



**République algérienne démocratique et populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM**

**Faculté des sciences de la nature et de la vie**  
**Département d'agronomie**

**Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II en sciences**  
**agronomiques**  
**Option : contrôle de la qualité**

***Thème :***

*Etude de projet d'une plateforme de technologie  
laitière au profit de l'Ecole supérieure d'agronomie  
de Mostaganem*

**Présenté par :**

**BOUDEROUA Imène**

**Soutenu le : 26/9/2021**

**Devant le jury :**

**-Président :** Professeur Mr BEKADA Ahmed a UMAB.

**-Directeur de mémoire :** Dr BENBOUZIANE Bouasria ; Maitre de conférences A UMAB

**- Examineur :** Dr DAHOU Amine ; Maitre de conférences B UMAB

**Année universitaire : 2020-2021**

## *Remerciements*

*Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la santé, la volonté, la patience et m'a guidé à réaliser ce modeste travail.*

*Mes vifs remerciements s'adressent en premier lieu à mon encadreur et mon enseignant Monsieur BENBOUZIANE Asri maitre de conférences a l'université de Mostaganem, pour son aide ainsi qu'à ses conseils et ses orientations.*

*J'exprime ma profonde et respectueuse gratitude à Monsieur BEKADA Ahmed Professeur à l'Université de Tissemsilet qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.*

*Il m'est agréable d'adresser mes plus vifs remerciements à Monsieur DAHOU amine maitre de conférences B à l'Université de Mostaganem d'avoir bien voulu examiner le présent travail.*

*Mes remerciements vont également à Monsieur BOUDEROUA Kaddour, directeur de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem pour son soutien, ses conseils et son aide dans mon travail.*

*Enfin, je voudrais adresser mes hommages respectueux à tous les enseignants, qui nous ont dispensé des cours et prodigués des conseils durant les cinq années à l'université.*

## *Dédicace*

*A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour, a ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans les moments les plus durs et ceux à qui je dois tant, à mes chers parents, pour leur amour et leur support affectif, leur sacrifices et leurs prières que ce travail soit le témoignage de mon amour.*

*Que Dieu les récompense pour tous leurs bienfaits.*

*A mes chères sœurs, Yousra ,Amel, Nadjat, et Meriem que Dieu vous garde en bonne santé et à mes cotés.*

*A mon petit neveu Abderrahmen.*

*A ma collègue et adorable amie Amel avec qui j'ai passé les plus beaux moments à l'université.*

*A toute ma famille et mes proches.*

## Liste des abréviations

**CF** : coliformes fécaux

**CSR** : clostridium sulfito-réducteur

**°D** : degré dornic

**FTAM** : flore mésophile aérobie totale

**g** : gramme

**UF** : unité fourragère

**VRBL** : gélose lactosée billée au cristal violet et au rouge neutre

**VF** : gélose glucosée viande foie

**UFC** : unité formant colonie

**STAPH** : staphylocoque

**MS** : matière sèche

**PCA** : plant count agar

**TSE** : eau sélective tamponné

**%** : pourcentage

**CIP** : clean in place

**LTLT** : low temperature long time

**HTST** : high temperature short time

**NPP** : nombre le plus probable

**ADMI** : American dry milk institute

**NPP** : nombre le plus probable



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Récapitulatif des principaux constituants et les caractères physico-chimiques des laits de diverses espèces (Gaucheron, 2010). .....	2
<b>Tableau 2</b> : La composition minérale de lait de vache (Thomas et al., 2008). .....	4
<b>Tableau3</b> : la flore originelle du lait cru.....	8
<b>Tableau4</b> : flore microbienne du lait.....	9
<b>Tableau5</b> : Evolution de la production laitière en Algérie.....	14
<b>Tableau 6</b> : les Traitements utilisés sur les sites de transformation.....	29

## Liste des Figures

<b>Figure 1</b> : Acidité naturelle, acidité développée et acidité titrable du lait (Vignola, 2002). ....	6
<b>Figure2</b> : protocole expérimental au sein du laboratoire d'analyse.....	11
<b>Figure3</b> : Circuits de la collecte et commercialisation du lait.....	14
<b>Figure 4</b> : protocole représentant la recherche et l'identification des staphylocoques.....	33

## Résumé

Ce travail s'intéresse à étudier l'élaboration d'une plateforme technologique dans le but de maîtriser et d'innover dans le domaine de la technologie laitière, notamment les processus de préparation du lait, son écrémage son homogénéisation et son traitement thermique (**pasteurisation et UHT..**), ainsi que toutes les analyses de la qualité (physico-chimique, microbiologique et sensorielle du lait et ses dérivés).

La production de lait en Algérie, est en général dominée par le système de production laitière des petites fermes. Le lait provient essentiellement de bovins, et de chèvres avec une prédominance du lait de vache (**env. 80 %**).

L'exploitation du bétail, plus particulièrement la production de lait, est très instable. La production de lait en Algérie n'est donc pas suffisante pour combler le marché actuel. Une partie de l'économie est donc destinée à l'importation des produits laitiers.

Le problème de l'hygiène alimentaire est important car les conditions sanitaires s'avèrent médiocres lors de la production, de la fabrication et de la commercialisation des produits laitiers. Les conditions climatiques rendent difficile le transport du lait, et donc le maintien de sa qualité. Mais aussi, la mauvaise qualité des routes ainsi que la dispersion géographique des fermes qui engendre une collecte souvent difficile.

Cette plateforme a pour but de mise à la disposition des industriels une certaine maîtrise des technologies de fabrication dans le lait et ces dérivés en rapport avec la maîtrise de l'énergie et la protection de l'environnement.

Elle permet ainsi de mettre ces compétences et ses équipements à disposition des entreprises, des centres techniques.

- former des utilisateurs aux équipements de la plateforme.

**Mots clés :** technologie laitière, production du lait, l'hygiène alimentaire, plateforme, maîtrise des technologies, protection de l'environnement .

## **Abstract**

This work is interested in studying the development of a technological platform in order to master and innovate in the field of dairy technology, in particular the milk preparation processes, its skimming, homogenization and heat treatment (pasteurization and UHT ..), as well as all quality analyzes (physico-chemical, microbiological and sensory of milk and its derivatives).

Milk production in Algeria is generally dominated by the milk production system of small farms. The milk comes mainly from cattle and goats with a predominance of cow's milk (approx. 80%).

Livestock exploitation, especially milk production, is very unstable. Milk production in Algeria is therefore not sufficient to meet the current market. Part of the economy is therefore intended for the import of dairy products.

The problem of food hygiene is important because sanitary conditions prove to be poor during the production, manufacture and marketing of dairy products. Climatic conditions make it difficult to transport milk, and therefore to maintain its quality. But also, the poor quality of the roads as well as the geographical dispersion of the farms which often leads to difficult collection.

The purpose of this platform is to provide manufacturers with a certain mastery of manufacturing technologies in milk and these derivatives in connection with energy control and environmental protection.

It thus makes it possible to make these skills and its equipment available to companies and technical centers.

- train users in platform equipment.

**Keywords:** dairy technology, milk production, food hygiene, platform, energy control, environmental protection.

## ملخص

يهتم هذا العمل بدراسة تطوير منصة تكنولوجية من أجل إتقان والابتكار في

مجال تكنولوجيا الألبان ، ولا سيما عمليات تحضير الحليب والقشط والتجانس والمعالجة الحرارية (البسترة والحرارة الفائقة ..) ، وكذلك جميع تحليلات الجودة (الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية (والحسية للحليب ومشتقاته

يهيمن نظام إنتاج الحليب في المزارع الصغيرة بشكل عام على إنتاج الحليب في الجزائر. يأتي (الحليب بشكل أساسي من الماشية والماعز مع غلبة حليب البقر (حوالي 80٪

يعتبر استغلال الثروة الحيوانية ، وخاصة إنتاج الحليب ، غير مستقر للغاية. لذلك فإن إنتاج الحليب في الجزائر لا يكفي لتلبية السوق الحالي. لذلك فإن جزءاً من الاقتصاد مخصص لاستيراد منتجات الألبان.

تعتبر مشكلة نظافة الأغذية مهمة لأن الظروف الصحية تثبت ضعفها أثناء إنتاج منتجات الألبان وتصنيعها وتسويقها. تجعل الظروف المناخية من الصعب نقل الحليب ، وبالتالي الحفاظ على جودته. ولكن أيضاً سوء جودة الطرق والتشتت الجغرافي للمزارع مما يؤدي غالباً إلى صعوبة الجمع

الغرض من هذه المنصة هو تزويد الشركات المصنعة بإتقان معين لتقنيات تصنيع الحليب وهذه المشتقات فيما يتعلق بالتحكم في الطاقة وحماية البيئة

وبالتالي ، فإنه يجعل من الممكن جعل هذه المهارات ومعدات متاحة للشركات والمراكز التقنية

تدريب المستخدمين على معدات المنصة -

# Sommaire

**Remerciements**

**Dédicace**

**Liste des abréviations**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Résumé**

## **Tables des matières**

Introduction.....	1
Objectif .....	
<b>Chapitre I : Généralités sur le lait</b>	
I. LE LAIT.....	1
I.1. Définition .....	1
I.2 Composition.....	1
I.2.1. Eau .....	2
I.2.2. La matière grasse .....	2
I.2.3. Glucides : .....	3
I.2.4. Matière azotée .....	3
I.2.5. Vitamines .....	3
▪.....Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse, .....	4
I.2.6. Enzymes.....	4
I.2.7. Minéraux .....	4
I.3. Facteurs de variation de la composition du lait .....	4
I.4. Propriétés physico-chimiques du lait .....	5
I.4.1. La masse volumique et densité du lait .....	5
I.4.2. Point de congélation.....	5
I.4.3. Point d'ébullition .....	6

I.4.4. L'acidité titrable du lait : .....	6
I.4.5. pH.....	6
I.5. Propriétés microbiologiques du lait cru .....	7
I.5.1. Flore originelle.....	7
I.5.2. Flore de contamination : .....	8
I.5.3.1.Flore d'altération.....	8
I.5.3.2.Flore pathogène .....	9
II. Les analyses qui déterminent la qualité du lait .....	9
<b>Chapitre II : enjeux et contraintes dans la filière laitière en Algérie</b>	
I. Problèmes et enjeux.....	13
I.1. importations des produits laitiers.....	13
II. Principales contraintes du développement.....	13
II.1.Le déficit fourrager.....	14
II.2. Les limites des ressources en eau.....	14
II.3.La collecte du lait.....	14
<b>Chapitre III : Exemple d'une plateforme en technologie laitière cas de la France</b>	
I. Plateforme en technologie laitière en France.....	16
I.1. environnement.....	16
I.2.missions.....	16
I.3. équipements utilisés.....	16
I.3.1.Préparation du lait.....	16
I.3.2. séparation membranaire.....	17
I.3.3.Transformation fromagère.....	17
I.3.4. Pilote de séchage par atomisation GEA • Type Mobile Minor.....	17
<b>Chapitre III : création de plateforme en technologie laitière</b>	
I. Plateforme lait.....	20
I.1. intérêt de la plateforme.....	20
I.2. impact socio-économique attendus.....	20

II. présentation de la plateforme.....	20
II.1. Plateforme 1 : ligne de prétraitement .....	21
Composition de la ligne.....	21
II.2. Plateforme 2 : ligne de préparation à la reconstitution avec CIP incorporé .....	22
II.2. 1. Description.....	22
II.2. 3. Composition.....	23
II.2. 2. Section de stockage avant le traitement.....	23
II.3. Plateforme 3 : ligne de traitement thermique .....	23
II.3.1. Application .....	24
II.3.2. Composition.....	24
II.3.3.Description.....	24
II.4. Plateforme 4 : Matériel pour fromagerie à caillé lactique –mixte et enzymatique.....	26
Composition .....	26
II.5. Plateforme 5 :Ligne de séchage par pulvérisation .....	26
II.5. 1. principe .....	27
II.6. Plateforme 6 : traitement des effluents .....	27
Principe.....	28
II.7. Plate-forme 7 Traitement des effluents.....	28
<b>Equipements proposés</b> .....	28
III. Etude pratique :Analyses du lait .....	31
III.1. Analyses microbiologiques .....	31
III.1. 1. Préparation de la suspension mère et dilutions décimales (NA 5912 :2007) et (ISO 08261) : .....	31
III.1. 2. Dénombrement des flores aérobies mésophiles totaux (FAMT).....	31
III.1. 3. Dénombrement des Coliformes:.....	32
III.1. 4. Recherche de Staphylocoque aureus dans la poudre de lait (NA 1198 :1995) et (ISO 6888).....	33
III.1. 4. Recherche de spore à Clostridium sulfito réducteur (ISO 6461-1) : .....	35
33	
III.1.7. Dénombrement des levures et moisissures sur les surfaces (NA1210 :1995) et (ISO 7954) : .....	36
III.2. Analyses physico-chimiques.....	38
III.2.1. Détermination de la solubilité .....	38
III.2.2. Détermination de l'acidité (NA 678 : 1989) .....	38

III.2.3. Détermination de la matière sèche (extrait sec total) (NA 2676 :1991) :.....	38
III.2.4. Détermination de l'humidité de la poudre de lait (NA109625 :1996) : .....	39
III.2.5. Détermination de la matière grasse par la méthode acido-butyrométrique (NA2690 : 1993 et ISO3494 : 1976).....	39
II.2.6. Détermination de la densité du lait (NA1832 : 1991).....	39
Cahier de charges en besoin laits	
Conclusion	
Références bibliographiques	

## Introduction

Le lait constitue un produit de base dans le modèle de consommation algérien. Cet aliment occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des populations surtout celles à bas âge. Il constitue une source intéressante en matières grasses et apportent la plus grosse part de protéines d'origine animale.

L'Algérie est l'un des plus grands consommateurs de lait en Afrique avec une moyenne annuelle de 110 à 115 litres par habitant, créant ainsi une situation de dépendance vis-à-vis de l'étranger en matière d'approvisionnement en lait. Les besoins en lait pour la consommation en Algérie, sont estimés à 3.2 milliards de litres annuellement alors que la couverture assurée actuellement par la production nationale ne dépasse pas les 2.3 milliards de litre (**Ministère du Commerce, 2008**), le reste des besoins est couvert par l'importation de poudre de lait (lait sec, lait infantile, farine lactée ...) et matières grasses de laits anhydres (M.G.L.A) servant au processus de recombinaisons au niveau des unités de transformation des laits et produits laitiers.

En industrie laitière, le lait cru ou la poudre de lait comme matières premières et le lait reconstitué et pasteurisé comme produit fini, doivent répondre aux normes et aux exigences sanitaires hautement satisfaisantes justifiant leur bonne qualité des points de vue nutritionnelle, organoleptique, et hygiénique, comme ils ne doivent en aucun cas être contaminés ni de germes pathogènes, ni de germes d'altérations, ni de polluants chimiques, ni de résidus de substance à effet antibiotique, hormonal, anti-hormonal, de pesticide ou de toute autre substance nocive pour la santé humaine (**Kabir, 2015**).

La base nutritionnelle de l'alimentation de l'algérien est assurée par les céréales et les produits laitiers massivement importés. Au cours des dernières décennies, des efforts particuliers ont été consentis en faveur du secteur agricole et des industries agro-alimentaires.

### **Quel est l'intérêt de concevoir une plateforme ?**

L'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem se propose d'abriter une plateforme technologique dédiée à la formation recherche développement orientée vers l'innovation pour faire adhérer les étudiants et enseignants chercheurs et recréer un esprit d'innovation et parfaire leur formation pratique, cette plateforme pourra abriter quatre sections :

-**Une section** : Culture Hydroponique ou Hors Sol des fourrages – Accompagnée d'un dispositif de compostage et d'un Elevage bovien expérimental.

-**Une section** : technologie du lait et dérivés.

- **Une section** : technologie des Aliments infantiles à base de Céréales et de lait, légumineuse produites localement.

- **Une section** : évaluation de la qualité et analyse.

## **Objectif de l'étude**

Cette étude consiste à développer une série d'informations visant à exposer, d'une manière générale, une plateforme de recherche en **technologie laitière** dont le but est de concevoir, développer, transformer, contrôler et valoriser cette technologie.

REVUE  
BIBLIOGRAPHIQUE

# **Chapitre I :**

## **Généralités sur le lait cru**

## *Synthèse bibliographique*

### **I. LE LAIT**

Le lait est une denrée ancienne utilisée par l'homme depuis la préhistoire. Il n'a pourtant pas occupé la même place au cours des siècles suivant les pays, la culture et la religion. En Algérie, le lait est un produit de large consommation ; accessible par son prix, il contribue de manière importante à l'apport en protéines animales dans la ration alimentaire de l'algérien.

Les cours mondiaux du lait ont continué à augmenter en 2017, tirés par une baisse de la production au dernier trimestre 2016, la production mondiale de lait a modestement augmenté, de 0,5 % en 2017, soit une allure bien plus modeste que les 2,1 % constatés en moyenne ces dix dernières années (OCDE/FAO, 2018).

#### **I.1. Définition**

Le lait étant défini en 1908, au cours du congrès internationale de la répression des fraudes à Genève comme étant le produit intégrale de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum. (Alais, 1975).

**Le codex alimentarius, 1999**, définit le lait comme étant la sécrétion mammaire normal d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné a la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieurs.

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

Quelles que soient leurs origines géographiques, les laits des différentes espèces animales sont uniques de part de leur composition (tableau 1). Ils contiennent à la fois de l'eau, des protéines, des lipides, des glucides, des minéraux et des vitamines (Gaucheron, 2010).

**Selon Favier (1985)**, le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riche en acide aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est l'acide aminé de la croissance. Ses lipides caractérisés par une forte proportion d'acide gras à chaîne courte, sont beaucoup en acides gras saturé qu'en acide gras qu'en acide gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol de vitamine D et vitamine E.

## *Synthèse bibliographique*

**Tableau 1 :** Récapitulatif des principaux constituants et les caractères physico-chimiques des laits de diverses espèces (Gaucheron, 2010).

Le lait contient également des anticorps, des hormones et peut parfois contenir des résidus d'antibiotiques (Vilan, 2010).

Constituants	Lait de vache	Lait de chèvre	Lait de chamelle
Extrait sec total (g/l)	128	134	136
Protéines (g/l)	32	34,1	35
Caséines (g/l)	26	26	28
Lactose (g/l)	48	44-47	50
Matières salines (g/l)	9	7,7	8
Matières grasses (g/l)	37	41	45
Énergie (kcal/l)	705	600-750	800
Densité du lait entier à 20 °C	1,028-1,033	1,027-1,035	1,025-1,038
pH à 20 °C	6,60-6,80	6,45-6,60	6,20-6,82
Acidité (° Dornic)	15-17	14-18	14-17

### **I.2.1. Eau**

C'est le composé le plus abondant, il se trouve sous deux états :

- L'eau extra micellaire représente environ 90 % de l'eau totale.
- L'eau intra micellaire représente environ 10 % de l'eau totale (Luquet, 1986).

### **I.2.2. La matière grasse**

Elle est considérée avec les protéines comme la matière noble du lait. Elle est composée en majorité de triglycérides (98 %), puis de phospholipides (1 %) et de cholestérol (1 %) (Voisin, 2010).

Elle est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10µm. La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65 % d'acides gras saturés et de 35 % d'acides gras insaturés. Elle renferme :

- Une très grande variété d'acides gras (15 différents).

## *Synthèse bibliographique*

- Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes.
- Une teneur élevée en acide oléique (C18:1) et palmitique (C16:0).
- Une teneur moyenne en acide stéarique (C18:0) (**Jeant et al., 2008**).

### **I.2.3. Glucides :**

Ils sont représentés à 97 % par le lactose, disaccharide composé d'une molécule de galactose et d'une molécule de glucose reliées entre elles par une liaison osidique  $\beta$  (1  $\square$  4) (**Vilain, 2010**).

D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose. En outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines (**Amiot et al., 2002**).

En plus de son rôle nutritionnel, le lactose joue un rôle technologie dans les produits laitiers en tant que substrat de fermentation pour les bactéries lactiques qui l'hydrolysent en glucose et galactose, puis transforment ces hexoses en acide lactique (**Cheftel et Cheftel, 1977**) cité par (**Vilain, 2010**).

### **I.2.4. Matière azotée**

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

Parmi les protéines, on retrouve deux types majeurs : les protéines solubles : les albumines et les globulines solubles (protéines sériques) représentent 20 % de la quantité totale de protéine en masse. Et les caséines rassemblées en micelles : Ce sont des protéines spécifiques du lait, entièrement synthétisées par mamelle et elles sont majoritaires (80 %) (**Voisin, 2010**).

### **I.2.5. Vitamines**

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique. On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.

## *Synthèse bibliographique*

- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse,

### **I.2.6. Enzymes**

Les enzymes sont des protéines globulaires spécifiques produites par des cellules vivantes. Ce sont des biocatalyseurs car ils accélèrent les réactions biochimiques. Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases et les oxygénases. Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température (**Vignola, 2002**).

### **I.2.7. Minéraux**

Le lait est riche en sels minéraux qui se trouvent à l'état ionique et moléculaire. Ils représentent une quantité variant de 0,6 % à 0,9 % (**Vignola, 2002**). Selon **Gaucheron, 2004**, le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions.

La composition minérale de lait de vache présenté dans le Tableau 2 ci-dessous

**Tableau 2** : La composition minérale de lait de vache (**Thomas et al., 2008**).

Élément minéral	Concentration (mg.kg <sup>-1</sup> )	Concentration (mmol.kg <sup>-1</sup> )
Calcium	1043-1283	26 -32
Magnésium	97-146	26 -32
Phosphate inorganique	1805-2 185	19 -23
Phosphore total	930-992	30 -32
Citrate	1323-2 079	7 -11
Sodium	391-644	17 -28
Potassium	1212-1 681	31 – 43
Chlorure	772-1 207	22- 34

### **I.3. Facteurs de variation de la composition du lait**

La composition de lait est variable : elle dépend bien entendu du génotype de la femelle laitière (race, espèce) mais l'âge, la saison, le stade de lactation, l'alimentation sont des facteurs qui peuvent avoir des effets importants sur le lait. Certains de ces facteurs peuvent

## *Synthèse bibliographique*

être contrôlés et utilisés pour améliorer la rentabilité laitière d'un animal, tandis qu'on ne peut pas agir sur d'autres (**Bouvier, 1993**).

### **I.4. Propriétés physico-chimiques du lait**

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 (**Vignola, 2002**).

#### **I.4.1. La masse volumique et densité du lait**

Elle est le plus souvent exprimée en grammes par millilitres ou en kilogrammes par litre, cette propriété physique varie selon la température, puisque le volume d'une solution varie selon la température. Cette propriété se définit comme suit (**Vignola, 2002**) :

$$d = \frac{\text{mv d'une substance à une température T}}{\text{mv de l'eau à une température T}}$$

d= densité relative

Mv = masse volumique

T = température.

❖ La densité du lait est généralement comprise entre **1,028** et **1,036**.

Elle varie dans le même sens que la richesse en matière sèche du lait, c'est-à-dire qu'un lait plus riche sera a priori plus lourd, même s'il faut considérer le fait que les lipides, dont la présence peut augmenter la proportion de matière sèche, sont eux moins denses que l'eau donc diminue la densité globale du lait (**Cazet, 2007**).

#### **I.4.2. Point de congélation**

Il est légèrement inférieur à celui de l'eau, puisque la présence de solides solubles abaisse le point de congélation. Il peut varier de -0,530 °C à -0,575 °C avec une moyenne de -0,555 °C. Un point de congélation supérieur à -0,530 °C permet de soupçonner une addition d'eau au lait (**Vignola, 2002**).

## Synthèse bibliographique

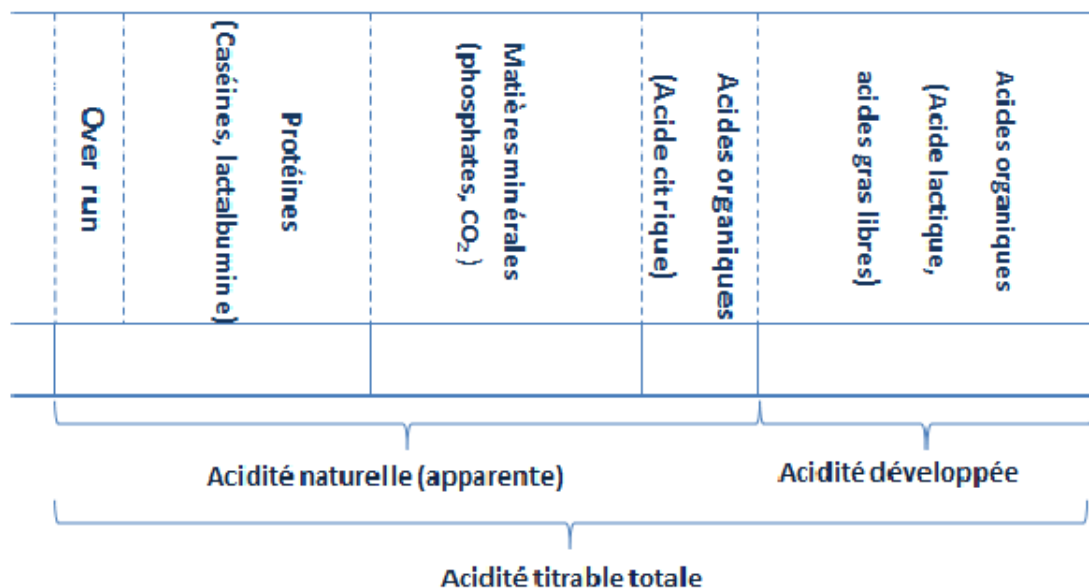
### I.4.3. Point d'ébullition

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. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5 °C (Vignola, 2002).

### I.4.4. L'acidité titrable du lait :

Dès sa sortie du pis de la vache, le lait démontre une certaine acidité. Cette acidité est due principalement à la présence de protéines, surtout les caséines et la lactalbumine, de substances minérales telles que les phosphates et le CO<sub>2</sub>, et d'acide organique, le plus souvent l'acide citrique. On appelle l'acidité apparente ou acidité naturelle du lait. Elle varie entre 0,13 et 0,17 % d'équivalent d'acide lactique (Vignola, 2010).

Le lait frais ne contient qu'environ 0,002 % d'acide lactique. En se développant, les bactéries lactiques vont former de l'acide lactique CH<sub>3</sub>-CHOH-COOH par fermentation du lactose. Cette nouvelle acidité se nomme acidité développée. C'est cette acidité qui conduit à la dénaturation des protéines (Vignola, 2010).



**Figure 1** : Acidité naturelle, acidité développée et acidité titrable du lait (Vignola, 2002).

### I.4.5. pH

Il mesure la concentration des ions H<sup>+</sup> en solution. Les valeurs de pH représentent l'état de fraîcheur du lait (Vignola, 2002).

## *Synthèse bibliographique*

A 25 °C le pH du lait est habituellement compris entre 6,5 et 7, avec une valeur moyenne de 6,6 : il est donc légèrement acide. Ce pH tend à croître quelque peu au cours d'une lactation et peut dépasser 7,0 à sa fin. Le colostrum peut avoir un pH aussi bas que 6,0 (**Fox et al., 2017**).

### **I.4.6**

## **I.5. Propriétés microbiologiques du lait cru**

Le lait est, de par sa composition, un aliment de choix : il contient des graisses, du lactose, des protéines, des sels minéraux, des vitamines et 87 % d'eau. Son pH est de 6,7. Il va être un substrat très favorable au développement des microorganismes. (**Guiraud, 2003**)

Les microorganismes, principalement, présents dans le lait sont les bactéries. Mais, on peut aussi trouver des levures et des moisissures, voire des virus. De très nombreuses espèces bactériennes sont susceptibles de se développer dans le lait qui constitue, pour elles, un excellent substrat nutritif. Au cours de leur multiplication dans le lait, elles libèrent des gaz (oxygène, hydrogène, gaz carbonique, etc.), des substances aromatiques, de l'acide lactique (responsable de l'acidification en technologie fromagère), diverses substances protéiques, voire des toxines pouvant être responsables de pathologie chez l'homme (**Traite et al., 2009**).

### **I.5.1. Flore originelle**

La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles. (Vignola, 2002).

**Le tableau 3(ci-dessous)** présente la liste des microorganismes originels du lait avec leurs proportions relatives.

## *Synthèse bibliographique*

**Tableau 3 : flore originelle du lait cru.**

<b>Microorganismes</b>	<b>%</b>
-micrococcus	20-60
-lactobacillus	20-40
-streptococcus et lactococcus	<20
-gram négatif	<5

### **I.5.2. Flore de contamination :**

La flore de contamination est l'ensemble des microorganismes ajoutés au 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** capable de provoquer de malaises chez les personnes qui consomment ces produits laitiers (**Vignola, 2002**).

#### **I.5.3.1. Flore d'altération :**

Les germes de l'environnement trouvent dans le lait un excellent milieu de culture (**Novel, 1993**). La flore d'altération cause des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont **Pseudomonas sp**, **Proteus sp.**, les coliformes, soit principalement les genres **Echerichia et Enterobacter**, les sporulés telles que **Bacillus sp.** et certaines levures et moisissures (**St-Gelais et al., 1999**).

❖ Parfois, certains microorganismes nuisibles peuvent aussi être pathogènes. L'un n'exclut pas l'autre (**Vignola et al, 2002**).

#### **I.5.3.2. Flore pathogène :**

## *Synthèse bibliographique*

La présence de microorganismes pathogènes dans le lait peut avoir trois sources : **l'animal, l'environnement et l'homme (Guiraud, 1998).**

Les exigences réglementaires pour la protection de la santé publique imposent des normes sanitaires strictes vis-à-vis des trois pathogènes majeurs qui sont : **Brucella melitensis, Listeria monocytogènes et Salmonella sp (Guiraud, 1998).**

**Tableau 4 : Flore microbienne du lait.**

<b>Flore originelle</b>		<b>Flore de contamination</b>	
<b>Bactéries des canaux galactophores</b>	<b>Bactéries contaminant le lait pendant et après la traite</b>	<b>Bactéries d'origine fécale</b>	<b>Bactéries présents sur l'animal malade</b>
Lactobacille  Streptocoque lactique	Pseudomonas  clostridium  Entérobactérie  Microcoque  Bacillus	Clostridium  Coliforme fécaux  Salmonella  Yersinia	Staphylococcus aureus  Brucella  Listeria

## **II. Les analyses qui déterminent la qualité du lait**

Le laboratoire analyse le lait grâce à du matériel de pointe, il dénombre les germes totaux pour évaluer la qualité microbiologique ainsi que la vérification d'absence d'antibiotiques qui compte les cellules somatiques, qui sont des indicateurs de la

## *Synthèse bibliographique*

santé du troupeau et détermine la composition physico-chimique (matière grasse et protéique..), et le point de congélation, qui permet de vérifier que le lait ne contient pas d'eau ajoutée.

*Synthèse bibliographique***Les analyses physico-chimiques et microbiologiques usuels du lait****Analyse physico-chimique****❖ La mesure de :**

- ✓ PH
- ✓ La température
- ✓ L'acidité titrable
- ✓ Masse sèche
- ✓ Minéraux
- ✓ La densité
- ✓ Les lipides
- ✓ Les protéines
- ✓ Lactose

**Analyse microbiologique**

- Préparation des solutions décimales.
- recherche et dénombrement des germes.

**Les germes milieu sélectif**

- |                     |         |
|---------------------|---------|
| ✓ FTAM              | PCA     |
| ✓ coliformes fécaux | VRBL    |
| ✓ Staphylocoques    | Chapman |
| ✓ clostridium       | VF      |
| ✓ Salmonelle        | SS      |

**Les germes utiles**

- |  |     |
|--|-----|
| ✓ lactobacillus, leuconostoc               | MRS |
| ✓ Lactococcus, streptococcus, enterococcus | M17 |

**Figure 2 :** protocole expérimental au sein du laboratoire d'analyse du lait.

## **Chapitre II :**

# Les enjeux et les contraintes que rencontre la filière laitière en Algérie

## I. Les problèmes et les enjeux

### I.1. les importations des produits laitiers

En Algérie, la consommation de produits laitiers continue de croître. Avec la demande croissante de la population, les achats sur le marché international ont dépassé le cap du milliard de dollars en 2019. **(Agence Ecofin).**

En 2019, les importations de produits laitiers par l'Algérie se sont élevées à **1,24 milliard \$**. C'est ce qu'indique le Département américain de l'agriculture (**USDA**) dans sa dernière note sur la filière.

Avec une telle enveloppe, les produits laitiers se situent au second poste des importations alimentaires après les céréales. Dans les détails, l'Algérie aura importé plus de 232 000 tonnes de lait entier en poudre et environ 167 000 tonnes de poudre de lait écrémé.

Déjà sur le premier semestre 2020, la valeur des importations a grimpé à 364 millions \$, soit 7 % de plus qu'en 2019 à la même période selon les données douanières.

**❖ En Algérie, les besoins de consommation en produits laitiers se chiffrent à 5 millions de tonnes par an dont 70 % sont satisfaits par l'industrie locale. Le pays est le premier consommateur de produits laitiers en Afrique du Nord.**

## II. Les principales contraintes du développement de la production laitière

Il faut souligner que l'Algérie, est aujourd'hui l'un des plus gros importateurs africains des denrées alimentaires.

L'insuffisance de la production agricole Algérienne, associée à une demande massive, accrue et croissante en produits agroalimentaires, induit par un changement progressif du modèle de consommation, font de l'Algérie, un pays structurellement importateur et donc fortement dépendant.

Le secteur de l'innovation dans ce créneau de l'agroalimentaire est en quelque sorte le parent pauvre, attribué surtout au désintéressement des opérateurs économiques préférant nouer des relations avec des laboratoires et entreprises étrangers. Ce type d'orientation avait des conséquences et retombés plus faibles sur l'économie du secteur puisque les équipements et les technologies importés sont non seulement onéreuses mais dans la plus part des cas inadaptées.

## II.1 Le déficit fourrager

La principale contrainte actuelle de la production laitière est l'insuffisance des ressources fourragères. (Selon Kali et al 2011). L'essentiel de l'alimentation du cheptel est assuré par les milieux naturels.

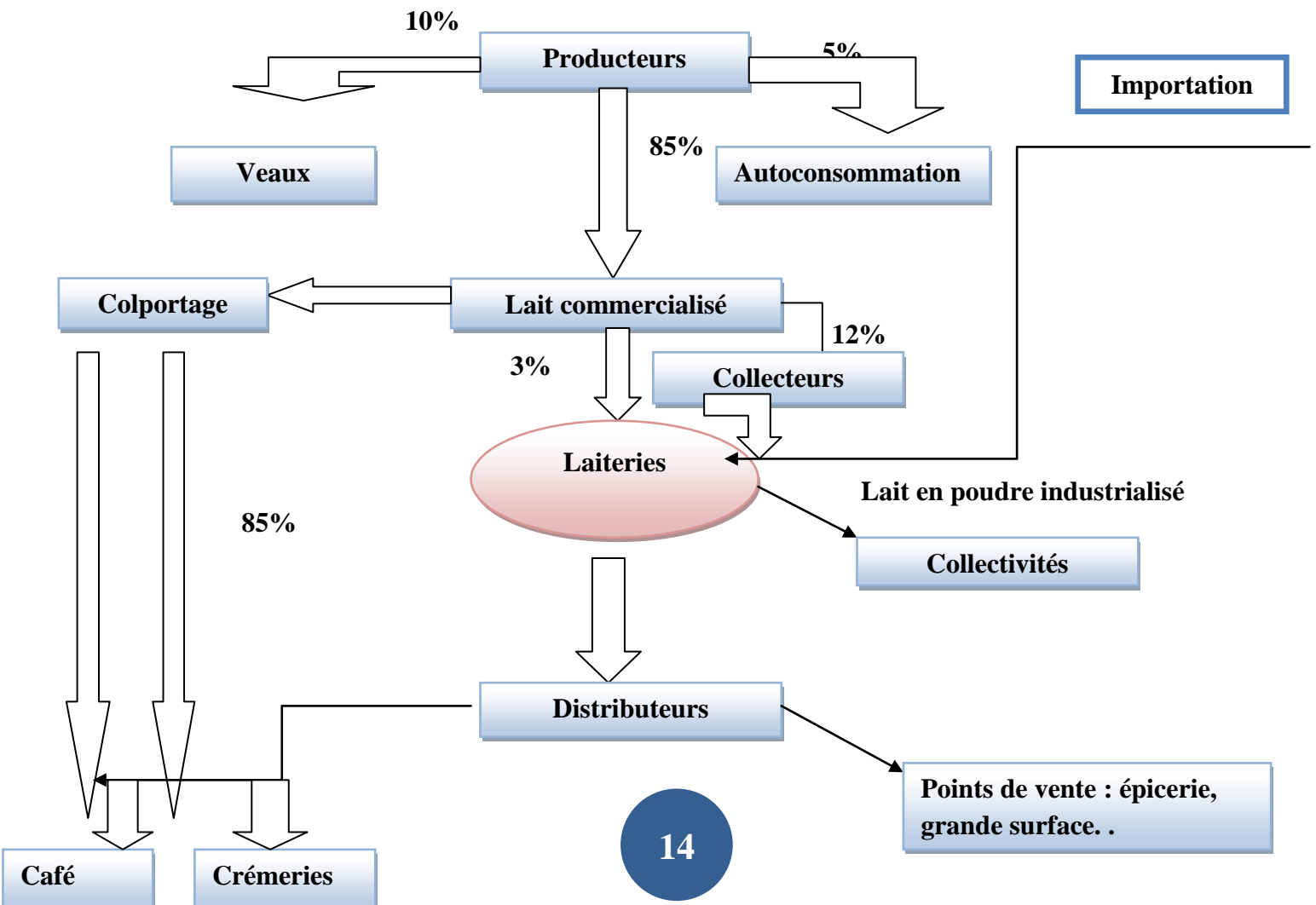
-L'insuffisance des ressources fourragères constitue un obstacle au développement de l'élevage bovin en Algérie .pour des besoins annuels estimés a environ 10,5milliards d'UF. les disponibilités ne sont en moyenne que de 5,2 milliards d'UF, soit un taux de couverture de 50% (Chehat et al., 2009).

-l'industrie nationale des aliments du bétail ne fonctionne que sur la base de matières premières importées (maïs et soja), l'essentiel de la production de cette industrie est destiné au secteur avicole, à peine 5% va au secteur bovin. Enfin il est à noter que ce secteur n'assure que près de 20% des besoins nationaux.

## II.2. Limite de ressources en eau :

L'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau. L'eau constitue une contrainte majeure et un facteur limitant de la production agricole. La production fourragère ne bénéficie guère de l'accès à l'irrigation 6%.

## II.3. la Collecte du lait : Figure 6 : Circuits de la collecte et commercialisation du lait.



Tout d'abord, une partie infime du lait produit au niveau de la ferme (lait de vache) qui est de l'ordre de **5%** est destinée à l'autoconsommation (membres de l'exploitation), **10%** sont destinés à l'alimentation des veaux, et la grande partie qui représente **85%** rentre dans le circuit de commercialisation, dont seulement 12% de ce lait passe vers les laiteries par le biais du circuit de collecte (le lait est collecté par des collecteurs conventionnés par l'état), **3%** est acheminé directement vers les laiteries sans passer par le circuit de collecte, et **85%** passe par un circuit informel (colportage) vers les crémeries et les cafés avant d'arriver chez le consommateur (**Figure 6**).

La filière lait reste déstructurée avec un taux de collecte frôlant les 10% de la production nationale et un taux d'intégration dans le processus de transformation avoisinant les 5% seulement (**Figure 6**).

**Tableau 5** : Evolution de la production laitière en Algérie. (2010-2018). (International journal on innovation & financiers stratégies).IFS.

<b>Années</b>	<b>Production national (10-6) litres</b>
<b>2010</b>	<b>2632</b>
<b>2013</b>	<b>3088</b>
<b>2015</b>	<b>3548</b>
<b>2018</b>	<b>3753</b>

# Chapitre3

## Exemple d'une plateforme en technologie laitière cas de la France

## I. Plateforme en technologie laitière en France (RENNES) :

### I.1. Environnement :

La plateforme est adossée à l'unité mixte de recherche **INRAE /agrocampus** Ouest science et technologie du lait **STLO** elle bénéficie de :

- l'expertise scientifique de ces chercheurs qui mènent leurs recherches à la fois sur des systèmes réels (fromages..), et des systèmes modèles maîtrisés (protéines purifiés...).
- de son soutien analytique (caractérisation biochimiques et microbiologiques des produits laitiers...).

### I.2. Missions :

- mener des projets de recherche avec les autres équipes d'UMR/STLO.
- mener ses projets propres pouvant conduire à des innovations.
- mettre ces compétences et ses équipements à disposition des entreprises, des centres techniques.
- former des utilisateurs aux équipements de la plateforme.

### I.3 Equipements utilisés

La plateforme LAIT dispose de nombreux équipements de transformation du lait couvrant une **large gamme d'opérations unitaires et d'échelles d'étude**.

Tous les équipements sont indépendants. Ils sont reliés les uns aux autres à l'aide de tuyaux souples et de bacs tampons. Cette configuration originale assure une **souplesse d'utilisation** et offre une **large palette de schémas technologiques**.

Les équipements de préparation du lait (écrémage, homogénéisation, traitement thermique...) sont disposés dans une grande halle de 400 m<sup>2</sup> auxquels s'ajoutent 2 ateliers de fabrication fromagère (pâtes molles et pâtes pressées cuites), 2 hâloirs, 1 salle de saumurage, 2 salles de préparation alimentaires. La superficie totale de la plateforme est de 800 m<sup>2</sup>.

#### I.3.1. préparation du lait

- équipements pour l'écémage
- équipements pour l'homogénéisation
- équipements pour le traitement thermique

### **I.3.2. séparation membranaire**

- équipements de microfiltration
- équipements de nanofiltration
- équipements d'osmose inverse

### **I.3.3.transformation fromagère**

- **équipements pour préparation fromagère pâtes molles , pâtes pressées non cuites et cuites ainsi que pour la fabrication de fromages fondus et frais.**

## **ATELIERS DE FABRICATION FROMAGERE**

La plateforme LAIT dispose de deux ateliers de fromagerie représentatifs des outils industriels, l'un à pâte molle et l'autre à pâte pressée cuite. Ces équipements sont conçus pour maîtriser les paramètres de la transformation du lait en fromage et valider les travaux de recherche fromagère.

Le savoir-faire des technologues fromagers associé aux performances des outils pâte molle et pâte pressée cuite valorise les travaux :

- **des chercheurs et technologues** : influence de l'alimentation sur la qualité des fromages ; écosystèmes bactériens ; structure et protéolyse des fromages ; fractionnement de la matière grasse ; pouvoir tampon ;
- **des industriels laitiers** : mise au point de produits nouveaux ; application des techniques membranaires en fromagerie - qualité, sécurité alimentaire, rendements ; transfert de technologie

### **I.3.4.Pilote de séchage par atomisation GEA • *Type Mobile Minor***

- Capacité d'évaporation : de 1 à 7 kg d'eau par heure
- Atomiseur : turbine ou buse bi-fluide

# **Chapitre 4**

## **Création d'une plateforme en technologie laitière**

## **I. Plateforme lait**

### **I.1. l'intérêt de la plateforme**

La Plateforme technologique sera dédiée à la Formation Recherche en Sciences Agronomiques dans le domaine de la technologie laitière. Elle vise à rendre facilement accessibles certains projets de développement agricole. Nous tenterons d'inclure la production et transformation des produits agricoles et la relation agriculture – environnement.

Cette Plateformes sera accessible aux différentes équipes de chercheurs universitaires, mais aussi aux Organismes Publics et Entreprises Privées. La pérennité de sa performance sera assurée par des publications scientifiques et des actions de valorisation et de vulgarisation. Elle sera mise à profit pour la formation d'ingénieurs et techniciens et pour des programmes d'animation tel que des séminaires et des ateliers de formation.

### **I.2. impact socioéconomiques attendus**

- maîtrise des techniques modernes de gestions technico-économiques des élevages bovins laitiers par l'utilisation des outils numériques de gestion et des plates formes collaboratives.
- Promouvoir une industrie agroalimentaire innovante : Proposer aux industriels de l'agroalimentaire de nouvelles technologies adoptant des formules alimentaires pour aliments infantiles testées à base de ressources alimentaires locales qui sont de nature à être bio, naturelles, diététiques et respectueuses de l'environnement.
- faire apprendre aux élèves ingénieurs, opérateurs économiques et industriels les meilleures techniques de fabrication et de conservation en se basant sur les meilleures voies de l'élaboration des nouveaux produits laitiers,
- utiliser le numérique et la simulation pour innover dans la qualité des produits laitiers.
- assurer une maîtrise technique et économique de la déshydratation du lait en vue d'obtenir la poudre de lait de qualité.

## **II. Présentation de la plateforme**

La plateforme LAIT est une installation unique de recherche à l'échelle pilote dédiée au lait et ses dérivés, elle se caractérise par son approche scientifiques s'appuyant sur une large gamme de procédés modulables, elle constitue un lieu privilégié d'accueil et de collaboration ouvert aux partenaires académiques et industriels.

## II.1. Plateforme 1 : ligne de prétraitement

Cette ligne est définie pour recevoir le lait cru et le refroidir, avec une capacité de réception de 300- 500 litres, avant d'envoyer à un réservoir de stockage de lait cru, en attendant le traitement thermique suivant. Cette section est composée d'un système de réception avec une pompe centrifuge, filtre, débitmètre, refroidisseur de plaque pour refroidir le lait à 4 °C avec de l'eau glacée à 0-1 °C, une pompe auto-amorçage pour prendre des solutions de nettoyage CIP, instrumentation et accessoires pour l'expédition à la section de stockage du lait cru, composé d'un réservoir isolé de 500 litres , adapté pour le maintien du lait à la température requise.

### Composition de la ligne

- Dispositif de réception pour le lait cru d'une capacité de 500 litres, avec pompe électrique centrifuge, filtre à débris et passage vers la zone de stockage.
- Réservoir de lancement avec sonde de niveau avec 4 contacts pour la gestion des flux et phases CIP.
- Débitmètre pour vérifier le débit et la quantité de lait déchargé à la réception.
- Réfrigérateur à plaques pour refroidir le lait : en acier inoxydable AISI 304, avec joints Convient pour le nettoyage **CIP** en circuit fermé.
- Valve régulatrice pour contrôler l'eau froide.
- Dispositif d'envoi au réservoir de stockage composé d'une pompe électrique centrifuge d'une puissance de 0,5 kW.
- Dispositif de récupération de solutions de nettoyage **CIP** avec auto-amorçage de la pompe électrique, 1 kW.
- Série de vannes papillon pour charger le lait cru et l'envoyer à la section de stockage, et pour la récupération des solutions de nettoyage CIP.
- Panneau de pontage ou de distribution des débits pour la gestion des opérations de chargement, de déchargement et de préparation au nettoyage CIP.
- Armoire de commande électrique en acier inoxydable, pour contrôle soit pendant la phase de production, soit pendant la phase de nettoyage CIP.
- Pré-assemblage sur une plate-forme en acier inoxydable, y compris les connexions hydrauliques, pneumatiques et électriques.

## **II.2. Plateforme 2 : ligne de préparation à la reconstitution avec CIP incorporé**

### **II.2. 1. Description**

La ligne doit être composée d'une ligne polyvalente, adaptée à la préparation de 250 l/h à partir de :

- Lait liquide à partir de lait en poudre fourni dans des sacs ;
- Mélanger préparer pour les dérivés du lait et les préparations de lait.

La ligne est livrée avec 2 réservoirs de préparation de 500 litres chacun (avec des cellules de charge échantillon et accessoires) : lorsque le réservoir 1 est dans la phase de préparation et d'hydratation, le réservoir 2 sera dans le produit ou le transfert au traitement thermique.

Les ingrédients en poudre seront chargés au moyen d'un Tri Blender. Un échangeur de chaleur tubulaire doit être installé pour le chauffage/refroidissement du produit de recirculation dans chaque tank. Un panneau de commande et de commande avec PLC + PC doit être intégré dans la plate-forme. À partir du panneau de contrôle, Il sera possible de visualiser et de vérifier les pompes, recettes et réservoirs de préparation (avec une indication dans les litres du produit à l'intérieur de chaque réservoir).

### **II.2. 2. Application**

Reconstitution du lait : en cas de reconstitution du lait, le groupe permet de mélanger du lait en poudre et de l'eau pour la préparation du lait liquide à traiter, qui sera envoyé à la ligne LTLT ou traitement thermique HTST.

Le lait en poudre et l'eau seront mélangés à l'aide d'un « Tri Blender » pour dissoudre la poudre ; le mélange sera chauffé par un échangeur de chaleur tubulaire 45/55°C.

La solution sera laissée pendant 20 minutes à l'intérieur du réservoir sans agitation pour l'ion Hydra correct. Opération suivie d'une agitation avant tout traitement thermique. L'échangeur tubulaire permet également de refroidir le produit prêt avant d'envoyer à la ligne de stérilisation.

### **II.2. 3. Composition**

- Deux réservoirs de préparation et de stockage d'une capacité de 500 litres chacun, en acier inoxydable AISI304, isolés, de forme cylindrique, verticaux, avec :

Système d'agitation du produit à l'intérieur.

- Sondes de niveau.
- Capteur de température.
- Sphère de lavage.
- un groupe d'incorporation et de mélange pour charger les ingrédients en poudre et liquides (lait en poudre, épaissements, petits ingrédients, ...), avec trémie en acier inoxydable et pompe pour la recirculation du produit.
- Filtre 150 Micron avec dérivation.
- Un chauffe-eau tubulaire / refroidisseur pour faciliter le fonctionnement des poudres de dissolution et de refroidissement du produit préparé.
- Une pompe centrifuge pour alimenter la ligne de traitement thermique (ou section de stockage) d'une capacité maximale de 250 l/h.
- Une pompe d'auto-amorçage pour le retour des solutions de nettoyage CIP.
- Plaques de distribution de flux, avec §hjkinterrupteur de proximité, pour la sélection des flux.
- Série de vannes pneumatiques, pour contrôler les opérations de chargement/déchargement/nettoyage du CIP.
- Série complète de vannes et d'accessoires pour le fonctionnement de la ligne.
- Panneau de contrôle pour la gestion et le contrôle total de la ligne, contrôle total avec PLC et PC avec écran tactile.
- Pré-assemblage du groupe de vannes, pompes, système de mélange, instrumentation et panneau électrique sur une plate-forme tubulaire en acier inoxydable.

## II.2. 2. Section de stockage avant le traitement

Cette section peut accueillir le lait cru de l'unité de réception, ou le lait reconstitué de l'unité de reconstitution, avec stockage à froid en attendant l'expédition à la ligne de traitement thermique.

Cette section est composée de 4 réservoirs de stockage réfrigérés, d'une série d'instruments et d'accessoires pour le contrôle de niveau et les températures, d'un dispositif d'envoi à la ligne d'emballage et d'une pompe d'auto-amorçage pour la récupération des solutions de nettoyage.

### II.3.1. Application

La plate-forme de traitement thermique doit être conçue pour le traitement à haute température et à basse température (HTST et LTLT) du lait et des produits laitiers avant toute transformation ou tout emballage en aseptique. Son échangeur de chaleur est de type « tubes multiples » avec chauffage indirect et il a différentes sections de chauffage, récupération de chaleur (jusqu'à 86%) par un circuit d'eau stérile, une section de pasteurisation et un refroidissement.

Le flux de travail prévu est de 250 l/h (+ recirculation), pour fournir les différents processus ou conditionnement. Le programme de température est réglable à partir du panneau opérateur placé devant l'unité à partir de laquelle l'opérateur sélectionne le programme adapté à différents produits. Les profils de température indicatifs seront indiqués par le produit envisagé L'appareil est entièrement automatisé et contrôlé par un PLC qui garantit le traitement correct du produit traité. Toutes les phases d'exploitation (prêt traitements, traitement en production, passage du produit, fin de la production et lavage CIP) sont entièrement gérées par le système PLC. L'unité dispose de sa propre station de lavage CIP. Cette station de lavage dispose d'un système de dosage automatisé par concentration des solutions de lavage avec deux programmes CIP (Lavage aseptique et lavage de fin de production) avec supervision. La plate-forme de traitement thermique est une unité très compacte et une utilisation polyvalente.

### II.3.2. Composition

- Réservoir de lancement en acier inoxydable AISI 316L de 25 litres, entièrement contrôlable.
- Pompe d'alimentation centrifuge en acier inoxydable, adaptée soit à la production, soit pour les nettoyages CIP.
- Système de contrôle automatique de débit avec compteur magnétique / inductif.

### II.3.3. Description

- Écrémage-Dégazage-Homogénéisation avec CIP incorporé
- Capacité de l'échangeur de plaques 250 litres / h
- Cycle thermique : 4/25 - 40 - 65/70 - 85/95 (+ ou-3°C) - 4/45°C
- Microprocesseur • Ajustement automatique du débit dans la production et les nettoyages CIP.

Échangeur tubulaire en acier inoxydable AISI 316L avec 5 sections. Les sections sont :

- Récupération de chaleur dans le chauffage
- Chauffage par le circuit de l'eau auxiliaire en recirculation avec la 3ème section.
- Sortie à + 60/70 ° C pour le dégazer et homogénéiseur.
- Pasteurisation (HTST et LTLT). Chauffage jusqu'à l'ensemble de température de pasteurisation à vapeur.
- Récupération thermique dans le refroidissement. Refroidissement par le circuit d'eau auxiliaire recirculation avec la 1ère section.
- Refroidissement auxiliaire. Actif lors de pré stérilisation du pasteurisateur avant le lancement.

## **II.4. Plateforme 4 : Matériel pour fromagerie à caillé lactique –mixte et enzymatique**

### **Composition**

- 4 Cuves de coagulation 250 litres
- 1 jauge de remplissage 250 litres
- 1 Tranche caillé 20 mm de côté inox 304
- 1 Brasseur Manuel en polypropylène
- 2 Tables de moulage –égouttage 3mx0,5mx1m
- 15 Bloc moule diam 110 mm 465x585 mm
- 15 Bloc réhausse diam 110 mm 465x585 mm
- 15 Bloc moule diam 250 mm 4x200mm
- 5 Moule avec presse moule (diamètre 21cm à 25 cm)
- 1 presse verticale manuelle 4 moules
- 1 Tranche caillé 0,5 mm de côté
- 1 Répartiteur de moulage diam 110mm inox304
- 15 Plateau de moulage 495x595mm
- 150 Claie d'affinage 510x630mm
- 1 Bac de salage 150 litres
- 1 Bac de lavage 250 litres
- 2 Hâloir d'affinage 15m<sup>3</sup>
- 2 chambre froide 20 m<sup>3</sup>
- 1 Pulvérisateur affinage
- 1 Table de conditionnement 1x0,5x1m

## **II.5. Plateforme 5 : Ligne de séchage par pulvérisation des produits laitiers**

sécheur à lit fluidisé et atomiseur : 250 litres/H

### **Principe**

Au cours du séchage d'un produit laitier, l'équipement pompe de l'air chaud (compris entre 160 °C et 205 °C en fonction du produit) et l'introduit dans une chambre de séchage avec le produit concentré.

Le produit séché tombe dans un lit fluidisé placé sous la chambre de séchage en constante agitation. L'air situé sous la chambre de séchage est également poussé vers le haut pour refroidir la poudre et la maintenir en mouvement. Une fois qu'il est complètement sec, l'agglomérat quitte le système et peut être transporté pour son stockage -conditionnement.

Sur les technologies les plus récentes, les systèmes de séchage par pulvérisation continue destinés à la gamme complète des produits laitiers sont à la pointe de ce secteur d'activité. Ils comprennent, par exemple, un système de caméra de surveillance qui contrôle en permanence les buses d'atomisation, ce qui permet d'éviter l'accumulation de produit.

Pour ce type de procédé, il est préférable que les pulvérisateurs soient les plus fins possibles. En effet, plus la quantité de gouttelettes est importante, plus la surface séchée est étendue. Les autres éléments clés du procédé sont les suivants : un sécheur de taille correcte adapté à l'application, un niveau d'agglomération correspondant à l'application prévue afin d'éviter de salir l'intérieur de la chambre de séchage.

## **II.7. Plate-forme 6 Traitement des effluents**

Les effluents laitiers peuvent présenter un risque de pollution lorsqu'ils sont rejetés sans traitement approprié. La nature et le volume des déchets produits dépendent de plusieurs facteurs tels que le logement des animaux, le système de friandises, le CIP, l'eau polluée des différentes zones de la laiterie, etc. Quel que soit le système de traite utilisé, les principaux contaminants à éliminer sont les résidus organiques présents dans l'eau de lavage ainsi que les nitrates présents en quantités variables. Les concentrations de phosphore dans les effluents laitiers sont souvent dix fois plus élevées que celles des effluents d'une fosse septique de la maison, et elles peuvent causer des proliférations d'algues lorsqu'elles sont relâchées dans l'environnement.

### **Equipements proposés**

#### 1<sup>er</sup> procédé : réacteurs pour le traitement chimique

Une technologie innovatrice récemment essayée comporte l'utilisation de réacteurs pour le traitement chimique (floculateurs). Afin d'extraire la plupart des phosphates et des solides en suspension dans les effluents de laiterie, les effluents sont transférés de la laiterie à un réacteur dans lequel on ajoute une quantité proportionnelle de chaux hydratée. On laisse le mélange se déposer pendant deux heures. Le liquide clarifié est ensuite évacué dans un champ d'épuration, et l'extrait de boue est acheminé vers l'entrepôt de fumier.

2<sup>ème</sup> procédé : Traitement par bio filtration anaérobique

Traitements anaérobies utilisés sur les sites de transformation (non polluant et non influant sur l'environnement du site)

**Tableau 3 : les Traitements utilisés sur les sites de transformation**

<b>Traitement</b>	<b>Principe</b>
<b>Contact anaérobie</b>	Contact entre les eaux à traiter et une biomasse anaérobie dans un réacteur étanche à l'air.
<b>Lagunage anaérobie</b>	Bassin couvert profond (3 à 4m) muni d'un brassage ou d'un garnissage pour améliorer la répartition des microorganismes.
<b>Filtre anaérobie</b>	Développement des microorganismes sur un garnissage puis séparation des gaz de la phase liquide.
<b>UASB</b>	Lit à boue ascendante anaérobie (Upflow Anaerobic Sludge Blanket : UASB)
<b>Réacteurs à lit fluidisé et expansé</b>	Passage de l'effluent sur un matériau porteur, sable ou plastique, avec recirculation de l'effluent.
<b>Bioréacteurs Anaérobies</b>	Réacteur SBR anaérobie, réacteur membranaire anaérobie, réacteur à biofilm anaérobie, etc.

# **Etude pratique**

## **Analyses de la qualité du lait**

### **III. Analyses du lait**

#### **III.1. Analyses microbiologiques**

Le but de ces analyses est la détection et le dénombrement des microorganismes d'altération (flores mésophiles, Coliformes, levures, moisissures) et les microorganismes pathogènes (Staphylocoques, Salmonelles, Streptocoques, Clostridium sulfite-réducteurs), rencontrés dans l'industrie laitière.

##### **III.1. 1. Préparation de la suspension mère et dilutions décimales (NA 5912 :2007) et (ISO 08261) :**

###### La poudre de lait :

Introduire aseptiquement 25 grammes de poudre de lait dans un flacon stérile, contenant au préalable 225 ml de TSE. Cette suspension constitue alors la dilution mère (D.M) qui correspond donc à la dilution 1/10.

Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile, 1 ml de la D.M dans un tube à vis contenant au préalable 9 ml du même diluant (TSE) ; cette dilution est alors au 1/10 .... Ainsi de suite jusqu'à l'obtention de la dilution 1/1000.

###### Lait reconstitué pasteurisé :

Procéder de façon aseptique au mélange de 5 sachets pris au hasard parmi le lot de lait à analyser, dans un erlenmeyer stérile. Ce mélange constitue donc la solution mère (S.M). Suivront ensuite les dilutions décimales de la même manière que dans le cas de la poudre de lait, tout en considérant la S.M à 1, la première dilution sera donc au 1/10

##### **III.1. 2. Dénombrement des flores aérobies mésophiles totaux (FAMT)**

###### La poudre de lait et le lait reconstitué à 30°C (NA 1207 : 1995 ) et (ISO 4833):

A partir des dilutions décimales 1/1000, 1/100 et 1/10 voire 1 qui sont préparées respectivement de la dilution mère (DM) de la poudre de lait, et de la solution mère (SM) du mélange du lait reconstitué pasteurisé, porter aseptiquement 1 ml de chaque solution dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée. Compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA fondue puis refroidie à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$

###### L'eau de reconstitution à 22°C et à 37°C (NA 763 :1991) :

A partir de la quantité d'eau prélevée au niveau de la centrale laitière, verser aseptiquement

1ml de cette eau dans une boîte vide stérile, et compéter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA fondue puis refroidie à  $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  et faire incuber la boîte à  $37^{\circ}$ .

Par contre la recherche de ces germes aérobies dans l'eau à  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la technique adoptée à ce type de recherche est identique à la précédente sauf que les boîtesensemencées ne sont pas incubées à la température de  $37^{\circ}\text{C}$  mais, sont gardées seulement à une température ambiante ( $22^{\circ}\text{C}$ ) qui est celle de l'eau.

Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de la gélose blanche, cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations.

Toutes les boîtes sont incubées à  $37^{\circ}\text{C}$  sont couvercles en bas pendant 72 heures avec première lecture à 24 heures, deuxième lecture à 48 heures et enfin la troisième lecture à 72 heures sauf les boîtes de pétri réservées à la recherche des germes aérobies dans l'eau à  $22^{\circ}$ .

Les colonies de FAMT se présentent sous forme lenticulaire en masse.

Il faut compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs suivants :

Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies

Multiplier le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.

Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

### **III.1. 3. Dénombrement des Coliformes:**

#### La poudre de lait et le lait reconstitué (NA 6803 : 2005) et (ISO 4832) :

A partir des dilutions décimales 1/1000, 1/100, 1/10 voire 1, retenues de la dilution mère (DM) de la poudre de lait d'une part et de la solution mère (SM) du lait reconstitué, porter aseptiquement 1ml de chaque dilution dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.

Cette opération est effectuée en double pour chaque dilution :

- la première série des boîtes est incubée à  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  et est réservée à la recherche des **CT**.
- la deuxième série de boîtes est incubée à  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$  et est réservée à la recherche des **CF**.

Compléter ensuite avec 15 ml de gélose au désoxycholate 1/1000, fondue puis refroidie à  $45^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour bien mélanger la gélose à l'inoculum.

Laisser solidifier les boîtes sur paillasse puis couler à nouveau environ 5 ml de de la même

gélose ; cette double couche a pour rôle de protéger contre les diverses contaminations

Les boîtes sont donc incubées, couvercles en bas pendant 24 à 48 heures à 37°C (recherche des coliformes totaux) et à 44°C (recherche des coliformes fécaux)

Les coliformes (totaux et fécaux) apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge et foncé et de 0,5 mm de diamètre.

Il faut compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en multipliant le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution et faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

#### L'eau de reconstitution (NA 764 : 1991) et (ISO 6561) :

La colimétrie dans l'eau se fait en deux temps, et nécessite la technique du NPP (nombre le plus probable) :

Le test de présomption, réservé à la recherche des Coliformes totaux à 37°C.

Le test de conformation, réservé à la recherche des Coliformes fécaux (ou test de Mac Kenzie) à 44 °C.

#### **-Test de présomption :**

Une série de trois tubes contenant chacun d'eux 10 ml de boillon de Roth (**double concentration**), avec 10 ml d'eau et chaque tube contient aussi **la cloche de Durham**.

Faire passer tous les tubes sus cités à l'incubation de 37°C pendant 24 à 48 heures.

Sont considérés positifs les tubes présentant à la fois un dégagement gazeux et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

#### **-Test de Confirmation :**

A partir des tubes trouvés positifs lors des dénombrements de coliformes totaux (test de présomption), on procède au repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube d'eau péptonée, on laisse incuber les tubes à 44 °C pendant 24 heures.

Sont considérés positifs, les tubes contenant un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia. Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kowacs dans les tubes d'eau péptonée exempte d'indole.

**Remarque :** Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux ; il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que les coliformes totaux.

### **III.1. 4. Recherche de Staphylocoque aureus dans la poudre de lait (NA 1198 :1995) et (ISO 6888)**

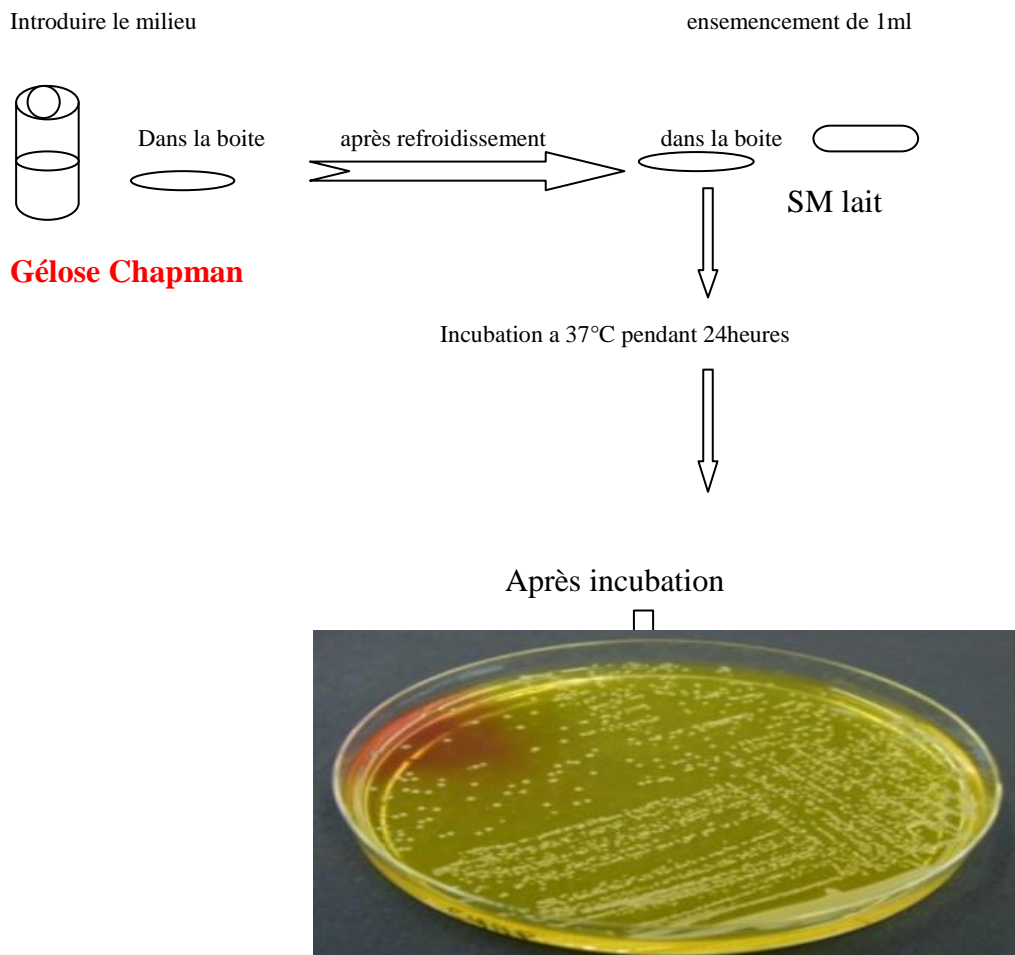
A partir des dilutions décimales (DM) retenues de la poudre de lait 1/1000, 1/100, 1/10, porter

aseptiquement 1 ml par dilution dans un tube à vis stérile.

Ajouter par la suite environ 15 ml du milieu d'enrichissement (milieu de Giolliti Cantonii), bien mélanger le milieu et l'inoculum (ensemencement), et faire passer ensuite les tubes à l'incubation de 37°C pendant 24 à 48 heures. Sont considérés comme positifs, les tubes ayant virés au noir.

Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, les tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, couler en boîtes de pétri et bien séchées.

Les boîtes de Chapman ainsi ensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune et pourvues d'une catalase et d'une coagulase.



**Figure3.**protocole représentant la recherche et l'identification de staphylocoques.

### **III.1. 4. Recherche de spore à CSF(ISO 6461-1) :**

#### A 46°C/ml dans la poudre de lait :

Les tubes contenant les dilutions décimales de la poudre de lait (DM) 1/100 et 1/10 sont soumis d'abord à un chauffage de 80°C pendant 8 à 10 mn, puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet

A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stériles, puis ajouter environ 15 ml de gélose viande de foie prête sur paillasse pendant 30 mn (ensemencement).

Les tubes en question sont ainsi incubés à 46°C pendant 16-24 ou au plus tard 48 heures. La première lecture à 16 heures:

Il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0.5mm. Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique, ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voir 48 heures.

Il est donc impératif de repérer toutes colonies noires, puis procéder à son identification. Le centre de la colonie noir suspecte (qui est en réalité blanche mais entourée d'une auréole noire).

#### A 46°C dans de l'eau de reconstitution :

A partir de 20 ml d'eau prélevée, porter aseptiquement 10ml dans deux tubes à vis stérile chacun, soumis au chauffage au bain marie à 80°C pendant 20mn, puis immédiatement refroidi sous l'eau de robinet, ajouter par la suite de gélose de viande de foie prête à l'emploi dans chaque tube et enfin laisser les solidifier sur paillasse pendant 30 mn. Les tubes seront ainsi incubés à 46°C pendant 72 h.

Sont considérés positifs, les tubes contenant les colonies noires poussées en masse.

Le nombre total des colonies, c'est la somme des colonies identifiées dans les deux tubes sus cités.

### **III.1.6. Dénombrement des Streptocoques fécaux dans l'eau (NA 765 : 1996) et(ISO7899-1)**

La recherche des Streptocoques fécaux ou Streptocoques du groupe "D" de la classification de Lancefield, se fait en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP).

Cette technique fait appel à deux testes consécutivement à savoir:

-**Test de présomption** qui se fait sur milieu de Rothe S/C et **test de confirmation** qui se fait

surmilieu **Eva Lytski**.

**-Test de présomption :**

Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif de Rothe S/C à raison de trois tubes par dilution.

A partir des dilutions décimales 1/1000, 1/100, 1/10, porter aseptiquement 1 ml dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donnée, faire bien mélanger l'inoculum dans le milieu et après faire passer tous les tubes à l'incubation de 37°C pendant 24 à 48 h.

Sont considérés positifs les tubes présentant un trouble microbien. (Aucun dénombrement ne se fait à ce stade, les tubes positifs feront l'objet d'un repiquage).

**Test de confirmation :**

Chaque tube de Rothe positif fera donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée sur tube contenant le milieu Eva Lytski. Bien mélanger l'inoculum dans le milieu. L'incubation se fera à 37°C, pendant 24 h.

Sont considérés comme positifs les tubes d'Eva Lytski présentant à la fois un trouble microbien et une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube.

Le nombre de Streptocoques fécaux est exprimé par **le NPP selon la table de Mac Grady**.

**III.1.7. Dénombrement des levures et moisissures sur les surfaces (NA1210 :1995) et (ISO 7954) :**

A partir des dilutions décimales retenues de la dilution mère préparée des écouillons après prélèvement 1/1000, 1/100, 1/10, procédés sur les surfaces du tri Blender, la cuve de reconstitution et la conditionneuse, trempés dans une solution physiologique, porter aseptiquement 04 gouttes par dilution sur la boîte d'OGA correspondante puis les étaler à l'aide d'un râteau stérile en commençant par la plus haute dilution (ensemencement).

-L'incubation de ces boîtes se fait à 22 °C, donc à température ambiante, couvercle en haut, pendant 05 jours.

-La première lecture à partir des 48 heures d'incubation, et la seconde en cinquième jour. Elle consiste d'abord de dénombrer les colonies de levures à part et les colonies de moisissures à part.

Avant toute interprétation, il faut tenir des deux paramètres suivants:

Le facteur de division, tous en considérant qu'on a utilisé un inoculum de 04 gouttes au lieu de 01 ml, et que pour revenir à 1 ml, il faut prendre en considération la règle suivante (1 ml = 20 gouttes): dans ce cas il s'agit de multiplier le nombre trouvé par 05.

Le facteur de dilution, dans ce cas il s'agit de multiplier le nombre - trouvé par l'inverse de dilution correspondante.

## III.2. Analyses physico-chimiques

### III.2.1. Détermination de la solubilité

La solubilité est un critère essentiel dans le contrôle de la qualité des poudres laitières à être réincorporées en phase aqueuse. Elle permet de déterminer l'aptitude d'une poudre à se solubiliser dans des conditions préalablement définies. L'indice de Solubilité (**I.S**) se mesure principalement selon la méthode de **l'ADP1 (1990)**.

Le principe consiste à mélanger de la poudre de lait avec de l'eau et les mettre dans un récipient, suivi de centrifugation pour éventuelle bonne dilution. Une poudre de lait est soluble si son indice de solubilité est supérieur à 99% ou si la teneur en insoluble est inférieure à 1%.

### III.2.2. Détermination de l'acidité (NA 678 : 1989)

Introduire, dans un tube à essai 10 ml de lait et 0.5 ml de la solution de phénolphthaléine, titrer la solution hydroxyde de sodium (N/9) jusqu'au début de virage au rose, facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lait. Après le virage, la teinte rose disparaît progressivement, il n'y a pas lieu de tenir compte de cette décoloration, on considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de seconde.

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

$$\frac{V_1 \cdot 0.01 \cdot 1000}{V_0} = \frac{10 V_1}{V_0}$$

$V_0$  : est le volume, en millimètre, de la pesée d'essai

$V_1$  : est le volume, en millimètre, de solution hydroxydes de sodium, à 0.111N nécessaire.

L'acidité titrable, exprimée en gramme d'acide lactique pour 100 g d'échantillon.

### III.2.3. Détermination de la matière sèche (extrait sec total) (NA 2676 :1991) :

La matière sèche ou l'extrait sec total est la masse restante après dessiccation complète. Elle est indiquée en fraction massique et conventionnellement exprimée en pourcentage.

On met une capsule vide à l'étuve à **120°C**, puis on note la masse **m1**. On ajoute 10 ml de lait reconstitué, et on remet la capsule à l'étuve tout en remuant de temps. Après trois heures, on note la nouvelle masse **m2**.

L'extrait sec (**E.S**) est déterminée comme suit : **E.S = (m2 – m1) x 100**.

**(On multiplie par 100 pour exprimer E.S en g/1000ml, c'est-à-dire en g/l).**

### **III.2.4. Détermination de l'humidité de la poudre de lait (NA109625 :1996) :**

On applique ce test sur la poudre de lait en utilisant la méthode de séchage par dessiccation.

Elle est exprimée en pourcentage par rapport à la masse.

On met la poudre de lait dans un dessiccateur et on note la masse  $m_1$ . La masse affectée diminue et lorsqu'elle se stabilise on note la masse  $m_2$ .

### **III.2.5. Détermination de la matière grasse par la méthode acido-butyrométrique (NA2690 : 1993 et ISO3494 : 1976)**

Le principe de la méthode consiste à :

- Coaguler et dissoudre les matières azotées par de l'acide sulfurique concentré à chaud
- Détruire de l'enveloppe des globules gras par de l'alcool iso amylique.
- Séparer les deux phases obtenues (grasse et aqueuse) par centrifugation. la lecture se fait directement sur le butyromètre gradué en g/l, g/Kg, ou en %.

**a-** on procède à la méthode Gerber pour la matière grasse du lait :

Dans le butyromètre Gerber, on introduit 10 ml d'acide sulfurique de densité 1.820 puis 11 ml de lait sans mélanger et 1 ml d'alcool isoamylique. On bouche, on agite et on retourne plusieurs fois, on centrifuge 5 mn à 1200 tr/mn et, après passage au bain Marie à 65°C, on fait la lecture.

**b-** on procède à la méthode Teichert pour la matière grasse de la poudre de lait :

Dans un butyromètre Teichert, on introduit 10 ml d'acide sulfurique de densité 1.820, 8ml d'eau et 2.5 g de poudre de lait pesée exactement puis 1 ml d'alcool isoamylique. On agite, au début sans retourner le butyromètre, puis lorsque la poudre est dissoute, on retourne plusieurs fois, on centrifuge.

### **II.2.6. Détermination de la densité du lait (NA1832 : 1991)**

La densité d'un liquide est le rapport entre un volume donné de ce liquide et au même volume d'eau dans les conditions de température et de pression. Le principe consiste à faire verser le lait dans l'éprouvette tenue inclinée à fin d'éviter la formation de mousse de bulles d'air. Remplir l'éprouvette jusqu'à un niveau tel que le volume restant soit inférieur à celui de la carène de l'aréomètre (ménisque).

L'introduction de l'aréomètre dans l'éprouvette pleine de lait doit provoquer un débordement de liquide ; ce débordement est nécessaire, il débarrasse la surface du lait des traces de mousse qui gêneraient la lecture, et il place la zone de lecture au-dessus du plan supérieur de l'éprouvette.

Il faut absolument éviter de déterminer la densité d'un échantillon qui ne déborderait pas après l'introduction de l'aréomètre.

Placer l'éprouvette ainsi remplie en position verticale. Il est recommandé de le plonger dans le bain marie à 20 °C, en introduisant le thermomètre.

Plonger doucement l'aréomètre dans le lait et le laisser pendant 30s à 1 mn avant d'effectuer à la prise de la graduation ; cette lecture étant effectuée à la partie supérieure du ménisque, en lisant la température.

- Si la température du lait au moment de la mesure est supérieure à 20°C ; augmenter la densité lue de 0.2 par degré au-dessus de 20°C.

Exemple1 : si  $T^{\circ} = 23^{\circ}\text{C}$  ,  $D = D_0 + 0.2 \cdot (23 - 20)$

- Si la température du lait au moment de la mesure est inférieure à 20°C ; diminuer la densité lue de 0.2 par degré au-dessous de 20°C.

Exemple2 : si  $T^{\circ} = 15^{\circ}\text{C}$  ,  $D = D_0 - 0.2 \cdot (20 - 15)$

**Où : T : Température lue sur l'aréomètre (lactodensimètre).**

**Do : la densité sur l'aréomètre (lactodensimètre). D : la densité réelle du lait.**

## Conclusion

Le développement du secteur agricole et agroalimentaire est un enjeu majeur pour l'Algérie aux niveaux économique, politique et social. Les moteurs des secteurs agricoles et agroalimentaires sont les filières **céréalières et laitières**.

L'industrie laitière, qui fonctionne essentiellement sur la base de poudre de lait d'importation, ne peut couvrir qu'une faible partie des besoins de consommation, ce qui contraint les pouvoirs publics à importer, à prix fort, des quantités importantes de lait prêt à la consommation pour compenser le déficit de la production industrielle.

En principe, la base de l'alimentation doit être produite localement pour se protéger contre les menaces de la concurrence étrangère et incertitudes des offres alimentaires mondiales.

C'est pour cela qu'il est important d'essayer de diminuer le taux d'importation de la poudre du lait qui ne peut couvrir qu'une faible partie des besoins de consommation, en mettant à disposition des industries agro-alimentaire des plateformes qui sont une solution digitale et numérique accessible aux industriels et les faire apprendre les meilleures techniques de fabrication et conservation du lait ainsi que pour les aider à innover dans ce secteur important et faire intégrer dans l'industrie des nouveaux produits laitiers.

Dans ce cadre nous pensons que la future plateforme technologique qui a fait l'objet de mon mémoire sera une opportunité intéressante pour faire immerger et développer l'industrie laitière au niveau national.

## Références bibliographiques

Alais, C. (1984). Principes des techniques laitières. *Science du Lait*, 196-197.

Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., et Simpson, R. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. *Science et technologie du lait*.

Cazet, L. D. M. (2007). Bilan du taux de contamination et étude préparatoire au dosage de résidus de produits phytosanitaires dans le lait de grand mélange bovin. *Thèse pour l'obtention du doctorat en médecine vétérinaire*.

Cheftel, J.-C., et Cheftel, H. (1977). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., et McSweeney, P. L. (2017). "Fundamentals of cheese science," Springer.

Gaucheron (2010). Biodiversité des lait et diversité des produits laitiers dans le monde. Paper presented at the Colloque Ocha « cultures des laits au monde » Paris.

Gaucheron, F. (2004). "Minéraux et produits laitiers," Technique & Documentation.

Guiraud, J. (2003). Microbiologie Alimentaire Edition: Dunod. Paris, France 652.

Jeantet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., et Brulé, G. (2008). "Les produits laitiers," 2ème/Ed. Editions Tec & Doc Lavoisier.

Luquet, F. M. (1985). Lait et produits laitiers: vache, brebis, chevre. v. 1: Les laits: de la mamelle a la laiterie.-v. 2: Les produits laitiers: transformation et technologies.-v. 3: Qualité, énergie et tables de composition.

OCDE/FAO (2018). Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2018-2027.

Traite, des, vaches, et laitières (2009). "Traite des vaches laitière. Matériel. Installation. Entretien.

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

Vilain, A.-C. (2010). Qu'est-ce que le lait? *Revue française d'allergologie* 50, 124-127.

[https://www6.rennes.inrae.fr/plateforme\\_lait/Equipements/Transformation-fromagere](https://www6.rennes.inrae.fr/plateforme_lait/Equipements/Transformation-fromagere).

*VIIIème Séminaire International de Médecine Vétérinaire.*

<https://om.ciheam.org/> *La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance.*

***La politique laitière algérienne : entre sécurité alimentaire et soutien différentiel de la consommation*** Malik MAKHLOUF, Etienne MONTAIGNE, Ahmed TESSA

***Chehat F., Bir A., 2008. Le développement durable de systèmes d'élevage.***

***Durables en Algérie : Contraintes et perspectives.***

***Ministère des Ressources en Eau (MRE): <http://www.mre.dz>***

***Platform milk.***

***<https://www.liberte-algerie.com/ouest/production>.***

***<https://www.alsace-lait.com/>***



***<http://eda.euromilk.org/>***



***Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Office National Interprofessionnel du Lait.***

***International journal on innovation & financial strategies IFS***

# ANNEXE

## Cahier de charge en besoins laits

Section : technologie du lait et dérivés Nom de l'équipement	Caractéristiques	Coût
<p><b>PREPARATION DU LAIT ECREMAGE</b></p> <p><b>1. Ecrémeuse</b></p>	<p>Volume à traiter &lt; 200 litres Débit : 315 l/h</p> 	<p><b>5 000 000,00</b></p>
<p><b>2. Homogénéisateur 2 têtes •</b></p>	<p>Volume &gt; 10 litres Pression : 0 à 400 bars Utilisation = homogénéisation de la matière grasse, brassage de caillé, dispersion de poudres</p> 	<p><b>3 000 000,00</b></p>
<p><b>3. Pasteurisateur tubulaire</b></p>	<p>Traitement thermique de 60 à 150 °C pendant 4 s à 2,25 min à <b>500 l/h</b> Débit : de 120 l/h à 500 l/h</p>	<p><b>4 000 000,00</b></p>


	<p><i>Utilisation = thermisation, pasteurisation, stérilisation UHT</i></p> 	
<p>4. <b>Pilote de traitement thermique tubulaire •</b> <i>Microthermics</i></p>	<p>Traitement thermique de 60 °C à 150 °C pendant 3 s à 10 min à <b>60 l/h</b></p> <p>Débit : de 48 à 150 l/h Conditionnement aseptique des produits sous une hotte à flux laminaire</p> <p><i>Utilisation = thermisation, pasteurisation, stérilisation UHT</i></p> 	<p><b>1 500 000,00</b></p>
<p><b>SEPARATION MEMBRANAIRE</b></p> <p>1. <b>Microfiltration</b></p>	<p><b>MICROFILTRATION</b></p> <p>Dispose de plusieurs pilotes de microfiltration qui se différencient par les caractéristiques de la membrane (type, seuil de coupure, surface de filtration).</p> <p>Les applications de la microfiltration sont différentes suivant le seuil</p>	<p><b>3 000 000,00</b></p>

de coupure des membranes :



- 12  $\mu\text{m}$  : séparation des cellules somatiques du lait entier
- 3 et 5  $\mu\text{m}$  : séparation des globules gras
- 1,4  $\mu\text{m}$  : épuration bactérienne, séparation de précipité
- 0,8  $\mu\text{m}$  : épuration bactérienne, séparation de précipité
- 0,1  $\mu\text{m}$  : concentration des caséines, obtention de phosphocaséine natif (PPCN), délipidation des lactosérums



<p><b>2. Ultrafiltration</b></p>	<p>Les applications de l'ultrafiltration se différencient suivant le seuil de coupure des membranes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 - 8 - 10 kDa : concentration totale des protéines du lait, de microfiltrat (0,1 µm) et des lactosérums (protéines sériques incluses)</li> <li>• 0,02 - 0,05 µm : standardisation du lait de fromagerie en protéines, préparation de préfromage liquide (technique MMV)</li> <li>• 100 kDa : concentration préférentielle en immunoglobulines</li> </ul>	<p><b>2 000 000,00</b></p>
<p><b>3. Nanofiltration</b></p>	<p>Les applications de la nanofiltration se différencient suivant le seuil de coupure des membranes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,2 et 0,4 kDa : déminéralisation sélective (rétention des ions divalents, élimination des ions monovalents) ; concentration de peptides, concentration en lactose et protéines</li> <li>• 1 kDa : concentration en protéines avec élimination partielle du lactose</li> </ul>	<p><b>8 000 000,0</b></p>

<p><b>5. Osmose Inverse</b></p>	<p>L'osmose inverse (0,1 kDa) est utilisée pour la concentration en ions, la concentration en matière sèche (par exemple avant séchage) et la préparation d'eau osmosée.</p>	<p><b>3 000 000,0</b></p>
<p><b>TRANSFORMATION FROMAGERE</b></p> <p>• <b>ATELIERS DE FABRICATION FROMAGERE</b></p> <p>Cette section disposera de deux ateliers de fromagerie représentatifs des outils industriels, l'un à pâte molle et l'autre à pâte pressée cuite.</p>		
<p><b>I. ATELIER PATE MOLLE</b></p>	<p><b>6 BASSINES DE 50 kg</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Flexibilité</b> 6 fabrications individualisées par essai</li> <li>• <b>Régularité</b> taille de grains homogène absence de fines</li> </ul> 	<p><b>2000 000,00</b></p>
<p>Brassage</p>	<p><b>6 POSTES DE BRASSAGE AUTOMATISES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Répétabilité / Reproductibilité</b> programmation intensité / durée écart-type sur l'extrait sec d'un camembert au démoulage &lt; 5 g/kg</li> </ul>	<p><b>2 200 000,00</b></p>




Moulage	<b>1 500 000,00</b>	
Egouttage	<b>3 TABLES D'EGOUTTAGE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contrôle / Maîtrise des cinétiques</b> température à 0,1°C égouttage : 100 % du sérum pesé acidification (pH à 0,02 unité)</li> <li>• <b>Suivi des rendements</b> bilan massique</li> </ul>	<b>1 000 000,00</b>
<b>ATELIER PATE PRESSEE CUITE</b>  <b>1. Coagulation</b>	<b>1 CUVE FERMEE DE 1100 L</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hygiène / Sécurité</b> fabrication de meules sans NSLAB</li> <li>• <b>Précision</b> pesée sur pesons à 0,2 % bilan massique</li> </ul> 	<b>1 500 000,00</b>
Découpage brassage	<b>1 CUVE AUTOMATISEE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Répétabilité / Reproductibilité</b> programmation de "recettes" écart-type sur l'extrait sec d'un emmental au démoulage &lt; 5 g/kg</li> <li>• <b>Maîtrise du travail en cuve</b> décaillage, chauffage, brassage</li> </ul> 	<b>2 000 000,00</b>

**Moulage**

**1 GROUPE DE SOUTIRAGE SOUS VIDE**

- **"Représentativité industrielle"**  
moules microperforés ronds (642 - 780 mm) ou carrés (750 mm)  
fromage de 80 à 100 kg



<p>Pressage</p>	<p><b>2 PRESSES PNEUMATIQUES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Maîtrise des cinétiques</b> température / égouttage / acidification</li> <li>• <b>Suivi des rendements</b> récupération du sérum &gt; 98,4 %</li> </ul>	<p><b>1 200 000,00</b></p>
<p><b>2 • MINI-FABRICATION FROMAGÈRE</b></p>	<p>Elle dispose de <b>3 cuves de fabrication fromagères de 10 litres</b> permettant de fabriquer 1 à 1,5 kg de fromage égoutté. Ces cuves sont mobiles, utilisables en parallèle et peuvent être installées dans les salles à température et hygrométrie contrôlées.</p> <p>Elles sont utilisées pour des essais expérimentaux tels que l'étude de la coagulation du lait ou les caractéristiques du caillé en fonction des paramètres opératoires.</p> <p>Il est possible d'y fabriquer différents types de fromages : pâtes pressées type raclette, Saint-Paulin, mozzarella (sans filage), pâtes pressées cuites</p>	<p><b>5 500 000,0</b></p>
<p><b>CONCENTRATION / SECHAGE</b></p> <p><b>1. Evaporation</b></p>	<p><b>Évaporateur sous vide pilote• GEA-PE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flot tombant sans recirculation forcée</li> <li>• Capacité évaporatoire : 27 kg d'eau par heure</li> <li>• Débit : 60-80 kg/h</li> </ul> 	<p><b>5 500 000,00</b></p>

## ***Equipements dans le laboratoire d'analyse du lait***

N <sup>0</sup>	Equipement	Nombre
1	pH-mètre de lait professionnel et portable - HI98162 Hanna	5
2	pH-mètre de laboratoire HI2211 Hanna	5
3	Mini titrateur pour mesurer l'acidité titrable dans les produits laitiers - HI84529 Hanna	2
4	Acidimètre Humeau	5
6	Lactodensimètre Quevenne 15-40 Gerber	10
7	LactoStar FUNKE GERBER	1
8	MilkoScan™ FT2New Infrared (IR) Milk Analyzer Foss	1
9	Acide D-lactique - Kit de dosage enzymatique Grosseron	5
10	Centrifugeuse de lait - Gerber universel	2
11	Centrifugeuse à usage multiple pour l'industrie laitière, SuperVario-N Gerber	2
12	Bain marie scientifique 22 l serie wb	2
13	Bain marie daihan scientifique 11 l serie wb	2
14	Butyromètre à lait Gerber	5
15	Butyromètre à lait écrémé Gerber	5
16	Butyromètre à crème, crème glacée et lait concentré Gerber	5
17	Butyromètre à fromage et fromage blanc Gerber	5
19	Butyromètre à lait en poudre Gerber	5
20	Rota vapeur Buchi	1
21	Appareil de distillation kjeldahl gerhardt	1
22	Appareil Classique De Minéralisation Pour Minéralisation Manuelle Selon Kjeldahl Gerhardt	1
23	Hotte à flux laminaire vertical air science	1

24	Hotte à filtration chimique pour acides bases et solvants	2
25	Etuve de laboratoire pn 60 avec régulateur 301 en option carbolite gero	2
26	Etuve universelle (sterilisateur) wis - 50 l	1
27	Etuve bacteriologique - incubateur 155 l	1
28	Four à moufle carbolite série elf grosseron	2
29	Nirs™ ds2500 - analyseur de lait en poudre foss	1
30	balance analytique	3
31	Capsules d'évaporation porcelaine	10
32	Four de chauffage isotherm® esco	2
33	dessiccateur à vide, couvercle et robinet en verre premium line	5
34	diviseurs d'échantillons retsch®	2
35	Tamiseur électromagnétique et numérique ba-200n cisa	3
36	Tamiseuse d'analyse as 400retsch®	1
37	Agitateurs, incubateurs new brunswick™ innova® 42/42r	2
38	Congelateur scientifique ultra basse	1
39	incubateur microbiologique bd-s 56 - binder	1
40	Balance électronique pce-bs 300	3
41	centrifugeuse réfrigérée déstockage	2
42	Fermenteur, bioréacteur de laboratoire laval-lab	1
43	plaque chauffante gestigkeit harry	5
44	pH-mètre de laboratoire ohaus	1
45	Autoclaves de table horizontal 23-200l systec série d	1
46	stérilisateur a convection forcée Memmert sf55plus - 53l	1

47	Homogénéisateur ultraturax	1
48	Biofermenteur bioflo® 120	1