

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
DEDICACES	ii
TABLE DES MATIERES	iii
LISTE DES FIGURES :	vii
LISTE DES TABLEAUX :	viii
LISTE DES ABREVIATIONS	ix
INTRODUCTION	1
PARTIE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : REGARD SUR LES BOVINS LAITIERS DE LA REGION	
VAKINANKARATRA	3
I.1- HISTORIQUE	3
I.2-CONDITION D'ELEVAGE DANS LA REGION	4
I.2.1-ELEVAGE DE BOVIN	5
I.2.1.1-Système d'élevage	5
I.2.1.2-Evolution du cheptel	6
I.2.1.3-Vulgarisation	6
I.2.1.4-Pâtureages	7
I.2.1.5-Exploitation du cheptel	8
I.2.1.6-Production laitière	8
I.2.2-CONDITION DE DEVELOPPEMENT DE L'ELEVAGE BOVIN	9
I.2.2.1-Atouts et contraintes	10
I.2.2.2-Solutions	11
CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE LAIT	12
II.1-DEFINITION	12
II.2-CARACTERISTIQUES DU LAIT CRU	12
II.2.1-CARACTERES ORGANOLEPTIQUES DU LAIT	12
II.2.2-COMPOSITION CHIMIQUES	13
II.2.2.1-Eau	15
II.2.2.2-Lipides	15
II.2.2.3-Protéines	17
II.2.2.4-Glucides : lactose	18
II.2.2.5-Sels minéraux	19
II.2.2.6-Vitamines	20

II.2.2.7-Enzymes :	21
II.2.3-CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	22
II.2.3.1-Masse volumique et densité.....	23
II.2.3.2-Stabilité à la chaleur	23
II.2.3.3-pH du lait	24
II.2.3.4-Acidité du lait	24
CHAPITRE III : LES CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DU LAIT	26
III.1-Introduction	26
III.2-Flores microbiennes du lait	26
III.2.1-Flores originelle ou indigènes.....	26
III.2.2-Flores de contamination.....	27
III.2.3-Flores d'altérations.....	27
III.2.3.1-Bactéries de types coliformes.....	27
III.2.3.2-Levures et moisissures	28
III.2.3.3- <i>Streptocoques</i> (fécaux), les <i>Streptocoques</i> lactiques et les <i>Lactobacilles</i>	28
III.2.4-Flores pathogènes.....	28
PARTIE 2 : MATERIELS ET METHODES	
I-Présentation de l'unité d'étude	31
I.1-Historique	32
I.2-Situation actuelle	32
I.3-Organigramme :	33
I.4-Analyse réalisé :	34
II-MATERIELS ET METHODES	34
II.1-Prélèvement des échantillons :.....	34
II.2-MATERIEL :	35
II.2.1-Matériels pour l'analyse physico-chimique :	35
II.2.2-Matériels pour analyses Microbiologiques	35
II.2.3-Milieux de culture	36
II.3-METHODE DE CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUES :	36
II.3.1-Test alcool	36
II.3.2-Détermination du potentiel d'hydrogène ou pH et de la température	36
II.3.3-Détermination de la densité.....	36
II.3.4-Détermination de l'acidité titrable.....	38
II.3.5-Détermination de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique)	40
II.3.6-Détermination de l'extrait sec total (matière sèche total) :	42
II.3.7-Mesure de la teneur en matière sèche dégraissée	43

II.3.8-Quelques tests supplémentaires pour le contrôle qualité du lait :	43
II.3.8.1-Test mammite :	43
II.3.8.2-Test urine	43
II.3.8.3-Test bicarbonate de sodium	44
II.3.8.4-Test farine	44
II.3.8.5-Test de cuisson	45
II.3.8.6-Test de caillage	45
II.4-METHODE D'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE	46
II.4.1-Nécessités	46
II.4.2-Objectifs	46
II.4.3-Prélèvement et échantillonnage.....	47
II.4.4-Préparation de l'échantillon pour essai	47
II.4.5-Etude de la flore microbienne	47
II.4.6-Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.....	48
V.4.7-Recherche et dénombrement des coliformes	49
II.5-DOSAGE DU LACTOSE PAR METHODE SPECTROPHOTOMETRIQUE.....	51
II.5.1- Principe	51
II.5.2- Matériel et verrerie.....	51
II.5.3- Réactifs utilisés	51
II.5.4-Mode opératoire	51
PARTIE 3 : RESUTATS ET DISCUTIONS	
RESULTAT ET DISCUTION.....	54
1-Qualités organoleptiques	54
2-Analyses physico-chimiques	54
2.1-Température	54
2.2-Densité	55
2.3-pH.....	56
2.4-Acidité titrable (°D)	57
2.5-Teneur en matière grasse ou MG (g/L) :.....	57
2.6-Détermination de la matière sèche totale ou extrait sec total EST (g/L) :	59
3-Analyse microbiologiques	62
3.1-Flores aérobies mésophiles totaux ou FAMT (UFC/ml ou Unité Formant Colonies/ml)	62
3.2-Coliformes (UFC/ml).....	64
4- Dosage du lactose par méthode spectrophotométrique.	64
CONCLUSION GENERALE	66

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	67
ANNEXES	I
ANNEXE 1	I
ANNEXE 2 : Préparation des milieux de cultures :	I
ANNEXE 3 : Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales :	III
ANNEXE 4 : quelque matériel utilisé pendant l'analyse physico-chimique.....	V
ANNEXE 5 : Les facteurs affectant le développement des germes [8].....	VII
1-Facteurs intrinsèques.....	VII
2-Facteurs extrinsèques	VIII

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Régions du triangle laitier et la région du Vakinankaratra	3
Figure 2: Trois toposéquences en fin de saison des pluies (avril), au premier plan baiboho, au second plan rizière de bas-fond, en arrière-plan, tanety [4].	10
Figure 3 : Composition de la matière grasse du lait [13].	15
Figure 4 : Représentation de la micelle de caséine.....	17
Figure 5 : Molécule de lactose.....	19
Figure 6 : Bactéries lactiques [44].....	27
Figure 7 : Différentes genres de moisissures de gauche à droite [44]......	28
Figure 8 : Différentes bactéries infectieuses [44].....	29
Figure 9 : Organigramme de la société SOCOLAIT	33
Figure 10: Schéma représentatif de différentes analyses réalisées sur le lait.....	34
Figure 11: mesure de la densité par lactodensimètre.....	38
Figure 12 : dosage volumétrique	39
Figure 13 : Butyromètre	41
Figure 14 : Centrifugeuse GERBER	41
Figure 15 : dénombrement des coliformes	50
Figure 16 : température moyenne du lait de chaque fournisseur.....	55
Figure 17 : Densité moyenne du lait de chaque fournisseur	56
Figure 18 : Teneur moyenne de la matière grasse	58
Figure 19 : Teneur moyenne de la matière sèche des échantillons.	59
Figure 20 : courbe d'étalonnage.....	65
Figure 21 : processus de préparation du milieu de culture	II
Figure 22: Préparation de suspension mère et des dilutions décimales	IV
Figure 23 : thermobalance	V
Figure 24 : dessicateur.....	V
Figure 25 : pHmètre munie d'un thermomètre	V
Figure 26 : portoir des butyromètres	V
Figure 27 : butyromètre	V
Figure 28 : balance de précision.....	VI
Figure 29 : bain marie.....	VI
Figure 30 : flacon stériliser.....	VI
Figure 31 : boîte de pétri après stérilisation	VI
Figure 32 : boîtes de pétri placer dans un incubateur	VI

LISTE DES TABLEAUX :

TABLEAU 1: Effectif du cheptel de la région [5].	5
TABLEAU 2: Evolution de l'effectif des éleveurs et du cheptel laitier dans la rég[41].....	6
TABLEAU 3 : Cultures fourragères [5].	7
TABLEAU 4 : Disponibilités en pâturages naturels en 1999 [5].....	8
TABLEAU 5 : Production laitière de la région Vakinankaratra [42].....	8
TABLEAU 6 : Quantités collectées par sociétés de transformation dans la région [3].	9
TABLEAU 7 : Composition chimiques du lait de vaches [39].....	14
TABLEAU 8 : Composition moyenne de différentes espèces animales [39].	15
TABLEAU 9 : Composition lipidiques du lait [11].	16
TABLEAU 10 : Composition du lait en minéraux [16].	20
TABLEAU 11: Teneur moyenne des principales vitamines du lait [17].	21
TABLEAU 12 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait [13].....	22
TABLEAU 13 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de vaches.....	25
TABLEAU 14 : Quelques propriétés des micro-organismes du lait.....	29
TABLEAU 15 : Milieux nutritifs et conditions de culture des différents groupes microbiens	47
TABLEAU 16 : Température des échantillons analysés fournisseur (°C).....	54
TABLEAU 17: Densité du lait de chaque fournisseur	55
TABLEAU 18 : pH des échantillons	56
TABLEAU 19 : Acidité Dornic des échantillons (°D).....	57
TABLEAU 20 : Teneur en matière grasse des échantillons (g/L).....	58
TABLEAU 21 : Teneur en matière sèche total (g/L)	59
TABLEAU 22 : Résultat des tests alcool	60
TABLEAU 23 : Résultats des tests mammite et urine	60
TABLEAU 24 : Résultats des tests de bicarbonate de sodium et test de farine	61
TABLEAU 25 : Résultats du test de cuisson et caillage	61
TABLEAU 26 : Dénombrement des FAMT (UFC/ml)	62
TABLEAU 27 : Dénombrement des coliformes (UFC/ml)	63
TABLEAU 28 : Absorbance du lactose	64
TABLEAU 29 : Résultats des dosages spectrophotométriques	65
TABLEAU 30 : Niveau du pH pour le développement des microorganismes.	VIII
TABLEAU 31 : Niveau des températures (°C) pour le développement des microorganismes [34]	IX

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degré Celsius

°D : degré Dornic

AFNOR : association française de normalisation

BPH : Bon Pratique d'Hygiène

ESD : extrait sec dégraissée

EST : extrait sec total

FAO: Food and Agriculture Organization

FARILAC: Farine de blé Lactée

g : gramme

HACCP: Hazard Analysis Critical Control Point

ISO : International Standardization Organization

Kcal : Kilocalorie

L : litre

MG : matière grasse

mL : millilitre

PCA Plate Count Agar

PCA : plate count agar

pH : potentiel Hydrogène

PNR : Pie-Rouge Norvégienne

SOCOLAIT : SOciété commercial LAITiere

UFC : unités formant colonie

VRBA : Violet Red Bile Agar

INTRODUCTION

Le lait est un produit consommable qu'on peut trouver sous ses différentes formes comme le yaourt, le fromage, le beurre ou le lait liquide... C'est un aliment qui peut couvrir tous les besoins de l'organisme durant les six premiers mois de la vie de l'homme. De par sa valeur nutritionnelle, le lait est un produit complet qui s'intègre dans une alimentation saine et équilibré.

Les produits consommés sur le continent africain sont surtout des produits traditionnels ; le lait liquide et le lait fermenté représentent les principales formes de consommation. Le beurre et fromage caillé sont aussi consommés de manière traditionnelle [1]. La consommation de lait et des produits laitiers est estimée à 15 kg par habitant par An pour Madagascar, contre une moyenne mondiale de 20 kg / Hab /An. Sur ces 15 kg de consommation annuelle, 9 kg proviennent des importations et plus de 5 kg sortent de la production nationale [2].

La société SOCOLAIT est l'une des plus grandes industries agro-alimentaires spécialistes des transformations du lait dans la ville d'Antsirabe. Pour la société, le lait est principalement l'une des matières premières de base pour la fabrication et la production, mais le lait peut subir des modifications des paramètres physico-chimiques et des contaminations microbiologiques, durant la traite ou le long de la livraison à l'usine, pouvant constituer des risques sanitaires pour les produits qui pourraient affecter l'hygiène des consommateurs. D'où notre thème : « caractérisation physico-chimiques, microbiologiques et analyse spectrophotométrique du lait de vache collecté au sein de la société SOCOLAIT à Antsirabe »

L'objectif principal de ce présent travail est l'étude de la qualité du lait de vache qui a été évalué par la réalisation des tests physico-chimiques (densité, acidité titrable, extrait sec total, matières grasses, température ...) ainsi qu'une étude microbiologique pour le dénombrement des flores microbiennes et une analyse spectrophotométrique pour le dosage du lactose.

Dans ce contexte nous avons essayé de réaliser le travail en trois grandes parties : dans la première partie nous allons voir la synthèse bibliographique qui nous aidera à comprendre quelques notions sur les aspects physico-chimiques et microbiologiques du lait, ces différentes compositions et les facteurs qui pourraient influencer la qualité du lait ; ensuite la deuxième partie qui sera consacrée aux matériaux utilisés et les méthodes utilisées pour le travail expérimental et enfin dans la troisième partie nous allons exposer les résultats obtenus qui seront discutés, suivis de la conclusion générale et les perspectives.

Partie 1 :

Synthèse

Bibliographique

CHAPITRE I : REGARD SUR LES BOVINS LAITIERS DE LA REGION VAKINANKARATRA

Les Hautes-Terres du Vakinankaratra sont située à la fois au cœur d'un bassin de production rizicole et au cœur du « triangle laitier », première zone de production du pays (Fig.1). Le Vakinankaratra et sa capitale Antsirabe, orientée dans le passé vers la production de cultures vivrières, est devenue une région fortement agricole et agro-industrielle du fait de l'implantation d'industries agroalimentaires telles que la brasserie STAR en 1949 ou l'ancienne laiterie TIKO. La région est reliée à la capitale Antananarivo par une route bien entretenue, la RN7. La figure 1 représente la région du triangle laitier et la région du Vakinankaratra.

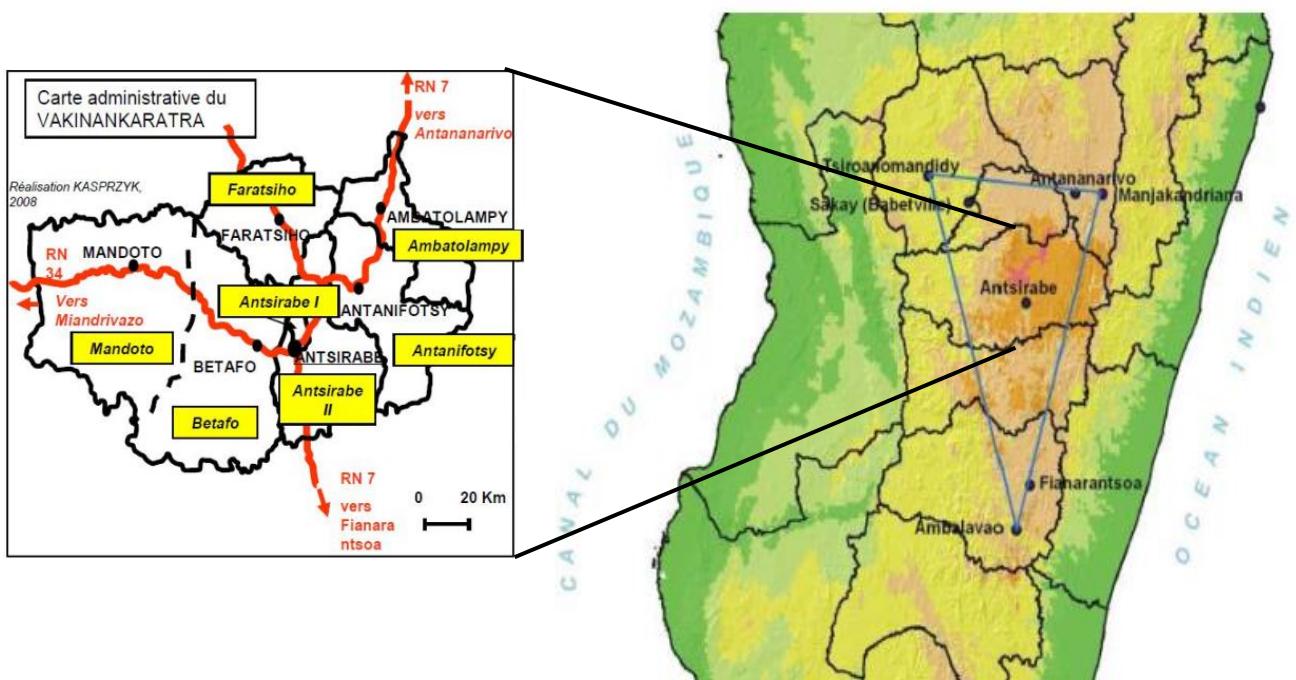


Figure 1 : Régions du triangle laitier et la région du Vakinankaratra

I.1- HISTORIQUE

- Période pré-coloniale. **1840** : introduction par Jean Laborde de reproducteur de race laitière (Garonnaises, Bordelaises et Bretonnes) et croisement avec les zébus Malagasy donnant naissance aux races « Rana ».
 - Période coloniale : installations des colons, notamment autour d'Antananarivo et Antsirabe et dans les Moyen Ouest, introduction de différentes races plus performantes (Française Frisonne Pie Noir, Montbéliarde...). Mise en place de Centre de recherche Zootechnique et Vétérinaire (Kianjasoa)

- **1962** : mise en place du Bureau Central Laitière (BCL) pour favoriser la création et le développement de l'économie laitière. Ouverture CNIA (Centre Nationale d'Insémination Artificielle) avec 2 fermes (Anosimasina et Kianjasoa) et 14 autres sous centres (contre 5 actuellement).
- **1972** : suivant accord entre NORAD et Etats Malgaches, mise en place de FIFAMANOR (Flompiana FAmbolena Malagasy NORveziana) ; début de l'Insémination Artificielle (IA) payante.
- **1985-1991** : mise en place du projet ROMANOR (ROnono Malagasy NORveziana) en vue du développement de la production laitière (vulgarisation dans la région de Manjakandriana et d'Ambatolampy, collecte et transformation dans la région du Vakinankaratra).
- **1992** : Lancement du PSE (Programme Sectoriel Elevage) et création de ROMA ou ROnono MALagasy (vulgarisation au sein du Triangle Laitier) et ROMINCO ou ROnono Malagasy INDustrie et COmmerce (transformation et commercialisation). Mise en place du fonds de promotion de l'élevage dans les cadres des appuis aux organisations des producteurs en vue de financer l'acquisition de matériels pour la collecte et la transformation laitière [3].

I.2-CONDITION D'ELEVAGE DANS LA REGION

L'élevage bovin est fortement combiné avec l'agriculture, son évolution dépend du développement de l'agriculture, en outre, il y a une grande association entre l'agriculture et l'élevage, d'une part, en faisant travailler les bétails pour labourer le champ et augmenter le rendement agricole par la fumure animale, et d'autre part en plantant des fourrages pour les bétails.

Dans la région de Vakinankaratra, le gros élevage se répartit de façon presque équitable entre les bovins et les porcins, les caprins et ovins étant presque inexistant (au maximum 10 % dans la seule Sous-préfecture de Faratsihy). Pour le petit élevage on assiste à une prédominance du poulet entre 70 et 90 % des exploitations et des canards entre 10 et 30 % des exploitations. Enfin on peut noter la forte présence d'étangs piscicoles, environ 20 % des exploitations, dans la sous-préfecture de Faratsihy [5]. Les effectifs du cheptel dans la région du Vakinankaratra sont montrés par le tableau 1.

TABLEAU 1: Effectif du cheptel de la région [5].

Recensement du Cheptel	
Espèces	Effectifs
Bovins	296 300
Porcins	57 900
Volailles	1 791 000
Ovins	4 950
Caprins	710
Equins	270

De par son climat, ses étendues de parcours et sa position charnière par rapport à d'autres régions, Vakinankaratra est, à tous points de vue, une région favorable à l'élevage.

Cette activité a connu un essor remarquable avec le développement de l'élevage laitier, dans la zone de Vakinankaratra où se sont développés des activités de valorisation des produits de l'élevage (lait, fromage ...).

I.2.1-ELEVAGE DE BOVIN

Deux zones d'élevage peuvent être distinguées dans la région :

- La zone Ouest, à vocation d'élevage bovin extensif (Betafo Ouest) et qui est surtout un lieu de polarisation commerciale des zébus ;
- La zone laitière constituée essentiellement d'Antsirabe II, Antanifotsy et de Faratsihô.

I.2.1.1-Système d'élevage

Dans la région de Vakinankaratra, région à longue tradition laitière grâce à son climat et sa topographie et à l'intervention de plusieurs opérateurs, sauf au niveau des grands opérateurs où l'élevage est très intensif, l'élevage est de type traditionnel. Les animaux sont parqués sur les hauteurs, là où l'extension de l'activité agricole a encore laissé un peu de place. L'herbe, relativement abondante en saison de pluies, est renforcée par des feuilles de patate, de pailles de riz, du maïs suivant les saisons et les disponibilités de l'exploitation. En saison sèche, l'herbe est courte et les matières premières pour l'alimentation coûtent chères, entraînant la sous-alimentation des troupeaux.

Enfin, dans le Moyen Ouest (Betafo), l'élevage bovin prédominant est le système extensif de grands troupeaux de zébus sur de vastes étendus [5].

I.2.1.2-Evolution du cheptel

Le recensement du cheptel par Sous-préfecture n'est pas disponible, le tableau 2 donne l'évolution de l'effectif des éleveurs et du cheptel dans la région [5].

TABLEAU 2: Evolution de l'effectif des éleveurs et du cheptel laitier dans la région du Vakinankaratra [41].

Années	2002	2003	2006
Nombres d'éleveurs	ND	12 000	13 015
Nombres de vaches	35 285	37 300	38 846
Nombres de têtes de vaches adultes	19 524	ND	22 697
Tailles moyennes d'exploitation (vaches/éleveurs)	ND	3,10	2,98

ND : Non Déterminé

I.2.1.3-Vulgarisation

Les actions de vulgarisation s'effectuent auprès des paysans individuels ou des groupements d'éleveurs.

Pour les bovins à viande, la vulgarisation se cantonne dans des actions prophylactiques et les castrations des mâles.

Pour l'élevage laitier, le Centre ARMOR (Andrin'ny Ronono Malagasy Norveziana) de FIFAMANOR constitue un centre de recherche en collaboration avec la ferme école TOMBOTSOA pour la vulgarisation de l'amélioration de la race Pie-Rouge Norvégienne (PRN) et mène une campagne intense chez les paysans en vue d'une vulgarisation de cultures fourragères et la pratique de l'ensilage.

L'amélioration de l'alimentation constitue également une composante essentielle de l'action de FIFAMANOR. L'action vise la vulgarisation des cultures fourragères et l'utilisation de la provende [5]. Les différentes cultures fourragères sont données par le tableau 3.

TABLEAU 3 : Cultures fourragères [5].

CIREL	Superficie (ha)	Espèces fourragères	Observations
Antananarivo	4	Brachiaria Pennisetum Stylosantès	Activités PSE (Projet Sectoriel Elevage)
Antsirabe	1615,3	ND	Surfaces fourragères cultivées par les Associations encadrées par FIFAMANOR
Miarinarivo	3 + 400 jeunes plants de leucaena	Brachiaria Pennisetum Stylosantès	
Tsiroanomandidy	11.50	Brachiaria, Pennisetum chloris, Leucaena, Guatemala,	Activités PSE

ND : Non Déterminé

L'encadrement sanitaire, assuré en priorité par les vétérinaires privés, consiste essentiellement à assurer la vaccination du cheptel, le déparasitage interne des animaux, la castration et les interventions cliniques.

I.1.2.4-Pâturages

Malgré cette vaste étendue, ainsi que la richesse du pâturage naturel, les conditions d'alimentation des animaux se dégradent. En effet, l'importance du vol des bœufs et la crainte des dahalo, constituent des obstacles, les éleveurs n'osent pas trop éloigner les troupeaux des hameaux et parquent systématiquement les animaux le soir. Par ailleurs, avec l'augmentation du prix du manioc, utilisé comme complément alimentaire humain, les agriculteurs préfèrent vendre le manioc à l'extérieur de la zone que de l'utiliser comme aliment des animaux.

Dans la région Centre et Est, les surfaces de pâture naturelle deviennent de plus en plus restreintes. Les points d'eau commencent à disparaître à cause des feux de brousse répétés. Des pépinières d'essai de cultures fourragères ont été plantés dans quelques Sous-préfectures, où l'on cultive le Pennisetum; le santania, le braccharia, l'avoine en contre-saison, le chloris.

Les animaux pâturent dans les bas-fonds, les surfaces de pâturage naturel deviennent de plus en plus restreintes [5]. Les disponibilités en pâturages naturels sont montres dans le tableau 4.

TABLEAU 4 : Disponibilités en pâturages naturels en 1999 [5].

CIREL	Superficie en hectares	
	Total	Brûlée
Antananarivo	18 750	N d
Antsirabe	16 372	4 500
Miarinarivo	84 971	7 535
Tsiroanomandidy	146 000	73 000

I.1.2.5-Exploitation du cheptel

L'élevage bovin remplit deux fonctions :

- Fonction productive : le bovin est utilisé pour les travaux de culture et de transport et il assure en même temps, la plus grande partie du fumier.
- Fonction monétaire : le bovin assure des rentrées monétaires appréciables. Il représente une forme d'épargne monnayable à tout moment [5].

I.1.2.6-Production laitière

A Madagascar, 70% de la production est concentrée et produite dans la Région du Vakinankaratra. Le nombre total d'éleveurs est estimé à 17 000 et 53 300 le nombre de vaches laitières [MAEP 2004], dans Vakinankaratra il y a 12 000 éleveurs possédant 37 300 vaches laitières, soit 3 vaches laitières par éleveur en moyenne [RABEMANAMBOLA, 2007].

La production laitière dans la région du Vakinankaratra a légèrement augmenté de 2000 à 2001, mais a baissé en 2002 à cause de la crise survenue à Madagascar. La production laitière de la région est donne par le tableau 5 suivant.

TABLEAU 5 : Production laitière de la région Vakinankaratra [42].

Année	Production laitière (en millions de litres)
2000	24
2001	25,5
2002	20,5
2003	27

Une hausse de 6,5 millions de litres a été constatée en 2003.

Par extrapolation, la production de la région du Vakinankaratra représente 70% de la production nationale et est estimée à 38,6 millions de litres. L'amélioration de la production

s'explique en partie par les actions menées par le PSE dans le développement du secteur laitier à Madagascar.

Les quantités collectées par les sociétés de transformation dans la région du Vakinankaratra sont essentiellement réalisées par les grandes sociétés telles que TIKO et SOCOLAIT [5].

TABLEAU 6 : Quantités collectées par sociétés de transformation dans la région du Vakinankaratra [3].

Sociétés	Années	Nombres des tanks	Producteurs (Nb)	Quantités collectée (kg)
TIKO	1999	23	5000	8 732 600
	2000	23	4000	9 900 000
SOCOLAIT	1999	9	920	245 000
	2000	7	795	69 200
LATI	1999	4	210	12 000
	2000	ND	ND	92 800
TELINA	1999	6	15	43 200
	2000	ND	ND	43 800
ROMINCO	1999	ND	ND	128 500
SPRING	1999	3	7	77 100
	2000	4	85	108 000
TOTAL	1999	45	6152	9 238 400
	2000	44	4880	10 213 800

ND : Non Déterminé

La société TIKO collectait 95% de la production laitière, possédait 50% des tanks et collectait le lait chez 80% des éleveurs.

I.2.2-CONDITION DE DEVELOPPEMENT DE L'ELEVAGE BOVIN.

Les Hautes-Terres du Vakinankaratra se situent à plus de 1300 m d'altitude et culminent à 1750m. Ainsi, la région jouit d'un climat tropical d'altitude avec l'alternance de deux saisons : une saison sèche et froide d'avril à octobre et une saison chaude et humide, d'octobre à avril. 90% des précipitations annuelles tombent pendant la saison chaude, où la moyenne des températures se situe entre 17°C et 20°C. Pendant la saison froide, la moyenne des températures est de 11°C à 14°C avec des minimas pouvant atteindre 0°C certains jours (Rakotoarindrazaka, 2011). La diminution de

l'ensoleillement et des températures pendant la saison sèche n'est pas propice à la production de biomasse pour les espèces tropicales, notamment fourragères [4].

I.2.2.1-Atouts et contraintes

Le toposéquence la plus fréquente dans la région inclu (Fig.2) :

- Les bas-fonds, cuvettes fertiles, réservées aux rizières pendant la saison humide, suivi en saison sèche par de l'orge, du blé et des cultures maraîchères ou des cultures fourragères tempérées. Un système d'irrigation plus ou moins maîtrisé permet un apport en eau ;
- Les baiboho, plaines et versants colluvionnaires, fertiles par l'apport d'éléments en provenance des tanety. Leur capacité de rétention en eau et de restitution hydrique offre la possibilité d'y planter des cultures en saison sèche.
- Les tanety, collines peu fertiles, fortement désaturées et peu humifères où peuvent être cultivés toute l'année des fourrages tropicaux semi-pérennes (*Pennisetum purpureum* ou « Kizozi », *Brachiaria* sp...), ou en saison des pluies des associations de culture (maïs-haricot, manioc, taro, taro sauvage, pomme de terre, patate douce, soja, arachide, etc.) parfois suivis par du maïs ou de l'avoine [4].



Figure 2: Trois toposéquences en fin de saison des pluies (avril), au premier plan baiboho, au second plan rizière de bas-fond, en arrière-plan, tanety [4].

Le climat doux et les sols réputés riches du Vakinankaratra, ont attiré dès le milieu du XIXème siècle les colons français et les missionnaires norvégiens qui y ont trouvé les conditions favorables à l'introduction et à l'élevage de vaches de races améliorées, ce qui a permis le développement de l'élevage bovin laitier. Mais les conditions climatiques de la région rendent la production de biomasse difficile durant certaines périodes de l'année, notamment en avril-mai (période de transition entre la saison pluvieuse et la saison froide et sèche, dénommée « intersaison ») et en octobre lors de la période

de soudure (fin de la saison sèche,) voire pendant la saison sèche sur les parcelles non-irriguées. Ceci engendre des difficultés d'alimentation en fourrage des vaches laitières pendant ces périodes critiques [4].

Le développement de l'élevage dans la Région se heurte à plusieurs contraintes :

- La raréfaction des pâturages naturels qui reculent et se dégradent à cause des feux de brousse répétés. La malnutrition et les mauvaises conditions de parage constituent les principales causes de mortalité.
- Le faible recours aux pâturages artificiels qui ne connaissent que peu d'actions de vulgarisation et se trouvent concurrencées par les cultures vivrières.
- L'insécurité pour le cheptel surtout dans l'Ouest de la Région.
- L'état sanitaire du cheptel, satisfaisant dans son ensemble, cependant il est caractérisé par la persistance de quelques épidémies de charbon symptomatique et de dermatose modulaire. Les maladies parasitaires à cause de l'insuffisance des vaccins. La fasciolose est devenue également une maladie endémique au même titre que les autres maladies réputées contagieuses. Le nombre de foyers de morbidité des maladies protozoaires se trouvent multipliés dans tous les Sous-préfectures. Les races améliorées y sont les plus sensibles [5].

I.2.2.2-Solutions

- ❖ Amélioration de l'alimentation par la vulgarisation plus intensive des cultures fourragères et l'utilisation des matières premières agricoles et de la provende ;
- ❖ Mesure sévères contre les feux de brousse et entretien (des points d'eau) ;
- ❖ Développement des organisations des éleveurs (professionnels et inter professionnels) ;
- ❖ Responsabilisation des éleveurs dans les productions animales, tout en développant le professionnalisme.

Pour des actions et consolidation des acquis, il s'agit de veiller à la :

- ❖ surveillance épidémiologique;
- ❖ lutte contre les maladies;
- ❖ santé publique vétérinaire;
- ❖ et amélioration de la collaboration entre autorités décentralisées et autorités déconcentrées sur l'application des textes en vigueur [5].

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE LAIT

II.1-DEFINITION

Selon le congrès International pour la répression des fraudes alimentaires, tenu à Genève en 1908, « le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » [6].

La dénomination LAIT est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ni soustraction. Sans autre précision, elle s'applique au lait de vache, sinon il est précisé lait de brebis, de chèvre ou de toute autre femelle laitière. En aucun cas, la dénomination lait n'est autorisée pour le jus extrait du soja. [43].

Les laits des différentes espèces des mammifères sont constitués de mêmes composants ; mais leurs compositions varient d'une espèce à l'autre. On y trouve des globules des matières grasses en suspension dans une solution contenant le sucre du lait (lactose), des protéines (surtout la caséine) et des sels de calciums, de phosphore, de chlore, de sodium, de potassium et de souffre, donc le lait est un produit équilibré d'un point de vue nutritionnel, adapté aux besoins de chaque espèce.

II.2-CARACTERISTIQUES DU LAIT CRU

II.2.1-CARACTERES ORGANOLEPTIQUES DU LAIT

➤ La Couleur

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait [9]).

REUMONT (2009) explique que dans le lait, deux composants, les lipides sous forme de globules de matière grasse et les protéines sous forme de micelles de caséines diffractent la lumière. Ces agrégats dispersent les rayons lumineux sans les absorber et le rayonnement qu'ils renvoient, est identique en composition au rayonnement solaire, à savoir une lumière blanche [23].

➤ L'odeur

Selon VIERLING (2003), l'odeur du lait est caractéristique du fait de la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette) [24].

➤ La 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 [25].

➤ La viscosité

RHEOTEST (2010) a montré que la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques. La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur [26].

La viscosité du lait varie en fonction de l'espèce animal, c'est ainsi que l'on distingue :

- Un lait visqueux chez les monogastriques (jument, ânesse, carnivores, et femme etc.);
- Un lait moins visqueux chez les herbivores (lait de brebis plus visqueux que celui de la vache) (**Seydi, 2004**).

II.2.2-COMPOSITION CHIMIQUES

Le lait est un mélange complexe et instable, composé à environ 90% d'eau et contenant tous les groupes de nutriments : les matières grasses ou lipides, les glucides (majoritairement représentés par le lactose), les protéines, les minéraux et les vitamines. Ces différents nutriments se répartissent en plusieurs phases :

- Une phase aqueuse ou phase dispersante continue, comprenant les glucides du lait, les protéines solubles, les minéraux et les vitamines hydrosolubles.
- Une phase colloïdale constituée de caséines sous forme micellaire associées à des minéraux (ex: phosphocaséinate de calcium - $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$).
- Une phase émulsionnée de matière grasse sous forme de globules gras pouvant aller de 1 à 20 μm de diamètre, leur taille moyenne étant de 3,5 μm de diamètre [7].

Les compositions chimiques principales du lait sont présentées dans le tableau 7 ci-dessous :

TABLEAU 7 : Composition chimiques du lait de vaches [39].

Substances	Quantités en g/l	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) Eau liée (3,7%)
Glucide : lactose	49	Solution
Lipides	35	En solution de globule gras (3-5 μm)
Matières grasses proprement dite	34	
Lécithines (phospholipides)	0,5	
Protides	34	Suspension micellaire de phosphocaséinate de calcium (0,08-0,12 μm)
Caséines	27	
Protéines solubles (albumine, globuline)	5,5	Solution colloïdale
Sel	9	Solution ou état colloïdale (sel K, Na, Ca, Mg...)
Acide citrique	2	
Acide phosphorique (H_2PO_4)	2,6	
Constituants divers :		
Vitamines, enzymes, gaz dissous	Trace	-
Extrait sec total	127	

Les compositions moyennes de différentes espèces animales sont données dans le tableau 8.

TABLEAU 8 : Composition moyenne de différentes espèces animales [39].

Animaux	Eau (%)	Matière grasse (%)	Protéine (%)	Glucides (%)	Minéraux (%)
Vaches	87,5	3,7	3,2	4,6	0,8
Chèvres	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

II.2.2.1-Eau

L'eau est un élément quantitativement le plus important, elle représente environ 9/10 (81 à 87 %) du lait [8]. Elle contient en solution le lactose, les sels minéraux et des protéines solubles. Elle est également l'élément dispersant des micelles de caséines et des globules de matière grasse. De ce fait les interactions entre l'eau et les autres composants sont à la base même de la stabilité du produit [12].

II.2.2.2-Lipides

Les matières grasses du lait, dont la quantité varie en fonction des conditions d'élevage, se compose principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de β – carotène [10]. (Fig.3)

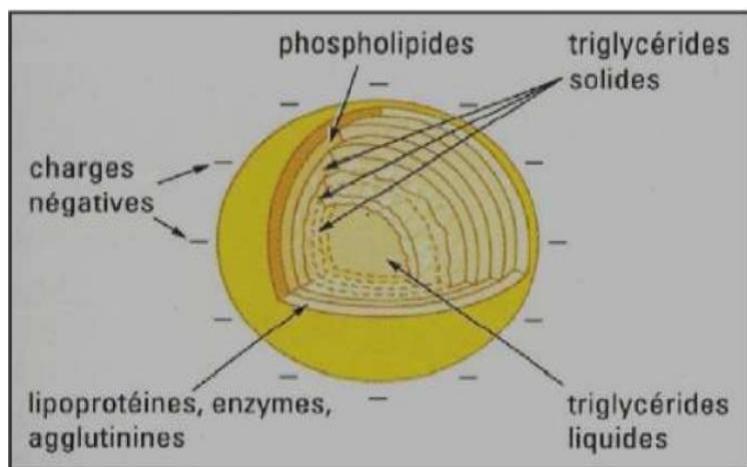


Figure 3 : Composition de la matière grasse du lait [13].

Le tableau 9 montre les différentes compositions lipidiques du lait.

TABLEAU 9 : Composition lipidiques du lait [11].

Constituants	Proportion en lipides du lait (%)
Triglycérides	98
Phospholipides	01
Fraction insaponifiable	01

❖ Les triglycérides

Les triglycérides, à bas point de fusion, sont au centre du globule et les triglycérides solides, à plus haut point de fusion, se superposent aux précédents. Les triglycérides constituent près de 98% de la matière grasse présente dans le lait.

❖ Les phospholipides

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés. Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique et acide linolénique). Les teneurs en cholestérol et en phospholipides, des lipides du lait de chèvre, sont faibles, respectivement de 0.3-0.6 % et de 1 % .

❖ Les acides gras

Le lait de chèvre est un peu plus riche en acides gras à chaîne moyenne (C_6 , acide caproïque, C_8 , acide caprylique, C_{10} , acide caprique) que le lait de vache. Ce dernier est, en revanche, un peu plus riche en acides butyrique (C_4), et oléique (C_{18}) [40].

Les matières grasses du lait ont la forme de petits globules sphériques qui sont invisibles à l'œil nu. La dimension des globules de matières grasses est d'environ 0.1 à 20 μm ($1\mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$). Il est bon de noter que la dimension des globules de matières grasses varie selon l'espèce (les globules sont plus petits dans le lait de chèvre) ; selon la race (les globules sont plus petits chez la race Holstein que chez les Ayrshire et les Jersey) et selon la période de lactation (la dimension des globules diminue vers la fin de la lactation). Le diamètre moyen des globules étant de 3 à 4 μm , on estime qu'il y a environ de 3 à 4 milliards de globules de gras par millilitre de lait entier [11].

La matière grasse du lait a une importance considérable dans l'industrie laitière, puisque c'est l'un des paramètres de base du paiement du lait par les producteurs (LUQUET, 1985).

II.2.2.3-Protéines

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers [7]. On les classe en deux catégories selon leurs solubilités dans l'eau :

- Une phase micellaire composée des particules en suspension, les micelles des caséines.
- Une phase constituée des polymères protéiques hydrophiles, les protéines sériques ou protéines solubles (Sappe et al. 2010).

II.2.2.3.1-Caséines

Les caséines représentent 80 % des protéines totales du lait. Il s'agit de complexes organiques formés à 92 % par des petites protéines caséiniques : α S1, α S2, β , et κ (Farrell et al. 2006 ; Horne, 2006). Les caséines sont composées (\approx 8 %) de minéraux avec essentiellement du phosphate de calcium et en quantité moindre des ions citrate et magnésium [34]. L'élucidation de la structure tridimensionnelle permet d'affirmer que les caséines se regroupent sous formes sphériques appelée micelle. (Fig.4)

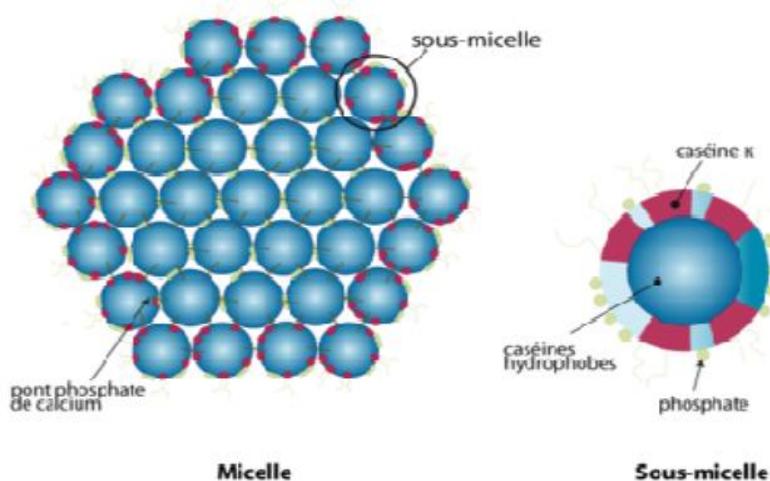


Figure 4 : Représentation de la micelle de caséine

La caséine α S1 est la protéine la plus abondante du lait puisqu'elle représente environ 40% des caséines.

La caséine α S2 représente environ 10% des caséines.

La caséine β est une protéine qui constitue environ 35% des caséines.

La caséine K ne représente qu'environ 12% des caséines.

II.2.2.3.2-Protéines solubles du lactosérum

Les protéines de sérum, qui représentent environ 20% des protéines totales, se retrouvent sous forme de solution colloïdale. Les deux principales sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine ; les autres protéines du sérum sont les immunoglobulines, le sérum albumine bovine (SBA) et la lactoferrine.

❖ β -lactoglobuline

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

❖ α -lactalbumine

α -lactalbumine est une protéine de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques. Métalloprotéine (elle possède un atome de calcium par mole) du type globuline (structure tertiaire quasi sphérique). Elle présente environ 22% des protéines du serum [13].

❖ Immunoglobulines

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

Sérum albumine bovine (SBA) : Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Comptant un seul variant génétique est identique au sérum albumine sanguin [13].

II.2.2.4-Glucides : lactose

Le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie [14].

Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable varie entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache. Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait [15].

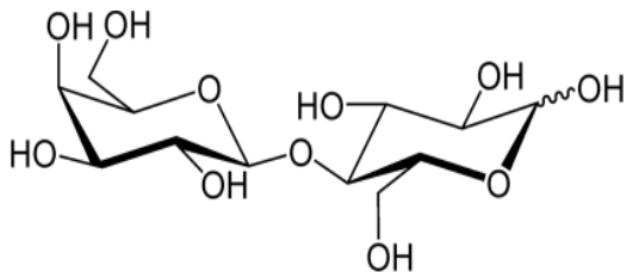


Figure 5 : Molécule de lactose

II.2.2.5-Sels minéraux

La quantité des minéraux contenus dans le lait après incinération varie de 0,60 à 0,90%. Ils prennent plusieurs formes ; ce sont le plus souvent des sels, des bases, des acides [16].

À cette liste s'ajoutent certains éléments, comme le soufre présent dans les protéines et les oligo-éléments suivants, qui sont présents à de faibles concentrations ou à l'état de trace : manganèse, bore, fluor, silicium, brome, molybdène, cobalt, baryum, titane, lithium et probablement certains autres. Cette composition est sujette à d'importantes variations selon les saisons et l'alimentation des vaches. Ainsi, un lait provenant de vaches en pâturage sera plus stable lors des traitements thermiques puisque sa teneur en citrate sera plus élevée ; ce composé fixe le calcium qui peut avoir un effet déstabilisant. Il est important de noter que la composition en minéraux d'un lait mammiteux tendra à se rapprocher de la composition du sang ; c'est pourquoi il sera plus riche en chlorures et en sodium, mais moins riche en calcium, magnésium, potassium et phosphore [16].

Les minéraux du lait se trouvent sous deux formes principales, surtout sous forme de sels ionisés et solubles dans le sérum et sous forme micellaire insoluble. Les éléments basiques majeurs comme le calcium, le potassium, le magnésium et le sodium forment des sels avec les constituants acides que sont les protéines, les citrates, les phosphates et les chlorures. En outre, le calcium, le magnésium, les citrates et les phosphates se trouvent sous forme colloïdale dans les micelles de caséines [16].

La composition des minéraux du lait sont données par le tableau 10.

TABLEAU 10 : Composition du lait en minéraux [16].

Minéraux	Teneur (mg.kg ⁻¹)
Sodium (Na)	445
Magnésium (Mg)	105
Phosphore (P)	896
Chlore (Cl)	958
Potassium (K)	1500
Calcium (Ca)	1180
Fer (Fe)	0,50
Cuivre (Cu)	0,10
Zinc (Zn)	3,80
iode (I)	0,28

II.2.2.6-Vitamines

Les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. On les retrouve en très petite quantité dans les aliments. Le lait figure parmi les aliments qui contiennent la plus grande variété de vitamines, toutefois, les teneurs sont souvent assez faibles [16].

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (JEANTET et coll. 2008).

Le tableau 11 nous donne le teneur moyenne des principales vitamines du lait.

TABLEAU 11: Teneur moyenne des principales vitamines du lait [17].

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotène)	40µg/100ml
Vitamine D	2.4µg/100ml
Vitamine E	100µg/100ml
Vitamine K	5µg/100ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45µg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175µg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50µg/100ml
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0.45µg/100ml
Niacine et Niacinamide	90µg/100ml
Acide pantothénique	350µg/100ml
Acide folique	5.5µg/100ml
Vitamine H (Biotine)	3.5µg/100ml

II.2.2.7-Enzymes :

Les enzymes sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile [18].

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 [17].

Les principaux enzymes du lait sont présentés dans le tableau 11.

TABLEAU 12 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait [13].

Groupes d'enzymes	Classes d'enzymes	pH	Températures (°C)	Substrats
Hydrolases	Estérases			
	Lipases	8,5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcalines	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4,0-5,2	37	Esters phosphoriques
	Protéases			
Déshydrogénases ou oxydases	Lysozyme	7,5	37	Parois cellulaires microbiennes
	Plasmine	8	37	Caséines
	Sulfhydrile oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8,3	37	Bases puriques
	Lactoperoxydase	6,8	20	Composés réducteurs + H ₂ O ₂
Oxygénases	Catalase	7	20	H ₂ O ₂

II.2.3-CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité [7].

II.2.3.1-Masse volumique et densité

Selon POINTURIER (2003), la masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. Elle est habituellement notée ρ et s'exprime en Kg.m⁻³ dans le système métrique. Comme la masse volumique dépend étroitement de la température, il est nécessaire de préciser à quelle température (T) elle est déterminée.

La masse volumique du lait entier à 20°C est en moyenne de 1030Kg.m⁻³ [7].

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau, on a :

$$d = \frac{\rho_{lait}}{\rho_{eau}} \quad (\text{Relation 1})$$

ρ_{lait} : la masse volumique du lait.

ρ_{eau} : la masse volumique de l'eau.

Comme la masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000Kg.m⁻³, la densité du lait à 20°C par rapport à l'eau à 4°C est d'environ 1.030 ($d_{20/4}$).

II.2.3.2-Stabilité à la chaleur

Le lait frais peut maintenir sa structure normale lorsqu'il est exposé à de courtes périodes de chaleur intensive. Cependant, l'exposition prolongée à la chaleur dégrade la structure des micelles de caséines et modifie la structure du lactose qui tend à réagir avec les protéines. La stabilité à la chaleur peut donc indiquer la qualité d'un lait. Un lait acide se déstabilise plus rapidement à la chaleur qu'un lait normal. (Wattiax, 1997).

➤ **Point de congélation**

NEVILLE et JENSEN (1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

Sa valeur moyenne se situe entre - 0.54 et - 0.55°C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. On constate de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production. On a par exemple signalé des variations normales de - 0.530 à - 0.575°C. Le mouillage élève le point de congélation vers 0°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 [14].

Un point de congélation supérieur à -0,530°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait. On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'un cryscope [20].

➤ Point d'ébullition

D'après AMIOT et coll. (2002), on définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C.

II.2.3.3-pH du lait

Le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. À la traite, le pH du lait est compris entre 6,6 et 6,8 et reste longtemps à ce niveau. S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium (H_3O^+) et donc une diminution du pH. Un lait alcalin est un lait pathogénique (lait de mammite).

II.2.3.4-Acidité du lait

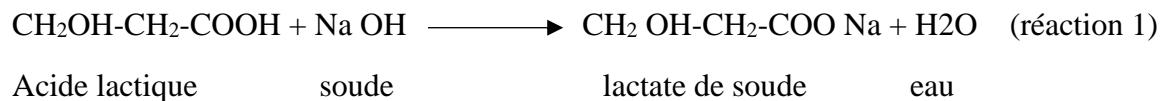
Selon JEAN et DIJON (1993), l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique.

L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaleïne. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D). L'acidité titrable du lait normal est de 15 à 18 °D.

1°D = 1 millilitre d'acide lactique dans 10 millilitre de lait soit 0,1 gramme d'acide lactique par litre. 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 (Ndiaye, 1991).

Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité ≤ 21 °D. Un lait dont l'acidité est ≥ 27 °D coagule au chauffage ; un lait dont l'acidité est ≥ 70 °D coagule à froid.

Equation de dosage:



Nous allons voir dans le tableau 13 quelques valeurs des caractéristiques physico-chimiques du lait de vaches.

TABLEAU 13 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de vaches

Caractères physico-chimiques	Valeur
Energie(Kcal/L)	705
Densité du lait entier à 20 °C	1,028 à 1,033
Point de coagulation (°C)	-0,520 à-0,550
pH	6,60 à 6,80
Acidité titrable (°Dornic)	15-17
Tension superficielle du lait entier à 15 °C (dynes cm)	50
Conductivité électrique à 25 °C (Siemens)	$45*10^{-4}$
Indice de réfraction	1,45-1,46
viscosités du lait entier à 20 °C (centipoises)	2,0-2,2

CHAPITRE III : LES CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DU LAIT

III.1-Introduction

Le lait est par sa composition, un aliment de choix, il contient des matières grasses, lactose, protéines, sels minéraux, des vitamines et de 87% d'eau. Son pH est de 6.7, il va être un substrat très favorable au développement des microorganismes [29]. Le lait est utilisé sous nombreuses formes et il est la matière première de nombreux produits alimentaires.

III.2-Flores microbiennes du lait

On répartit les microorganismes du lait, selon leur importance, en deux grandes classes : La flore indigène ou originelle et la flore contaminant. Cette dernière est subdivisée en deux sous classe : la flore d'altération et la flore pathogène [13].

III.2.1-Flores originelle ou indigènes

Le lait contient relativement peu de microorganisme quand il est sécrété à partir de la mamelle d'un animal en bonne santé. Il devrait contenir moins de 5000 UFC (unités formant colonies). La flore naturelle du lait cru est un facteur essentiel particulièrement à ces propriétés organoleptiques [27].

Le Lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées « lacténines » mais leur action est de très courte duré environ 1 heure [28].

D'autre microorganisme peuvent se retrouver dans le lait cru issus d'un animal malade, ils sont généralement pathogènes et dangereux au point de vie sanitaire.

❖ 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. Elles sont partout dans la nature, et se trouvent aussi dans le système digestif de l'homme. 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.

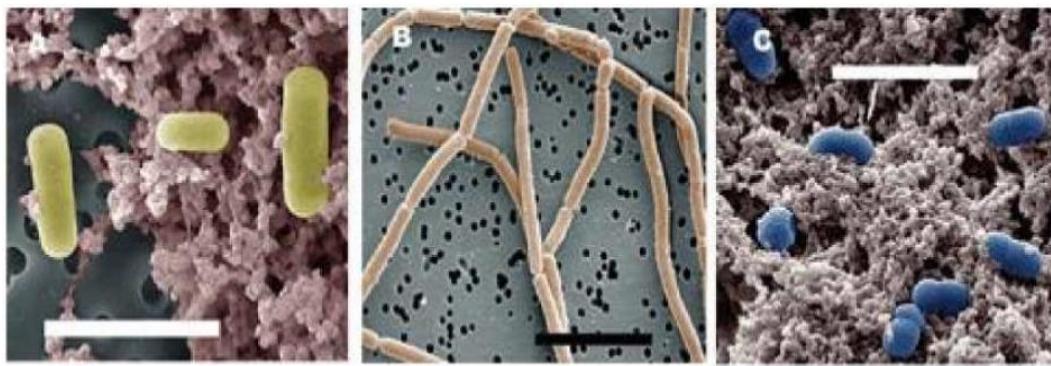


Figure 6 : Bactéries lactiques [44].

(A): *Lactobacillus helveticus*. (B): *Lactobacillus delbrueckii*. (C): *Lactococcus lactis*.

III.2.2-Flores de contamination

Cette flore est l'ensemble des microorganismes contaminant le lait de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire [13].

Le lait se contamine par des microbes d'origines diverses :

Fèces et téguments de l'animal : *Coliformes*, *Clostridies*, et éventuellement *des Entérobactéries* pathogènes (*salmonella*).

Sol : *Streptomyces*, bactéries sporulées, spores fungiques, listéria.

Litière et aliments : flore banale variée, en particuliers, *Lactobacilles*, *Clostridium butyriques* (Ensilages).

Air et eau : flore diverse dont *Pseudomonas*, bactérie sporulées, etc.

Équipements de traite et de stockage du lait : flore lactique, microcoque, *Lactobacilles*, *Streptocoques*, *Leuconostoc*, levure, cette flore sera souvent spécifique d'une usine à une autre.

Manipulateurs : *Staphylocoques* dans le cas de traite manuelle.

Vecteurs divers : insectes en particulier, flore de contamination fécale [29].

III.2.3-Flores d'altérations

Seules quelques-unes des espèces présentes seront responsables de l'altération du produit. Elles sont sélectionnées en fonction des conditions physico-chimiques mises en jeu (nature de produit, pH, pression partielle en oxygène, température de stockage, etc.) [30].

III.2.3.1-Bactéries de types coliformes

Les coliformes sont des bactéries Gram (-) non sporulées, aérobies ou anaérobies facultatives. [31].

Des exemples ; genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*.

III.2.3.2-Levures et moisissures

Elles se manifestent dans le fromage (peu dans le lait). Les levures sont des champignons microscopiques unicellulaires et sont souvent rondes à ovales, la division se fait par bourgeonnement, plus rarement par scissiparité. Les levures d'altération sont associées au domaine laitier [32].

MEYER et al. 2004 ont cité que les moisissures sont des champignons microscopiques filamentueux, dix fois plus grosse que les levures, il existe plusieurs genres de moisissures notamment les genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium*.

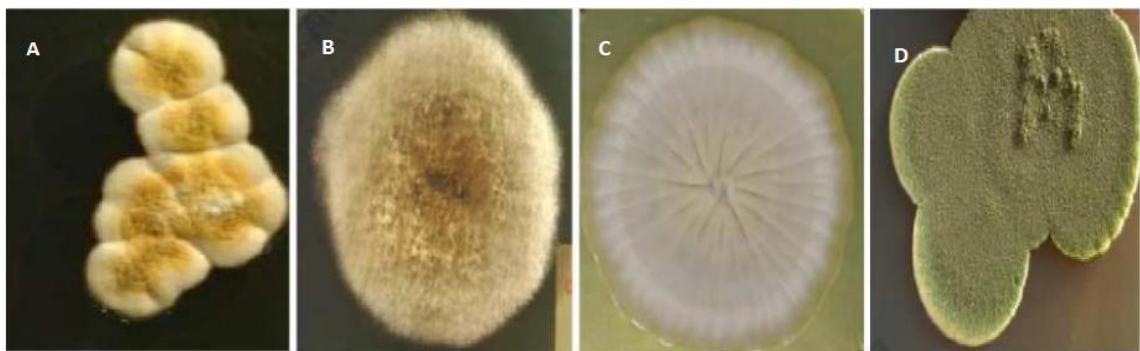


Figure 7 : Différentes genres de moisissures de gauche à droite [44].

(A): *Alternaria alternata* (B): *Penicillium pupurogenum* (C): *Cladosporium hebarum*

(D) : *Penicillium pupurogenum*.

III.2.3.3-Streptocoques (fécaux), les Streptocoques lactiques et les Lactobacilles.

Les *Streptocoques* sont des témoins de contamination fécale, entraînent très souvent une très forte protéolyse. Les *Streptocoques* lactiques et les *lactobacilles* (qui sont de la flore indigène du lait) sont recherchés pour la fabrication du fromage, peuvent en grande abondance, acidifier trop rapidement le lait ce qui provoque la coagulation.

III.2.4-Flores pathogènes

Les germes pathogènes auxquels on accorde une importance particulière, en raison de la gravité ou de la fréquence des risques qu'ils présentent sont cités ci-dessous :

- Les principales bactériennes infectieuses sont *Salmonella sp*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* et *Campylobacter sp*.
- Les principales bactéries toxigènes sont *Staphylococcus sp* *Clostridium botulinum* [13]



Figure 8 : Différentes bactéries infectieuses [44].

Le tableau 14 nous présente quelques propriétés des micro-organismes du lait

TABLEAU 14 : Quelques propriétés des micro-organismes du lait

Les microorganismes	Les caractéristiques	Les effets	Références
<i>Clostridium</i>	Gram positif Anaérobies strictes	Contamination du lait au moment de la traite.	BOURGEOIS et LEVEAU, 1991
<i>Escherichia coli</i>	Mobiles Pathogènes	Capable de fermenter le glucose et le lactose.	CARIP, 2008
<i>Salmonella</i>	Pathogène Gram positif Mobile sensible au pH acide Aero-anaerobies facultatifs	Capable de fermenter le glucose, Incapable de fermenter le lactose.	CARIP, 2008
<i>Staphylococcus</i>	Gram positif Immobile Non capsules Non sporules	Capable de fermenter le glucose.	LORY et al., 2004 CARIP, 2008

❖ **Staphylococcus aureus**

Staphylococcus aureus est le micro-organisme pathogène le plus souvent incriminé dans des cas de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) par le lait et les produits laitiers. Elle déclenche des nausées, vomissements, diarrhées, douleurs abdominales et maux de tête voire des conséquences plus graves chez les jeunes enfants, les femmes enceintes et les personnes immunodéprimées. La contamination du lait cru à la production est due à la flore présente dans la mamelle en cas d'infection, de la flore de contamination apportée par le milieu extérieur au cours des différentes manipulations.

❖ **Salmonellas**

Salmonella est une bactérie naturellement présente dans l'intestin des animaux (en particulier chez les volailles et les porcs), des oiseaux, des reptiles, de certains animaux de compagnie et de certaines personnes. Elle est également présente dans l'environnement et peut contaminer le lait à la production à la ferme (**Van Kessel et al, 2004**). Les personnes qui consomment du lait contaminé par Salmonella sont susceptibles de contracter la salmonellose. Comme dans le cas d'autres toxi-infections alimentaires (Streit et al, 2006), les symptômes de la salmonellose ressemblent à ceux de la grippe.

❖ **Coliformes totaux**

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (**Archibald, 2000 ; Edberg et al, 2000**). Des coliformes banals absorbés en quantité massive (1 million à 1 milliard de germes) peuvent déclencher des troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements et diarrhée), habituellement de courte durée.

La première partie nous a permis de voir les différentes conditions d'élevage de bovin ainsi que les atouts et les contraintes pour le développement de l'élevage bovin dans la région du Vakinankaratra, on a aussi vu quelques notions sur le lait plus précisément sur les caractères organoleptiques du lait, ses compositions chimiques, ses caractéristiques physico-chimique et enfin ses caractéristiques microbiologiques. Nous allons passer maintenant dans la partie suivante qui sera consacré totalement à la présentation des matériels qui ont été utilisé lors de l'analyse et à la méthodologie à suivre pour le bon déroulement de l'analyse.

Partie 2 :

Matériels et Méthodes

I-Présentation de l'unité d'étude

La société SOCOLAIT est une société privée de production de lait et de ses dérivées et autres produits alimentaires. Elle est située à Antsirabe dans le commune Mandaniresaka

I.1-Historique

- Création en 1970 par la société NESTLE SA
- 1972 : fabrication de lait concentré sucré
- 1980 : fabrication de la Farine de blé Lactée (FARILAC)
- 1981: nationalisation de l'usine sous la dénomination « société Malagasy de Produit Laitiers ».
- 1989: fabrication de beurre, yaourt, lait frais pasteurisé, fromage.
- 1992 : privatisation de la SMPL, rachat par le groupe KARMALY
- 1993 : nouvelle dénomination SOCOLAIT
- Avril 2000 : rachat par le groupe SMPT
- Avril 2012 : rachat par de nouveaux actionnaires SA-CA (Société Anonyme avec Conseil d'Administration)

I.2-Situation actuelle

- **Activités :** Fabrication des produits alimentaires et Transformation du lait
- **Produits fabriqués :**
 - Produit de longue conservation: lait concentré sucré, farine lactée infantile (FARILAC);
 - Produits laitiers frais: yaourts, fromages affinés, fromages frais, beurre.
- **Raison sociale :** Société Anonyme avec Conseil d'Administration
- **Capital :** 5 400 000 000 Ar
- **Président Conseil d'administration :** Monsieur DELAPORTE Antoine
- **Directeur Général :** Monsieur PENOUTY Philippe
- **Superficie de l'Usine:** 55 000 m² bâtie dans le cadre de sécurité alimentaire, la SOCOLAIT a été certifiée HACCP depuis le 15 Novembre 2014 par SGS

I.3-Organigramme :

L'organigramme de la société SOCOLAIT est présenté dans la figure 9.

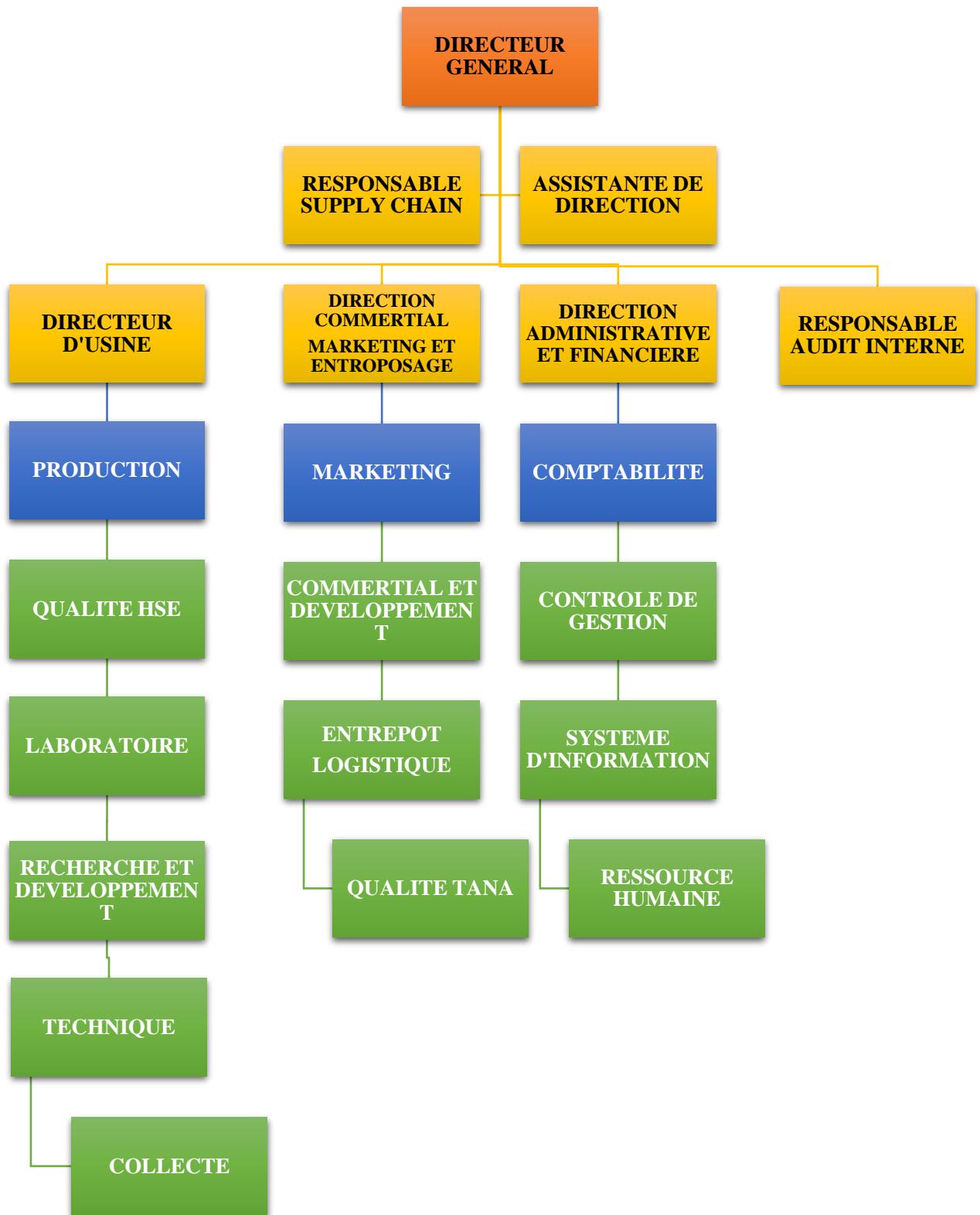


Figure 9 : Organigramme de la société SOCOLAIT

I.4-Analyse réalisé :

Durant ce travail, nous avons effectué des analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait des différents fournisseurs de la société SOCOLAIT et aussi fait les analyses au niveau du laboratoire de cette unité. Les paramètres physico-chimiques et microbiologiques étudiés sont résumés dans la figure 10 :

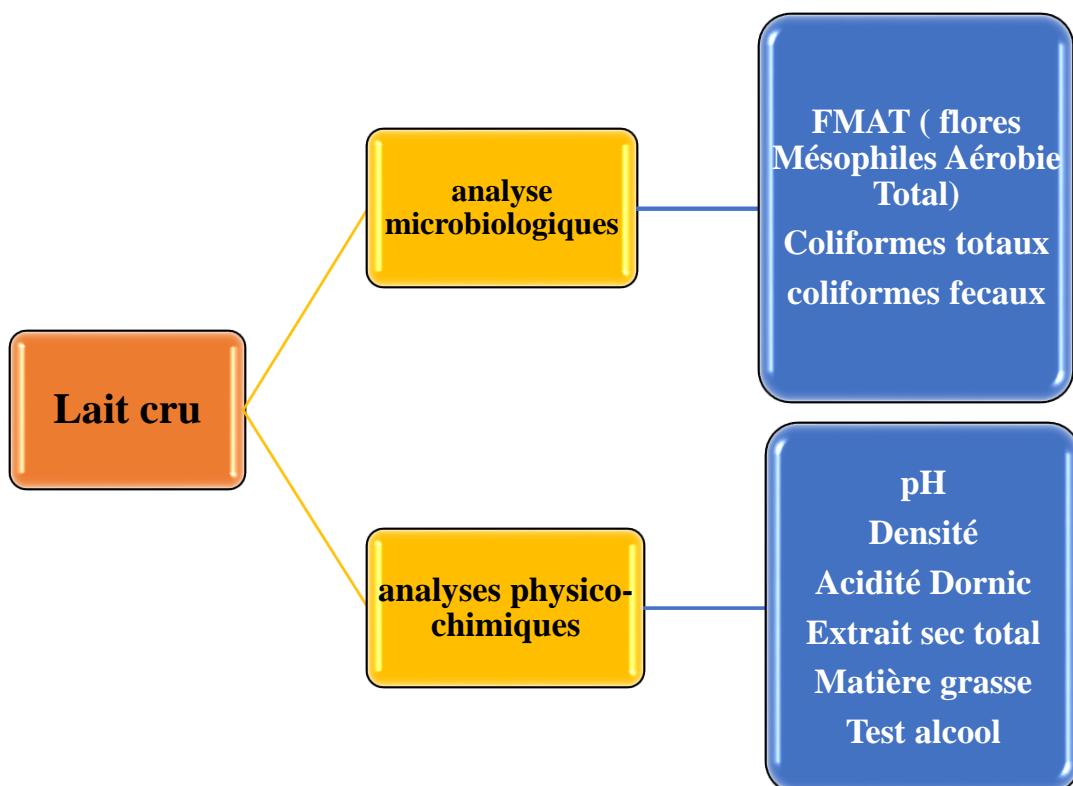


Figure 10: Schéma représentatif de différentes analyses réalisées sur le lait

II-MATERIELS ET METHODES

II.1-Prélèvement des échantillons :

Les échantillons analysés sont des laits crus entiers qui proviennent des collecteurs qui fournissent la société SOCOLAIT. Nous avons prélevé des échantillons de chaque six fournisseur ; qui proviennent principalement d'Ambohibary, d'Andranomanelatra, de Betafo et de Manandona ; lors de leur livraison dans l'usine. Nous avons fait l'analyse pendant 4 jours. Chaque jour, les six échantillons ont été prélevés dans un récipient stérile de 1 Litre puis transporter dans une glacière à température ambiante jusqu'au laboratoire. Avant chaque prélèvement, le lait est bien mélangé manuellement pour obtenir un échantillon homogène.

II.2-MATERIEL :

II.2.1-Matériels pour l'analyse physico-chimique :

Appareillage :

- Balance analytique
- Centrifugeuse (GERBER)
- pH-mètre
- Réfrigérateur
- Thermomètre
- Thermo-lacto-densimètre
- Agitateur magnétique
- Thermobalance
- Ultra X M /7

Verrerie :

- Butyromètres à lait (4 %)
- Éprouvette
- Bécher, Pipettes graduées (10ml, 11ml)
- Fioles jaugées
- Tube à essai

II.2.2-Matériels pour analyses Microbiologiques

Matériel courant de laboratoire de microbiologie, et notamment :

Appareillage :

- Balance de précision
- Homogénéisateur
- Autoclave
- Etuves d'incubation : 37 °C, 44 °C, 46 °C, 30 °C
- Bain marie
- Bec Bunsen
- Réfrigérateur

Verrerie :

- Pipettes graduées
- Pipettes pasteurs
- Boites de pétri
- Tubes à essai stériles
- Flacon stérile

II.2.3-Milieux de culture

Les Milieu VRBA sont utilisé pour la recherche et dénombrement des coliformes Totaux et fécaux, le Gélose PCA pour la recherche et le dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux et enfin l'Eau Peptonnée Tamponnée ou EPT pour les dilutions.

II.3-METHODE DE CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUES :

II.3.1-Test alcool

Principe

Le test d'alcool permet de détecter une acidification trop avancée du lait frais. Notons que cette acidification est la résultante de l'acidité naturelle du lait et par la réaction des microorganismes contaminants. C'est une réaction entre l'alcool et l'acide, ce qui permet une obtention de coagulation plus ou moins fine. En présence d'alcool, un trouble se forme lorsque le lait contient un excès d'acide par rapport à la normale. Le réactif utilisé est une solution aqueuse d'Alcool éthylique 68% en poids (m /m) ou 75,5% en volume (v/v).

Mode opératoire

Le lait a été bien mélangé puis a été prélever au moyen d'une pipette de 2 mL et a été versé dans un tube à essai ensuite 2 mL d'alcool était ajouter par-dessus du lait enfin on a mélangé le tout sans secouer par rotation du poignet.

Un lait normal ne présente pas une coagulation tandis que pour un lait acidifié, on constate une coagulation.

II.3.2-Détermination du potentiel d'hydrogène ou pH et de la température

Juste après le prélèvement, la température du lait est mesurée à l'aide d'un thermomètre. Dès l'arrivée des échantillons de lait cru dans le laboratoire, le ph est mesuré à l'aide d'un pH-mètre munis d'un thermomètre. L'analyse se fait, après étalonnage du pH-mètre aux pH 7,01 et 4,00, en plongeant l'électrode dans un petit volume de lait prélevé dans un bêcher.

II.3.3-Détermination de la densité

Principes

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20°C et la masse du même volume d'eau [36]. La densité du lait est mesurée à partir d'un lacto-densimètre à lait. On introduit l'aréomètre à lait dans une éprouvette contenant le lait, et on lit la valeur indiquée (**lecture sur le ménisque supérieur**).

Appareillage

- Lactodensimètre avec thermomètre incorporé
- Eprouvette cylindrique sans bec, de hauteur apportée à celle de lactodensimètre et de diamètre intérieur supérieur de 9 mm au moins au diamètre de la carène de lactodensimètre

Mode opératoire

Le lait est verser dans l'éprouvette tenue inclinée afin d'éviter la formation des mousses et des bulles d'air, l'éprouvette est ensuite à remplir jusqu'à un niveau tel que le volume restant soit inférieur à celui de la carène de lactodensimètre (il est commode de repérer ce niveau par un trait de jauge sur l'éprouvette), puis plongeons doucement le lactodensimètre dans le lait en le maintenant dans l'axe de l'éprouvette et en le retournant dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre, l'introduction du lactodensimètre dans l'éprouvette plein de lait provoque un débordement du liquide, ce débordement est nécessaire, il débarrasse la surface du lait des traces de mousse qui gêneraient la lecture, l'éprouvette ainsi remplie est placé en position verticale. On attend que le lactodensimètre se stabilise avant d'effectuer la lecture de la graduation, cette lecture étant effectué à la partie supérieure du ménisque, lire la température.

Sur le lactodensimètre on lit à la surface d'un côté la température et de l'autre la densité. Cependant si le lactodensimètre est utilisé à une température autre que 15°C, une correction de la lecture doit être faite de la manière suivante :

- Si la température est à 15°C la densité est en effet réelle.
- Si la température du lait au moment de la lecture est inférieur à 15°C, diminuer la densité lue de 0,2 par degré au-dessous de 15°C.
- Si la température du lait au moment de la lecture est supérieur à 15°C, augmenter la densité lue de 0,2 par degré au-dessus de 15°C.

La densité est donnée par la formule suivante : $D=D'+0.2(T-20^{\circ}\text{C})$ (D = densité corrigée, D' = densité brute, T = température).



Figure 11: mesure de la densité par lactodensimètre

II.3.4-Détermination de l'acidité titrable

Principes

L'acidité titrable du lait est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait [35]. La détermination de l'acidité du lait est basée sur la neutralisation de l'acidité lactique dans le lait par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaleïne comme indicateur coloré.

Les réactifs doivent être de qualité analytique. L'eau utilisée doit être de l'eau distillée ou de l'eau de pureté au moins équivalente :

- Solution de phénolphthaleïne à 1% (m/v) dans l'éthanol à 95%.
- Solution titrée d'hydroxyde de sodium 0.1N.

Matériels :

Matériels de laboratoires courant notamment :

- L'agitateur magnétique
- Burette graduée en 0,05 ou en 0,1 mL permettant d'apprecier la demi-division
- Pipette graduée de 10 mL pour verser la solution à titrer
- Becher,
- Barreau aimanté pour agiter la solution à titrer.

Mode opératoire

Dans un bécher introduisons 10 ml de lait prélevé à la pipette, ou poser à 0.001g près, environ 10g de lait, ensuite on ajoute dans le bécher quatre gouttes de la solution de phénolphthaleine, puis on fait le dosage par la solution d'hydroxyde de potassium 0.1N jusqu'à virage au rose, facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lait. On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de secondes, on a effectué au moins deux déterminations sur le même échantillon préparé.

L'acidité exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait est égale à :

$$C_0 = V_{NaOH}$$

(Relation 2)

C_0 : la concentration de l'acide lactique

V_{NaOH} : le volume d'hydroxyde de sodium à utiliser

Acidité Dornic

L'Acidité Dornic est la résultante de l'acidité naturelle du lait (liée à sa richesse en protéines et minéraux) à laquelle vient s'ajouter l'acidité développée (grâce à l'action des fermentes lactiques qui transforment le lactose du lait en acide lactique). La quantité de soude en mL, versée, multipliée par 10 correspond au degré Dornic d'où :

$$1^{\circ}D = 10 \times C_0$$

$$AD = V_{NaOH} \times 10$$

(Relation 3)

Avec AD ($^{\circ}D$) : l'acidité Dornic du produit à analyser

V_{NaOH} : volume de la soude N/9 versé.

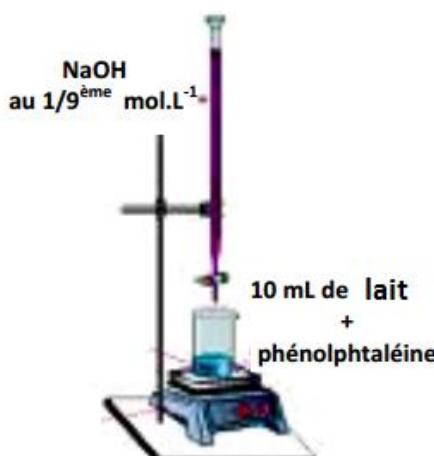


Figure 12 : dosage volumétrique

II.3.5-Détermination de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique)

Principe

La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle qui, lorsqu'elle est appliquée à un lait entier de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne à 20°C (27°C dans les pays tropicaux), donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100g de lait ou 100mL de lait [35].

Après dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique, il y a une séparation de la matière grasse du lait par centrifugation, dans un butyromètre. La séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylque. L'obtention de la teneur en matière grasse (en grammes pour 100g ou 100mL de lait) est par la lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

On a utilisé l'Acide sulfurique concentré 1.820 ± 0.005 g/mL, incolore ou à peine ambrer ne contenant aucune impureté pouvant agir sur le résultat, comme réactifs et aussi l'Alcool iso-amylque 1.813 ± 0.005 g/mL.

Matériels

- Butyromètre à lait muni d'un bouchon approprié
- Pipette pour le prélèvement du lait
- Pipette ou système automatique permettant de délivrer $10.0\text{mL} \pm 0.2\text{mL}$ d'acide sulfurique
- Pipette ou système automatique permettant de délivrer $1.0\text{mL} \pm 0.5\text{mL}$ d'acide iso-amylque
- Centrifugeuse GERBER, dans laquelle les butyromètres peuvent être placés, muni d'un indicateur de vitesse donnant le nombre de tours à la minute à $\pm 50\text{tr/min}$ maximum
- Bain d'eau à la température de $65^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
- Thermomètre approprié destiné à vérifier la température du bain d'eau

Mode opératoire

➤ Préparation du butyromètre à la prise d'essai

A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique on mesure 10 mL d'acide sulfurique et les introduire dans le butyromètre; puis on prélève immédiatement, à l'aide d'une pipette, le lait d'un volume fixé de 11mL et le verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci de façon qu'il forme une couche au-dessus de l'acide. A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique, on mesure 1 mL d'alcool iso-amylque et l'introduire dans le butyromètre sans mouiller le col du butyromètre ni mélanger les liquides et enfin bien boucher le butyromètre sans perturber son contenu.

➤ Dissolution des protéines

On agite et retourne le butyromètre jusqu'à ce que son contenu soit complètement mélangé, et jusqu'à ce que les protéines soient entièrement dissoutes.

➤ Centrifugation

Le butyromètre est placé dans un bain d'eau à $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 5 minutes, puis on met immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse GERBER, amener la centrifugeuse à la vitesse requise (1200 tr/min) et maintenir cette vitesse pendant 5 minutes, enfin remettre le butyromètre dans le bain marie pendant 5 minutes et centrifuger une deuxième fois durant 5 minutes.

➤ Lecture

Le butyromètre est enlevé de la centrifugeuse, le bouchon étant toujours ajusté vers le bas et ajuster soigneusement le bouchon pour amener l'extrémité inférieure de la colonne grasse avec le minimum de mouvement de cette colonne devant le repère le plus proche. On note le trait de repère correspondant à l'extrémité inférieure de la colonne grasse de matière grasse puis en ayant soin de ne pas bouger celle-ci, aussi rapidement que possible, noter le trait de repère en haut de la colonne de matière grasse coïncidant avec le point le plus bas du ménisque.

La teneur en matière grasse de lait est :

$$\mathbf{X = B - A}$$

(Relation 4)

Où : **A** est la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse

B est la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de matière grasse

La teneur en matière grasse est exprimée, soit en gramme pour 100g de lait, soit en grammes pour 100ml.



Figure 13 : Butyromètre



Figure 14 : Centrifugeuse GERBER

II.3.6-Détermination de l'extrait sec total (matière sèche totale) :

Principe

On entend par matière sèche du lait le produit résultant de la dessiccation du lait dans les conditions décrites par la présente norme [35].

Une quantité du produit à analyser, déposée sur une capsule, est séchée à l'aide de rayons infra-rouge pendant 10 minutes. Le résidu sec obtenu est pesé et on obtient l'extrait sec total.

Matériels

- ✓ Thermo-balance A&D mx-50
- ✓ Ultra X M/7
- ✓ Petit matériel (cuillère ou seringue ou pipette) pour la prise de l'échantillon
- ✓ Capsule
- ✓ Un dessicateur pour le refroidissement de la capsule

Mode opératoire :

➤ Utilisation de la thermo balance

Une capsule est posée sur la thermobalance puis tarée. 1 à 1,5 gramme d'échantillon ensuite étalé sur la capsule puis l'appareil est mis en marche pour permettre l'évaporation de l'eau présente dans le produit à une température de 125°C.

La quantité de l'eau en pourcentage est directement affichée sur l'écran de la thermobalance. L'EST est déterminé de la façon suivante :

$$\boxed{\text{EST (en \%)} = 100\% - \text{pourcentage d'eau}}$$

(Relation 5)

➤ Utilisation de l'ultra X M /7

On pèse une capsule vide qu'on notera M1 puis tarée la balance, on met ensuite 1 à 1,5 gramme d'échantillon sur la capsule noté M2 puis mettre la capsule sur l'appareil et chauffer pendant 10 minutes à une température de 155°C, enfin on prend la masse après évaporation de l'eau noté M3.

L'extrait sec total est (exprimé en %) :

$$\boxed{\text{EST (en \%)} = \frac{M3-M1}{M2} * 100}$$

(Relation 6)

II.3.7-Mesure de la teneur en matière sèche dégraissée

La matière sèche dégraissée est obtenue par différence entre la matière sèche totale et la matière grasse. Les laits normaux contiennent habituellement de 90 à 95 g de matière sèche non grasse.

$$\boxed{\mathbf{ESD} = \mathbf{EST} - \mathbf{MG}}$$

(Relation 7)

ESD : extrait sec dégraissée.

EST : extrait sec total.

MG : matière grasse.

II.3.8-Quelques tests supplémentaires pour le contrôle qualité du lait :

II.3.8.1-Test mammite :

Principe

Ce test met rapidement en évidence par tests simples, des lais provenant d'animaux d'une infection de la mamelle (mammite). Ce test s'applique uniquement au lait cru.

Une concentration en cellules somatiques (leucocytes) supérieure à 500 000/mL de lait est considérée généralement comme une valeur indicative de lait provenant soit d'un animal souffrant d'une infection de la mamelle soit d'un animal en début de lactation (colostrum) ou en fin de lactation (tarissement).

On a utilisé le Solution d'hydroxyde de sodium (concentration normale) comme reactifs.

Mode opératoire

Bien essuyer la plaque de verre ensuite déposer, avec la pipette, 3 gouttes de lait à examiner. Ajouter 1 goutte de la solution d'hydroxyde de sodium N et mélanger soigneusement pendant 30 secondes en formant des cercles de 2 à 3 cm de diamètre.

La réaction est négative si aucune flocculation ne se produit immédiatement et si le lait reste opaque. Dans tous les autres cas où une flocculation se produit et où il y a séparation de sérum, la réaction est positive.

II.3.8.2-Test urine

Ce test permet de déceler rapidement la présence d'urine dans le lait.

Réactifs

- ✓ Acide sulfurique concentré $1.820 \pm 0.005 \text{ g/ml}$.
- ✓ Sulfate ferrique

Mode opératoire

On introduit dans un tube à essai 1 à 2 ml d'acide sulfurique puis ajouter 10 gouttes de sulfate ferrique à 5 %, et mélanger doucement. Recouvrir de 10 ml de lait suspect.

Si le lait contient de l'urine, un anneau rose se forme à la séparation des deux liquides. Cette teinte rose n'apparaît parfois qu'après un léger chauffage.

II.3.8.3-Test bicarbonate de sodium

Principe

Le test permet de déceler rapidement l'ajout de bicarbonate dans le lait.

Le bicarbonate se combine à l'acide lactique produit lors de la fermentation lactique du lait et neutralise ainsi l'acidité du lait, en conséquence le lait ne caillera plus à l'ébullition et accusera une acidité normale.

Test	PH	Acidité °D	Test d'Alcool 70
500 cc lait normal	6.6 à 6.8	17	Positif
+ 2g de soude	6.7 à 6.9	15	Négatif
+ 3g de soude	6.7 à 6.9	14	Négatif

Réactifs

- ✓ Oxalate de potassium à 30 %
- ✓ Phénolphtaléine à 2 %

Mode opératoire

On met 5 ml de l'échantillon de lait dans un tube à essai, puis porté à ébullition pendant 3 minutes.

Ensuite on ajoute 5 gouttes d'oxalate de potassium à 30 % et 3 gouttes de phénolphtaléine à 2 %.

Le résultat est positif (présence de bicarbonates) s'il apparaît une coloration rose.

II.3.8.4-Test farine

Le test farine permet de déceler, dans le lait cru, la présence de farine.

Le principe est la coloration de l'amidon de farine par l'iode.

La solution d'iode à 0,1N est le réactif qui a été utilisé.

Mode opératoire

On mélange bien le lait puis on dépose sur un verre de montre 15 à 20 gouttes du lait à tester, ajouter 1 goutte de solution d'iode 0,1 N ensuite mélanger doucement par rotation du verre de montre et laisser reposer, après 1 minute, examiner le fond du verre de montre.

En présence des grains bleus foncés ou noirs, il y a addition de farine

Remarque :

- ✓ Le lait frais peut toutefois contenir dans le volume examiné 2 à 3 grains brunâtres faisant partie du sédiment normal
- ✓ L'estimation du résultat peut encore être améliorée en faisant une nouvelle observation après 20 minutes, lorsque la coloration jaune de l'iode a disparu.

II.3.8.5-Test de cuisson

Principe

Ce test décèle les laits dont l'acidification avancée ne permet plus le traitement thermique. Le principe est le chauffage du lait à ébullition.

Mode opératoire

On verse dans un tube à essai 3 à 5ml de lait et chauffer à ébullition sur la flamme d'un bunsen ou d'une lampe à alcool pendant une minute.

Le lait qui coagule à la cuisson montre une acidification avancée.

II.3.8.6-Test de caillage

Principe

Le test de caillage est utilisé pour confirmer qu'on peut produire et transformer le lait. On incube le lait à examiner additionné de bactéries lactiques.

Mode opératoire

Dans un tube à essai, on pipete 80 ml du lait à contrôler puis on chauffe pendant 5 mn à 80°C (destruction des substances naturelles inhibitrices). On refroidit le lait à 43°C environ ensuite inoculer avec 3 g de yaourt, le test étant plus sensible si l'acidification est vigoureuse, utiliser une culture fraîche. On agite pour mélanger soigneusement et enfin on fait l'incubation à 43°C pendant 4 heures. Si le lait coagule, on dit qu'il caille (caillage positif, bon lait à transformer)

II.4-METHODE D'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

II.4.1-Nécessités

L'analyse microbiologique des aliments répond à deux nécessités :

- L'expertise : elle permet de déterminer si un aliment est responsable d'une intoxication et comment cette dernière peut arriver.
- La prévention : elle permet de tester un aliment pour savoir s'il est consommable du point de vue microbiologique, c'est-à-dire : S'il ne contient pas trop de bactéries susceptible de l'altérer (qui par leur action peuvent lui donner mauvais goût, mauvaise odeur...) et s'il pourra être conservé selon certains règles (réfrigération par exemple) ; S'il ne contient pas de micro-organismes toxinogènes ou virulents.

II.4.2-Objectifs

Habituellement 4 objectifs sont visés :

- Recherche des germes capables d'altérer la qualité marchande de l'aliment : leur présence au-delà d'un certain seuil rend le produit impropre à la consommation mais non dangereux pour le consommateur.
- Recherche des germes potentiellement pathogènes pour le consommateur : les germes recherchés sont connus pour leur rôle pathogène.
- Recherche des germes de contamination fécale. Deux catégories de bactéries connues pour leur résistance dans l'environnement (les coliformes et les streptocoques fécaux) sont les marqueurs habituellement recherchés.
- Recherche des germes dits indicateurs technologiques. Cette recherche s'effectue habituellement sur une denrée alimentaire qui a subi un traitement de stabilisation, par exemple la pasteurisation. Dans ce cas, la mise en évidence d'une bactérie végétative serait une preuve d'une défaillance du traitement thermique appliqué.

Pour éviter le risque de contamination qui peut provenir des matériels ou à la personne qui fait l'analyse, nous avons suivis la règle générale « Bon Pratique d'Hygiène ou BPH ».

La manipulation de base est celle du transfert de germes d'un récipient à un autre, il faut donc respecter certaines règles lors des manipulations :

- Utiliser des matériels stériles
- Travailler de façon absolument aseptique ;
- Se laver les mains avant et après manipulation ;
- Nettoyer et aseptiser les paillasses avant et après manipulation ;
- Décontaminer les mains avec de l'alcool 70°
- Travailler le plus près possible du bec bunsen avec ustensiles stériles ;
- Tous les boîtes de pétri, bouillons ensemencés, ainsi que les ustensiles souillés (pipettes, râteaux...) devront être autoclavés ou décontaminés.

II.4.3-Prélèvement et échantillonnage

Les récipients utilisés pour le prélèvement des échantillons doivent être stériles. Les prélèvements doivent se faire avec une asepsie rigoureuse. Les échantillons doivent être transportés rapidement au laboratoire selon des conditions définies.

II.4.4-Préparation de l'échantillon pour essai

Les prises d'essai sont effectuées sur l'échantillon homogénéisé en tenant compte de la nature des produits et des opérations analytiques à conduire.

II.4.5-Etude de la flore microbienne

Nous avons procédé dans cette étude au dénombrement de quelques groupes susceptibles d'évoluer dans les échantillons de lait cru entreposés à la température ambiante et à 4°C. Les ensemencements ont été réalisés en double exemplaire, en boîtes de pétri. Les dénombremens ont été effectués à l'aide d'un compteur de colonies. On ne tient compte que des boites contenant un nombre convenable c'est-à-dire compris entre 30 et 300 colonies par boite (GUIRAND et GALZY, 1980 ; LEVEAU et ROUX, 1981) pour cela il est nécessaire de procéder à des dilutions de l'échantillon de lait (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7}). Le tableau 17 résume les conditions de culture utilisées.

TABLEAU 15 : Milieux nutritifs et conditions de culture des différents groupes microbiens

Germes recherchés	Milieu de cultures	Type d'ensemencement	Incubation		Colonne caractéristiques
			Température (en °C)	durée	
Flores aérobies mésophiles totales	PCA	En profondeur	30	72 h	Toutes les colonies
Coliformes totaux	VRBLA	En sandwich	30	24	Colonies violacées de plus 0,5 mm de diamètre, entourées ou non d'une zone rougeâtres
Coliformes fécaux			44		

II.4.6-Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale

Selon Guiraud en 1998 cette flore, appelée aussi FTAM (flore aérobie totale mésophile générale revivifiable) est un bon indicateur de la qualité générale et de la stabilité des produits, ainsi le nombre des germes totaux pourra donner une indication de l'état de fraîcheur ou de la qualité sanitaire du produit.

C'est l'ensemble des microorganismes aptes à se multiplier à l'air aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25 et 40°C. Par définition, ce sont des microorganismes aptes à donner naissance à des colonies visibles après trois jours à 30°C sur gélose pour dénombrement (Bourgeois et al., 1996).

Le dénombrement s'effectue sur milieu PCA (Plate Count Agar) après 72 heures d'incubation à 30°C (Labioui et al., 2009)

Principe

Les microorganismes aérobies et aéro-anaérobies facultatifs se développent dans un milieu nutritif exempt d'inhibiteurs et d'indicateurs, le milieu choisi pour le dénombrement de la flore totale est le PCA.

Mode opératoire

A partir des dilutions décimales 10⁻⁴ à 10⁻⁷, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage et numérotée.

Couler ensuite environ 10 à 15 ml du milieu PCA préalablement fondu refroidie à 45°C.

Ensuite on mélange soigneusement en faisant un mouvement circulaire en forme de huit (08) pour pouvoir réaliser un ensemencement homogène et on laisse les boîtes jusqu'à ce que le contenu devienne solide.

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

Lecture

Les boîtes contenant plus de 300 colonies et moins de 30 colonies sont écartées. Le calcul du nombre de microorganismes par millilitre du lait se fait selon la relation 8, pour tous les autres microorganismes qui ont été recherché [29].

$$N = \frac{\sum C}{V * (n1 + 0,1 * n2) * d}$$

(Relation 8)

C : la somme des colonies comptées dans la première dilution.

N : nombre totale des colonies dans toutes les boites.

n₁ : Nombre de boites comptées dans la première dilution.

n₂ : Nombre de boites comptées dans la seconde dilution.

d : facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.

V.4.7-Recherche et dénombrement des coliformes

Les coliformes sont des micro-organismes d'altération. Leur présence indique une faute hygiénique relevant soit d'une mauvaise qualité du lait utilisé, soit de la malpropreté du matériel de fabrication (LARPENT, 1997).

Principe

La présence simultanée de cristal violet et de sels biliaires assure l'inhibition des bactéries à Gram positif.

La fermentation du lactose se traduit par une acidification, révélée par le virage au rouge de l'indicateur pH (rouge neutre), et par la précipitation d'acides biliaires autour des colonies. Le milieu utilisé est le VRBL

Mode opératoire

Transférer 1mL d'échantillons à analyser et de ces dilutions décimales dans des boites de pétri stériles.

Couler ensuite 12 mL de gélose VRBL refroidie et maintenue à 44-47°C

Laisser solidifier sur une surface froide puis Couler à nouveau 4 mL de milieu, de façon à former une deuxième couche.

Laisser solidifier et incuber à 30°C pendant 24 heures pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et à 44 °C pour les coliformes fécaux.

Lecture

Les coliformes présentent des colonies violacées de diamètre égal ou supérieur à 0,5 mm après 24 heures d'incubation.

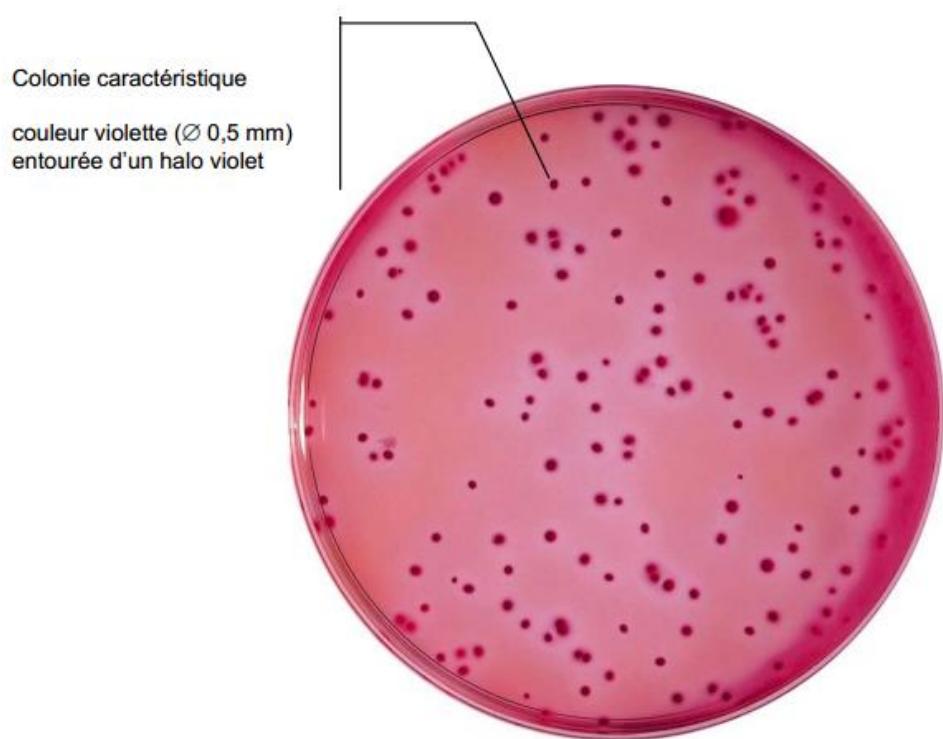


Figure 15 : dénombrement des coliformes

II.5-DOSAGE DU LACTOSE PAR METHODE SPECTROPHOTOMETRIQUE

II.5.1- Principe

Mesure spectrophotométrique de la coloration obtenue du lactose ou sucre du lait à une longueur d'onde 490 nm.

II.5.2- Matériel et verrerie

Les matériels de laboratoire classique sont utilisés comme le tube à essai dédié au dosage du lactose, un bain marie mais aussi le spectrophotomètre visible JENWAY 6700.

II.5.3- Réactifs utilisés

Eau distillée ou eau ultra pure, une solution d'acide sulfurique concentré, une solution de phénol ou eau phénolée 1% (0,1 g de phénol + 100mL d'eau distillée), solution mère de lactose à 2g/L (2g de lactose + 1L d'eau distillée).

II.5.4-Mode opératoire

On a prélevé 1mL d'échantillon qu'on a ajuste a 50 mL avec de l'eau distillée ou de l'eau ultra pure (dilution 1/50), puis on a fait le prélèvement de 1mL de cette dilution dans un tube à essai et a ajouté 1mL de solution de phénol. Le mélange est agité puis on a fait l'ajout de 5 mL d'acide sulfurique concentré ensuite le porté à ébullition pendant 5 mn à température maximum dans un bain marie et enfin on a effectué les mesures au spectrophotomètre à 490 nm.

II.5.5-Courbe d'étalonnage

Préparation des solutions d'étalonnage : on introduit dans une série de fioles jaugées de 100mL, les volumes de solution mère indiquée dans le tableau ci-après.

Volume de solution mère à 2g/L en mL (lactose)	0	1	1	1	2,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5
Volume d'eau distillée en mL	1	39	19	9	7,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5
Concentration obtenue en g/L	0	0,05	0,1	0,2	0,5	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Ensuite, on fait le prélèvement de 1mL de chacune des solutions obtenues et on les introduit dans une série de 11 tubes à essai, et on ajoute 1mL de solution phénoléé dans l'ordre. Le mélange est agité puis on ajoute 5mL d'acide sulfurique concentré, après le tout est porté à ébullition pendant 5mn à

température maximum dans un bain marie puis le laisser refroidir et agiter une dernière fois chaque tube sur le vortex. Les mesures spectrophotométriques sont effectuées à 490 nm. La traçabilité de la courbe d'étalonnages de lactose apparaît.

La courbe d'étalonnage est tracée automatiquement, l'absorbance en ordonnée est en fonction de la teneur en lactose en abscisse exprimée en « g » de lactose par litre.

La courbe doit être linéaire et doit passer par l'origine (le coefficient de détermination r^2 doit être supérieur à 0,98), la linéarité de la courbe et la pente sont déterminées automatiquement.

II.5.6- Expression des résultats

Détermination de la teneur en lactose à partir de la courbe d'étalonnage selon la formule :

$$L(g/L) = \left[\frac{(A_{ech} - A_{blanc}) - b}{a} \right] f \quad (\text{Relation 9})$$

Avec

A_{ech} = Absorbance de l'échantillon

A_{blanc} = Absorbance de l'essai à blanc

b = ordonnée origine

a = pente de la courbe d'étalonnage

f = facteur de dilution

Nous avons vue dans cette partie les différentes méthodes et matériels utilisé lors de l'analyse physico-chimique, microbiologique et l'analyse spectrophotométrie pour le contrôle qualité du lait et dans la nouvelle partie suivant nous allons donner tous les résultats des différent expérience que nous avons fait.

Partie 3 :

Résultats

Et Discussions

RESULTAT ET DISCUSSION

1-Qualités organoleptiques

La couleur : les laits qu'on a analysés apparaît toujours blanc mat, on ne constate pas différence de couleur entre les différents échantillons analysés.

L'odeur : les laits analysés ont comme une légère odeur des fermes, l'odeur du lait est restée normal durant toutes les analyses pour tous les échantillons.

La saveur : les laits analysés ont un goût normal et agréable parfois légèrement acide mais cette variation de l'acidité est faible entre les échantillons.

La viscosité : tous les échantillons de laits analysés ont presque la même consistance et on constate aussi que durant leur conservation dans le froid le lait devient plus visqueux et les matières grasses du lait émergent dans la surface.

2-Analyses physico-chimiques

Pour la vérification des paramètres physico-chimiques nous avons effectués les analyses des échantillons de lait de chacun des 5 fournisseurs par jour et ceux pendant 4 jour.

2.1-Température

La mesure des températures a été effectuée lors de l'analyse de l'échantillon juste après l'arrivée des échantillons dans le laboratoire.

TABLEAU 16 : Température des échantillons analysés fournisseur (°C)

Jour échantillon	1	2	3	4	Moyenne	Normes du SOCOLAIT
Fournisseur 1	7,5	5,6	3,2	5,0	5,32	≤ 12 °C Pendant l'analyse
Fournisseur 2	4,8	6,9	5,1	7,3	6,02	
Fournisseur 3	3,7	5,4	3,5	8,9	5,37	
Fournisseur 4	8,5	6,2	6,7	5,3	6,67	
Fournisseur 5	9,6	7,5	2,6	6,3	6,5	

On a la valeur des températures moyenne des échantillons analysés qui est dans l'intervalle de 5,3 à 6,67 ; ce qui est conforme à la norme internationale. La température de lait cru, demi écrémé et écrémé

doivent avoir des valeurs entre 4 et 7 °C [37]. Tous les résultats obtenus sont en accord avec les normes exigé par la société SOCOLAIT.

La température moyenne du lait de chaque fournisseur est représentée par la figure 17 suivantes ;

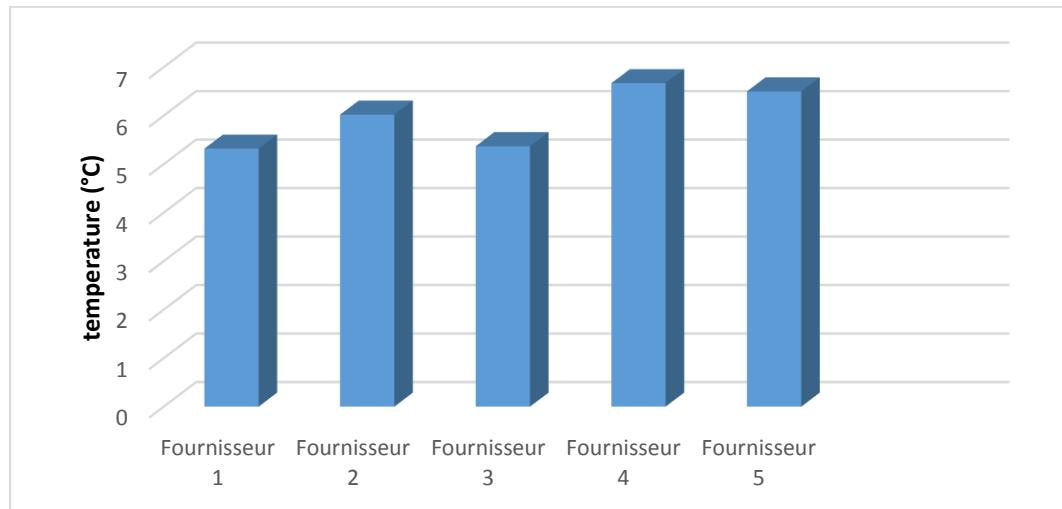


Figure 16 : température moyenne du lait de chaque fournisseur

2.2-Densité

Les résultats illustrés dans le tableau 18 nous montre que la densité du lait du fournisseur 1 varie de 1,0280 à 1,0307 avec une moyenne de 1,0292 ; pour le fournisseur 2 la densité est compris entre 1,0305 à 1,0310 avec une moyenne 1,0307 ; compris entre 1,0284 à 1,0289 pour le fournisseur 3 et a une moyenne 1,0286 ; pour le fournisseur 4 la valeur est de 1,0280 à 1,0290 avec le moyenne de 1,0286 et enfin une densité de 1,0285 à 1,0309 et une moyenne de 1,0294 pour le fournisseur 5.

TABLEAU 17: Densité du lait de chaque fournisseur

Jour échantillon	1	2	3	4	moyenne	Normes du SOCOLAIT
fournisseur 1	1,0287	1,0285	1,0307	1,0291	1,0292	1,027 à 1,032
fournisseur 2	1,0310	1,0307	1,0305	1,0308	1,0307	
fournisseur 3	1,0289	1,0284	1,0287	1,0287	1,0286	
fournisseur 4	1,0280	1,0289	1,0285	1,0290	1,0286	
fournisseur 5	1,0309	1,0285	1,0289	1,0293	1,0294	

Les valeurs obtenues sont en accord avec les normes du SOCOLAIT.

La valeur moyenne que nous avons obtenue lors de la mesure de la densité est comprise dans l'intervalle 1,0286 et 1,0307 et on constate que ces valeurs se situent dans la norme rapportée par le FAO (2010) soit 1,028 à 1,033. La densité dépend de la teneur en matière sèche, en matière grasse et de l'augmentation de la température.

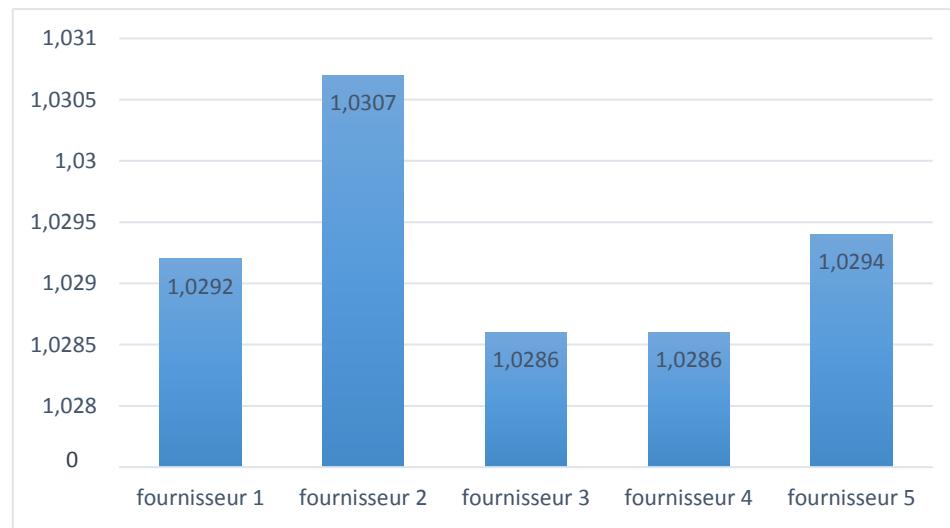


Figure 17 : Densité moyenne du lait de chaque fournisseur

2.3-pH

Les résultats des pH donnés par le tableau 19 sont compris entre 6,63 et 6,82 avec une moyenne de 6,70 ce qui est en accord avec la norme internationale. Le pH de lait cru, lait entier, demi écrémé et écrémé doivent avoir des valeurs entre 6,7 et 6,8 [35].

TABLEAU 18 : pH des échantillons

Jour échantillon	1	2	3	4	moyenne	Normes du SOCOLAIT
Fournisseur 1	6,78	6,75	6,65	6,72	6,72	6,6 à 6,8
Fournisseur 2	6,74	6,77	6,80	6,75	6,76	
Fournisseur 3	6,71	6,63	6,68	6,70	6,68	
Fournisseur 4	6,82	6,69	6,71	6,68	6,72	
Fournisseur 5	6,80	6,72	6,67	6,79	6,74	

2.4-Acidité titrable (°D)

L'acidité Dornic des fournisseurs 2, 4 et 5 ont à peu près la même valeur moyenne qui est comprises entre 15,25 à 15,75 ; et les fournisseurs 1 et 3 ont également presque les mêmes valeurs moyennes comprises entre 16 et 16,37. (Tableau 20)

D'après ABOUTAYEB (2005), un lait frais peut avoir comme acidité entre 15 et 18°D et la FAO (2010) rapporte que l'acidité du lait est en moyenne 16 (15-17 °D). On peut donc en déduire que l'acidité du lait de chaque fournisseur a une valeur moyenne très proche que celle cité par le FAO (2010) et ABOUTAYEB (2005).

TABLEAU 19 : Acidité Dornic des échantillons (°D)

Jour échantillon	1	2	3	4	moyenne	Normes du SOCOLAIT
fournisseur 1	15	15,5	17,5	16	16	16 ± 2
fournisseur 2	15,5	15	15	15,5	15,25	
fournisseur 3	16	16,5	17	16	16,37	
fournisseur 4	15,5	15,5	16	16	15,75	
fournisseur 5	15	16	16,5	15	15,68	

L'acidité et le pH sont paramètres clés pour la détection de la fraîcheur du lait. D'après ALAIS en 1984, le pH et l'acidité dépendent de la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions. L'acidité est un facteur important qui nous renseigne sur l'état de fraîcheur du lait cru, elle est liée aux conditions de la traite et la collecte.

2.5-Teneur en matière grasse ou MG (g/L) :

Les résultats mentionnés dans le tableau 21 nous montrent que le fournisseur 2 a la plus grande teneur en matière grasse qui est de 40 à 41 g/L et pour les 4 autres fournisseurs, la teneur en matière grasse est comprise entre 36 et 38 g/L.

TABLEAU 20 : Teneur en matière grasse des échantillons (g/L)

Jour \ échantillon	1	2	3	4	moyenne	Normes du SOCOLAIT
fournisseur 1	36	36	38	36	36,5	
fournisseur 2	41	40	41	41	40,75	
fournisseur 3	37	37	37	38	37,25	
fournisseur 4	37	38	36	37	37	
fournisseur 5	38	37	36	36	36,75	

La teneur en matière grasse du lait du fournisseur 2 et 3 sont relativement constante durant les 4 jours d'analyse avec une moyenne respective de 40,75 et 37,25. Tandis que pour les fournisseurs 1, 4 et 5 on constate une légère variation de la teneur en matière grasse durant toute l'analyse avec le moyenne respective 36,5 ; 37 et 36,75.

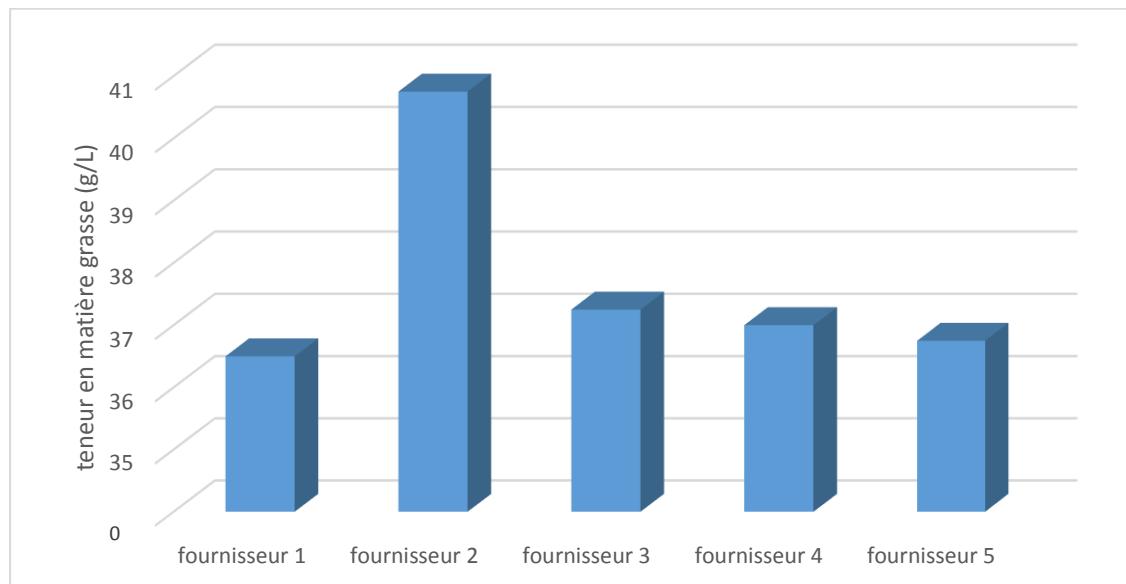


Figure 18 : Teneur moyenne de la matière grasse

Selon l'AFNOR en 2001, la teneur moyenne en matière grasse du lait entier est dans l'intervalle de 28,5 à 32,5 g/L ; mais ses valeurs peuvent atteindre 40 g/L selon VIGNOLA en 2002.

D'après la figure 19 la teneur moyenne de chaque fournisseur est en accord avec l'intervalle avancé par l'AFNOR et VIGNOLA ci-dessus.

2.6-Détermination de la matière sèche totale ou extrait sec total EST (g/L) :

On peut voir dans le tableau 22 que la teneur en matière sèche mesuré durant les analyse sont comprises entre 116,8 à 119 g/L pour le fournisseur 1 ; 123,5 à 126,2 g/L pour le fournisseur 2 ; 117,8 à 118,4g/L pour le fournisseur 3 ; 116,3 à 118,9g/L pour le fournisseur 4 et 116,5 à 118,7g/L pour le fournisseur 5.

TABLEAU 21 : Teneur en matière sèche total (g/L)

Jour échantillons	1	2	3	4	moyenne	Normes du SOCOLAIT
fournisseur 1	116,8	117,6	119,0	117,2	117,65	$\geq 116,0$
fournisseur 2	126,2	124,3	126,1	123,5	125,02	
fournisseur 3	118,4	118,3	117,8	118,2	118,17	
fournisseur 4	116,9	118,9	116,3	117,0	117,27	
fournisseur 5	118,7	117,3	116,5	117,8	117,57	

D'après les résultats exposés dans le tableau 22, il apparaît que la teneur en matière sèche du lait du fournisseur 2 a généralement la plus haute valeur avec une moyenne de 125,02 g/L suivi du fournisseur 3 qui a une teneur en EST assez stable avec une moyenne 118,17 et pour les autres fournisseurs 1,4 et 5 on remarque une petite variation de la valeur de l'EST avec les moyennes respectives 117,65 ; 117,27 et 117,57.

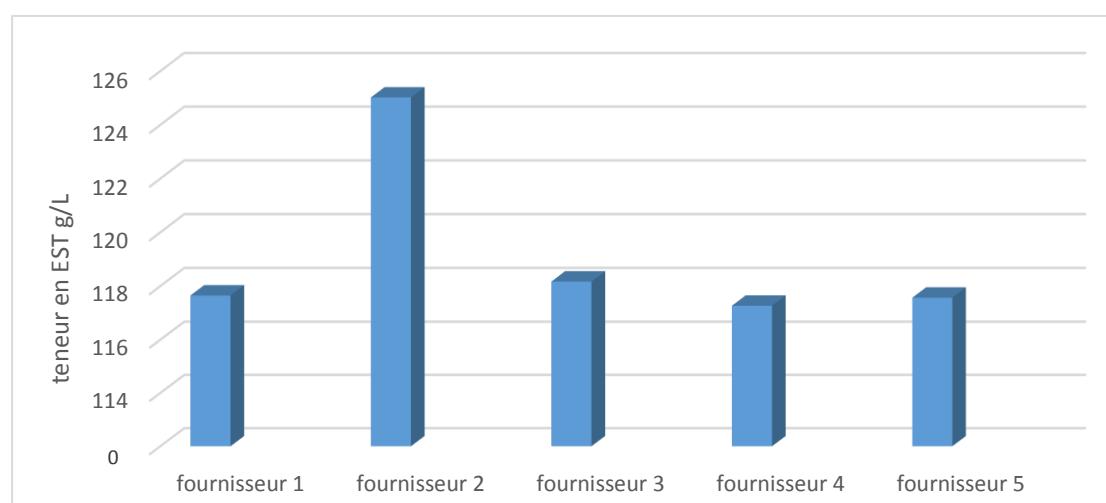


Figure 19 : Teneur moyenne de la matière sèche des échantillons.

Selon ALAIS en 1984 la matière sèche total du lait de vache est de 128 g/L. Seul le lait du fournisseur 2 a la valeur de l'EST plus proche de celui d'ALAIS ; pour les autres fournisseurs, ils ont une valeur de l'EST légèrement faible en rapport avec celui d'ALIAS mais en comparaison avec ceux de LABIOUI et *al* en 2009, qui ont trouvé une valeur 117,5g/L, les valeurs sont pratiquement égal. Notons également que toutes les valeurs présentés dans le figure 20 sont dans l'intervalle des normes qui est 114 à 137 g/L avancé par SEYDI en 2004. La teneur en matière grasse et la teneur en matière sèche du lait frais dépendent de l'alimentation, du climat et également de la race de l'animal.

2.7- Analyse supplémentaire pour le contrôle qualité du lait dans la société SOCOLAIT

Test alcool :

TABLEAU 22 : Résultat des tests alcool

Test Echantillon	Alcool 68 %	Alcool 90 %
Fournisseur 1	Négatif	Positif
Fournisseur 2	Négatif	Positif
Fournisseur 3	Négatif	Positif
Fournisseur 4	Négatif	Positif
Fournisseur 5	Négatif	Positif

Si le test avec l'alcool 68 est négatif ça veut dire que le lait est normal et bon pour la production, si le résultat est positif ce qui signifie que le lait commence à être dégradé.

Si le test avec l'alcool 90 n'est pas positif, on peut soupçonner un ajout de fraude dans le lait et on procède alors à d'autre test de vérification.

Test mammite et test urine

TABLEAU 23 : Résultats des tests mammite et urine

Test Echantillon	Test mammite	Test urine
Fournisseur 1	Négatif	Négatif
Fournisseur 2	Négatif	Négatif
Fournisseur 3	Négatif	Négatif
Fournisseur 4	Négatif	Négatif
Fournisseur 5	Négatif	Négatif

D'après le tableau 25 toutes les tests mammite sont négatifs ce qui amène à nous dire que la mamelle du vache était en bonne santé ; et on peut voir aussi que tous les tests urine sont négatifs ce qui veut dire qu'il n'y avait pas d'ajout d'urine qui est utilisé comme conservateur dans le lait.

Test bicarbonate de sodium et test farine

TABLEAU 24 : Résultats des tests de bicarbonate de sodium et test de farine

Test Echantillon	Test bicarbonate de sodium	Test farine
Fournisseur 1	Négatif	Négatif
Fournisseur 2	Négatif	Négatif
Fournisseur 3	Négatif	Négatif
Fournisseur 4	Négatif	Négatif
Fournisseur 5	Négatif	Négatif

Le bicarbonate de sodium peut aussi être utilisé comme moyen de conservation dans le lait pour ralentir la dégradation du lait, comme le tableau 26 l'indique tous les tests sont négatifs donc il n'y avait pas d'ajout de bicarbonate de sodium dans le lait.

L'ajout de la farine dans le lait augmente sa densité augmentant ainsi la teneur en matière sèche total et la teneur en matière grasse du lait, certaine personne ajoute de la farine dans le lait pour faire croire que leurs laits sont de bonne qualité car l'EST et le MG sont élevé mais dans notre cas tous les tests farine sont négatifs ce qui montre qu'il n'y avait pas d'ajout de fraude.

Test de cuisson et test de caillage

TABLEAU 25 : Résultats du test de cuisson et caillage

Test Echantillon	Test cuisson	Test caillage
Fournisseur 1	Négatif	Positif
Fournisseur 2	Négatif	Positif
Fournisseur 3	Négatif	Positif
Fournisseur 4	Négatif	Positif
Fournisseur 5	Négatif	Positif

Un test de cuisson négatif indique que le lait peut être traité thermiquement car le lait n'a pas encore d'acidification avancée et un test de cuisson positif ne permet plus le traitement thermique du lait, et si le test de caillage est positif, le lait caille et on peut produire et transformer ce lait.

3-Analyse microbiologiques

Pour l'analyse microbiologique, on a fait l'analyse une fois avec deux essais pour tous les échantillons à cause de la durée de l'incubation qui est assez long pour la recherche de certains germes.

3.1-Flores aérobies mésophiles totaux ou FAMT (UFC/ml ou Unité Formant Colonies/ml)

Les résultats du dénombrement des FAMT des laits analysés exprimés en UFC/ml sont présentés dans le tableau 28.

TABLEAU 26 : Dénombrement des FAMT (UFC/ml)

Germes Ech	FAMT								RESULTATS	
	10^{-4}		10^{-5}		10^{-6}		10^{-7}			
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2		
fournisseur 1	352	355	172	132	28	26	12	15	$16,3 \times 10^6$	
fournisseur 2	302	289	92	103	38	36	5	4	4×10^6	
fournisseur 3	360	380	240	236	37	41	6	7	$25,2 \times 10^6$	
fournisseur 4	437	487	263	260	86	7	3	5	$30,9 \times 10^6$	
fournisseur 5	427	420	172	156	75	60	7	5	21×10^6	

Ech : échantillons

E1 : première essay

E2 : deuxième essay

Selon le tableau 23, le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale dans le lait de chaque fournisseur varie dans l'intervalle de 4×10^6 à $30,9 \times 10^6$ UFC/ml. On constate que le nombre d FAMT dans le lait de chaque fournisseur est supérieur à celle apporté par N.A en 1993 (10^5 UFC/ml) et par rapport au réglementation françaises et américaines qui sont respectivement $5 \cdot 10^5$ UFC/ml et $3 \cdot 10^5$ UFC/ml, les résultats obtenus sont également supérieurs [39].

D'après RAZAFINDRAJAONA J.M, (1996), le lait de très bonne qualité au cours d'une collecte collective contient $5 \cdot 10^5$ UFC/ml et arrive à l'usine avec une flore microbienne inférieure ou égale à

10^6 UFC/ml. Mais dans notre cas, la charge de la flore microbienne du lait analysé dépasse un peu la norme citée par RAZAFINDRAJAONA J.M.

Donc on peut en déduire que le lait de chaque fournisseur commence à être dégradé par les microorganismes, cela peut être due à la durée du trajet de la livraison qui est assez long ou à la non-respect de la bonne pratique d'hygiène durant la traite et la manipulation du lait à savoir le nettoyage des mains, de la mamelle et des bouteilles.

L'amélioration de l'hygiène de la traite, de la collecte et la conservation rapide au froid permettraient de réduire la charge microbienne (FAO, 2004).

3.2-Coliformes (UFC/ml) :

TABLEAU 27 : Dénombrement des coliformes (UFC/ml)

Germe échantillons	Coliformes fécaux	Coliformes totaux
Fournisseur 1	$2,3 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^3$
Fournisseur 2	$1,1 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^3$
Fournisseur 3	$1,6 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^3$
Fournisseur 4	$3,0 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^3$
Fournisseur 5	$5,2 \cdot 10^3$	$6,3 \cdot 10^3$

La recherche de microorganismes indicateurs de la contamination d'origine fécale permet de juger l'état hygiénique d'un produit. Même à des niveaux faibles, ils témoigneraient de conditions hygiéniques dégradées lors de la traite ou au cours de transport.

D'après le tableau 24, on a remarqué que les nombres des coliformes fécaux trouvé lors de l'analyse du lait de chaque fournisseur est supérieur à celle apporté par JORA (1998) dans son travail qui est de 10^3 UFC/ml. Ce résultat peut être due à la mauvaise manipulation ou mauvaise pratique d'hygiène, comme GUIRAUD et ROSEC a mentionné en 2004 : La présence des coliformes fécaux est considérée comme un indice de contamination fécale, il s'agit donc plutôt de marqueurs de mauvaise maîtrise d'hygiène ainsi qu'à la mauvaise manipulation.

Et aussi MOCQUOT et GUITTONNEAU (1939) ont démontrés que les coliformes fécaux sont les plus fréquents dans les excréments des vaches laitières. Ils contaminent le lait directement (par contact direct avec le pis).

La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux permettent d'apprécier l'importance de contamination du lait et des produits laitiers [13].

Selon LARPENT, (1990), la présence des coliformes totaux n'est pas obligatoirement indication directe de la contamination fécale. Certains coliformes sont, en effet, présents les résidus humides rencontrés au niveau de l'équipement laitier.

D'après MAGNUSSON et al.(2007), les litières fortement souillées contiennent plus de coliformes et la prévalence de mammites, dans ce cas, suggérant une contamination des trayons et du lait plus importante. D'autres sources de contaminations sont également à considérer tel que les mauvaises conditions de transport et le manque d'hygiène pendant la traite.

4- Dosage du lactose par méthode spectrophotométrique.

4.1-Courbe d'étalonnage du dosage

TABLEAU 28 : Absorbance du lactose

Concentration lactose (g/L)	Absorbance mesuré (lue)	Absorbance réelle
0	0,028	0
0,05	0,061	0,033
0,1	0,111	0,083
0,2	0,212	0,184
0,5	0,563	0,535
1	1,156	1,128
1,1	1,305	1,277
1,2	1,461	1,433
1,3	1,55	1,522
1,4	1,672	1,644
1,5	1,736	1,708

A partir du tableau 28 ci-dessus on peut tracer la courbe d'étalonnage qui est tracé comme suit : l'absorbance en ordonnée qui est en fonction de la teneur en lactose en abscisse.

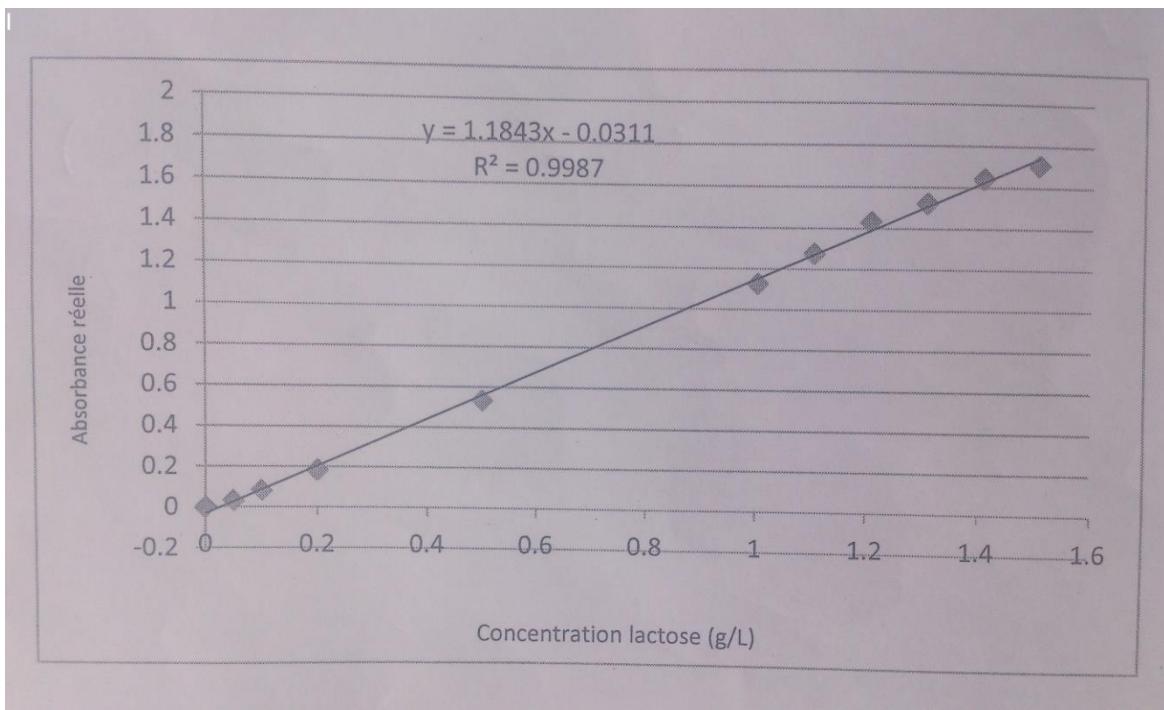


Figure 20 : courbe d'étalonnage

4.2- Teneur en lactose (pour 100g)

Les résultats des analyses spectrophotométriques sont donnés par le tableau 26 suivant :

TABLEAU 29 : Résultats des dosages spectrophotométriques

Echantillon	1	2	3	4	5
Absorbance lue éch	0,138	0,148	0,139	0,132	0,145
Absorbance réelle éch	0,110	0,120	0,111	0,104	0,117
Teneur en Lactose (g pour 100g)	4,79	5,23	4,85	4,53	5,07

Comme nous la montrer le tableau 26 la teneur en lactose du lait de vache sont comprise entre 4,79 et 5,23 qui sont des valeurs assez proches de 4,9 mentionné par beaucoup d'auteur dans leurs travaux, comme ce que M.FONTAINE mentionne dans le vade-mecum du vétérinaire 15^{ème} édition que dans la composition du lait de vache il y a 4,9g de lactose pour 100g de lait.

La teneur en lactose dans le lait de vache est très stable et elle varie entre 48 et 50 g/L mais elle est plus faible que la teneur en lactose du lait d'une femme qui est de 70 g/L.

CONCLUSION GENERALE

Le lait est un aliment dont l'importance nutritionnelle n'est plus à démontrer. En effet, le lait constitue le premier apport protéique de l'être humain et le premier aliment naturel complet dès le jeune âge. Il renferme les nutriments de base nécessaire au bon développement de l'organisme humain. Il demeure en même temps indispensable tout au long de la vie.

Comme nous le savons, le lait est un produit facilement dégradable qui pourrait affecter l'hygiène du consommateur. Pour éviter les risques sanitaires qui pourrait survenir lors de la consommation d'un produit laitier et afin d'améliorer la condition hygiénique avant la transformation du lait, le contrôle qualité du lait est primordial.

L'objectif de ce travail est d'apprécier la qualité microbiologique et les paramètres physico-chimiques du lait frais ; pour se faire nous avons fait l'analyse des laits de chaque fournisseur de la société SOCOLAIT. Tous les paramètres physico-chimiques suivants ont été réalisés pour la vérification du lait : le pH, la densité, l'acidité Dornic, l'extrait sec total, la matière grasse et quelques analyses supplémentaires, pour les analyses microbiologiques nous avons fait le dénombrement des flores aérobies mésophiles totales, des coliformes totaux et des coliformes fécaux.

Après que les analyses ont été faites nous avons eu les résultats suivants : le pH dans les alentours de 6,7 ; la densité dans l'intervalle de 1,028 à 1,031; l'acidité Dornic compris entre 15 et 17 ; la teneur en matière grasse entre 36 et 41g.L⁻¹ ; EST ou extrait sec total varie de 116,3 à 126,2 g.L⁻¹ et une teneur en lactose qui varie entre 4,79 à 5,23.

D'après les résultats des analyse physico-chimiques qui ont été réalisé dans le laboratoire de la société SOCOLAIT, on peut dire que presque tous les critères recommandés par la norme internationale sont acceptables et les résultats trouvés lors de l'analyse sont à peu près les mêmes que les autres auteurs ont apporté. Par contre, les résultats des analyses microbiologiques révèlent que les laits des fournisseurs commencent à être dégradé à l'arrivé à l'usines, en effet les charges microbiennes des flores aérobies mésophiles totaux dépasse les normes citées par d'autres auteur. A part cela tous les autres critères et les qualités organoleptiques sont satisfaisant.

On peut en conclure donc que le lait de chaque fournisseur est conforme aux normes internationales sur la qualité organoleptique et physico-chimique mais la qualité microbiologique mérite une observation plus vigilante surtout concernant les charges des FAMT qui dépassent le seuil d'acceptabilité.

Par conséquent, nous recommandant de voir de plus près la racine du problème du nombre excessif de la FAMT en améliorant les conditions de la traite tout en sensibilisant les éleveurs aux bonne pratique d'hygiène et instaurer une politique de qualité avec la vulgarisation des bonnes pratiques d'élevages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]- **DUTEURTRE G., 1998**, Compétitivité prix et hors prix sur le marché des produits laitiers d'Addis-Abeba (Éthiopie), Thèse en Agroéconomie, ENSA, Montpellier. 350 p.
- [2]- www.news.mada.com/2018/06/02/. Consulté le 23 juillet 2018
- [3]- Filière Lait.DOC, n° 202, p 03 Juillet 2004)
- [4]- **Pauline MOURET**, évaluation participative des stratégies d'évolution d'exploitation laitières dans la région Vakinankaratra-Madagascar, p 09-10.
- [5]- Ministere de l'élevage, de l'élevage et de la pêche; Monographie de la région de Vakinankaratra, Juin 2003
- [6]- **ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (FAO), (1998)** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Collection FAO: Alimentation et nutrition, , n° 28, ISBN 92-5-20534-6
- [7]- **AMIOT J., FOURNER 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 (600 pages).
- [8]- **ANONYME, (2000)**. « Manuel de transformation du lait, 2ème édition ,105 p ».
- [9]- **FREDOT E., (2005)**. Connaissance des Aliments – Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Edition Tec & Doc, Lavoisier, pp 38, 43 / 424.
- [10]- **FTLQ. 2002.** Science et Technologie du lait. Fondation de Technologie Laitière du Québec Inc. Ed, Presses Internationales Polytechnique, Québec, canada, pp. 28-44.
- [11]- **Grappin, R, Pochet, S, Le lait, 1999**, P 3 – 22.
- [12]- **Banon.S,Hardy.J.2002**
Chapitre 10 : l'eau dans les produits laitiers dans : l'eau dans les aliments.
- [13]- **VIGNOLA C. (2002)**. Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75.
- [14]- **MATHIEU J.,(1999)**
Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).
- [15]- **HODEN P., et COULON H., (1991)**
Composition chimique du lait,
- [16]- **Juillard, V, Richard, J, Le lait, 1996**, P 24 – 26.
- [17]- **VEISSEYRE R., (1975)**. Technologie du lait. 3ème édition, Paris, La maison rustique, 714 p.

[18]- **POUGHEON S., (2001)**

Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 34 (102 pages).

[19]- **NEVILLE M.C et JENSEN R.G., (1995)**

The physical properties of humain and bovine milks In JENSEN R., Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc: 82 (919 pages)

[20]- **Piveteau, P, Le lait N° 97, 1999, P 28 – 29.**

[21]- **JEAN C., et DIJON C., (1993)**

Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.

[22]- **FREDOT E., (2005)**

Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier:10-14 (397 pages).

[23]- **REUMONT P., (2009)**

Licencié Kinésithérapie,

[24]- **VIERLING E., (2003)**

Aliment et boisson-Filière et produit, 2ème édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine:11(270 pages).

[25]- **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 : 71-73(388 pages).

[26]- **RHEOTEST M., (2010)**

Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK – Produits alimentaires et aromatisants.

[27]- **FOTOU,k.,TZORZ, A., ,VOIDAROU,Ch, ALEXOPOULOS,A., PLESSAS,S., AVGERIS, I., , BEZIRTGLOU, E., AkRIDA-DEMERTZI,K., DEMERTZI,P ,G ,2011**

.Isolation of Microbiol pathogens subclinical mastitis from raw sheep's milk of Epuris (Greece) and their role in its hygiene .Anaerobe 17, 315, 319.

[28]- **GUIRAUD J.P. (2003)**. Microbiologie Alimentaire. Edition DUNOD. Paris. Pp : 136-139.

[29]- **GUIRAUD J.P. 1998**. Microbiologie alimentaire. Edition dunod, paris, p. 137.

[30]- **BENNEFOY C., GUILLETF., LEYAL G., VERNEBOURDIS E. 2002**. Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Doin édition, Bordeaux, pp. 101-1 09.

[31]- **BILLON P., SAUVE O. 2009**. Traite des vaches laitières. 3ème édition, France, 555 p.

[32]- **HERMIER J., LENOIR J., WEBER F. 1992**. Les groupes microbiens d'intérêt laitier. Edition CEPIU, paris, pp. 62-88.

[33]- **Meyer C. et Denis J.P (1999)**. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux.

[34]- **Eric BEUVIER, Fabienne FEUTRY** ; Gestion des écosystèmes microbiens des laits et des fromages

- [35]- **AFNOR**, (1985) Contrôle de la qualité des produits laitiers –Analyses physiques et chimiques, 3ème édition : 107-121-125-167-251(321 pages).
- [36]- **POINTURIER H.**, (2003) La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France: 64 (388 pages).
- [37]- **AFNOR** - Lait - Détermination de la teneur en matière grasse - Méthode gravimétrique (méthode de référence). NF EN ISO 1211, **décembre 2001**, 21 p.
- [38]- **RAZAFINDRAJAONA J.M**, (1996), cours d'Industrie laitière, cours 5eme Année IAA/ESSA, non publié
- [39]- **ALAIS C.** 1984. Science de lait : principes des techniques laitières. 4ème édition, SEPAIC, Paris, 814 p
- [40]- **CHILLIARD Y.** 1996. Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre. Actes du colloque : le lait de chèvre, un atout pour la santé, INRA. Niort, France, pp. 51-65.
- [41]- **IPROVA, FIFAMANOR**, 2007
- [42] - **IPROVA, 2003 in ONUDI**, 2007
- [43] - **HALLER Céline et FLOQUET katheline** ; le lait de la vache a la brique 2001/2002
- [44]- **PREScott LM., HARLEY J., KLEIN DA.** 2010. Microbiologie 2ème édition. De Boeck, paris, p. 979

ANNEXES

ANNEXE 1

Arrêté algérien interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de Consommation :

ARTICLE 7 : Les laits sont classés, en fonction du nombre de germes totaux, en trois (3) catégories :

- Catégorie A : moins de 100.000 germes totaux par millilitre;
- Catégorie B : de 100.000 à 500.000 germes totaux par millilitre;
- Catégorie C : plus de 500.000 à 2.000.000 de germes locaux totaux par millilitre.

ARTICLE 8 : Le lait doit répondre aux spécifications suivantes :

- germes totaux. : Maximum deux (02) millions;
- salmonelle : absence;
- stabilité à l'ébullition : stable;
- acidité en grammes d'acide lactique/litre: maximum 1,8;
- densité : 1030 - 1034;
- matières grasses : 34 grammes par litre au minimum.

ARTICLE 9 : Le lait doit être conservé immédiatement après la traite à une température inférieure ou égale à six (06) degrés Celsius.

ANNEXE 2 : Préparation des milieux de cultures :

Matériel utilisé :

- Balance de précision
- Spatule
- Flacon stérile
- Tubes stériles

Autres :

- Milieu déshydraté
- Eau distillée stérile ou eau déminéralisé

Les instructions pour la préparation de chaque milieu de culture sont affichées sur le contenant ou leur fiche technique, donc il faut toujours s'y référer. Toutefois, d'une manière générale, le mode de préparation des milieux est le suivant :

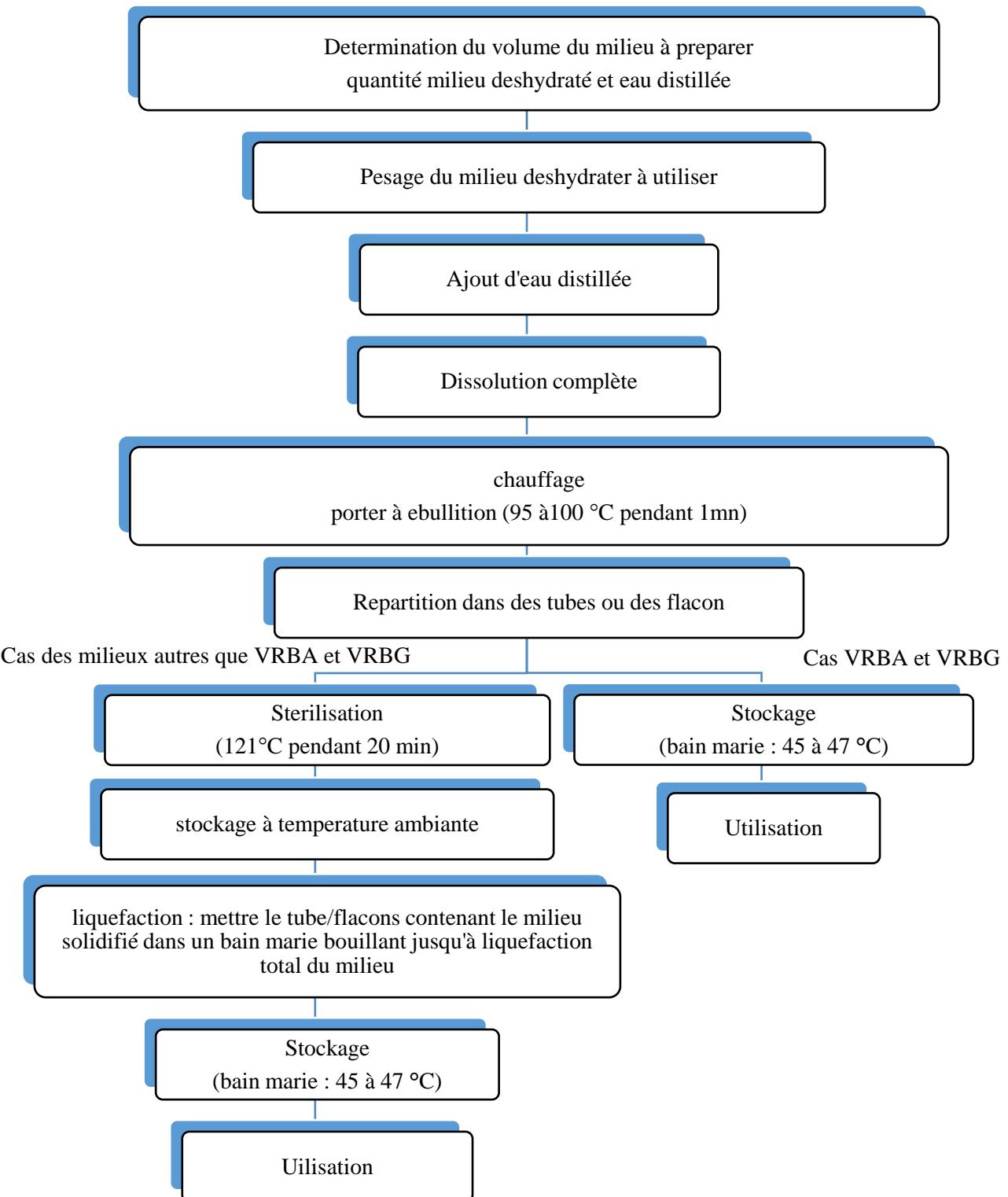


Figure 21 : processus de préparation du milieu de culture

ANNEXE 3 : Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales :

Définition :

❖ Suspension mère (première dilution) :

Suspension, solution ou émulsion obtenue après qu'une quantité pesée (unité d'analyse) du produit à analyser ait été mélangée, avec un homogénéisateur si nécessaire et en observant des précautions appropriées, avec une quantité neuf fois égale de diluant, sauf exception, en laissant se déposer les particules grossières, s'il y en a.

❖ Dilutions décimales :

Suspensions ou solutions obtenues en mélangeant un volume déterminé de la suspension mère avec un volume neuf fois égal de diluant, et en répétant cette opération pour chaque dilution préparée, jusqu'à l'obtention d'une gamme de dilutions décimales appropriées pour l'inoculation des milieux de culture.

PRINCIPE

La préparation de la suspension mère a pour principe d'obtenir une répartition aussi uniforme que possible des microorganismes contenus dans la prise d'essai, elle est suivie de dilutions en vue de réduire le nombre de microorganismes par unité de volume pour permettre après incubation d'observer leur éventuel développement (cas des tubes) ou effectuer le dénombrement des colonies (cas des boîtes).

MATERIELS ET VERRERIES

- Appareil à dilution automatique (ex: Dilumat AES laboratoire) ou balance analytique de portée suffisante avec une précision de lecture de 0,1 g
- Diluants ou bouillons d'enrichissement
- Instruments de prélèvement (couteaux, fourchettes, spatules, pinces, ciseaux, scalpels, cuillères, etc., stériles)
- Alcool 95 % pour flambage, si nécessaire
- Alcool 70 %
- Homogénéisateur de type péristaltique avec des sacs stériles de plastique
- Pipettes sérologiques stériles
- Réfrigérateurs 1 à 6°C
- Micropipettes
- Tubes 9 ml de peptone-sel ±2 %
- Bain-marie
- Savons et détergents germicides.

MODE OPERATOIRE (PREPARATION DES ECHANTILLONS)

SUSPENSION MERE (PREMIÈRE DILUTION)

- Prélever Le produit de façon représentatif et le peser
- Ajouter une quantité de diluant égale à 9 fois la masse du produit à analyser (généralement 25 g du produit avec 225 g de diluant ou 10 g de produit avec 90 g de diluant). Cette première dilution correspond à la dilution 10-1.

DILUTIONS DÉCIMALES SUBSÉQUENTES

- Transférer à l'aide d'une micropipette 1 ml de la suspension mère dans un tube contenant 9 ml de peptone sel ou du diluant approprié.
- À l'aide d'un agitateur mécanique, mélanger le tube pendant 5 à 10 secondes afin d'obtenir la dilution 10-2
- Si nécessaire, répéter ces opérations pour la dilution 10-2 et les dilutions décimales suivantes afin d'obtenir les dilutions 10-3, 10-4, 10-5, etc., jusqu'à l'obtention d'une gamme de dilutions décimales appropriées.

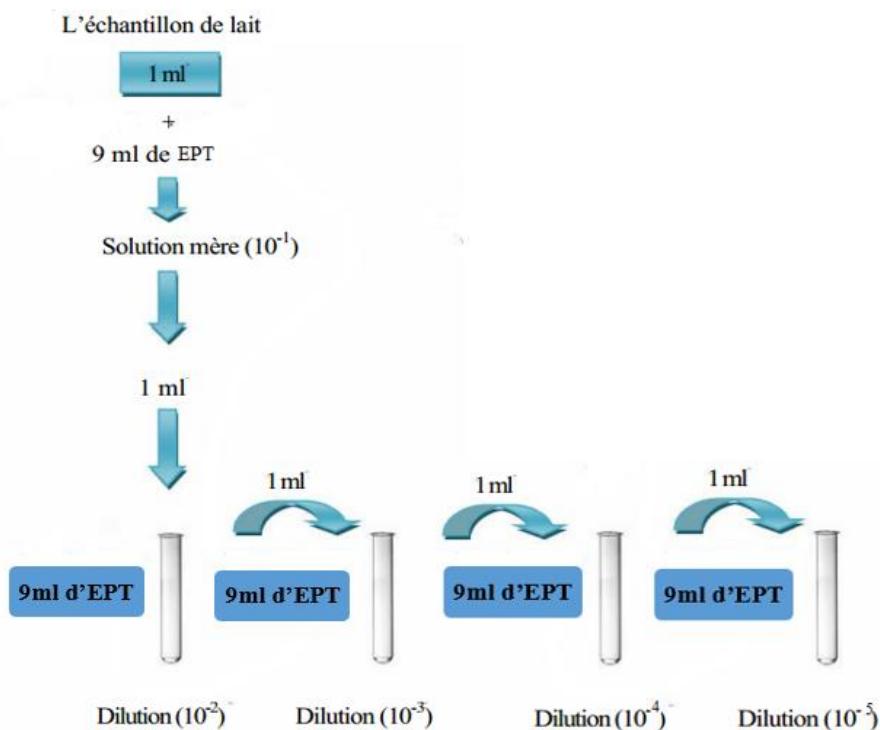


Figure 22: Préparation de suspension mère et des dilutions décimales

Test de la réductase

Le test de la réductase permet d'estimer la charge microbienne du lait frais. Son principe est basé sur la décoloration du bleu de méthylène. La rapidité de cette décoloration est directement proportionnelle au nombre de germes présents (LARPENT *et al*, 1997).

ANNEXE 4 : quelque matériel utilisé pendant l'analyse physico-chimique



Figure 23 : thermobalance



Figure 24 : dessicateur



Figure 25 : pHmètre munie d'un thermomètre



Portoir pour butyromètre

Figure 26 : portoir des butyromètres



Figure 27 : butyromètre

Quelques matériaux utilisés durant l'analyse microbiologique :



Figure 28 : balance de précision



Figure 29 : bain marie



Figure 30 : flacon stériliser



Figure 31 : boîte de pétri après stérilisation



Figure 32 : boîtes de pétri placer dans un incubateur

ANNEXE 5 : Les facteurs affectant le développement des germes [8]

Les bactéries, les levures et les moisissures ont des exigences nutritionnelles et physiologiques qui leur sont propre. De plus, au sein de chaque groupe, il existe des spécificités liées au genre, à l'espèce ou à la sous espèce concernés. Lorsqu'ils atteignent le lait, les microorganismes doivent donc s'adapter d'une part aux caractéristiques de ce milieu (facteurs intrinsèques) mais aussi aux facteurs ambients (extrinsèques) auxquels le lait est soumis.

1-Facteurs intrinsèques

Le pH : La grande majorité des bactéries et champignon ont la capacité de développer à un pH proche de la neutralité (tableau 15). Les levures ont comme la plupart des micro-organismes fongiques un caractère acidotrophe, ce qui leur permet de se développer à des pH acides.

L'activité de l'eau : elle correspond à la quantité d'eau libre disponible pour le développement des micro-organismes nécessaires pour le bon fonctionnement des processus chimiques et enzymatiques. Dans le lait, une partie de l'eau est liée aux différents constituants. L'activité de l'eau est plutôt un facteur limitant pour le développement des microorganismes dans le fromage. En début d'affinage, c'est principalement la teneur en NaCl qui règle l'activité de l'eau du fromage.

Le potentiel d'oxydoréduction : il est déterminé par la présence dans le lait de réducteurs (qui se charge en oxygène et perdent des électrons) et d'oxydants (qui chargent en électrons et perdent de l'oxygène). Le potentiel redox résultant de cet équilibre peut influencer le développement de la flore microbienne selon ses besoins en oxygène. Les germe qui ont besoin d'oxygène pour se développer agissent comme des réducteurs et baissent le potentiel d'oxydoréduction. On distingue ainsi quatre classes :

- **Aérobies stricts** lorsqu'ils ne peuvent se développer qu'en présence d'oxygène (*Pseudomonas, microcoques, moisissures*)
- **Aero-anaérobies facultatifs** lorsque leur développement peut se faire en présence ou en absence d'oxygène (*coliformes, staphylocoques*)
- **Anaérobies stricts** lorsque leur développement ne peut se faire qu'en absence d'oxygène (*clostridium*)
- **Microaérophiles** lorsque leur développement ne nécessite qu'un taux faible d'oxygène (*lactobacillus, streptococcus*)

Le développement de certaines populations microbiennes peut entraîner des modifications du potentiel redox du lait et faire en sorte que les conditions deviennent hostiles pour d'autre.

Composition en nutriments : le lait est composé d'une grande variété de vitamines, minéraux, sucres, protéines et matières grasses disponibles pour le développement des micro-organismes. Ces derniers doivent cependant posséder les systèmes enzymatiques adéquats pour pouvoir les métaboliser. Les fluctuations dans la composition chimique du lait peuvent donc favoriser ou ralentir le développement des micro-organismes en fonction de leurs exigences nutritionnelles et leur potentiel métabolique.

Les systèmes antimicrobiens : dans le lait, il existe des systèmes inhibiteurs naturels qui peuvent agir sur le développement des micro-organismes. Parmi eux, on distingue les systèmes liés à la composition physicochimique du lait (système lactoperoxydase-thiocyanate-peroxyde hydrogène, lactoferrine, acides gras libres), ceux liés à l'état immunitaire de l'animal (production anticorps, de cellules) et ceux liés à la production microbienne de bactériocines, substance produites par certains germes qui vont aller inhiber spécifiquement ou d'autres germes.

L'ensemble de ces paramètres sont eux-mêmes dépendants de facteurs amont liés à l'animal comme la race, le cycle de lactation, la génétique mais aussi aux conditions de production, en particulier l'alimentation.

TABLEAU 30 : Niveau du pH pour le développement des microorganismes.

Groupes	Min-Max	Optimum
Bactéries	4,5-9	6,5-7,5
Levures	2-11	4-6
Moisissures	2-9	-

2-Facteurs extrinsèques

La température : tous les micro-organismes ne se développent pas à la même température. On distingue trois groupes selon la température optimum de croissance : les mésophiles, les psychrophiles et les thermophiles (tableau 15). Certaines bactéries lactiques comme les lactocoques appartiennent au groupe des mésophiles tandis que d'autre comme *le streptococcus thermophilus* sont thermophiles. Les germes psychrotropes et thermotropes sont mésophiles, mais peuvent également se développer respectivement à basse et haute température.

Les gaz atmosphériques : ils n'influent pas de façon marquante sur la qualité du lait cru, excepté en cas d'agitation forte où l'oxygène de l'air peut favoriser le développement de la flore microbienne aérobie.

Nous allons voir dans le tableau 16 les niveaux de températures pour le développement des micro-organismes.

TABLEAU 31 : Niveau des températures (°C) pour le développement des microorganismes [34]

Groupes	Min	Optimum	Max
Thermophiles	40-45	55-75	60-90
Thermotrophes	15-20	30-40	45-50
Mésophiles	5-15	30-40	40-47
Psychrophiles	-5 - +5	12-15	15-20
psychrotrophes	-5 - +5	25-30	30-35

Titre : « Caractérisation physico-chimiques, microbiologiques et analyse spectrophotométrique du lait de vache collecté au sein de la société SOCOLAIT à Antsirabe »

Nom et prénom : ANDRIANATEAINA Fabrice

Adresse : CU Ankafotsy II BLOC 4 P.4

Telephone : 032 84 699 27

E-mail : Bifachibi@gmail.com



Rapporteur : ANDRIAMBININTSOA RANAIVOSON Tojonirina

Nombres de pages : 66

Nombres de figures : 32

Nombres de tableau : 31

RESUME

La présente étude a pour objectifs de contrôler la qualité du lait de vache collecté par la société SOCOLAIT dans la région d'Antsirabe, pour se faire, l'analyse physico-chimique, microbiologique du lait de chaque fournisseur de la société SOCOLAIT ont été faites et la mesure du lactose par la méthode spectrophotométrique. Les résultats obtenus lors des analyses physico-chimiques, qui sont le pH ≈ 6,7 ; la densité ≈ 1,028-1,031; l'acidité Dornic ≈ 15-17 ; la teneur en matière grasse ≈ 36-41g.L⁻¹ ; EST ≈ 116,3-126,2 g.L⁻¹, nous a permis de dire que lait des différents fournisseurs sont de bonne qualité physico-chimique, en effet tous les critères étudiés sont en accord avec les normes acceptables. Par contre, les analyses microbiologiques de tous les différents échantillons de lait montrent un dénombrement de la flore aérobie mésophile total variable pour tous les échantillons et dépasse de peu le seuil d'acceptabilité. La présence des coliformes fécaux et totaux qui est assez nombreux indique le manque de la bonne pratique d'hygiène. Les résultats de la teneur en lactose est dans la fourchette des normes qui est 4,9 pour 100g soit 49g.L⁻¹.

Mots clés : lait, analyse microbiologique, analyse physico-chimique, qualité.

ABSTRACT

SOCOLAIT in the region of Antsirabe, for this is the physics-chemical, microbiological of milk of each supplier of the company SOCOLAIT have already been examined. and the measurement of lactose by the spectrophotometric method. The results obtained during physico-chemical analyzes, which are pH 6.7; density 1028.5-1031; the acidity Dornic ≈ 15-17; the fat content ≈ 36-41g.L-1; IS ≈ 116,3-126,2 g.L-1, we have the right to say that the products are of good quality, in physico-chemical way, that the criteria are respected. The microbiological analysis to all the different analyzes on the water. The presence of faecal coliforms and all that is visible enough indicates the lack of good hygiene practice. The results of the lactose content are 4.9 per 100 g, ie 49 g / L.

Keywords: milk, microbiological analysis, physico-chemical analysis, quality.