimentation des animaux, mis à jour le 27/02/2007, <http://www2.vetlyon.fr/ens/nut/webBromato/cours/cmlait/compolai.html>.

**Anonyme 3.** Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, Tables CIQUAL 2008, <http://www.afssa.fr/TableCIQUAL/index.htm>.

**Blanc, B., 1982.** Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale, International dairy journal, 350p-395p.

**Boivert, C., 1980.** Contribution à l'étude de la contamination du lait : mise en évidence de virus dans le lait cru par microscope électronique, Thèse en Med. Vét., Toulouse, 66p.

**Bourgeois, C.M., Mescle, J.F. et Zucam, J., 1990.** Microbiologie Alimentation : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire, Editions Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 422p.

**Boutonnier, J.L., 2008.** Matière grasse laitière (Composition, organisation et propriétés), *In* Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.

**Brouillet, P., 1994.** Maîtrise de la présence d'inhibiteurs dans le lait, Recueil de médecine vétérinaire, n° 170, Juin-Juillet 1994, 443p-454p.

**Bylund, G., 1995.** Dairy Processing Handbook, Editions Tetra Pak Processing Systems, Lund, Sweden, 436p.

**Carole, L.V., 2002.** Science et technologie du lait, *In* Transformation du lait, Editions Presses Internationales Polytechniques, Canada, 600p.

**Chambers, H.F. et Sande, M.A., 1998.** Médicaments antimicrobiens: Considérations générales dans les bases pharmacologiques de l'utilisation des médicaments par Goodman et Gilman, 9<sup>ème</sup> édition, Mc Graw-Hill, 1027p-1068p.

**Cheftel, J.C. et Cheftel, H., 1996.** Introduction à la biochimie, à la technologie des aliments, Vol. 1, Editions Lavoisier, Paris, 43p.

**Chilliard, Y. et Lamberet, G., 1984.** La lipolyse dans le lait : les différents types, mécanismes, facteurs de variations, signification pratique, INRA éditions, 544p-578p.

**Chye, F.Y., Abdullah, A. et Ayob, M.K., 2004.** Bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia, Food microbial, 21p, 535p et 541p.

**CIPC (Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles), 2011.** Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait, n°2011-02.

**Clive, P.P., Curtis, M.J., Walker, M.J., Sutter, M.C. et Hoffman, B.B., 1999.** Pharmacologie intégrée (Traduction de la première édition anglaise par Georges C., avec collaboration de Jacques D.), De BOECK Université, 606p.

**Codex alimentarius, 1999.** Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie CODEX STAN, 206p.

**Debry, G., 2001.** Lait, nutrition et santé, Editions Tec. et Doc., Lavoisier, Paris : 566p.

**Demoly, P., Bousquet, J., Godard, P. et Michel, F.B., 2000.** Actualité des allergies médicamenteuses issues des antibiotiques et médicaments antirétroviraux, Bull. Acad.Nationale Méd., 761p-774p.

**Dieng, M., 2001.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché dakarais, Thèse de Docteur vétérinaire, Université de Dakar, Sénégal.

**Fabre, J.M., Moretain, J.P. et Berthelot, X., 2002.** Evolution de la méthode interprofessionnelle de recherche des résidus d'antibiotiques dans le lait, Bulletin des GVT, n° 15, Avril-Mai-Juin 2002, 26p-28p.

**FAO, 2007.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Source : <http://www.fao.org/docrep.T4280F.htm>.

**FAO, 2019.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Source : <http://www.fao.org/3/t4280f/t4280f04.htm> (consulté le 20 juin 2019).

**Favier, J.C., 1985.** Composition du lait de vache (Laits de consommation), <http://www.horizon.documentation.fr>.

**Faye, B. et Loiseau, G., 2002.** Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches de qualité, Editions CIRAD-FAO, Montpellier, France, 1p-5p.

**Federighi, M., Sutra, L. et Jouve, J.L., 1998.** Manuel de bactériologie alimentaire, Editions Polytechnica, 9p.

**Federighi, M., 2005.** Bactériologie alimentaire (Compendium d'hygiène des aliments), 2<sup>ème</sup> éd., Economica, Paris, 224p-233p.

**Follet, G., 2007.** Utilisation des antibiotiques chez l'animal : Problèmes et Actions, Rencontres Parlementaires "Santé - Société - Entreprise",Assemblée Nationale du 12 novembre 2007, France.

**Franworth, E. et Mainville, I., 2010.** Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe,<http://www.dos.transf.edwa.pdf>.

**Fredot, E., 2006.** Connaissance des aliments (Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique), Editions Tec. et Doc., Lavoisier, 397p.

**Garrity, G., Brenner, D., Krieg, N. et Staley, J., 2008.** Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Volume 3, The Firmicutes, Editors: Vos, P. Originally published by Williams and Wilkins, 1984, 2<sup>nd</sup> ed., Hardcover, Vol. 3, 1450p.

**Gedilaghine, V., 2005.** La rationalisation du traitement des mammites en exploitation laitière (Conception et réalisation d'une enquête d'évaluation de la mise en place de l'action GTV partenaire dans le département de la Manche), Thèse de Doctorat vétérinaire, faculté de médecine de Créteil, 9p-73p.

**Gosta, B., 1995.** Lait longue conservation, *In* manuel de transformation du lait, Editions Tetra Pak Processing Systems A.B., Sweden, 442p.

**Goursaud, J., 1985.** Composition et propriétés physico-chimiques du lait, *In* Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre ; Par Luquet, F.M., Lait de la femelle à la laiterie, Tome 1, Editions Technique et Documentation, Paris, 1p-9p.

**Guiraud, J.P., 2003.** Microbiologie Alimentaire, Editions DUNOD, Paris, 136p-139p.

**Helali, A., 1999.** Pharmacologie fondamentale et clinique à l'usage des étudiants en médecine, Editions ENG, 135p.

**Heuchel, V., Chatelin, Y.M., Breau, S., Sobolewski, F., Blancard, N., Baraton, Y. et Ayerbe, A., 2003.** Lipolyse du lait de vache et qualité organoleptique des produits laitiers, Renc. Tech. Ruminant, n°10, 223p-226p.

**Jean, C. et Dijon, C., 1993.** Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.

**Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P. et Brule G., 2007.** Science des aliments (Technologie des produits alimentaires), Editions Tec. et Doc., Lavoisier, 456p.

**Kim, H., Hardy, J., Novak, G., Ramet, J.P. et Weber, W., 1982.** Les goûts anormaux du lait frais et reconstitué, Collection FAO, Alimentation et nutrition, n°35.

**Krieg, N.R., 2001.** Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Vol: 1, by Garrity, G., Boone, D. et Castenholz, W., 1984, The Archaea and the Deeply Branching and Phototrophic Bacteria ; Originally published by Williams and Wilkins, 2<sup>nd</sup> ed, Hardcover, 721p.

**Labie, C.H., 1981.** Dispositions législatives destinées à éviter la présence de résidus d'antibiotiques dans le lait, Recueil de médecine vétérinaire, n°157, 161p-167p.

**Larousse, 2019.** Définitions de lait, <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/lait/45975> (consulté le 14 mars 2019).

**Laurentie, M. et Sanders, P., 2002.** Résidus de médicaments vétérinaires et temps d'attente dans le lait, Bulletin GVT, n°15, Avril-Mai-Juin 2002, 51p-55p.

**Leclercq, A., 1999.** Intérêt nutritionnel du lait pour l'homme, Thèse de Doctorat vétérinaire, Faculté de médecine, Créteil, 58p.

**Luquet, F.M., 1985.** Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre (Les produits laitiers, transformation et technologie), Vol. 2, Ed. Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, 55p-62p.

**Majdi, A., 2009.** Séminaire sur les fromages AOP ET IGP, INAT, Tunisie.

**Mathieu, J., 1998.** Ecole nationale des industries du lait et des viandes de la Roche-Sur-Foron. Initiation à la physico-chimie du lait, Editions Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, 12p-210p.

**Mathieu, J., 1999.** Initiation à la physico-chimie du lait, Ed. Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, 220p.

**Merad, M. et Merad, R., 2001.** Toxicité des antibiotiques, Médecine du Maghreb, 5p.

**Moretain, J.P., 2000.** La recherche des résidus d'antibiotiques dans le lait, Proceedings lait, qualité et santé, 19p-22p.

**Mourot, D. et Loussouarn, S., 1981.** Sensibilité des ferments lactiques aux antibiotiques utilisés en médecine vétérinaire, Recueil de médecine vétérinaire, n°157, 155p-157p.

**Person, J.M., 1984.** Influence des résidus d'antibiotiques sur la flore digestive du consommateur, La semaine vétérinaire, n° 203, Février 1981, p8.

**Petrović, J.M., Katić, V.R. et Bugarski, D.D., 2008.** Comparative examination of the analysis of  $\beta$ -lactam antibiotic residues in milk by enzyme, receptor-enzyme, and inhibition procedures, Food anal Methods, 25p-119p.

**Pougheon, S. et Goursaud, J., 2001.** Le lait (Caractéristiques physico-chimiques), *In* Debry, G., Lait, Nutrition et Santé, Editions Tec. et Doc., Paris, 566p.

**Prescott, L.M., Harley, J. et Klein, D.A., 2010.** Microbiologie, 2<sup>ème</sup> édition, DE BOECK, Paris, 979p.

**Rhodes, G., Huys, G., Swings, J.M.C., Gann, P., Hiney, M., Smith, P. et Pickup, R.W., 2000.** Distribution of oxytetracycline resistance plasmids between Aeromonads in hospital and aquaculture environments: implication of Tn1721 in dissemination of the tetracycline resistance determinant tet A, Appl. Environ. Microbiol., 83p-90p.

**Schwarz, S. et Chaslus-Dancla, E., 2001.** Use of antimicrobials in veterinary medicine and mechanisms of resistance, Vet.Res., 201p-225p.

**Seydi, M., 2004.** Caractéristiques du lait cru, EISMV, laboratoire HIDAOA, 12p.

**Sraïri, M.T., Hasni Alaoui, I., Hamama, A. et Faye, B., 2004.** Qualité physico-chimique et contamination par les antibiotiques du lait de mélange en étables intensives au Maroc, Renc.Rech. Ruminants, n°11, 116p-117p.

**Stolker, A.M., Rutgers, P., Oosterink, E., Lasaroms, J.J.P., Peters, J.B., Van Rhijn, J.A. et Nielen, W.F., 2008.** Comprehensive screening and quantification of veterinary drugs in milk using UPLC-ToF-MS, Anal. and Bioanal. Chem., 391, 2309p-2322p.

**Stoltz, R., 2008.** Les résidus d'antibiotiques dans les denrées d'origine animale : évaluation et maîtrise de ce danger, Thèse de Doctorat vétérinaire, Université Claude-Bernard Lyon I (médecine - pharmacie), 11p-79p.

**Thapon, J.L., 2005.** Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France, 77p.

**Thieulin, G. et Vuillaume, R., 1967.** Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des œufs, Revue générale des questions laitières, 48 avenue, Président Wilson, Paris, 388p.

**Veisseyre, R., 1975.** Technologie du lait, 3<sup>ème</sup> édition, La Maison Rustique, Paris, 714 p.

**Vierling, E., 1998.** Aliments et Boissons Filières et Produits, Collection : Biosciences et techniques, Editions Dion, Paris, 278p.

**Vierling, E., 2008.** Aliments et boissons Filières et Produits, EditionsDoin, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 15p.

**Vignola, C., 2002.** Science et technologie du lait (Transformation de lait), Ecole Polytechnique de Montréal, 599p.

**Watier, B., 1992.** Vitamines et technologie alimentaire, *In* Aspects nutritionnels des constituants des aliments, influence des technologies, Editions Tec. et Doc., Lavoisier, Paris, 197p-216p.

**Yakhlef, H., Madani, T., Ghozlane, F. et Bir, B., 2010.** Rôle du matériel animal et de l'environnement dans l'orientation des systèmes d'élevages bovins en Algérie, *In* La filière lait en Algérie, Communication aux 8<sup>èmes</sup> Journées des Sciences Vétérinaires, Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, 18 et 19 Avril.

**Ziadi, H., 2010.** Essai d'amélioration du taux de rétention de la tétracycline dans un polymère à empreinte moléculaire formé de co-polymères fonctionnalisés de l'acide lactique, Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de maître en sciences pharmaceutiques, Université de Montréal, 1p-57p.

# ANNEXES

## Annexe A : Composition des milieux de culture (Institut Pasteur)

### ➤ Gélose PCA (Plant Counter Agar)

Tryptone.....5g

Extrait autolytique de levure .....2,5g

Glucose.....1g

Agar bactériologique.....12g

Préparation : dissoudre 20,5 g dans un litre d'eau distillée, mettre à l'autoclave pendant 15 min à 121 °C, pH = 7.

### ➤ Gélose Chapman

Extrait de viande.....3g

Extrait de levure.....3g

Tryptone.....5g

Peptone bactériologique.....10g

Chlorure de sodium.....70g

Mannitol.....10g

Rouge de phénol.....0,05g

Agar.....18g

Préparation : dissoudre 119g dans un litre d'eau distillée, mettre à l'autoclave pendant 15min à 121 °C, pH=7,4.

➤ **Gélose désoxycholate**

Peptone.....	10g
Citrate de sodium.....	1g
Rouge neutre.....	0,03g
Désoxycholate de sodium.....	1g
Chlorure de sodium.....	5g
Hydrogénophosphate de potassium.....	2g
Agar.....	13g

pH =7,3.

➤ **Gélose VF (Viande-Foie)**

Base viande.....	30g
Glucose.....	2g
Agar.....	6g

pH =7,4.

➤ **Gélose BLBVB**

Peptone.....	10g
Lactose.....	10g
Bile.....	20ml
Vert brillant.....	13mg

pH =7,4.

## Annexe B : Matériel et produits de laboratoire

- **Matériel :**

Appareillage	Verriers et petits matériels
-butyromètre -bain Marie -étuve -bec Bunsen -balance analytique -dessiccateur -centrifugeuse -appareil BetaStar® -four à micro-ondes -conductimètre -pH-mètre -lactodensimètre	-erlenmeyer -pipette Pasteur -béchers -spatule -tubes à essai -micropipette -pipette graduée -éprouvette -boîtes de Pétri -mortier -burette -anse de platine - butyromètre -fiolle -capsule en verre/en aluminium -butyromètre

- **Produits :**

Milieux de culture	Réactifs et produits chimiques
-gélose Désoxycholate -gélose VF -gélose BLBVB -gélose PCA -gélose Chapman -eau physiologique	-tampon ammoniacal -noir eriochrome T (NET) -EDTA -acide sulfurique -alcool isoamylique -indicateur coloré phénolphthaléine -soude NaOH -iode