



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بو عريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم البيولوجية
Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Intitulé

**Contribution à l'évaluation des risques
microbiologiques et de la stabilité physicochimique
pour quelques marques du lait infantile en poudre
(premier âge), commercialisées en Algérie.**

Présenté par : Benchikh Hadjer.
Fandi Soumia.

Soutenu le : 03/07/2019

Devant le jury :

Président : M^{me}. IRATNI Nadjat

M.A.A. Univ de BBA

Encadrant : M^r. MERIBAI Abdelmalek

M.C.B. Univ de BBA

Examineur : M^r. SADRATI Nouari

M.A.A. Univ de BBA

Année universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Nous remercions Allah le clément et le miséricordieux de nous avoir aidé durant toute notre scolarité et sur lequel nous comptons tous pour atteindre notre but inchaa Allah.

A NOTRE DIRECTEUR DE MEMOIRE

On remercie Dr MERIBAI Abdelmalek d'avoir proposé le sujet et pour avoir encadré et suivi notre travail avec sa rigueur scientifique, ses conseils et pour vos amples connaissances dont nous avons eu la chance de profiter tout au long de ce travail

Veillez accepter, Docteur, l'expression de nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance.

Au président du jury

Dr IRATNI Nadjet vous nous faites l'honneur d'accepter avec une très grande amabilité de présider le jury de thèse

Nous adressons nos plus vifs remerciements à Docteur :

SADRATI Nouari, qui nous ont fait

L'honneur de jurer notre travail.

Aux enseignants

*On tient à adresser nos vifs remerciements et sincères gratitudee
aux enseignants de la Faculté de SCIENCE DE LA NATURE
ET DE LA VIE en général et ceux du département de
BIOLOGIE en particulier, pour l'aide qu'ils nous ont apporté
durant toute notre formation.*

*Nous sommes particulièrement reconnaissantes aux ingénieurs de
laboratoire et plus particulièrement : Monsieur Makhoukh, M^r
Khalil, M^{me} Wahiba, M^{me} Sabrina.*

*Nous remercions s'adressent également à toute personne
ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail
Merci à tous et à toutes.*

DEDICACE

A ma mère

Merci de m'avoir mis au monde et de te sacrifier pour ma réussite, tu es une mère adorable, la plus merveilleuse, merci pour tes prières, tes conseils et tous les efforts consentis à mon égard, une simple dédicace ne saura exprimer ce que je ressens pour toi. Que Dieu te garde pour nous

A mon père

Tu as toujours su guider mes pas, ce que je suis aujourd'hui est le fruit de ton éducation, je ne te remercierais jamais assez pour tous tes sacrifices, tes conseils et tes encouragements, tes prières. J'espère que tu trouveras dans ce travail le fruit de tes efforts, que Dieu t'accorde une longue vie et une santé de fer

وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا

A mes frères

HAMZA et son épouse ILHEM et son petit-fils COUCOU et la petite ASOUMA

AMINE et son épouse RANA

ADEL

Je suis heureuse de vous avoir comme frère. Que Dieu vous accorde la santé et le bonheur

A mon mari

BENBACHA MOHAMMED

Depuis que nous nous sommes connus, tu as toujours été présent, tu as su m'apporter soutien et réconfort quand j'en avais le plus besoin. Merci pour ta compréhension, ton bon sens et ton amabilité. Aucune dédicace ne saurait exprimer à sa juste valeur l'amour, l'estime et le respect que j'éprouve pour toi. Qu'ALLAH bénisse notre couple et notre progéniture

A tous mes amies

Avec qui j'ai passé de merveilleux moments, je remercie Dieu qui a fait que nos chemins se rencontrent. Merci pour tout

A toutes les familles BENCHIKH et DJAIZ

A tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de les citer

Je vous dédie ce travail modeste.....

HADJER

DEDICACE

D'un sentiment plein d'amour, de sincérité et de fidélité, je dédie ce modeste travail:

A mes chers parents: Ahmed et Karima

A qui je dois ce que je suis

pour votre amour, votre tendresse, votre compréhension, votre patience et votre prières sont toujours pour moi sans limite, vous m'avez soutenu le long de mes études et vous avez tout sacrifié pour ma réussite, que dieu vous garde en bonne santé.

A mon mari: Boukédjar Ibyes

Pour l'amour et l'affection qui nous unissent,

Je ne saurais exprimer ma profonde reconnaissance pour le soutien continu dont tu as toujours fait preuve. Tu m'as toujours encouragé, incité à faire de mon mieux ton soutien m'a permis de réaliser le rêve tant attendu.

A mes chères sœurs

Meriem et Sidra pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral

A mes chers frères

Abderahim, Abdelatif et Oussama pour leur appui et leur encouragement

A mes chères belles sœurs

Imane pour son soutien, ses conseils avisés et ses encouragements et Amina

A mes chers nièces et neveux

Mélina, Khadidja, Farah et Anis, Mohamed et Tadjeddine

A mes filles adorées

Lyne et Aicha dont le sourire, la bonne humeur et la joie de vie me donnent des ailes et m'encouragent à poursuivre mes rêves.

A ma chère belle famille

Mon beau père Noureddine Allah yrahimo, Ma belle mère Fairouz, Redha, Wafa et ses enfants Sérine, Amir et Mélissa

A toute ma famille

Surtout ma tante Rafika qui a été la 2^{ème} maman de mes filles

A ma chère binôme

Hadjer Pour sa entente et sa sympathie

Que Dieu vous bénisse tous nchallah.

Soumia

Table des matières

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction..... 1

Première partie : Synthèse Bibliographie

Chapitre I..... 3

I. Généralité..... 3

I.1. Définition du lait..... 3

I.2. Composition..... 3

I.2.1 L'eau..... 4

I.2.2 Les glucides..... 4

I.2.3 Les protéines..... 4

I.2.4 Les lipides..... 4

I.2.5 Les vitamines..... 4

I.2.6 Les minéraux..... 4

I.3. Propriétés physicochimiques..... 5

I.3.1. L'apparence..... 5

I.3.2. Le pH..... 5

I.3.3. Le point d'ébullition..... 5

I.3.4. Le point de congélation..... 5

I.3.5. Stabilité à la chaleur..... 5

I.3.6 La viscosité..... 6

I.3.7 L'acidité de titration ou acidité Dornic..... 6

I.3.8 Masse volumique et densité.....	6
I.4. Microbiologie.....	6
I.4.1 Flore originelle.....	7
I.4.2 Flore de contamination.....	7
I.5. Valeur nutritive.....	8
I.5.1 Lactose.....	8
I.5.2 Protéines.....	8
I.5.3 Minéraux.....	8
I.5.4 Matière grasse.....	8
I.5.5 Vitamines.....	8
I.6. Types de lait.....	9
I.6.1 Lait cru.....	9
I.6.2 Lait traité thermiquement.....	9
I.6.2.1. Lait pasteurisé.....	9
I.6.2.2. Lait stérilisé.....	9
I.6.2.3. Lait aromatisé.....	10
I.6.2.4. Lait fermenté.....	10
I.6.2.5. Lait concentré.....	10
I.6.2.6. lait en poudre.....	10
I.6.2.6.1. Poudre de lait riche en matières grasses.....	10
I.6.2.6.2. Le lait en poudre partiellement écrémé.....	10
I.6.2.6.3. Le lait en poudre entier.....	10
I.6.2.6.4. Poudre de lait écrémé.....	10
Chapitre II.....	12
II.1. Les lait en poudre.....	12
II.2. Préparations pour nourrissons.....	12
II.3. Histoire.....	13

II.4. Composition.....	14
II.5. Propriétés physicochimiques du lait infantile en poudre.....	15
II.5.1. La taille.....	15
II.5.2. Densité.....	15
II.5.3. Fluidité.....	15
II.5.4. Mouillabilité.....	15
II.5.5. Solubilité.....	16
II.5.6. Viscosité.....	16
II.5.7. Stabilité à la chaleur.....	16
II.5.8. Propriétés moussantes et émulsifiantes.....	16
II.6. Microbiologie.....	16
II.6.1. Les bactéries d'altération.....	17
II.6.2. Les bactéries pathogènes.....	17
VII. Propriétés organoleptiques.....	18
VIII. Caractères d'un bon lait en poudre.....	18
IX. Fabrication.....	19

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre I.....	22
I. Matériels.....	22
I.1. Lieu et objectif de l'étude.....	22
I.2. Matériel lourd et léger.....	22
I.3. Origine des échantillons.....	22
II. Méthodes.....	24
II.1. Différentes étapes d'expérimentation.....	24
II.2. Analyses microbiologiques.....	26
II.2.1. Préparation des milieux de culture.....	26
II.2.2. Stratégie d'échantillonnage.....	26

II.2.3. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales.....	26
I.2.4. Recherche et dénombrement des différents microorganismes.....	28
II.2.4.1 Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile.....	28
II.2.4.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	29
II.2.4.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	31
II.2.4.4. Recherche et dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i>	32
II.2.4.5. Recherche et dénombrement des bactéries sulfito-réductrices.....	33
II.2.4.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	35
II.2.4.7. Recherche et dénombrement des <i>Salmonella</i> sp.....	35
II.3. Analyses physicochimiques.....	37
II.3.1. Appréciation du goût et de l'odeur.....	37
II.3.2. Mesure du pH.....	37
II.3.3. Détermination de l'acidité en degré Dornic (°D)	37
II.3.4. Détermination de la densité (g/cm ³)	38
II.3.5. Détermination de la viscosité (mPa.s)	38
II.3.6. Détermination de la stabilité.....	39
II.3.7. Dosage de l'eau et des solides totaux.....	39
II.3.8. Détermination de la conductivité électrique (µs/cm)	40
Chapitre II.....	41
I. Résultats.....	41
I.1. Analyses microbiologiques.....	41
I.1.1. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	41
I.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	42
I.1.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	42
I.1.4. Recherche et dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i>	42
I.1.5. Recherche et dénombrement des spores sulfito-réductrices.....	43
I.1.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	43

I.1.7. Recherches et dénombrement des <i>Salmonella</i> sp.	44
I.2. Analyses physicochimiques.....	44
I.2.1. Goût et odeur.....	44
I.2.2. pH.....	44
I.2.3. Acidité titrable.....	45
I.2.4. Densité.....	45
I.2.5. Viscosité.....	46
I.2.6. Stabilité.....	46
I.2.7. Dosage de l'eau et des solides totaux.....	46
I.2.8. Conductivité électrique.....	46
II. Discussion.....	48
II.1. Analyses microbiologiques.....	48
II.2. Analyses physicochimiques.....	52
Conclusion.....	55
Perspectives.....	56
Références bibliographiques	
Annexes	

ملخص

يعتبر حليب الرضع، ذو النشاط المائي المنخفض، منتجاً مستقراً من الناحية الميكروبيولوجية. ومع ذلك، فإن الأنواع الجرثومية، مثل البكتيريا المحبة للجفاف والحرارة وذات الأبواغ، تستطيع أن تقاوم و / أو أن تفلت من عمليات المعالجة بالحرارة. على الرغم من أن حليب الأطفال يتم تسويقه في عبوات صحية محكمة الإغلاق، إلا أن استقراره خلال فترات النقل والتسويق، يمثل مشكلة للشركات والهيئات الصناعية المسؤولة عن مراقبة الجودة الصحية.

الهدف من الدراسة هو استكشاف ثبات المنتج خلال فترة التسويق من خلال تقييم الصفات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لسبع عينات، لحليب الأطفال، من علامات تجارية مختلفة، تم جمعها من السوق المحلي لولاية برج بو عرييج، شمال شرق الجزائر، خلال الفترة الممتدة من ديسمبر 2018 إلى مايو 2019.

أسفرت نتائج التحاليل الميكروبيولوجية عن متوسط القيم التالية: الحمولة من البكتيريا الهوائية (30.21×10^3 UFC/g)، مع عدم وجود القولونيات الكلوية، القولونيات البرازية، العقديات البرازية، المكورات العنقودية الذهبية، حقيقيات النواة، الأبواغ وأنواع السالمونيلا.

أعطت نتائج الاختبارات الفيزيائية والكيميائية متوسط القيم التالية: درجة الحموضة: 6.64، حموضة المعايرة: 18.64 درجة دورنيك، الكثافة: 1.024 غ/سم³، اللزوجة: 2.84 مللي باسكال، المستخلص الكلي الجاف: 84.04 غ/لتر، والناقلية: 1912.42 ميكروسيمنس/سم.

جميع عينات حليب الأطفال، كانت ذات جودة فيزيائية وكيميائية ومطابقة للمعايير الوطنية، مما يشير إلى عدم وجود مؤشرات للتلوث وأنواع الجراثيم المسببة للأمراض والتسمم، مما يعكس ثبات العينات التي تم تحليلها وغياب الخطر الحيوي على المستهلك.

تستحق الدراسة أن تستكمل بعدد أكبر من العينات، بخطة أوسع لأخذ العينات، موزعة على العديد من العلامات التجارية، لمسحوق حليب الأطفال وكذا المواد الخام الخاصة لإنتاجه، في مناطق جغرافية مختلفة وعلى مدار السنة.

الكلمات المفتاحية: الثبات، حليب الأطفال، التحليل الميكروبيولوجي، التحليلات الفيزيائية، المعايير الوطنية.

Résumé

Contexte : Les laits infantiles, ayant faible activité de l'eau, sont des produits microbiologiquement stables. Cependant, des agents microbiens, à l'exemple des espèces xérophiles, thermophiles et sporogènes, résistent et/ou échappent à tout processus de traitement hygiénique. Bien que ces laits infantiles soient commercialisés dans des emballages étanches, hygiénique, leur stabilité durant les périodes de transport, de commercialisation et de stockage, pose un problème, pour les firmes industrielles et les organismes chargés de contrôle d'hygiène et de la qualité.

L'objectif de l'étude était l'exploration de la stabilité du produit durant la période de commercialisation par évaluation des qualités physicochimiques et microbiologiques pour sept échantillons, du lait infantile, de différentes marques, collectées du marché local de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, Nord Est d'Algérie, durant la période Décembre 2018- Mai 2019.

Résultats : Les analyses microbiologiques ont donné en (UFC/g) les moyennes suivantes : Flore totale aérobie mésophile ($30,21 \times 10^3$ UFC/g), avec absence des coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, *Staphylococcus aureus*, flore eucaryote, spores et *Salmonella sp.* Les tests physicochimiques ont donné les moyennes suivantes : pH : 6,64, acidité titrable : 18,64°D, densité : 1,024 g/cm³, viscosité : 2,84 mPa.s, extrait sec totale : 84,04 g/l, et conductivité : 1912,42 µs/cm.

Conclusion : l'ensemble des échantillons du lait infantile, semble d'une qualité physicochimique et hygiénique conformes aux normes nationales, marquant l'absence des flores indicatrices des contaminations et des espèces pathogènes et toxigènes, reflétant une stabilité des échantillons analysés et l'absence de risque vital pour le consommateur.

Perspectives : L'étude mérite d'être complétée par un effectif élevé, un plan d'échantillonnage plus élargis, étalait sur plusieurs marques de lait en poudre 1^{er} âge et leur matière première, dans des zones géographiques différentes et sur les quatre saisons.

Mots clés : Stabilité, Lait infantile, Analyses microbiologiques, Analyses physicochimiques, Normes nationales

Abstract

Background : Infant milks powder, having low water activity, are microbiologically stable products. However, microbial agents, such as xerophilic, thermophilic and sporogenous flora, resist and/or escape any hygienic treatment process. Although these infant milks are marketed in sealed, hygienic packaging, their stability during periods of transport, marketing, storage, poses problem for industrial firms and food hygiene and quality control authorities.

Aim : Study was conducted on seven commercial infant's powder milk brands, collected in local market of Bordj Bou Arreridj province, Algerian North-Eastern areas, during period from December 2018 to May 2019 and aimed to evaluate their stability by assessing their physico chemical (eight tests), microbiological (seven flora) quality.

Results : Microbiological analyzes yielded the following averages (CFU/g) : Total mesophilic aerobic flora (30.21×10^3 CFU/g), with absence of total coliforms, faecal coliforms, Streptococci, *Staphylococcus aureus*, eukaryotic flora, spores and *Salmonella sp.*

Physicochemical tests gave averages: pH : 6.64, titratable acidity : 18.64°D, density : 1.024 g/ cm³, viscosity : 2.84 mPa.s, Total Dry Extract : 84.04 g/l, and conductivity : 1912.42 µs/cm.

Conclusion: Whole samples of infant milk, seems have of a physicochemical and hygienic quality in conformity with the national standards, with absence of indicator flora of the contamination and the pathogenic and toxinogenic species, reflecting a stability of the analyzed samples and the absence vital risk for the consumer. The study must be complemented by a large staff, a broader sampling plan, spread over several brands of milk powder age and their raw material, in different geographical areas and four seasons.

Key words: Stability, Infant milk, Microbiological analyzes, Physicochemical tests, National standards.

Liste des tableaux

Tableau I	Illustrant la composition des formules infantiles, du lait de femme et du lait de vache entier (Bocquet et <i>al.</i> , 2002).	14
Tableau II	Tableau illustrant les échantillons et leurs caractéristiques.	23
Tableau III	Résultats du contrôle de la qualité microbiologique.	41
Tableau IV	Résultats des analyses physicochimiques des échantillons du lait infantile	44

Liste des figures

Figure 1 : Principe de séchage par le procédé des cylindres (Veisseyre, 1979).	20
Figure 2 : Procédé de séchage par pulvérisation du lait sec (Spray) (Kon, 1995).	21
Figure 3 : Diagramme illustrant les différentes étapes expérimentales.	25
Figure 4 : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales.	27
Figure 5 : Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile sur PCA.	29
Figure 6 : Dénombrement des coliformes sur gélose VRBG.	30
Figure 7 : Recherche des streptocoques fécaux.	32
Figure 8 : Recherche et dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i> .	33
Figure 9 : Recherche et dénombrement des bactéries sulfito-réductrices.	34
Figure 10 : Recherche et dénombrement des levures et moisissures.	35
Figure 11 : Recherche et dénombrement des salmonelles.	36
Figure 12 : Histogramme représentatif des variations de la FTAM	42
Figure 13 : Aspect des tubes Rothe après 24h d'incubation à 37°C.	42
Figure 14 : Aspect des tubes Giolliti Cantoni après 24h d'incubation à 30°C.	43
Figure 15 : (A) Aspect macroscopique d'une culture sur Chapman (virage de la couleur). (B) Aspect d'une culture staphylococcique non dorée.	43
Figure 16 : Histogramme représentatif des variations du pH.	45
Figure 17 : Histogramme représentatif des variations de l'acidité.	45
Figure 18 : Histogramme représentatif des variations de la densité.	45
Figure 19 : Histogramme représentatif des variations de la viscosité.	46
Figure 20 : Histogramme représentatif des variations de l'EST.	46
Figure21 : Histogramme représentatif des variations de la conductivité.	47

Liste des abréviations

(-)	Absence
°C	Degré Celsius
°D	Degrés Dornic
2 ^{ème}	Deuxième
ρ	Masse volumique
1 ^{er}	Premier
%	Pour cent
(+)	Positif
AAP	American Academy of Pediatrics
AFNOR	Association française de normalisation
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
ANSES	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
AT	Acidité titrable
aw	Activité de l'eau
B.	<i>Bacillus</i>
BCPL	Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol
BSR	Bactéries Sulfito Réductrices
Cd	Conductivité
CF	Coliformes fécaux
CT	Coliformes totaux
D	Densité en g/cm ³
DGCCRF	Direction Générale de la Consommation de la Concurrence et de la Répression des Fraudes
EFSA	European Food Safety Authority
EPS	Eau Peptonée Sels
EPT	Eau Peptonée Tamponnée
EST	Extrait Sec Total
F.M.A.T	Flore Mésophile Aérobie Totale
FAO	Food Agriculture Organisation
g	gramme
GC	Giolliti Cantonii
g/l	gramme par litre
g/cm³	gramme/centimètre cube
h	heure
HCl	Chlorure d'hydrogène

Hr%	Humidité relative
H₃O⁺	Ion hydronium
HTST	High Temperature Short Time
IPA	Institut Pasteur d'Algérie
IQS	Iraqi standards
ISI	Indian Standard Institution
ISO	International Specifications Organization
J.O	Journal Officiel
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne
Kcal/l	Kilocalorie par litre
Kg.m³	Kilogramme.mètre cube
L	Litre
Log	Logarithme
M.O	Microorganisme
mg	Milligramme
mg/l	milligramme par litre
min	minute
ml	millilitre
mm	millimètre
mPa.s	milli Pascal.seconde
N.D	Non Déterminé
N°	Numéro
NaCl	Chlorure de sodium
NaOH	Hydroxyde de sodium
NPP	Nombre Plus Probable
NSW	New South Wales
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PCA	Plate Count Agar
pH	potentiel d'Hydrogène
s	seconde
S.aureus	<i>Staphylococcus aureus</i>
SAB-CH	Sabouraud
S/C	Simple Concentration
SFB	<i>Salmonella</i> Fecal Broth (Bouillon pour <i>Salmonella</i>)
SM	Solution Mère
SNV et STU	Science de la Nature et de la Vie et Science de la Terre et de l'Univers
sp.	species

Liste des abréviations

ST	Solides totaux
T°	Température
UFC	Unité formant colonie
UHT	Ultra Haute Température
USEPA	United State Environmental Protection Agency
UV	Ultra-Violet
µs/cm	Micro siemens / centimètre
V	Volume en ml
VF	Milieu Viande Foie
VRBG	Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

Introduction

Les besoins de l'Algérie en lait et produits laitiers sont considérables. Avec une consommation moyenne estimée de 110 à 115 litres de lait par habitant et par an, en 2010, l'Algérie est le plus important consommateur de lait dans le Maghreb. La consommation nationale s'élève à environ 3 milliards de litres de lait par an, la production nationale étant limitée à 2,2 milliards de litres, dont 1,6 milliard de lait cru (FAO, 2007). C'est donc près d'un milliard de litres de lait qui est ainsi importé chaque année, majoritairement sous forme de poudre de lait (Ghozlane et *al.*, 2003).

Le lait est un substrat très riche, fournissant à l'être humain un aliment presque complet : Protides, glucides, lipides, sels minéraux, calcium et vitamines, qui sont présents à des concentrations satisfaisantes pour la croissance et la multiplication cellulaire (Fredot, 2006). Il est considéré comme une partie très importante de l'alimentation quotidienne, en particulier pour les jeunes enfants (Tahoun et N.Abdelfatah, 2015).

Tous les parents se soucient de la santé de leurs enfants et de leur alimentation. La meilleure source d'alimentation pour les bébés est le lait de leur mère (allaitement au sein), mais dans peu de cas, la mère ne parvient naturellement pas à satisfaire les besoins en allaitement du bébé ou même n'est pas intéressée par l'allaitement au sein, ils suivent donc les préparations pour nourrissons (Rajput et *al.*, 2009).

Cependant, le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH, voisin de la neutralité le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes. Ainsi, sa richesse et sa fragilité en font un milieu idéal, où de nombreux micro-organismes (moisissures, levures et bactéries), se reproduisent très vite. Ses vitamines et ses matières grasses peuvent se transformer sous l'influence de la lumière, de l'oxygène et de la température (Luquet, 1985).

C'est pourquoi, il doit impérativement être conservé et protégé des détériorations naturelles. Pour cela, différentes techniques sont utilisés, pour avoir une forme idéale de conditionnement aseptique (Moller, 2000).

De ce fait, et en raison des besoins croissant en cette denrée périssable, la technologie laitière a innové des processus en perpétuelle innovation : la pasteurisation à moyenne et haute température, la stérilisation, le traitement UHT, ainsi que la déshydratation, pour l'obtention de la poudre du lait, et cela en vue de l'élimination des flores microbiennes présentes, de leur enzymes, pour la préservation de la qualité hygiénique, nutritionnelle et la prolongation de sa durée de conservation (Titouche et *al.*, 2016 ; Fernane et *al.*, 2016).

Divers travaux de recherche, s'accordent à dire que les conditions sanitaires dans lesquelles la production du lait cru est le principal facteur affectant la qualité de la poudre (Shiamee et Naji Ajmi, 2016). La Poudre du lait est un produit microbiologiquement stable, vue sa faible valeur en activité de l'eau. Il a une activité de l'eau d'environ 0,3 à 0,4, ce qui est trop faible pour soutenir la croissance des micro-organismes (Augustin et *al.*, 2003). La durée du stockage et les températures de transport peuvent également affecter les propriétés du lait en poudre, en particulier la solubilité et l'indicateur de pH (Shiamee et Naji Ajmi, 2016).

Cependant, des agents microbiens, à l'exemple de certaines espèces thermophiles et des endospores bactériennes (formes de résistances), ainsi que certaines espèces procaryotes (formes végétatives) responsables des zoonoses, résistent et/ou échappent au processus de pasteurisation. Ce qui fait de la poudre du lait un vecteur potentiel de la transmission des espèces pathogènes à l'exemple de : (*Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, et *Staphylococcus sp.*), qui peuvent occasionner des intoxications chez le consommateur (Hait Jennifer, 2012).

Le contrôle de la qualité microbiologique de la poudre du lait infantile, garantis un produit sain et exempt de risque bactériologique et/ou toxicologique pour la santé du nourrisson. De même les opérations de contrôle de qualité physico-chimique permettent l'obtention d'un produit sans défauts organoleptiques et/ou rhéologiques. Bien que les laits infantiles soient commercialisés dans des emballages étanches, hygiéniques et très innovées, la stabilité de ces produits durant les périodes de transport, de mise sur le marché, constituent les soucis majeurs, pour les firmes industrielles et les organismes chargés de contrôle d'hygiène et de la qualité.

Dans ce contexte précis, se focalise l'objectif de la présente étude, qui se veut une contribution primordiale à l'exploration de la stabilité physico-chimique et microbiologique, pour un effectif de sept échantillons de lait en poudre pour nourrissons (lait 1^{er} âge) de différentes marques, collectés, durant la période Décembre 2018-Mai 2019, du marché local, dans la willaya de Bordj Bou Arreridj, Nord-Est d'Algérie, cela par réalisation des :

- Analyses Microbiologiques, par recherche et dénombrement des flores et espèces microbiennes, sur des milieux de culture microbiologique d'enrichissement et sélectifs (FTAM, coliformes totaux, coliformes fécaux, levures et moisissures, streptocoques fécaux, spores sulfite réductrices, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella sp.*).
- Réalisation des tests physicochimiques (pH, acidité titrable, conductivité, stabilité, viscosité, densité, et extrait sec total).
- Comparaison des résultats des différentes analyses susmentionnés aux normes nationales (JORA N°35, 1998 ; JORA N°39, 2017 ; JORA N°69, 1993 ; JORA N°54, 2013).

Chapitre I

I. Généralité

I.1. Définition du lait

Le lait a été défini en 1908, au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes à Genève comme étant : « *Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum* » (Luquet, 1985).

La dénomination « lait » est réservée exclusivement aux produits de la sécrétion mammaire normale, obtenus par une ou plusieurs traite, sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique (JORA N°69, 1993).

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

La dénomination "lait" sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache. Tout lait provenant d'une femelle laitière autre que la vache, doit être désignée par la dénomination lait suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient (JORA N°69, 1993).

En outre, Jeantet *et al.*, (2008) rapportent aussi que, le lait doit être collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation.

Selon Deforgeset *al.*, (1999), le lait cru est un lait non chauffé au-delà de 40°C, ni soumis à un traitement non thermique d'effet équivalent, notamment du point de vue de la réduction de la concentration en microorganismes.

Mazoyer *et al.*, (2002) donne la définition alimentaire du lait comme étant un liquide alimentaire opaque, blanc mat légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, à odeur peu marquée et au goût douceâtre, sécrété, après parturition, par la glande mammaire des animaux mammifères femelles, destiné à l'alimentation du jeune animal.

I.2. Composition

Franworth et Mainville, (2010) évoquent que, le lait est un aliment complet et bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes (Amiot *et al.*, 2002). Le lait contient des nutriments essentiels et est une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Le lait peut apporter

une contribution significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique (FAO, 2017).

Sa composition varie en fonction d'une multiplicité de facteurs : Race, alimentation et état de santé de l'animal, stade de lactation, ainsi qu'au cours de la traite. Les principaux constituants du lait par ordre croissant selon Pougheon et Goursaud, (2001) sont :

- o L'eau, l'élément quantitativement le plus important, représente environ 81% de son volume.
- o Les glucides principalement représentés par le lactose.
- o Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras.
- o Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire.
- o Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles.
- o Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important : Facteurs de croissance, vitamines et oligoéléments.

I.2.1. L'eau

En elle, ils sont dispersés tous les autres constituants, ceux de la matière sèche (Mathieu, 1998).

I.2.2. Les glucides

Le constituant principal du lait est le lactose qui présente une moyenne de 4,7 g/l (Pubert, 2012). D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose (Amiot *et al.*, 2002 ; C. Grădinar *et al.*, 2015).

I.2.3. Les protéines

Les protéines et les matières azotées non protéiques représentent successivement 95% et 5% de l'azote minéral du lait (Goursaud, 1985).

I.2.4. Les lipides

Jeantet *et al.*, (2008) rapportent que 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.

I.2.5. Les vitamines

Le lait contient un grand nombre de vitamines. Parmi eux, trois méritent une attention particulière : La vitamine A (croissance, protection de la peau et des muqueuses) ; Vitamine D (anti rachitique, meilleure fixation du calcium) ; La vitamine B2 (utilisation des glucides, protides, lipides) (C. Grădinar *et al.*, 2015).

I.2.6. Les minéraux

Principalement du phosphate, du calcium, sous forme soluble ou colloïdal en association avec les caséines ; et de nombreux autres minéraux (Gaucheron, 2004). La fraction minérale,

bien que mineure dans la composition du lait, est considérée comme très importante tant du point de vue nutritionnel que technologique (Lortal et Boudier, 2011). (La composition détaillée du lait est présentée en annexe III).

I.3. Propriétés physicochimiques

Le lait est un liquide blanc, opaque, mat, (Goursaud, 1985). L'odeur est peu prononcée. L'acidification du lait par l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette (Vierling, 1999).

I.3.1. L'apparence : L'opacité du lait est due à sa teneur en particules suspendues de matière grasse, de protéines et de certains minéraux. La couleur normale varie du blanc au jaune en fonction de la teneur en carotène de la matière grasse. Le lait écrémé est plus transparent, avec une teinte légèrement bleutée (Bylund, 2000).

I.3.2. Le pH : Renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait de vache frais a un pH qui se situe entre 6,6 et 6,8. 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 en ions hydronium (H_3O^+) et donc une diminution du pH, car : $pH = \log 1/[H_3O^+]$. A la différence avec l'acidité titrable, qui elle mesure la concentration des composés acides (Luquet, 1985 ; Amiot et *al.*, 2002).

I.3.3. Le point d'ébullition : C'est la température atteinte lorsque la pression de la substance ou la solution est égale à la pression appliquée. Le point d'ébullition est légèrement supérieur au point d'ébullition d'eau, soit 100,5°C (Vignola, 2002). Comme pour le point de congélation, le point d'ébullition est influencé par la présence de solides solubilisés. Par conséquent il augmente avec la concentration du lait et diminue avec la pression (Aboutayeb, 2011).

I.3.4. Le point de congélation : C'est l'une des caractéristiques physiques les plus constantes. Sa valeur moyenne, se situe entre -0,54 °C et - 0,55°C (Mathieu, 1998). 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. Un mouillage de 1% entraîne une augmentation du point de congélation d'environ 0,0055°C (Goursaud, 1985).

I.3.5. Stabilité à la chaleur : Le lait peut maintenir sa structure normale lorsqu'il est exposé à de courtes périodes de chaleur. Cependant, l'exposition prolongée dégrade la structure des micelles de caséines et modifie la structure du lactose qui tend à réagir avec les protéines. Un lait acide se déstabilise plus rapidement à la chaleur qu'un lait normal (Bouchakour Errahmani et Djeghlal, 2015 ; Sikand et *al.*, 2010).

I.3.6. La viscosité : Elle est inversement proportionnelle à la température et égale à deux fois celle de l'eau (Park et *al.*, 2007).

I.3.7. L'acidité de titration ou acidité Dornic : Selon Jean et Dijon, (1993), l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la présence de protéines, de substances minérales et acides organiques (Amiot et *al.*, 2002) et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé par la fermentation lactique.

L'acidité apparente ou acidité naturelle du lait varie entre 13°D et 17°D d'équivalent d'acide lactique. La mesure d'acidité titrable s'exprime couramment de deux façons soit en pourcentage (%) d'équivalents d'acide lactique, soit en degrés Dornic (°D) ; ce dernier étant le nombre du dixième de millilitre d'hydroxyde de sodium utilisée pour titrer 10 millilitres de lait en présence de phénolphthaléine (Benhedane, 2011 ; Vignola, 2002).

- 1 Soxhlet Henkel = 2, 25°D (Mamadou D.D, 1995).

Un lait cru doit avoir une acidité ≤ 21 °D. Un lait dont l'acidité est ≥ 27 °D coagule au chauffage et un lait dont l'acidité est ≥ 70 °D coagule à froid (Jean et Dijon, 1993).

Acidité titrable = Acidité naturelle + Acidité développée (Vignola, 2002).

I.3.8. Masse volumique et densité : Selon Pointurier, (2003), la masse volumique d'un liquide est le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. Elle est notée ρ et s'exprime en Kg.m^{-3} . La masse volumique dépend de la température, donc 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 1030 Kg.m^{-3} .

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide et la masse du même volume d'eau (Vierling, 2008). Il convient de signaler que le terme anglais «density» désigne la masse volumique et non la densité (Pointurier, 2003). La densité du lait à 15°C est en moyenne 1,032 (Aboutayeb, 2011).

Deux facteurs de variation opposés déterminent la densité : la concentration des éléments dissous et en suspension (proportionnellement) et la proportion de matière grasse (inversement) (Alais, 1984 ; Boudier et Luquet, 1981). Elle est également liée à sa richesse en matière sèche (Goursoud, 1985) et du degré d'hydratation (Amiot et *al.*, 2002).

I.4. Microbiologie

Le lait est presque stérile à sa sortie du pis (cellules sécrétrices des glandes mammaires) (Tahoun et N.Abdelfatah, 2015 ; Benhedane, 2011). La colonisation par la flore microbienne commence donc après la sécrétion du lait dans le pis (à partir des trayons). Au moment de la traite, trois sources possibles de contamination du lait cru peuvent être distinguées : à l'intérieur du pis, à l'extérieur du pis et via le matériel qui entre en contact avec le lait (Renard, 2014).

Cependant, il est facile d'être contaminé par un large éventail de microbes de différentes sources (Tahoun et N.Abdelfatah, 2015). Du fait de sa composition physico-chimique et sa richesse, il peut représenter un danger pour le consommateur, spécialement quand il véhicule des agents zoonotiques et des résidus des substances antimicrobiennes (Chouiti, 2013). De ce fait le lait comporte une flore originelle et une flore de contamination (Bordjah, 2011).

I.4.1. Flore originelle : Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain. Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores. Le lait cru est protégé des bactéries par des substances inhibitrices appelées « lacténines », mais leur action est de très courte durée (environ une heure) (Guiraud, 2003).

D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait lorsqu'il est issu d'un animal malade : Ils sont généralement pathogènes et dangereux. Il peut s'agir d'agents de mammites, c'est-à-dire d'infection de pis ; comme il peut s'agir aussi de germes d'infection générale qui peuvent passer dans le lait (Guiraud, 2003).

Les bactéries lactiques : Appartiennent à un groupe de bactéries bénéfiques, elles préfèrent le lactose comme source de carbone et produisent de l'acide lactique comme produit final du processus de fermentation. Elles sont ubiquitaires, 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 produits laitiers. Ce groupe inclut les bacilles et les coques, qui peuvent former des chaînes de différentes longueurs, mais qui ne forment jamais de spores. Les bactéries lactiques sont des anaérobies facultatifs. La plupart d'entre elles sont tuées lorsqu'on les chauffe à 70°C (Guiraud, 2003 ; Bensalah et Korib, 2010).

I.4.2. 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 (Guiraud et Rosec, 2004). La contamination exogène, se fait lors d'un contact direct avec des troupeaux infectés ou d'un apport de l'environnement. L'ensemble des procédés de traitement et de transformation du lait peut freiner la multiplication des germes présents ou au contraire favoriser leur développement (Brisabois et *al.*, 1996). Le lait se contamine par des microbes d'origines diverses :

-Fèces et téguments de l'animal : Coliformes, clostridies, entérobactéries pathogènes.

-Sol : *Streptomyces*, bactéries sporulées, spores fongiques, *Listeria*.

-Litière et aliments : Flore banale variée, lactobacilles, *Clostridium butyricum*.

-Air et eau : Flore diverse dont : *Pseudomonas*, bactéries sporulées.

-Equipements de traite et de stockage du lait : Flore lactique, microcoque, lactobacilles, streptocoques, *Leuconostoc*, levures.

-Manipulateurs : Staphylocoques dans le cas de traite manuelle.

-Vecteurs divers : Insectes, flore de contamination fécale (Guiraud, 1998).

I.5. Valeur nutritive

Le lait est le seul aliment qui puisse répondre de façon équilibrée à la plupart des besoins nutritionnels de l'homme. Cette présence dans le lait de tous les éléments essentiels de l'alimentation humaine a fait que le lait est un aliment complet (Konte, 1999). Sa valeur énergétique est de 700 Kcal/l (Cheftel et Cheftel, 1977). Comparativement aux autres aliments, il constitue un élément de haute valeur nutritionnelle (Kizi et Makdoud, 2013) pour une croissance normale des enfants ainsi que le maintien en santé et la prévention des maladies à tout âge de la vie. Le lait n'est cependant pas un aliment parfait, car ne contient pas, à l'état naturel, de fibres et que son contenu en certains nutriments, dont le fer et la vitamine D, demeurent relativement faibles (Benallegue et Debbeche, 2015). Il contient une multitude de substances nutritives :

I.5.1. Lactose : Connu pour jouer un rôle important dans la formation et la croissance du système nerveux (Thapon, 2005).

I.5.2. Protéines : Contient les acides aminés essentiels dont principalement la lysine, la thréonine, l'histidine, particulièrement indispensable chez le nourrisson, et la méthionine chez les personnes âgées (Jeantet et *al.*, 2008).

I.5.3. Minéraux : Principale source alimentaire de calcium et phosphore, pour lesquels ils couvrent plus de la moitié de nos besoins journaliers, intervenant dans l'ossification, et leur apport est crucial pour les sujets jeunes et âgés (Jeantet et *al.*, 2008).

I.5.4. Matière grasse : La consommation de la matière grasse laitière est indispensable dans l'alimentation, elle représente à elle seule la moitié de la valeur énergétique du lait entier (Jeantet et *al.*, 2008).

I.5.5. Vitamines : D'une manière générale, le lait ne permet pas de satisfaire tous les besoins vitaminiques. Ce sont surtout les vitamines A, B1, et B2, qui constitue la valeur nutritive du lait, leur consommation protège l'individu des syndromes de déficience vitaminique (Fédération internationale de laiterie, 1995).

➤ Le lait peut contenir aussi des facteurs de croissance qui sont des polysaccharides (Alais, 1975).

I.6. Types de lait

L'évolution des processus technologiques, des techniques de conservation et de distribution a permis l'élaboration d'une large gamme de « laits de consommation » qui se distinguent par leur composition, leur qualité nutritionnelle, organoleptique et leur durée de conservation. Selon leur mode de traitement thermique on distingue :

- lait cru non traité thermiquement.
- laits traités thermiquement (Mahaut et *al.*, 2005).

I.6.1. Lait cru

Puisque il n'a subi aucun traitement lui permettant d'assurer une meilleure conservation. Sa production et sa commercialisation doivent être sévèrement contrôlées en raison des risques qu'il peut présenter pour la santé.

I.6.2. Laits traités thermiquement

Le degré de traitement thermique du lait permet une augmentation de la durée de conservation (Luquet, 1985).

I.6.2.1. Laits pasteurisés

Le lait est soumis à une température de 75°C pendant 15 secondes, refroidi à 4 °C, puis conditionné sous régime de froid de 6 à 8 °C. Le lait pasteurisé est un lait totalement débarrassé de tous les germes pathogènes présents avant le traitement thermique et sa valeur nutritionnelle doit rester constante. Il se conserve au réfrigérateur pendant sept jours. Il n'est pas nécessaire de le faire bouillir avant de le consommer (Veisseyre et lenoir, 1992). D'après Jeantet et *al.*, (2008), on distingue trois types de traitements :

- **Pasteurisation basse** (62-65°C/30min) : elle est abandonnée en laiterie.
- **Pasteurisation haute** (71-72°C/15-40s) ou HTST (High Temperature Short Time) : réservée aux laits de bonne qualité hygiénique. Au plan organoleptique et nutritionnel, elle n'a que peu d'effets. Au niveau biochimique, faible dénaturation des protéines sériques et des vitamines.
- **Flash pasteurisation** (85-90°C/1-2s) : pratiquée sur les laits crus de qualité moyenne.

I.6.2.2. Laits stérilisés

Préalablement conditionné dans un emballage hermétique, le lait est chauffé à 115°C pendant 20 minutes puis rapidement refroidi. La stérilisation permet une conservation de longue durée. Le procédé le plus utilisé est la stérilisation UHT (Leseur et Melik, 1999).

- **Lait UHT (Ultra High Temperature)** : lait chauffé au minimum 135°C pendant quelques secondes, permettant de détruire tout micro-organisme, spore viable ou toxines et est emballé aseptiquement (Renard, 2014). Dans ce cas les qualités gustatives du lait sont préservées (Leseur et Melik, 1999).

I.6.2.3. Laits aromatisés

Sont tous des laits stérilisés, auxquels des arômes autorisés sont ajoutés (Luquet, 1990).

I.6.2.4. Laits fermentés

C'est un produit laitier frais fabriqué avec tous types de lait ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation, etensemencé avec des microorganismes appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit (Elisabeth, 2008). La coagulation des laits ne doit pas être obtenue par d'autres moyens que ceux qui résultent de l'activité des microorganismes qui sont pour la plupart des probiotiques (Fredot, 2006).

I.6.2.5. Laits concentrés

La stabilité du lait peut être assurée par réduction de l'activité de l'eau (a_w), on y parvient par élimination partielle de l'eau ou ajout de sucre (Mahaut et *al.*, 2000).

1 -Lait concentré non sucré

Le lait concentré, de par sa teneur en eau résiduelle à une activité d'eau (a_w) voisine de 0,90 pour assurer la stabilité définitive, il est nécessaire de le stériliser après homogénéisation (Mahaut et *al.*, 2000).

2 -Lait concentré sucré

L'addition de saccharose assure la conservation du produit sans étape de stérilisation en limitant le développement des microorganismes par abaissement de l' a_w (Mahaut et *al.*, 2000).

I.6.2.6. Laits en poudre

Le lait en poudre est un produit solide, obtenu directement par l'élimination de l'eau du lait, et dont la teneur en eau n'excède pas 5 % en poids du produit fini. On distingue les laits en poudre répartis selon leur pourcentage en matière grasse (Kherbouche, 2014) :

I.6.2.6.1. Poudre de lait riche en matières grasses : Lait déshydraté contenant, en poids, au moins 24 % de matières grasses (Taleb, 2016).

I.6.2.6.2. Le lait en poudre partiellement écrémé : Lait déshydraté dont la teneur en matières grasses est, en poids, supérieure à 1,5 % et inférieure à 26 % en terme de poids (Taleb, 2016)

I.6.2.6.3. Le lait en poudre entier : Lait déshydraté contenant, en poids, au moins 26% de matières grasses (Taleb, 2016).

I.6.2.6.4. Poudre de lait écrémé : Lait déshydraté contenant, en poids, au maximum 1.5% de matières grasses (Taleb, 2016).

 **Laits en poudre pour nourrissons** : Ce sont des laits en poudre spécialement conçus pour s'adapter aux besoins des nourrissons. Leur dénomination légale est «aliment lacté diététique pour nourrisson» (Hamadache et Ziani, 2012).

Il existe différentes formules pour les nourrissons qui ne sont pas allaités au sein. Bien qu'il existe certaines différences, elles contiennent tous les nutriments dont les bébés ont besoin pour grandir et se développer :

a/ Formules standard à base de lait de vache

-Les préparations à base de protéines de lait de vache non modifiées ayant un rapport caséine/protéines solubles sensiblement identique à celui du lait de vache soit 80/20.

-Les préparations à base de protéines modifiées. Le rapport caséine/protéines solubles, inférieur à 1, est plus proche de celui du lait maternel. Mais le sucrage n'est plus exclusivement du lactose.

-La formule contient aussi : des huiles végétales, d'autres minéraux et vitamines (Simard, 2001).

b/ Formules à base de soja

Ces préparations affichent une forte teneur en substances végétales secondaires (flavonoïdes), donc utilisées dans les familles qui, par conviction, ne consomment pas de lait de vache, comme celles ayant adopté une alimentation végétarienne. L'American Academy of Pediatrics (AAP) suggère d'utiliser autant que possible les préparations à base de lait de vache plutôt que les préparations à base de soja (Belli et *al.*, 2017).

c/ Formules hypoallergéniques (formules d'hydrolysats de protéines)

A ce jour, leur efficacité n'a pas été démontrée par rapport au lait entier et aux multivitamines. Ils sont aussi chers (Pubert, 2012).

d/ Il existe des formules spéciales pour les bébés présentant certains problèmes de santé :

- Les formules de reflux pré-épaissies avec de l'amidon de riz : destinés aux nouveau-nés qui régurgitent très souvent.
- Les préparations pour nourrissons prématurés et de faible poids à la naissance contiennent davantage de calories et de minéraux pour répondre aux besoins de ces nourrissons.
- Préparations pour les nourrissons atteints de maladie cardiaque, syndromes de malabsorption et de problèmes de digestion des graisses ou de transformation de certains acides aminés (Pubert, 2012).
- Formules sans lactose : Ces formules sont utilisées pour les enfants qui ne peuvent pas digérer le lactose et dans les cas de diarrhées aiguës, en complément d'un soluté de réhydratation (Lokombe et Mullie, 2005).

Chapitre II

II.1. Les laits en poudre

Désignés réglementairement sous le terme de « laits totalement déshydratés » sont des produits résultant de l'élimination partielle de l'eau du lait (Arie et *al.*, 2012). On distingue trois catégories de lait en poudre : entier, partiellement écrémé et totalement écrémé. Ils peuvent recevoir des additifs alimentaires (stabilisants, émulsifiants, antiagglomérants) (FAO, 2008).

La teneur en matière grasse et/ou en protéines du lait peut être ajustée, par l'addition et/ou le retrait de constituants du lait, d'une manière telle que cela ne modifie pas le rapport protéines de lactosérum/caséine du lait (*Codex Alimentarius*, 2011). L'expression « en poudre » peut être remplacée par le mot "sec". L'élimination de la presque totalité de l'eau du lait (environ 87%) donne un produit compact, concentré, facile à transporter et à stocker, le lait sec n'est le siège d'aucune multiplication microbienne, il peut être conservé pendant de très longues périodes et donne du lait reconstitué par simple adjonction d'eau (Arie et *al.*, 2012).

II.2. Préparations pour nourrissons

D'après l'ANSES, « *on entend par préparation pour nourrisson : les denrées alimentaires destinées à l'alimentation particulière des nourrissons pendant les quatre à six premiers mois de leur vie et répondant à elles seules aux besoins nutritionnels de cette catégorie de personnes* ».

***Préparation pour nourrissons** : Sous-entend un substitut de lait maternel fabriqué spécialement pour satisfaire, en soi, aux exigences nutritionnelles des nourrissons au cours des premiers mois de vie et jusqu'à l'introduction d'une alimentation complémentaire convenable (*Codex Alimentarius*, 1981 ; JORA N° 49, 2012).

Les préparations pour nourrissons sont fabriquées à partir d'un mélange de produits laitiers et d'autres ingrédients. Il existe différents types de préparations pour nourrissons disponibles sur le marché qui varient en fonction de la teneur en éléments nutritifs, du nombre de calories, du goût et de la capacité de digestion. Selon le codex international commun (Cariolis, 2014), ces préparations, appelées communément « lait 1^{er} âge » sont soumises à un étiquetage très strict. Il existe ce qu'on appelle une liste positive d'allégations autorisées, ce sont les critères de composition pour les préparations pour nourrissons autorisant une allégation (Goulet et *al.*, 2012).

II.3. Histoire

Avant l'avènement du lait en poudre, les maternités faisaient appel aux bons soins du lait d'ânesse, plus rarement de chèvre ou de brebis, afin de nourrir les orphelins ou les enfants dont les mères ne pouvaient donner de lait (Stuart et *al.*, 1996). La mise au point du lait déshydraté s'est faite en plusieurs étapes. William Newton reçut un brevet en 1835 pour sa méthode de condensation du lait par évaporation. Ce processus a permis d'améliorer la durée de conservation par rapport au lait de vache cru (Wargo, 2016). En 1853, l'Américain Gail Borden Jr a obtenu un brevet pour son procédé de production du lait concentré. Cette découverte est un premier pas vers la conservation du produit sans réfrigération (Parfitt, 1956). En Europe, un pharmacien suisse, Henri Nestlé, traumatisé par la perte de plusieurs de ses frères et sœurs avant leur majorité, cherche un moyen de lutter contre la mortalité infantile et la malnutrition des bébés. En 1860, il élabore une farine lactée, à base de lait de vache et de céréales qui sauve Wanner, un bébé prématuré. C'est un succès mondial! (Follain, 2015).

C'est en 1908 que Maurice Guigoz invente le premier lait en poudre en chauffant du lait de vache sous vide à basse température. Un médecin de Fribourg teste auprès de nourrissons le lait obtenu, reconstitué avec de l'eau, il conserve toutes les qualités nutritionnelles. Le lait Crémo, face à une mortalité infantile encore importante, triomphe et obtient la médaille d'argent à l'exposition nationale de Berne, en 1914. Désormais nommé Guigoz, et à partir de 1927, il est commercialisé en France sous la forme de boîtes métalliques de 500 grammes (Follain, 2015). Progressivement, des dizaines de marques s'emparent de ce marché juteux. Jacquemaire met en vente, en 1951, Alma (du latin "qui nourrit"). Aujourd'hui, il est plus connu sous le nom de Blédilait. Gallia, un laboratoire spécialisé dans le lait infantile, entre aussi en scène. Après la seconde guerre mondiale, c'est l'âge d'or du lait en poudre. Depuis 1974, il existe des laits maternisés 1^{er} âge (0 à 6 mois) et 2^{ème} âge (6 mois à 1 an). Plusieurs laits diététiques arrivent en pharmacie (boîtes de 900 g) (Kantorowicz, 1992).

Dès 1976, et surtout à partir de 1991, la fabrication du lait infantile est de plus en plus réglementée.

En quelques décennies, les techniques se perfectionnent et l'usage du lait maternisé se généralise. En juin 2012, l'organisation internationale de normalisation (ISO) et l'AOAC ont signé un accord de coopération sur les normes internationales relatives au commerce des préparations pour nourrissons (Wargo, 2016).

II.4. Composition

Le lait infantile, c'est d'abord du lait de vache (dans l'immense majorité des cas). Un lait qui convient à un animal ayant un système digestif très différent de l'homme, c'est pourquoi, sous sa forme brute, il n'est pas adapté au bébé humain et doit être transformé pour se rapprocher le plus possible du lait maternel (Pubert, 2012). La composition des protéines du lait maternel est différente de celle du lait de vache. Alors que celle de la vache est composée à 80% de caséine et à 20% de lactosérum, celui du lait maternel au contraire, ne se compose que de 40% de caséine et 60% de lactosérum (Chouraqui, 2002), il contient aussi trop de graisses saturées et pas assez de lactose. Il manque de vitamines et de fer, mais contient trop de sodium et de calcium, autres différences étant l'absence d'anticorps et d'autres produits comme la choline (développement cérébral du nourrisson). Pour obtenir le lait infantile le plus proche en sa composition du lait maternel, le lait de vache est écrémé, pasteurisé, enrichi en lactose, en glucose, en vitamines et en acides aminés. On y incorpore également des graisses végétales et des émulsifiants. On mélange le tout, on le sèche et on obtient le lait infantile (tableau I). A partir de 1998, certains laits sont enrichis en probiotiques, en 2002 en fibres (prébiotiques) qui aident le système digestif du bébé à se mettre en place (Clavel, 2006). La composition plus détaillée est présentée en annexe III.

Tableau I: Illustrant la composition des formules infantiles, du lait de femme et du lait de vache entier (Bocquet et *al.*, 2002).

	Préparation pour nourrisson	Lait de femme	Lait de vache entier
Energie (kcal/100mL)	60-75	67	65
Protéines (g/100mL)	1,2-1,8	1,1	3,7
Caséines	30%-80%	40 %	80 %
Protéines solubles	20%-70%	60 %	20 %
Lipides (g/100mL)	3,1-3,8	3,9	3,4
Acide linoléique(mg)	500	350	80
Glucides (g/100mL)	7	6,8	4,5
Lactose	75%	85 %	100 %
Fer (mg/100mL)	0,5-1,5	0,06	0,05
Ca (mg/100mL)	46-93	33	125

II.5. Propriétés physicochimiques du lait infantile en poudre

Les paramètres importants de qualité pour le lait en poudre sont : la qualité microbiologique, les propriétés organoleptiques ainsi que physico-chimiques (Deeb et *al.*, 2010). La qualité physicochimique des poudres dépend essentiellement des paramètres technologiques mis en œuvre pour sa réalisation. La qualité nutritionnelle dépend de l'intensité des traitements thermiques au cours du procédé technologique et tendent à diminuer la disponibilité des nutriments (destruction de vitamines, diminution de la teneur en lysine, dénaturation des protéines) ou à produire des composés d'intérêt nutritionnel tel que le lactulose (Jeantet et *al.*, 2008).

II.5.1. La taille

La taille des particules est une propriété physique importante et peut être liée à son apparence, à sa reconstitution et à ses caractéristiques d'écoulement. La différence de taille des particules peut conduire à une stratification de la poudre avec les solides les plus concentrés au sommet, ce qui affectera la reconstitution du produit sec. La mouillabilité et la dispersibilité de la poudre peuvent également être influencées. La fluidité dépend également de la taille et de la forme des particules. Les grosses particules ont tendance à s'écouler plus facilement que les plus petites (Kalyankar et *al.*, 2016).

II.5.2. Densité

La densité apparente est une propriété ayant une grande importance pour des raisons économiques et fonctionnelles. Une densité apparente élevée est souhaitable pour réduire les coûts d'expédition et d'emballage. Par ailleurs, la faible densité, dans les produits agglomérés, influence d'autres propriétés de la poudre (fluidité). La densité apparente finale résulte de la densité des particules (air bouché et densité des solides) et de l'air interstitiel (air entre les particules). La densité apparente peut être influencée par : La densité des solides, quantité d'air emprisonnée dans les particules et la quantité d'air interstitiel (Kalyankar et *al.*, 2016).

II.5.3. Fluidité

C'est la capacité d'une poudre à couler librement sans formation de grumeaux ou d'agrégats. Elle dépend de la taille et de la forme des particules, de leur densité ainsi que de leur charge électrique (Kalyankar et *al.*, 2016). La Fluidité est un attribut important dans le domaine du transport, d'emballage et de la manutention (Deeb et *al.*, 2010).

II.5.4. Mouillabilité

L'aptitude du lait à pénétrer facilement dans l'eau. La poudre doit être capable de surmonter la tension superficielle entre elle-même et l'eau. Le procédé de mesure de la mouillabilité consiste à placer une quantité pesée de poudre sur la surface d'un volume connu

d'eau, puis en mesurant le temps pris pour l'ensemble de la poudre à disparaître sous la surface de l'eau (Deeb et *al.*, 2010). Le degré de mouillabilité est surtout influencé par la teneur en matière grasse libre et de l'état du lactose (Kelly et Patrick, 2016).

II.5.5. Solubilité

C'est une condition d'une bonne qualité de la poudre, car si la poudre n'est pas complètement dissoute, elle peut causer des problèmes dans le traitement (colmatage des filtres, perte de matière due à la sédimentation), et également nécessaire pour l'élimination ultérieure de matériau non dissous. L'insolubilité peut être estimée de différentes manières, la poudre est dissoute dans de l'eau, dans des conditions normalisées (concentration, température, durée et intensité de l'agitation) et centrifugée, le surnageant est retiré et remplacé par de l'eau et est à nouveau centrifugé avant de lire le volume de résidu insoluble. Le résultat s'appelle l'indice d'insolubilité (Deeb et *al.*, 2010).

II.5.6. Viscosité

Le contrôle de la viscosité est important dans les produits secs. La viscosité du lait reconstitué à partir de la poudre est généralement mesurée par une méthode alignée avec l'application dans laquelle la poudre est destinée à l'emploi (Kajal et *al.*, 2012).

II.5.7. Stabilité à la chaleur

La stabilité thermique du lait reconstitué est affectée par les mêmes facteurs que le lait frais (pH, l'activité des ions calcium, concentrations de caséines et protéines de lactosérum). La capacité du lait reconstitué à résister à la stérilisation peut être évaluée par le test subjectif de stabilité à la chaleur de Davies et White, (1966) ou par la méthode de Kiesecker et Aitken, (1988). Comparé à d'autres systèmes biologiques, le lait est très stable. Le lait frais de bonne qualité résiste au chauffage à 140 °C pendant au moins 15 minutes mais la stabilité est variable (Kelly et Patrick, 2016).

II.5.8. Propriétés moussantes et émulsifiantes

La poudre offre de bonnes capacités émulsifiantes et moussantes. Les phospholipides de la membrane des globules gras du lait sont dispersés dans une phase aqueuse contenant des protéines de lait, du lactose, des sels et des minéraux (Olga, 2013).

II.6. Microbiologie

Les préparations pour nourrissons sont considérées comme le substitut du lait maternel le plus répandu au cours de la première période sensible de développement. Il fournit aux nourrissons tous les besoins nutritionnels jusqu'à ce qu'ils soient en mesure de compléter l'allaitement ou une alimentation complémentaire (Tahoun et N.Abdelfatah, 2015). Il n'y a aucun doute que les laits pour nourrissons sont généralement considérés comme produit de

bonne qualité microbiologique, sans risque d'altération, mais plusieurs facteurs peuvent contribuer à modifier ses propriétés qui réduisent sa durée de conservation et donc sa valeur commerciale (Rajput et *al.*, 2009).

Les préparations pour nourrissons peuvent être contaminées lors de la préparation, des procédures de reconstitution ou lors de leur transport et leur stockage. Les nouveau-nés sont considérés comme faisant partie du groupe d'individus à haut risque, car leur système immunitaire n'est pas encore complètement développé et peut donc être facilement infecté par des microbes. Par conséquent, il est raisonnable que les produits utilisés soient plus sûrs que les aliments pour adultes ayant développé plusieurs mécanismes de défense contre les infections (Tahoun et N.Abdelfatah, 2015). Bien que les micro-organismes présents ne puissent pas se développer en raison de sa faible teneur en humidité, leur présence est d'une grande importance et sert d'indice des normes d'hygiène maintenues pendant la production, traitement et manutention. Le lait infantile fournit un substrat hautement nutritif, qui laisse croître des bactéries ainsi que les levures et les moisissures (Rajput et *al.*, 2009). Les différents traitements technologiques, subits par le produit avant séchage, conditionnent la qualité microbiologique de la poudre. Au cours du séchage, une partie de la flore initialement présente dans le produit est détruite et une autre partie est inactivée par le stress thermique (Jeantet et *al.*, 2008).

II.6.1. Les bactéries d'altération

La microflore dépend du nombre et du type de bactéries présentes dans le lait cru, la température de préchauffage et les conditions de fonctionnement de l'évaporateur. Un grand nombre de microorganismes dans le lait cru peut se retrouver dans la poudre (Deeb et *al.*, 2010).

II.6.2. Les bactéries pathogènes

Elles ont un intérêt majeur, et comprennent des salmonelles, *Bacillus*, *Staphylococcus* et *Escherichia coli*. Alors que ces organismes ne se développent pas dans la poudre, ils restent nombreux pour de longues périodes et peuvent se développer lorsque la poudre est reconstituée et conservée à température favorable (Deeb et *al.*, 2010). Les principaux groupes:

a) Microcoques : Thermorésistants et difficile à éliminer complètement du matériel et des installations laitières.

b) Streptocoques thermo-résistants : *S.thermophilus*, *bovis*, *faecalis*, *liquefaciens*. Les conditions de l'installation favorisent leur prolifération et donnent naissance à de graves infections.

c) **Corynebactéries** : Dont la fréquence est très variable. Les souches thermorésistantes proviennent des approvisionnements laitiers.

d) **Les spores bactériennes** (*B. subtilis* et *B.licheniformis*) : Se trouvent dans presque toutes les poudres, à moins qu'elle a subi un traitement à très haute température.

e) **Des contaminants divers** : Eventuellement non thermorésistants, qui peuvent provenir d'une contamination atmosphérique ou d'un contact direct (Kherbouche, 2014).

II.7. Propriétés organoleptiques

Le goût du lait en poudre de bonne qualité, devrait être similaire à celui du lait frais une fois reconstitué. La saveur est propre, douce et agréable et peut donner une perception légèrement cuite ou chauffée. La couleur du lait écrémé en poudre doit être uniforme et montrer l'absence totale de taches étrangères, de particules brûlées et de brunissement. Le produit doit avoir une couleur blanc crème ou jaune clair (varie avec la couleur de la graisse) (Kalyankar et *al.*, 2016). Le lait en poudre dégageait une odeur agréable et doit être franche (Kelly et Patrick, 2016).

II.8. Caractères d'un bon lait en poudre

Quand il s'agit d'un bébé, la santé passe avant tout. Pour cela, il vous faut lui donner le meilleur lait 1^{er} âge. Mais ce n'est pas toujours évident de faire le meilleur choix avec la grande variété de produits disponibles. Un mauvais choix peut causer des risques pour la santé du nourrisson (Tahoun et N.Abdelfatah, 2015).

Le lait sec, ayant les éléments quasi semblables à celui d'un lait maternel, doit être de qualité physico-chimique et microbiologique irréprochables, pour jouer pleinement son rôle dans l'alimentation (Taleb, 2016). Tous les ingrédients doivent être propres, de qualité et sans danger et doivent pouvoir être ingérés par des nourrissons. Chaque ingrédient doit être conforme aux normes de qualité. Le produit et ses constituants ne doivent pas avoir été traités par rayonnement ionisant. La poudre doit être conforme aux limites maximales de la norme pour les contaminants, les toxines et les résidus divers (*Codex Alimentarius*, 1981).

Les critères d'un bon lait en poudre sont les suivantes :

- ❖ Une poudre très fine, sans modifications appréciables de la nature physico-chimique.
- ❖ La poudre doit se dissoudre rapidement dans l'eau, sans laisser de résidu insoluble, le liquide obtenu doit faire crème, coaguler sous l'influence de la présure tout comme le lait frais et ne pas avoir de saveurs anormales (goût de cuit, de brûlé, de rance) (Panchaud, 1924 ; Bourgeois et Leveau, 1991).
- ❖ La poudre se conserve pendant 6 mois sans altération appréciable (goût, aspect, acidité).

- ❖ Les vitamines restent intactes.
- ❖ Toutes les particules contiennent exactement les mêmes proportions de composants.
- ❖ Doit être exempte de bactéries pathogènes et de substances toxiques nuisibles. Ces qualités dépendent de la qualité du lait cru, du traitement thermique, de la méthode de concentration, de séchage et des conditions de stockage (Shiamee et Naji Ajmi, 2016).

II.9. Fabrication

La technologie du lait en poudre est simple, sa production et surtout sa commercialisation doivent respecter des normes précises pour éviter toute détérioration et tout risque pour le consommateur (Chouiti, 2013). Le but de la fabrication n'est pas seulement l'obtention d'un produit de volume restreint de longue conservation et de transport commode, mais surtout d'un produit qui par restitution de l'eau évaporée donne un liquide ayant tous les caractères organoleptiques, physico-chimiques, biologiques et nutritifs du lait originel (Panchaud, 1924).

Le lait "1^{er} âge" est fabriqué à partir de lait de vache. Son procédé de fabrication est proche des laits en poudre habituels du commerce. La différence est due à l'ajout d'ingrédients nécessaires à la préparation de formules infantiles. La réglementation en matière d'hygiène n'est pas plus stricte mais tout est aussi réglementé. Des tests microbiologiques sont effectués tout au long de la chaîne et le cahier des charges fixé par les entreprises est très strict (Schuck, 2002 ; Scher, 2003).

Après la traite, le lait est stocké et transporté à une température stable de 3 à 4 °C et ce, afin d'éviter toute évolution microbologique et développement enzymatique.

La qualité du lait est analysée plusieurs fois au cours de son acheminement. Le produit est ensuite standardisé (écrémage du lait et dosage de la crème), permet d'ajuster le niveau de matière grasse. L'étape suivante est la pasteurisation, le lait est chauffé à 71-72 °C pendant 15 à 40 secondes. Ce traitement thermique permet d'éliminer les microorganismes pathogènes (*Codex Alimentarius*, 2004) et d'inactiver le développement enzymatique tout en maintenant le profil nutritionnel du lait. Puis y'aura l'ajout d'ingrédients nécessaires : Les huiles végétales et protéines de lactosérum (Cerf et *al.*, 2008). (Le diagramme de fabrication est en annexe IV).

Concentration par évaporation : L'ébullition se fait sur une surface chaude. Pour des raisons de qualité (limiter la température du lait et réduire son temps de séjour), d'où le traitement sous vide et en film mince (Soustre et *al.*, 2017).

Séchage : Deux principaux procédés :

***Le procédé Hatmaker** : Le lait ruisselle à la surface de deux cylindres tournant en sens inverse chauffés intérieurement vers 140 °C à l'aide de vapeur, il se forme un film de lait qui

sèche très rapidement formant une croûte détachée par un racleur. Le chauffage brutal entraîne des modifications de la structure physico-chimique du produit. Les conséquences sont : faible solubilité, goût de cuit et brunissement de la poudre. Celle-ci a néanmoins des usages industriels et dans l'alimentation du bétail.

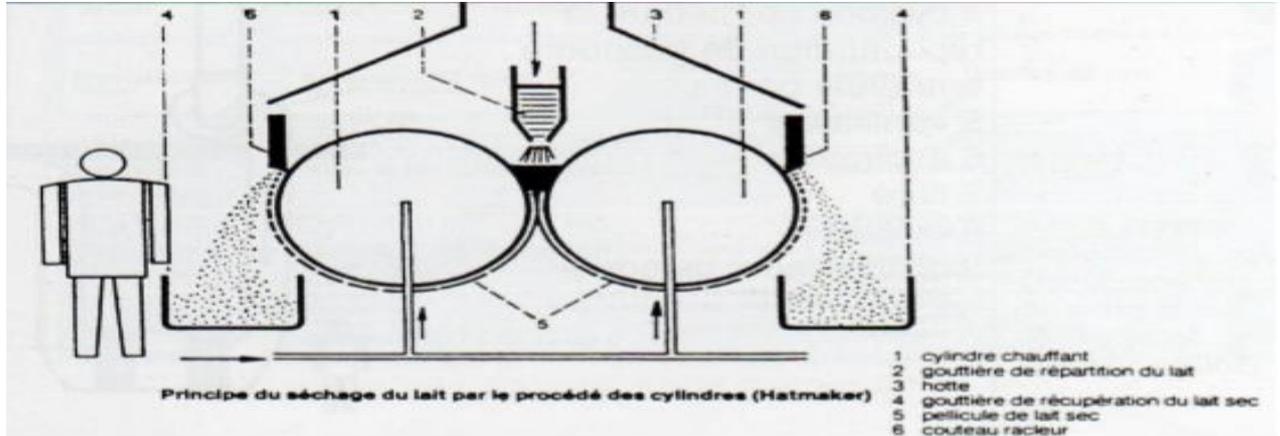


Figure1 : Principe de séchage par le procédé des cylindres (Veisseyre, 1979).

***Le procédé par pulvérisation (procédé spray ou par atomisation)** : Procédé le plus employé, le lait concentré est finement pulvérisé à l'aide d'une turbine dans un courant d'air chaud (150 °C) à l'intérieur d'une tour de séchage par entraînement, l'air chaud servant de vecteur de chaleur et d'humidité. L'évaporation de l'eau se fait par diffusion instantanée, ce qui provoque le refroidissement (90 °C) de la poudre et de l'air (Proudy, 2009 ; Soustre et *al.*, 2017). Afin d'améliorer l'aptitude des laits obtenus à la reconstitution en eau chaude ou froide, la poudre subit un traitement dit d'instantanéisation (consiste à provoquer la formation d'agglomérats poreux en jouant sur la thermoplasticité des grains de poudre). Ce traitement se fait par humidification de la poudre, elle est ensuite séchée, puis les particules sont standardisées selon leur densité. La poudre ainsi obtenue présente des particules dont le diamètre moyen est augmenté, une densité réduite d'environ moitié et une perte d'hygroscopicité.

Enfin, les poudres sont conditionnées dans des boîtes métalliques ou dans des sachets, sous gaz inerte afin d'assurer une durée de vie plus longue à température ambiante (Mahaut et *al.*, 2003).

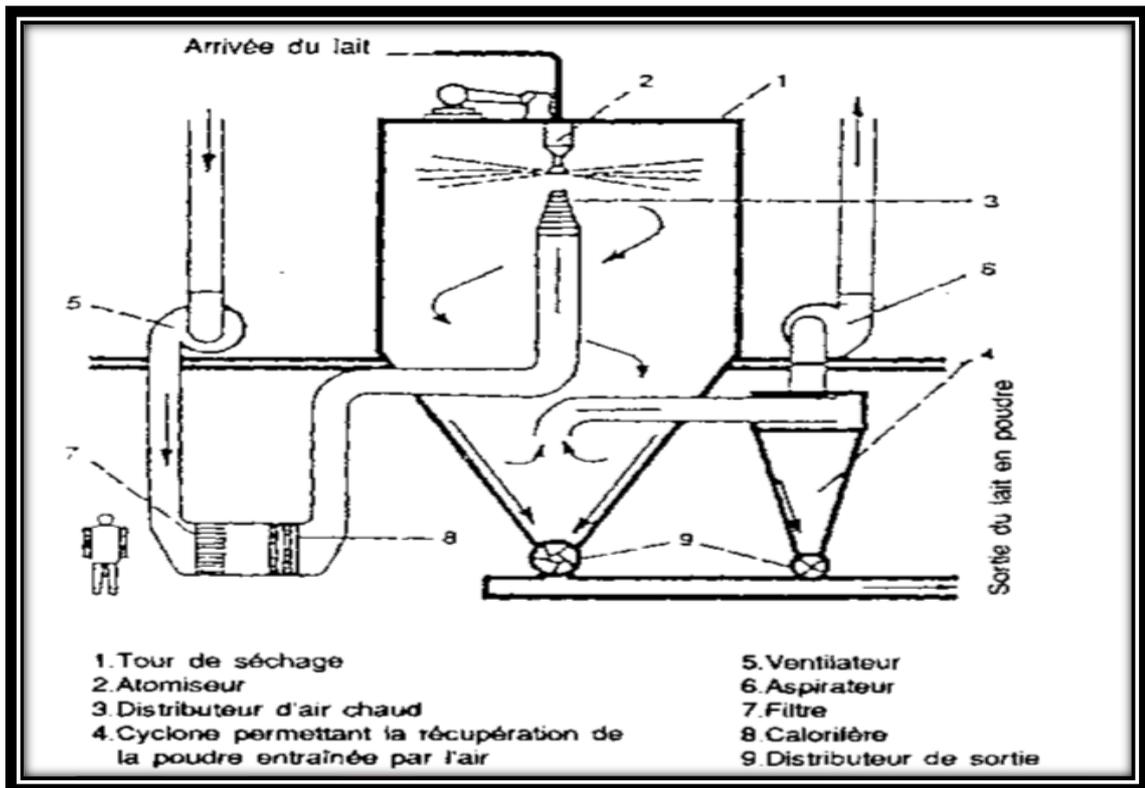


Figure2 : Procédé de séchage par pulvérisation du lait sec (Spray) (Kon, 1995).

Chapitre I**I. Matériel****I.1. Lieu et objectif de l'étude**

L'intégralité de cette étude a été réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie ainsi qu'au laboratoire de chimie, de la faculté SNV STU relevant de l'université de Bordj Bou Arreridj, durant la période Décembre-Mai de l'année 2018/2019. Cette étude a nécessité le recours au matériel et aux méthodes analytiques indiquées ci-après.

Le lait en poudre est un produit très riche en éléments nutritifs qui peuvent favoriser la croissance de divers micro-organismes surtout dans le cas où l'hygiène et les conditions de fabrication, ainsi que celles du conditionnement ne sont pas respectées, c'est pour cette raison qu'on réalise des analyses de contrôle de la qualité de la poudre du lait avant la reconstitution.

L'objectif fixé au préalable pour l'étude, est l'exploration de la stabilité du produit durant la période de commercialisation. Ceci par la réalisation des analyses physicochimiques (huit tests), témoin de la bonne qualité et de la valeur nutritive du produit. Puis recherche et dénombrement sur milieux sélectifs de six groupes bactériens et deux espèces bactériennes, et cela sur sept échantillons de différentes marques de lait infantile. Les résultats des différentes analyses sont par la suite confrontés aux normes algériennes.

I.2. Matériel lourd et léger

Le matériel, l'appareillage, les réactifs et produits chimiques utilisés dans la présente étude sont cités dans l'annexe I.

Les milieux de culture ainsi que leurs compositions sont décrits dans l'annexe II.

I.3. Origine des échantillons

L'ensemble des échantillons ont été collectés durant la période allant de Décembre 2018 au Mai 2019. Ces derniers, achetés de différentes officines situées au centre de la wilaya de Bordj Bou Arreridj de l'Est algérien.

Notre étude expérimentale a porté sur 07 échantillons de poudre de lait infantile 1^{er} âge (tableau II).

Tableau II : Tableau illustrant les échantillons et leurs caractéristiques.

Echantillon		Etiquetage	
E1 : Nursie		Poids	400g
		Prix	530,00 DA
		Date de fabrication	14/04/2018
		Date de péremption	15/10/2019
		Date d'ouverture	19/02/2019
		Date de prélèvement	19/02/2019
		Type d'emballage	étanche
		Défaut visuelle	Abs
		Fabricant	Blédina
E2 : Novalac		Poids	400g
		Prix	520,00 DA
		Date de fabrication	18/08/2018
		Date de péremption	18/08/2021
		Date d'ouverture	24/02/2019
		Date de prélèvement	24/02/2019
		Type d'emballage	étanche
		Défaut visuelle	Abs
		Fabricant	MagPharm laboratoires
E3 : France Lait		Poids	400g
		Prix	550,00 DA
		Date de fabrication	20/09/2018
		Date de péremption	05/09/2020
		Date d'ouverture	26/02/2019
		Date de prélèvement	26/02/2019
		Type d'emballage	étanche
		Défaut visuelle	Abs
		Fabricant	Régilait
E4 : BIOMIL		Poids	400g
		Prix	530,00 DA
		Date de fabrication	21/08/2018
		Date de péremption	21/08/2021
		Date d'ouverture	03/03/2019
		Date de prélèvement	03/03/2019
		Type d'emballage	étanche
		Défaut visuelle	Abs
		Fabricant	Fasska

E5 : Celia expert		Poids 400g Prix 545,00 DA Date de fabrication 19/11/2018 Date de péremption 18/11/2020 Date d'ouverture 22/05/2019 Date de prélèvement 22/05/2019 Type d'emballage étanche Défaut visuelle Abs Fabricant Lactalis
E6 : BIOMIL plus		Poids 400g Prix 580,00 DA Date de fabrication 04/11/2018 Date de péremption 04/11/2021 Date d'ouverture 11/05/2019 Date de prélèvement 11/05/2019 Type d'emballage étanche Défaut visuelle Abs Fabricant Fasska
E7 : Aptamil		Poids 400g Prix 640,00 DA Date de fabrication 14/12/2018 Date de péremption 15/06/2020 Date d'ouverture 19/05/2019 Date de prélèvement 19/05/2019 Type d'emballage étanche Défaut visuelle Abs Fabricant Aptacclub

Abs : Absent

II. Méthodes

Les analyses microbiologiques (préparation des solutions mères, réalisation des dilutions, modes d'ensemencement, temps et température d'incubation) ont été effectuées selon le protocole préconisé par les experts de l'Institut Pasteur d'Algérie (Lebres et Mouffok, 1999). Ainsi que sur les dispositions microbiologiques indiquées dans le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA N°38, 2014). Avec, parfois, de légères modifications dans les protocoles en fonction de la disposition de produits ainsi que diverses conditions de travail. Aussi des paramètres physicochimiques ont été effectués pour les 07 échantillons.

II.1. Différentes étapes d'expérimentation

La méthodologie de travail adoptée dans cette étude est récapitulée dans la figure 3 :

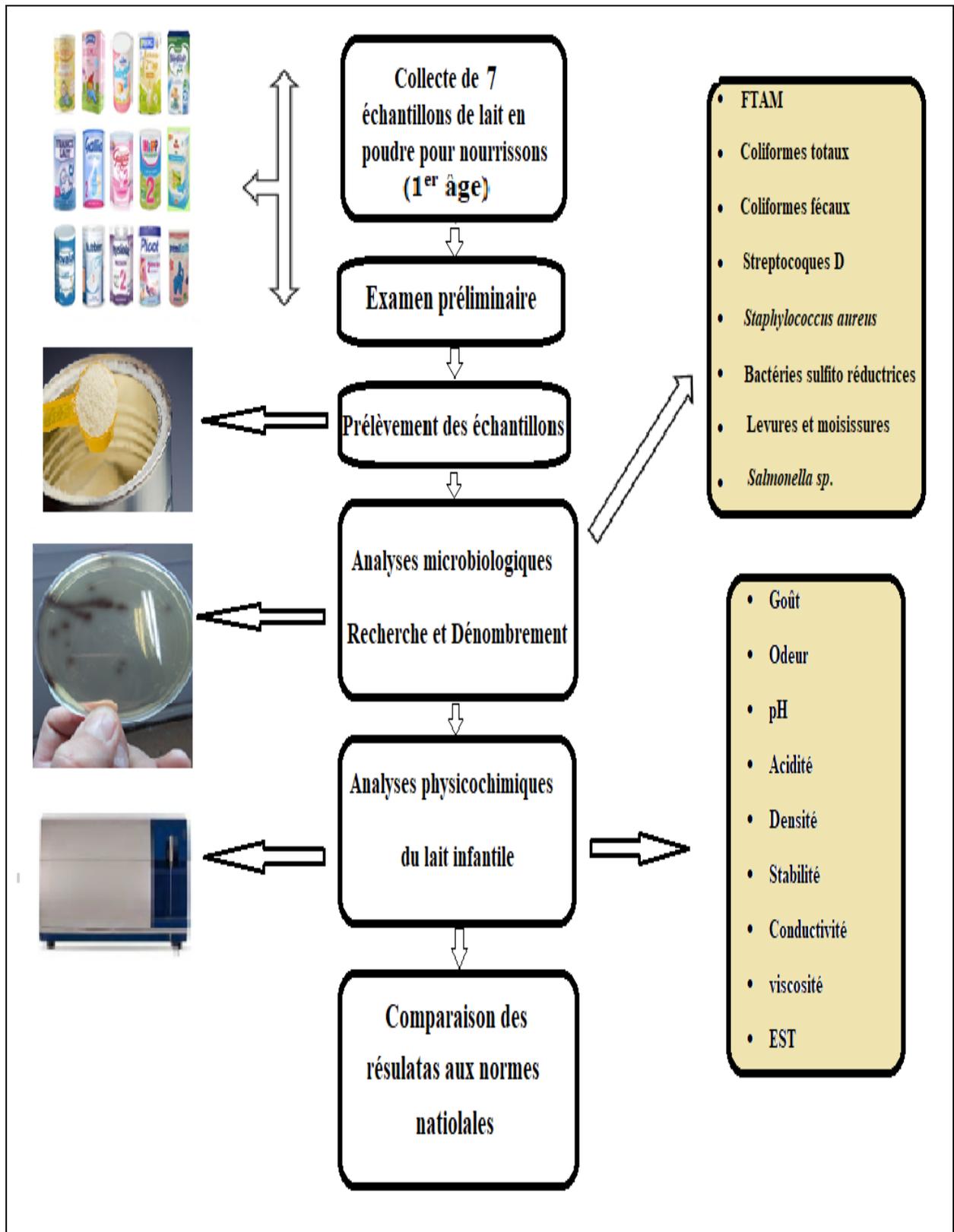


Figure 3 : Diagramme illustrant les différentes étapes expérimentales.

II.2. Analyses microbiologiques**II.2.1. Préparation des milieux de culture**

En fonction des besoins et de germes à rechercher, les milieux de culture sont préparés suivant le mode opératoire indiqué sur l'étiquette de la boîte de chaque milieu de culture. Pour préparer un milieu, on pèse la quantité voulue qu'on mélange avec de l'eau distillée dans les proportions indiquées sur le protocole de préparation de chaque milieu de culture. Ce mélange est chauffé «mais il y a des milieux qui ne doivent pas être chauffés» et bien homogénéisé dans un erlenmeyer, le tout fait par un agitateur magnétique. La stérilisation du produit se fait à l'autoclave (120°C pendant 15min) et le milieu ainsi préparé est conservé dans un réfrigérateur à 4°C.

II.2.2.Stratégie d'échantillonnage

Pour éviter toute contamination éventuelle des échantillons lors des prélèvements, il faut désinfecter les mains ainsi que tout le matériel utilisé.

Introduire aseptiquement le contenu de la boîte de la poudre du lait dans un sachet stérile, dans la zone du bec bunsen, bien fermer son ouverture et mélanger le contenu, puis prendre à l'aide d'une spatule préalablement autoclavée un prélèvement représentatif de l'ensemble de l'échantillon en prélevant à des endroits différents et peser 25g de la poudre.

II.2.3. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

Introduire et diluer aseptiquement 25 g de l'échantillon « Poudre de lait », qui constitue l'unité d'analyse dans un flacon stérile, contenant au préalable 225 ml du diluant EPT (Eau Peptonée Tamponnée), qui va permettre de revitaliser les microorganismes présents. On scelle ensuite ce flacon pour qu'il puisse être utilisé dans l'agitateur "schicker". Cet appareil, par une action mécanique, va assurer le broyage et l'homogénéisation, afin d'obtenir une solution mère. Dans les calculs et l'interprétation, il faut prendre en considération le facteur de dilution de la solution mère.

Par la suite un millilitre de la solution mère a été prélevé aseptiquement à l'aide d'une micropipette avec des embouts stérile et introduit dans un tube à essai contenant 09 ml d'eau peptonée stérile. On obtient ainsi la dilution 10^{-1} et on répète la même procédure jusqu'à la cinquième dilution (figure 4).

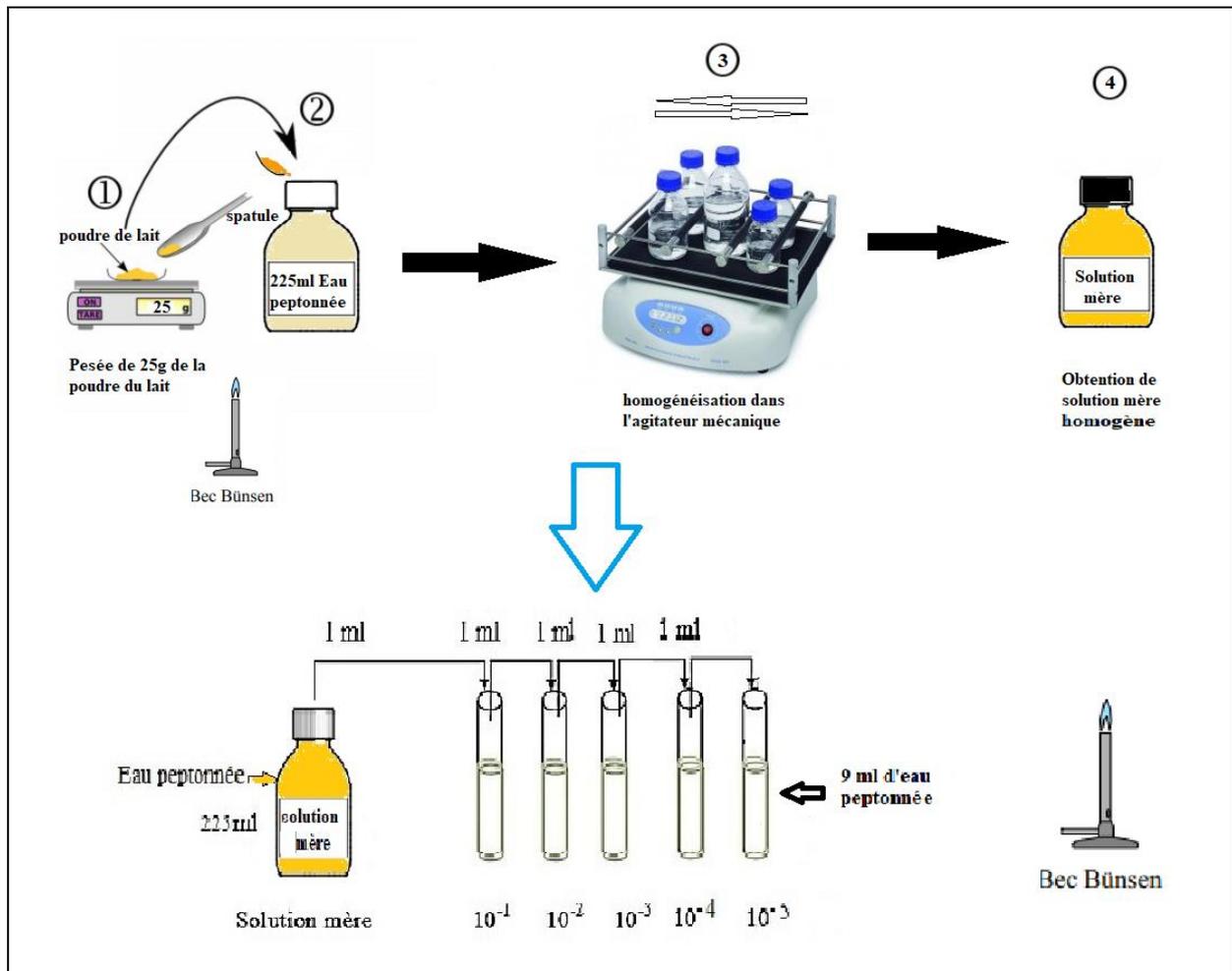


Figure 4 : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales.

L'analyse microbiologique a consisté à la recherche et /ou le dénombrement de trois catégories de microorganismes :

-Les groupes microbiens témoins des contaminations anciennes et récentes

- ❖ Les aérobies mésophiles totale
- ❖ Les coliformes totaux
- ❖ Les coliformes fécaux
- ❖ Les streptocoques
- ❖ Les spores (*Clostridium*)

-Les microorganismes à l'origine d'altération des qualités marchandes du produit

- ❖ Levures et moisissures.

-Les espèces bactériennes responsables des intoxications

- ❖ Les salmonelles.
- ❖ Les *Staphylococcus aureus*.

II.2.4. Recherche et dénombrement des différents microorganismes**II.2.4.1. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobique mésophile**

Elle renferme les microorganismes pathogènes et saprophytes (Guiraud, 2003).

On prépare une série de dilutions jusqu'à 10^{-5} pour la poudre à partir de la solution mère.

A partir des dilutions décimales (et même la solution mère) et dans des tubes à essai contenant 9ml de l'eau peptonée, porter aseptiquement 1ml de chaque dilution dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage et numérotée, puis on complète avec environ 15ml du milieu gélosé PCA en surfusion.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de «8» pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée. Laisser solidifier sur paillasse.

Bien fermer les boîtes avec du ruban parafilm puis encore avec du papier cellophane pour éviter les contaminations diverses.

Incubation

Incuber couvercle en bas à 37°C pendant 72 h avec :

- Première lecture à 24 heures.
- Deuxième lecture à 48 heures.
- Troisième lecture à 72 heures (figure 5).

Lecture

Les colonies apparaissent en masse blanches, de tailles et de formes différentes (généralement lenticulaires) (Lebres et Hamza, 2002).

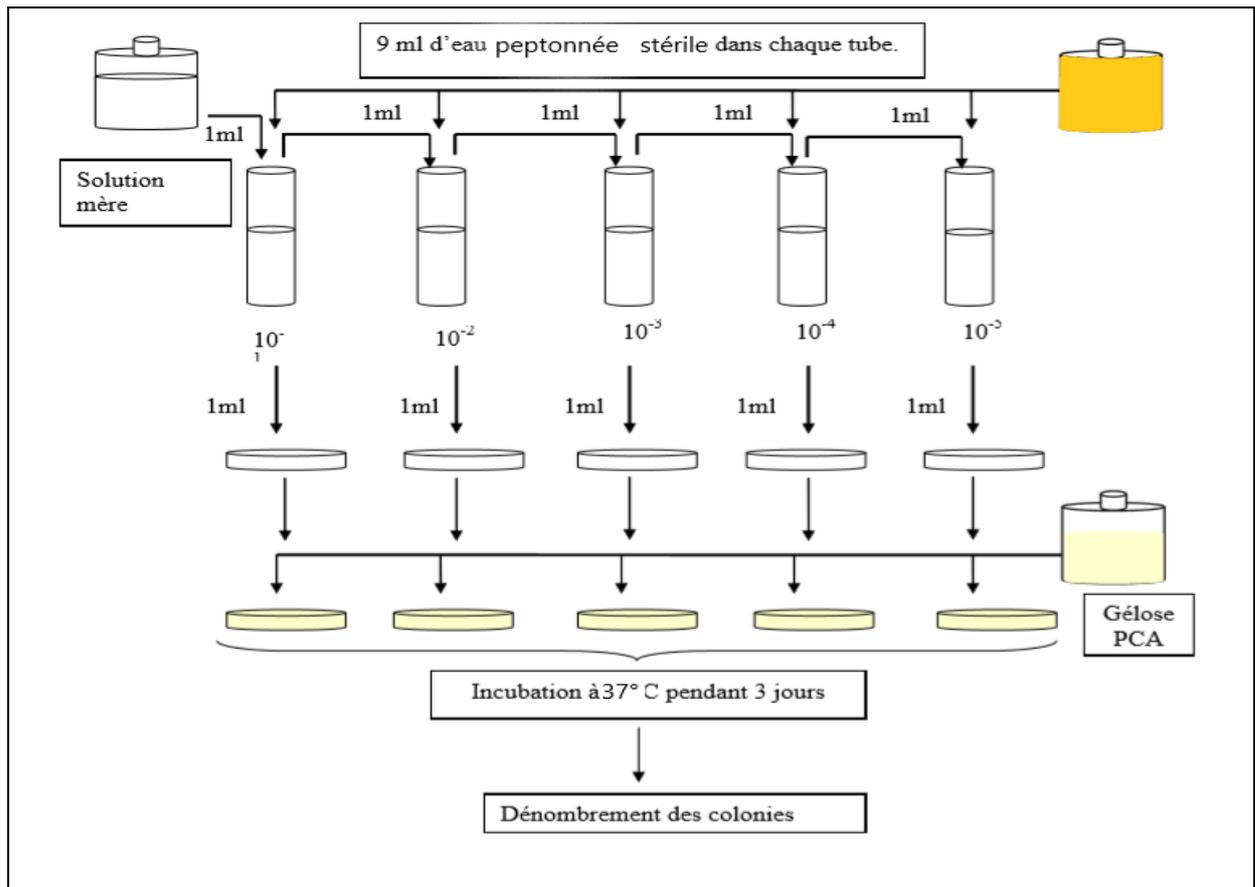


Figure 5 : Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile sur PCA.

II.2.4.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont dénombrés :

- Soit en milieu solide par la technique en boîtes sur gélose VRBG (gélose glucosée biliée au vert brillant et au rouge de phénol)
- Soit en milieu liquide par la technique du NPP (Nombre le Plus Probable) à l'aide du milieu BCPL dans des tubes munis d'une cloche de Durham.

*En milieu solide

A partir des dilutions décimales 10^{-1} à 10^{-5} voire 1, porter aseptiquement 1ml de chaque dilution dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage et numérotée comme l'indique la (figure 6).

Cette opération doit être effectuée en double pour chaque dilution car :

- La première série de boîtes sera incubée à 37°C et sera réservée à la recherche des coliformes totaux.
- La deuxième série de boîtes sera incubée à 44°C et sera réservée à la recherche des coliformes fécaux.

Compléter ensuite avec environ 15ml de gélose VRBG fondue puis refroidie à $45\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de «8» pour bien mélanger la gélose à l'inoculum. Laisser solidifier les boîtes sur paille.

Incubation

Les boîtes seront donc incubées couvercle en bas pendant 24, 48 et 72 heures à :
 -37°C pour la première série (recherche des coliformes totaux).
 -44°C pour la deuxième série (recherche des coliformes fécaux).

Lecture

Les coliformes apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge foncé de 0,5 mm de diamètre, fluorescentes si on les observe sous une petite lampe à UV dans une chambre noire.

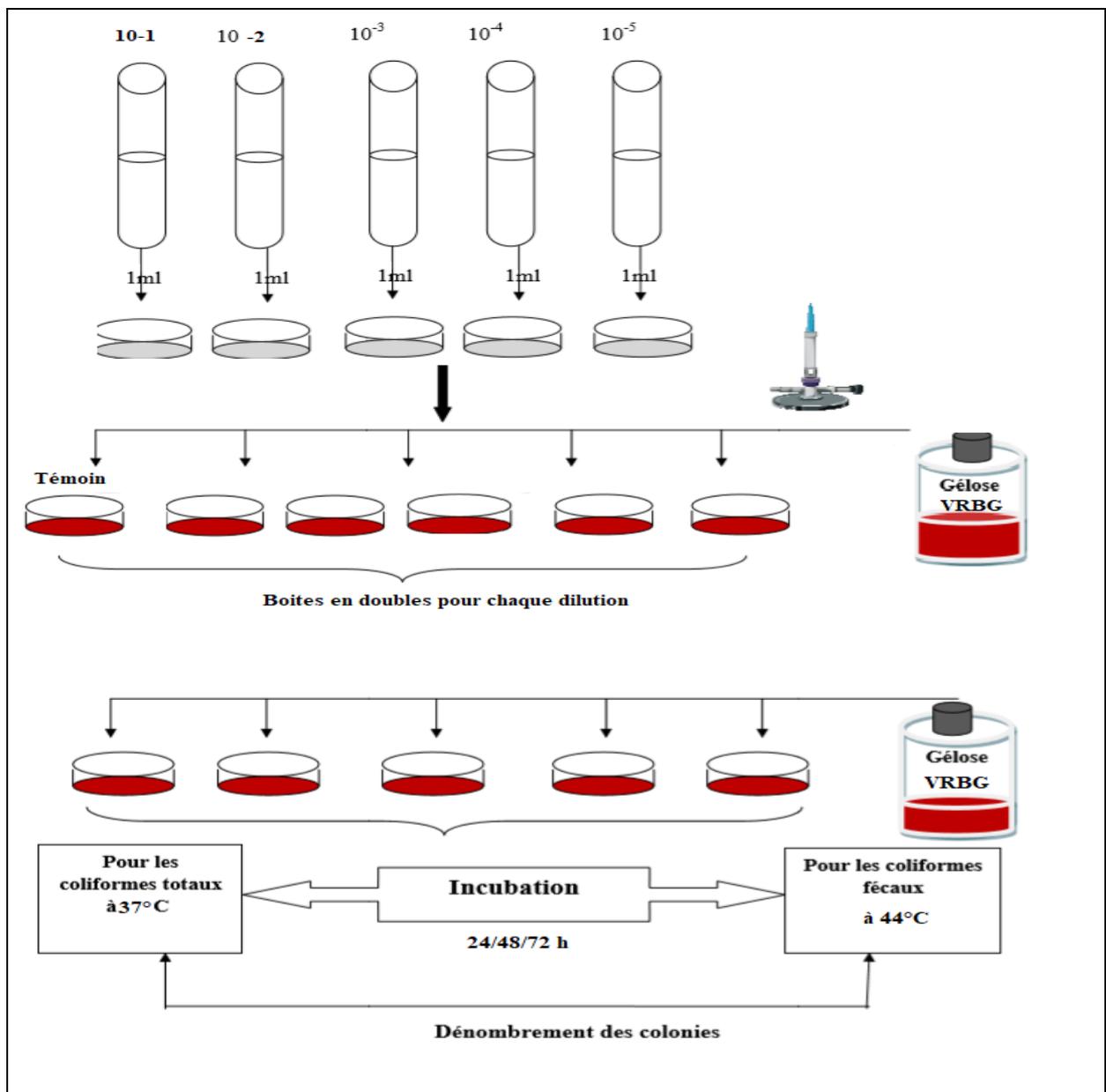


Figure 6 : Dénombrement des coliformes sur gélose VRBG.

II.2.4.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Dans le lait et les produits laitiers, les streptocoques du groupe D (classification de Lancefield) sont recherchés et dénombrés en milieu liquide par la technique NPP (Nombre le Plus Probable). La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutivement à savoir :

*Test de présomption : Se fait sur milieu de Rothe S/C.

*Test de confirmation : Se fait sur milieu Eva Litsky.

a-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 10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3} , porter aseptiquement 1ml dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donnée comme l'indique la (figure 7). Bien mélanger l'inoculum dans le milieu.

Incubation

Elle se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien.

Remarque

Aucun dénombrement ne se fait à ce stade, les tubes positifs feront l'objet d'un repiquage.

b. Test de confirmation

Chaque tube de Rothe trouvé positif lors du test de présomption fera l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva Litsky. Bien mélanger l'inoculum dans le milieu.

Incubation

Elle se fait à 37°C, pendant 24 h.

Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois un trouble et une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube. La lecture finale du nombre de streptocoques fécaux s'effectue par le NPP selon la table de Mac Grady, en tenant compte des tubes Eva Litsky positifs.

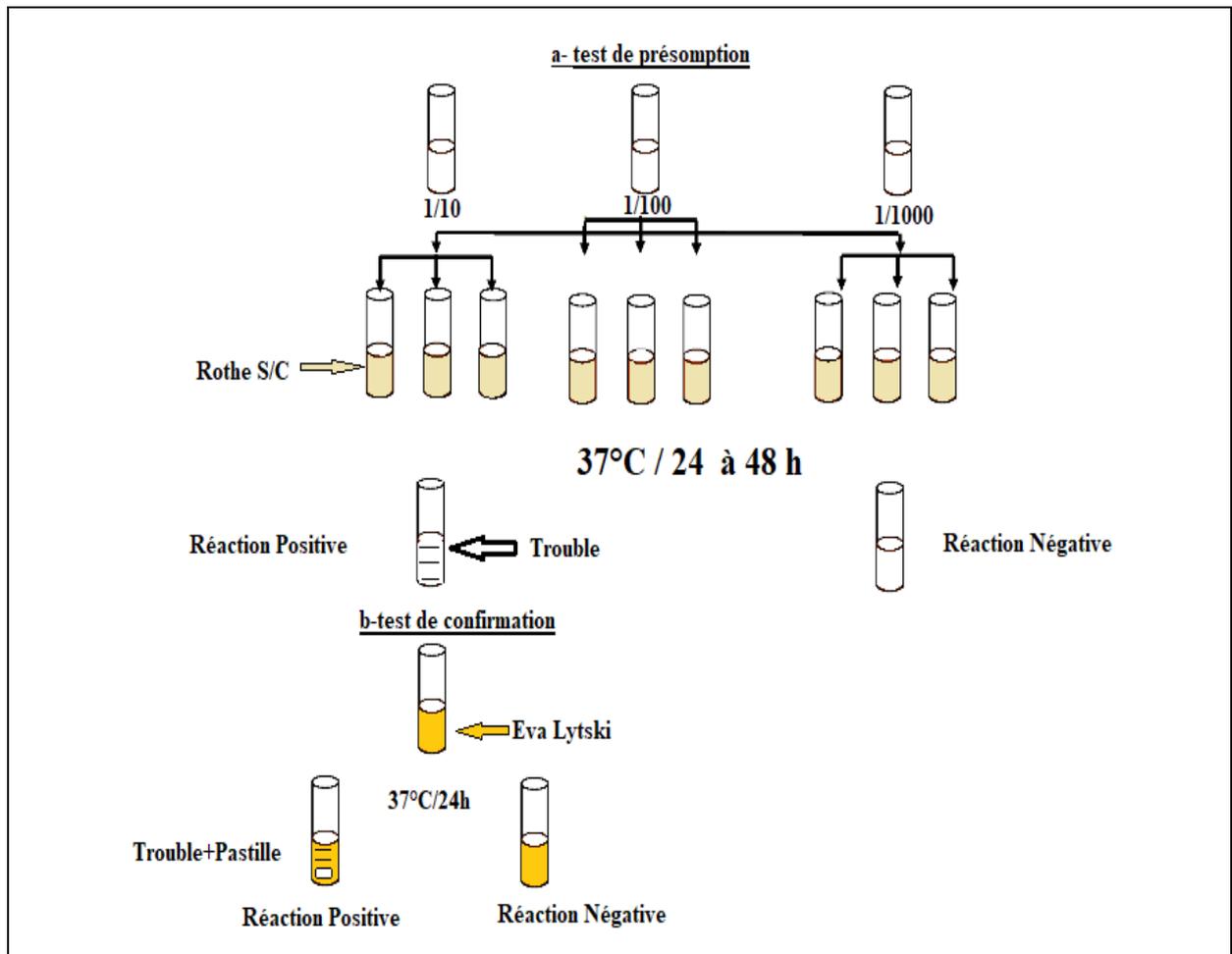


Figure 7 : Recherche des streptocoques fécaux.

II.2.4.4. Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*

A partir des dilutions décimales retenues (10^{-1} à 10^{-3}), porter aseptiquement 1ml par dilution dans un tube à vis stérile.

Ajouter par la suite environ 15ml du milieu d'enrichissement Giolliti Cantoni comme l'indique la (figure 8). Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation

L'incubation se fait à 30°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture

Seront présumés positifs, les tubes présentant un trouble.

Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement des *Staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'une confirmation par isolement sur gélose Chapman, préalablement fondue, coulée en boîtes de Pétri et bien séchées. Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leur tour à 30°C pendant 24 à 48 heures.

La présence de colonies lisses, brillantes, pigmentées en jaune indique la possibilité de présence des *Staphylococcus aureus*.

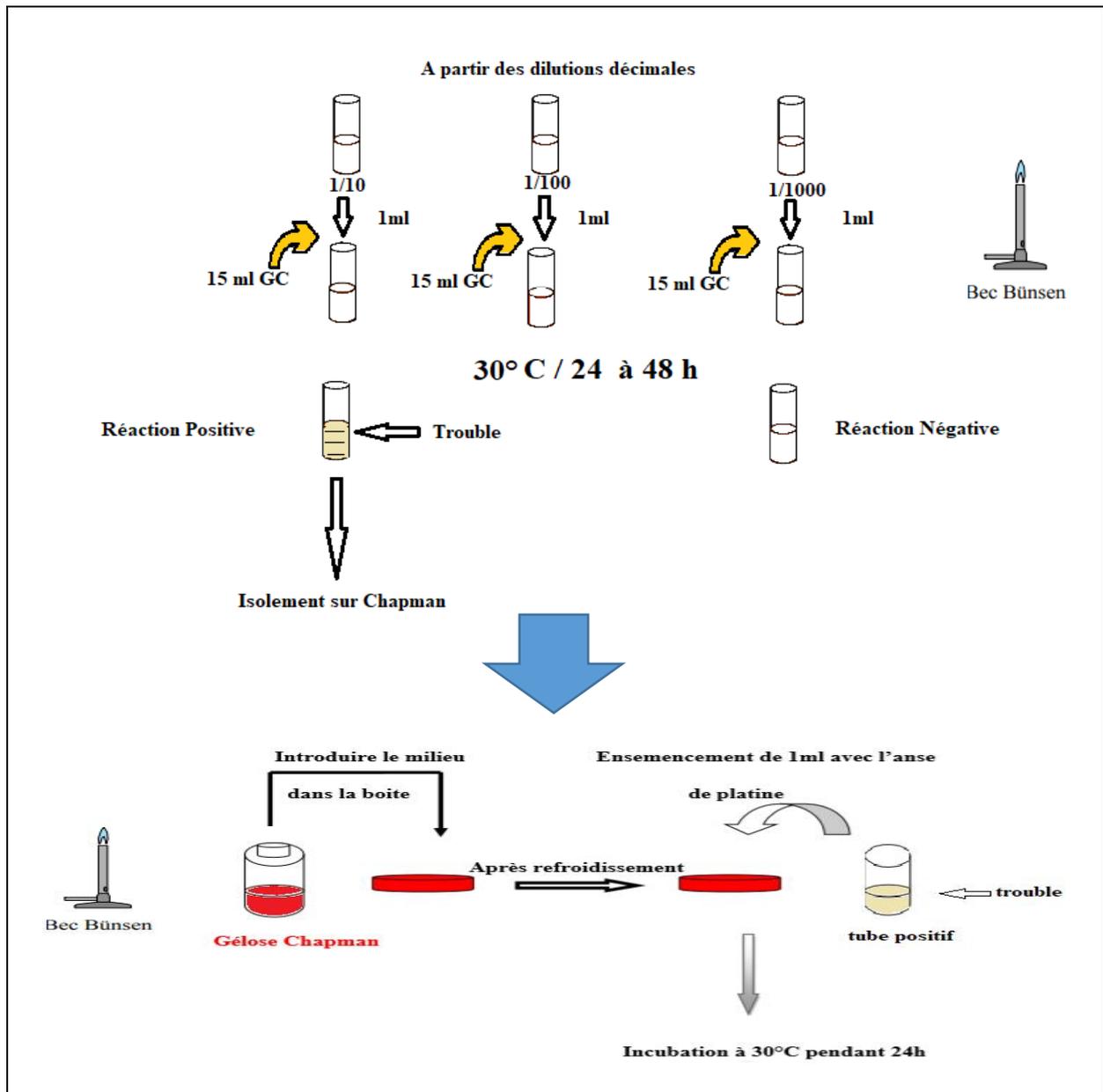


Figure 8 : Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*.

II.2.4.5. Recherche et dénombrement des bactéries sulfito-réductrices

Leur recherche est basée sur l'utilisation de milieu contenant du sulfite de sodium qu'elles réduisent en sulfures.

Préparation du milieu

Au moment de l'emploi, faire fondre un flacon de la gélose Viande Foie, la refroidir dans un bain d'eau à 45°C puis ajouter une ampoule d'Alun de Fer et une ampoule de sulfite de sodium. Mélanger soigneusement et aseptiquement. Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

Ensemencement

Les tubes contenant la solution mère et la dilution 1/10 seront soumis :

-D'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à10 minutes au bain marie.

-Puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet (choc thermique), pour éliminer les formes végétatives.

A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stériles, puis ajouter environ 15ml de gélose Viande Foie prête à l'emploi, dans chaque tube comme l'indique le schéma n°9 . Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.

Incubation

Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures.

Lecture

La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures, car d'une part les colonies de *Clostridium* sont envahissantes et on se trouverait en face d'un tube complètement noir auquel cas l'interprétation devient impossible et l'analyse est à refaire. D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm. 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 voire 48 heures.

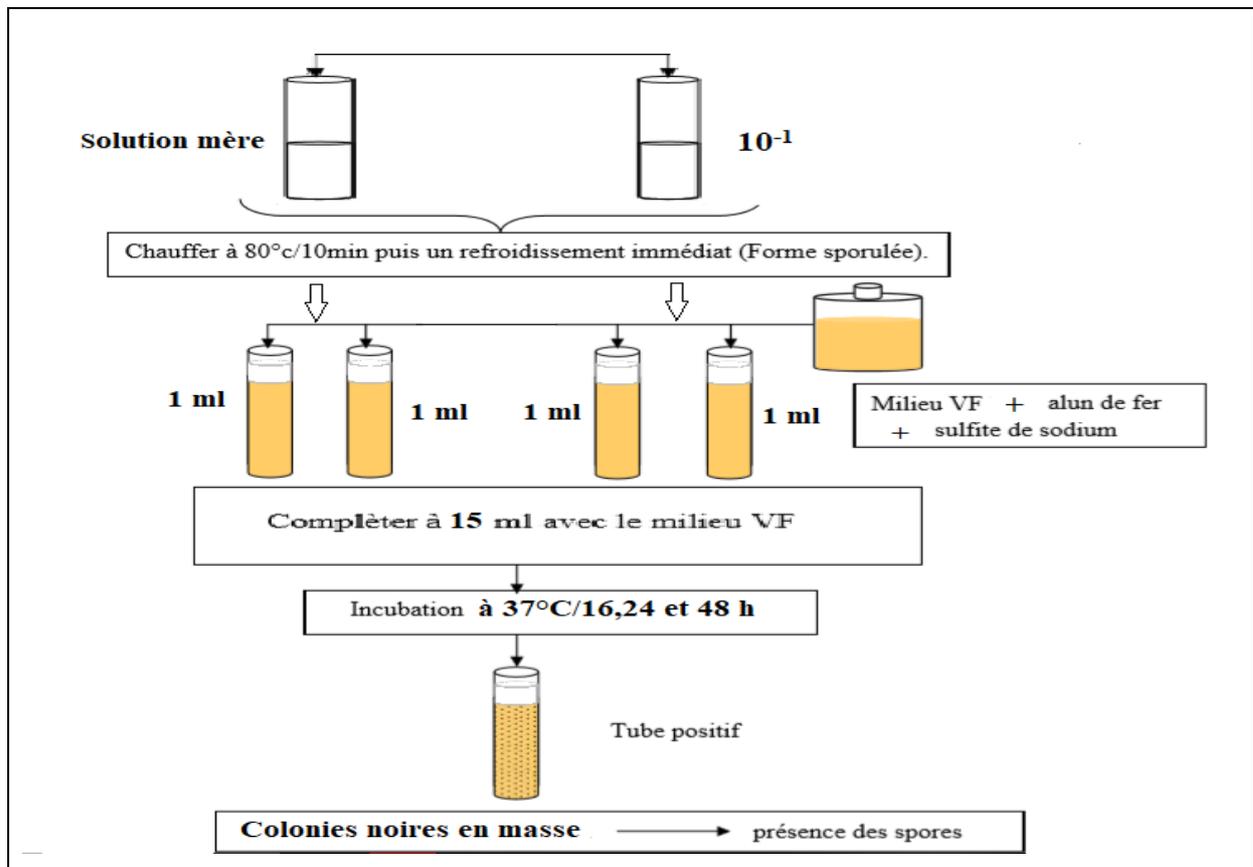


Figure 9 : Recherche des spores de bactéries sulfito-réductrices.

II.2.4.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

A partir des dilutions décimales retenues (1/1000 à 1/10) porter aseptiquement 4 gouttes par dilutions sur la boîte de Sabouraud correspondante puis les étaler à l'aide d'un râteau stérile en commençant par la plus haute dilution, comme l'indique la figure 10.

Faire de la même façon une boîte «Témoin Diluant» à l'aide de 4 gouttes du diluant utilisé et une boîte «Témoin Milieu» incubée telle quelle.

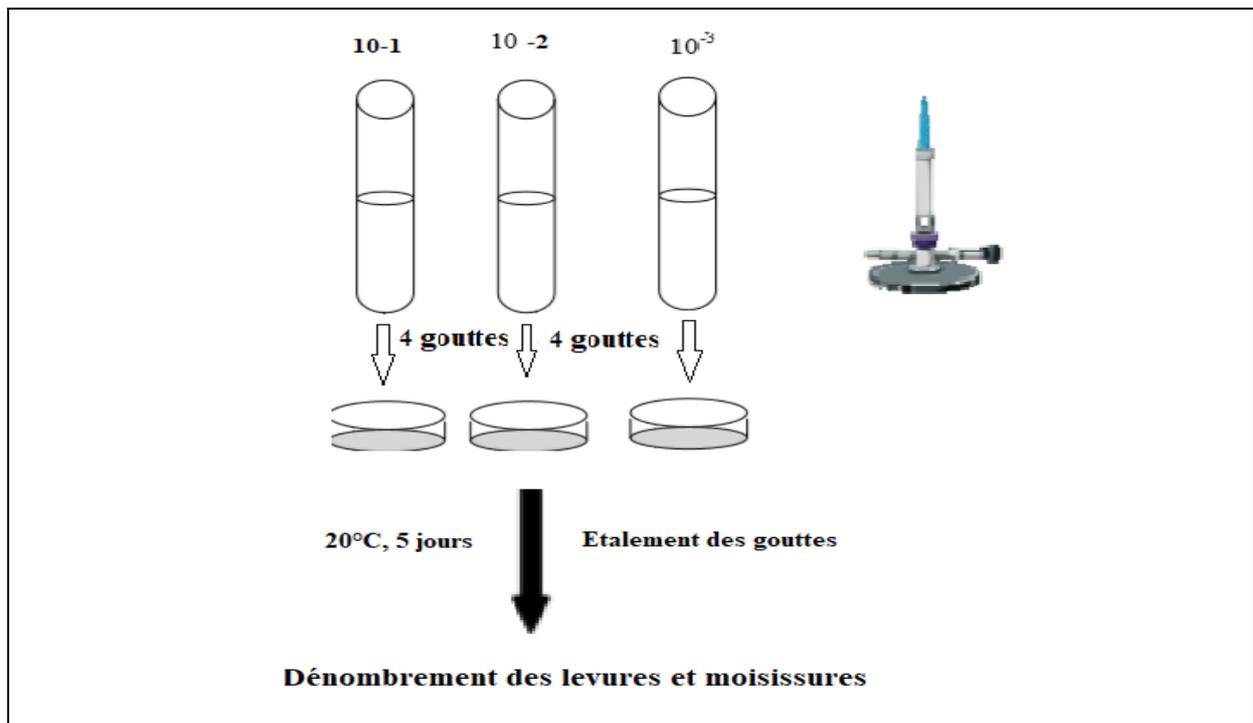


Figure 10 : Dénombrement des levures et moisissures.

II.2.4.7. Recherche et dénombrement des *Salmonella* sp.

La recherche des *Salmonella* sp. nécessite une prise d'essai à part (figure 11).

Préenrichissement en milieu non sélectif liquide

Prélever 25g de la poudre du lait dans un flacon stérile contenant 225ml d'eau peptonée sels. Broyer cette suspension dans un agitateur.

Prélever aseptiquement un millilitre de la solution mère à l'aide d'une micropipette avec des embouts stérile et l'introduire dans un tube à essai contenant 09 ml d'eau peptonée sels. On obtient ainsi la dilution 10^{-1} . Incubation des deux solutions à $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ pendant $18\text{ h} \pm 2\text{ h}$.

Enrichissement en milieux sélectifs liquides

Ensemencement du bouillon SFB (10ml) avec les cultures obtenues (1ml). Incubation du bouillon à 37 °C pendant 24 heures.

Isolement

A partir des cultures obtenues, ensemencement (0,1ml) du milieu sélectif solide Hektoen. Incubation du milieu gélose Hektoen à 42 °C pendant 24 heures. (JORA N°44, 2017).

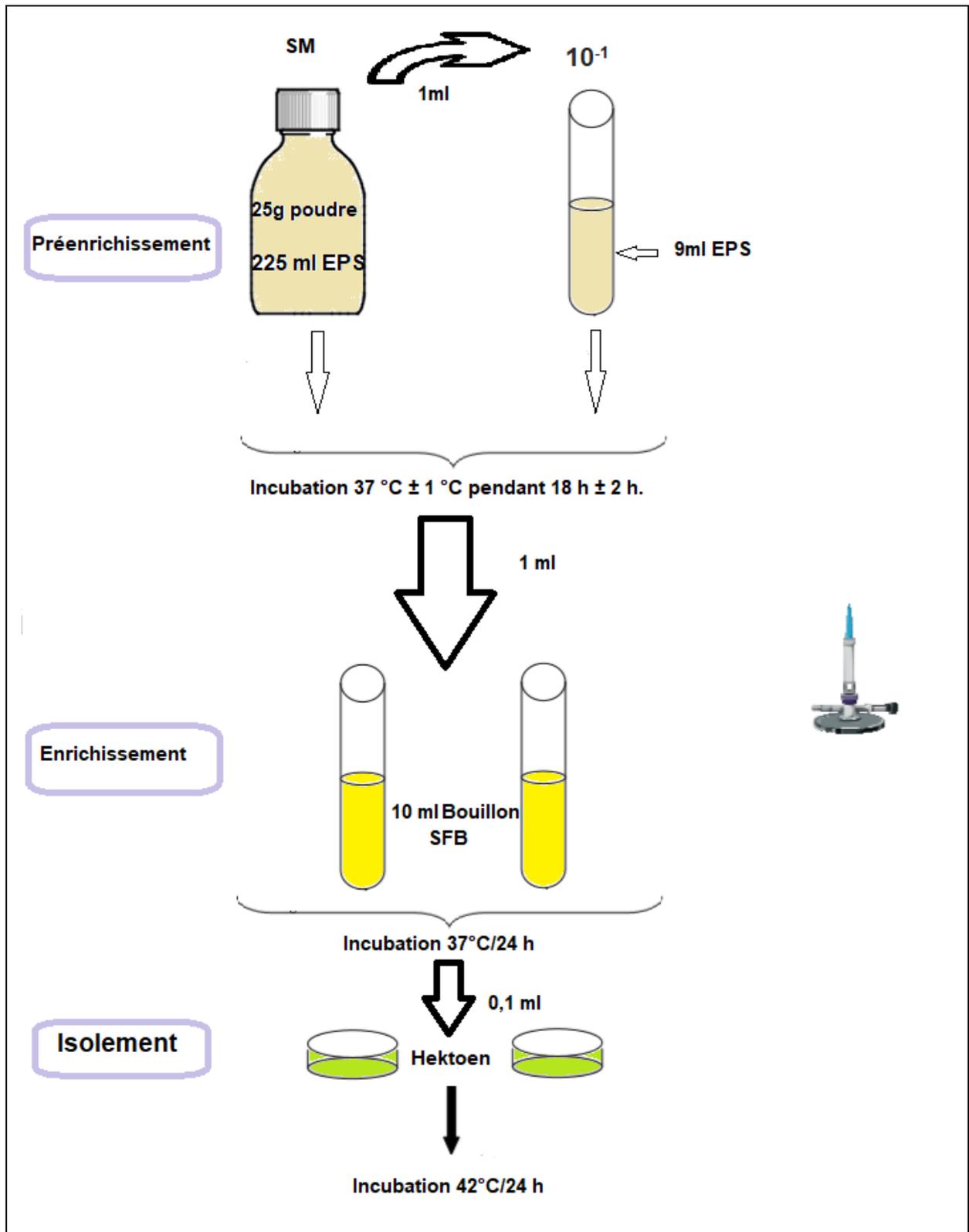


Figure 11 : Recherche et dénombrement des salmonelles.

II.3. Analyses physicochimiques

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées pour les 07 échantillons de la poudre de lait infantile, Il s'agit essentiellement de :

II.3.1. Appréciation du goût et de l'odeur

Avec un test olfactif et gustatif, en goûtant une quantité de l'échantillon.

Expression des résultats : Le goût et l'odeur doivent être normaux (Vierling, 2003).

II.3.2. Mesure du pH

Principe : l'évolution de l'acidité ou de l'alcalinité d'un lait ou encore l'activité métabolique des micro-organismes dans le lait se fait par la mesure directe de son pH à 20°C.

Mode opératoire

- Etalonner le pH à l'aide des deux solutions tampons HCl à pH 4 et NaOH à pH 7.
- Plonger l'électrode dans l'eau distillée et lire la valeur du pH.
- Introduire l'électrode dans le bécher contenant la poudre de lait reconstitué à analyser dont la température doit être 20°C.
- A chaque détermination du pH, retirer l'électrode, rincer avec l'eau distillée et sécher.

Lecture du résultat : la valeur indiquée sur le pH mètre (Inolab) (Christensen *et al.*, 1991).

II.3.3. Détermination de l'Acidité en degré Dornic (°D)

Définition : On entend par acidité titrable du lait, celle exprimée conventionnellement en gramme d'acide lactique par litre du lait.

Principe : Il s'agit d'un titrage acido-basique, l'acide lactique est neutralisé par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (N/9) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré (AFNOR, 1985).

Mode opératoire

- Introduire dans un Bécher 10 ml d'échantillon à analyser, auxquels on ajoute 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré.
- Titrer avec la solution NaOH (N/9) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose.

Lecture

$$AT = V \times 10 \text{ (D}^\circ\text{)}$$

AT : Acidité titrable

V : le volume en ml correspond à la chute de la burette (volume de la solution de NaOH utilisé) (Luquet, 1985).

II.3.4. Détermination de la densité (g/cm³)

Principe : L'analyse consiste à immerger dans 250 ml de lait un lactodensimètre qui donne directement la densité du lait à 20°C.

Mode opératoire

- Rincer l'éprouvette avec du lait à analyser.
- Verser le lait reconstitué dans l'éprouvette ; tenue inclinée afin d'éviter la formation de la mousse ou des bulles d'air.
- L'introduction de lactodensimètre 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 gênaient la lecture.
- Plonger doucement le lactodensimètre dans le lait en le maintenant dans l'axe de l'éprouvette et en le retenant dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre.
- Attendre 30 secondes à une minute avant d'effectuer la lecture de la graduation (Pointurier, 2003).

Lecture du résultat

Après stabilisation du lactodensimètre, lire la graduation apparente au niveau supérieur de la tige.

La densité est calculée selon la formule suivante (Majdi, 2008) :

$$D=1+ (L \times 10^3)$$

D : densité du produit en g/cm³.

L : valeur indiquée sur la tige.

II.3.5. Détermination de la viscosité (mPa.s)

Principe : La viscosité est mesurée en milli Pascal par seconde, en utilisant le viscosimètre.

Mode opératoire

- Remplir le seau de viscosimètre par 400 ml de lait reconstitué.
- Fixer le rotor au viscosimètre.
- Plonger le rotor dans le seau.
- Allumer le viscosimètre et attendre jusqu'à stabilisation de l'aiguille.
- Lire le résultat.

II.3.6. Détermination de la stabilité**Test à l'alcool**

Il consiste à mélanger dans un tube, le lait reconstitué et l'alcool éthylique à 80 % et à examiner la présence ou l'absence d'une floculation.

Le test est dit négatif si on ne constate aucune floculation pendant au moins une minute.

Mode opératoire

- Introduire 2 ml du lait à examiner dans un tube à essai.
- Ajouter un même volume d'alcool éthylique, puis fermer le tube.
- Tourner le tube deux à trois fois sans agitation.

Expression du résultat

- Si le mélange s'écoule le long des parois sans laisser de traces, alors le lait est stable.
- Si le mélange laisse des grumeaux le long des parois du tube, alors le lait n'est pas stable (Thieulin et Vuillaume, 1967).

II.3.7. Dosage de l'eau et des solides totaux

Les solides totaux sont définis comme étant le résidu d'un aliment restant après élimination de l'eau, dans des conditions expérimentales données. À l'exception des aliments contenant des constituants volatils (alcool, huile essentielle, etc ...), la somme de la teneur en eau et en solides totaux représente la totalité de l'aliment. On rapporte la teneur en eau ou en solides totaux selon le type d'aliment ou selon les normes de composition s'appliquant à l'aliment sous analyse.

$$\% \text{H}_2\text{O} + \% \text{S.T} = 100\%$$

✚ Méthode thermogravimétrique

La méthode thermogravimétrique est la méthode de référence pour la détermination de l'eau ou des solides totaux dans les aliments. L'analyse nécessite l'emploi d'une étuve ventilée ou d'un four à vide (100 à 105 °C).

Principe de la méthode :

- On pèse l'échantillon.
- On élimine l'eau par chauffage, jusqu'à ce que la masse de l'échantillon demeure constante.
- On pèse l'échantillon sec, c'est-à-dire les solides totaux (AFNOR, 1985).

$$\% \text{S.T} = \text{Masse (S.T.)} / \text{Masse (échantillon)} \times 100$$

$$\% \text{H}_2\text{O} = 100 - \% \text{S.T}$$

II.3.8. Détermination de la conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

La conductivité électrique, est la propriété d'un échantillon à transmettre le courant électrique. Elle se mesure en milli ou en microsiemens par centimètre (ms ou $\mu\text{s}/\text{cm}$). Cette propriété est majoritairement, due aux ions (essentiellement chlorures, phosphates, citrates, carbonates et bicarbonates de potassium, sodium, calcium et magnésium). Ainsi, tout changement de concentration en ions, dans le lait, reflètera une modification de la conductivité électrique de celui-ci.

Principe

Les électrodes sont dégraissées, avant toute séance de mesure, à l'aide d'un détergent usuel (ex : liquide vaisselle), afin d'éviter tout encrassement ou dépôt de graisse qui pourrait fausser les mesures.

Mode opératoire

Après introduction de l'électrode, dans un volume de lait de 50 ml, préalablement chauffée à 20°C. On procède, par la suite, à l'enregistrement de la valeur affichée par le conductimètre. Après chaque mesure, on rince l'électrode (Mabrook et Petty, 2003).

Chapitre II

I. Résultats

I.1. Analyses microbiologiques

La qualité microbiologique des échantillons du lait infantile en poudre a été évaluée quantitativement par le dénombrement de différents groupes microbiens (FTAM, coliformes totaux, coliformes fécaux, levures et moisissures, streptocoques fécaux et spores sulfite réductrices) et qualitativement par la recherche des deux espèces (*Staphylococcus aureus* et *Salmonella* sp.).

Les résultats des analyses microbiologiques sont illustrés dans le tableau III.

Tableau III : Résultats du contrôle de la qualité microbiologique.

	FTAM (UFC/g)	CT (UFC/g)	CF (UFC/g)	SF (UFC/g)	<i>S.aureus</i> (UFC/g)	Flore eucaryote (UFC/g)	CSR (UFC/g)	<i>Salmonella</i> sp. (UFC/g)
E1	–	–	–	–	–	–	–	–
E2	18,43×10 ³	–	–	–	–	–	–	–
E3	41,99×10 ³	–	–	–	–	–	–	–
E4	–	–	–	–	–	–	–	–
E5	–	–	–	–	–	–	–	–
E6	–	–	–	–	–	–	–	–
E7	–	–	–	–	–	–	–	–
Moyenne	30,21×10 ³							
Normes nationales (UFC/g)	5×10 ⁴	5	5	ND	Absence	50	absence	Absence

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile ; **CT** : Coliformes Totaux ; **CF** : Coliformes Fécaux ; **SF** : Streptocoque Fécaux ; **S. aureus** : *Staphylococcus aureus*; **BSR** : Bactéries Sulfite Réductrice; (–) : Absence; **UFC/g** : Unité Formant Colonies/gramme.

I.1.1. Recherche et dénombrement de la Flore Totale Aérobie Mésophile (FTAM)

Le dénombrement de la FTAM a montré que la plupart des échantillons analysés révèlent l'absence de FTAM. Cependant, deux échantillons (Ech 02 et Ech 03) contiennent une charge variable de la FTAM de 18,43×10³ et 41,99×10³ UFC/g, respectivement avec une moyenne de 30,21×10³ UFC/g pour l'ensemble des échantillons (figure 12).

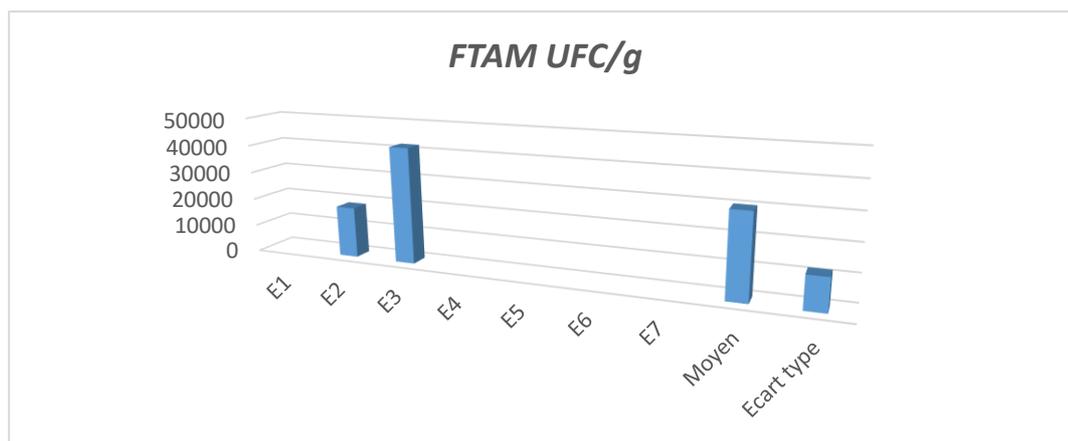


Figure 12 : Histogramme représentatif des variations de la FTAM.

I.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Tous les échantillons étaient propres et ne présentent aucune contamination par les coliformes considérés comme témoins de contamination fécale.

I.1.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Le résultat positif se traduit par la présence de trouble dans les tubes ensemencés.

a-Test présumptif

Ils présentent des différences de résultats sur la totalité des échantillons (figure 13).



Figure 13 : Aspect des tubes Rothe après 24h d'incubation à 37°C.

b. Test confirmatif

Tous les tubes positifs sur le milieu Rothe donnent un résultat négatif, après repiquage sur le milieu Eva Litsky, donc le résultat positif dans le test présumptif reflète la présence de streptocoque autre que celui du groupe D.

I.1.4. Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*

a. Test présumptif

Les tubes Giolliti Cantoni, présentant des troubles, ont été considérés comme des tubes positifs (figure 14).

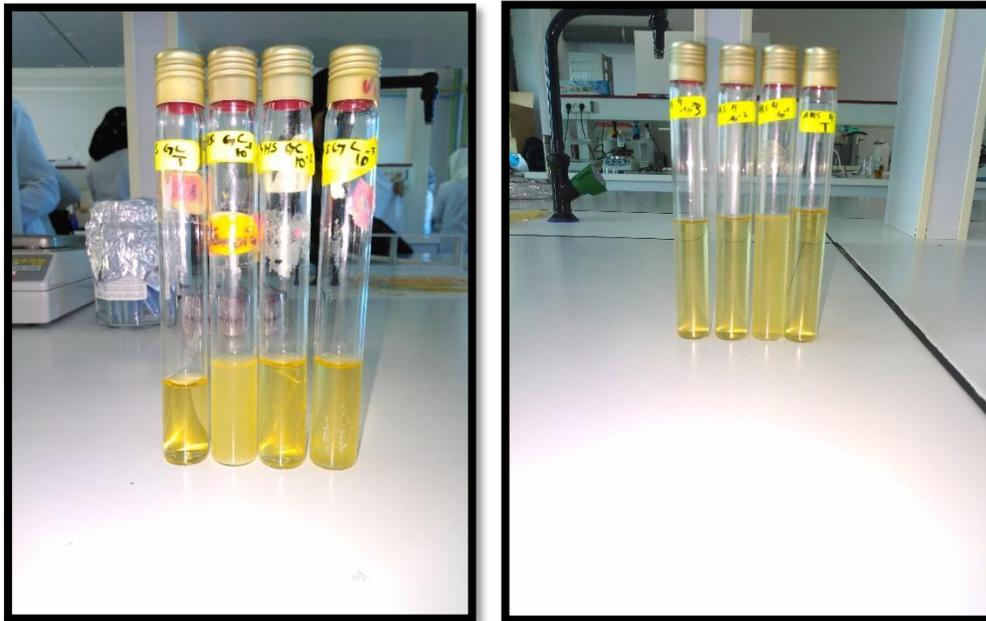


Figure 14 : Aspect des tubes Giolliti Cantoni après 24h d'incubation à 30°C.

b. Test confirmatif

La totalité des échantillons du lait infantile, ne présentent pas de colonies caractéristiques de *Staphylococcus aureus* sur le milieu Chapman Stone, cependant dans certaines boites, on note de petites colonies différentes de celles de *Staphylococcus aureus* et en petit nombre, avec virage ou non de la couleur du milieu de culture (figure 15).

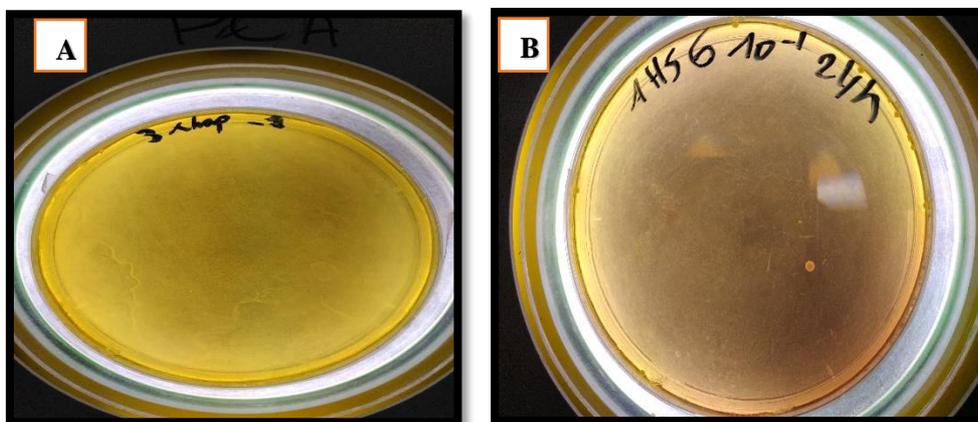


Figure 15 : (A) Aspect macroscopique d'une culture sur Chapman (virage de la couleur).

(B) Aspect d'une culture staphylococcique non dorée.

I.1.5. Recherche et dénombrement des spores sulfito-réductrices

Nous avons constaté que la totalité des échantillons analysés ne présentent aucun résultat positif de présence de spores.

I.1.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

La recherche de la flore eucaryote a été négative, pour tous les échantillons.

I.1.7. Recherche et dénombrement des *Salmonella* sp.

Aucun résultat positif de présence de *Salmonella* sp. n'a été trouvé pour l'ensemble des échantillons analysés.

I.2. Analyses physicochimiques

Les résultats des analyses physicochimiques, effectués sur les 07 échantillons de la poudre du lait infantile sont représentés dans le tableau IV :

Tableau IV : Résultats des analyses physicochimiques des échantillons du lait infantile.

Echantillons	Goût et odeur	pH	Acidité °D	Densité g/cm ³	Viscosité mPa.s	Stabilité	EST g/l	Conductivité µs/cm
E1	Normal	6,35	18	1,02	2,9	+	90	1794
E2	Normal	6,6	19	1,03	3	+	80,16	1547
E3	Normal	6,73	18,9	1,03	2,9	+	84	1741
E4	Normal	6,32	18	1,03	2,6	+	91,27	2080
E5	Normal	6,8	17	1,03	2,9	+	86,86	2610
E6	Normal	6,76	18,9	1,02	2,8	+	88	1827
E7	Normal	6,92	20,7	1,02	2,8	+	68	1788
Moyenne	Normal	6,64	18,64	1,024	2,84	+	84,04	1912,42
Normes nationales	Normal	6,6-6,8	15-18	1,030-1,034	ND	+	110-112	ND

pH : potentiel d'Hydrogène; **°D** : degré Dornic; **g/cm³** : gramme/centimètre cube; **mPa.s** : milli pascal.seconde; **EST**: Extrait Sec Totale; **g/l** : gramme/litre; **µs/cm**: microsiemens/centimètre; **(+)** : positif.

I.2.1. Goût et odeur

Odeur peu accentuée, saveur légèrement sucrée.

I.2.2. pH

Les résultats obtenus montrent que les 07 échantillons analysés de la poudre du lait ont un pH légèrement acide. Le pH est compris entre 6,32 et 6,92 avec une moyenne de 6,64 (figure 16).

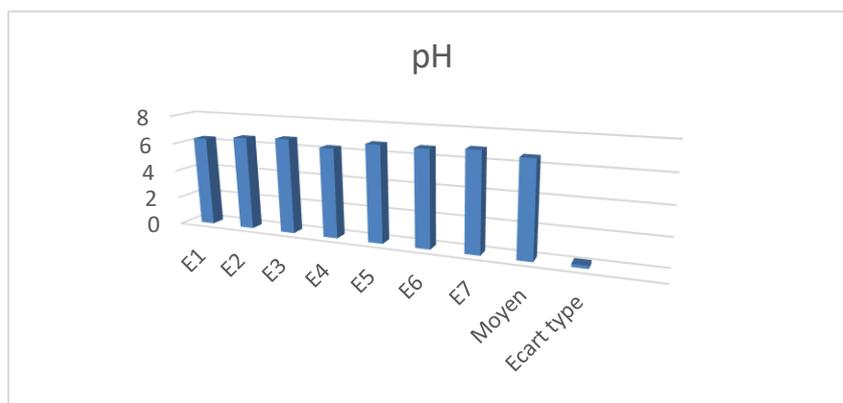


Figure 16 : Histogramme représentatif des variations du pH.

I.2.3. Acidité titrable

Les 07 échantillons analysés de la poudre du lait présentent une acidité Dornic cerné entre : 17°D et 20,7°D avec une moyenne de 18,64°D (figure 17).

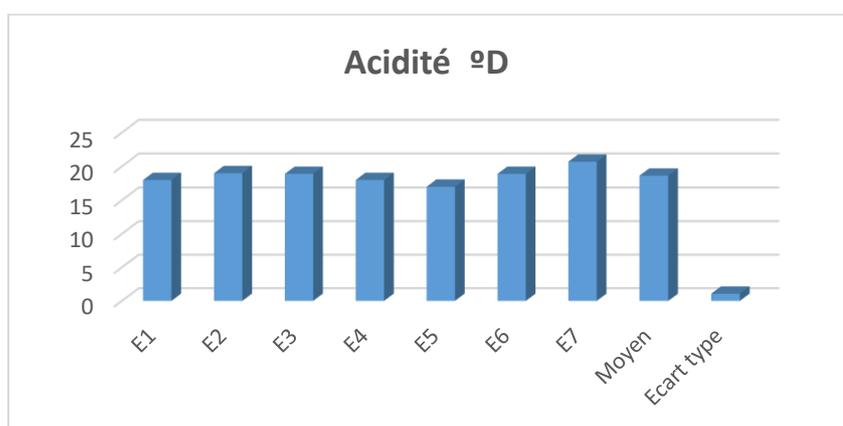


Figure 17 : Histogramme représentatif des variations de l'acidité.

I.2.4. Densité

Les 07 échantillons analysés de la poudre du lait présentent des valeurs de densité entre 1,02 g/cm³ et 1,03 g/cm³ avec une moyenne de 1,024 g/cm³ (figure 18).

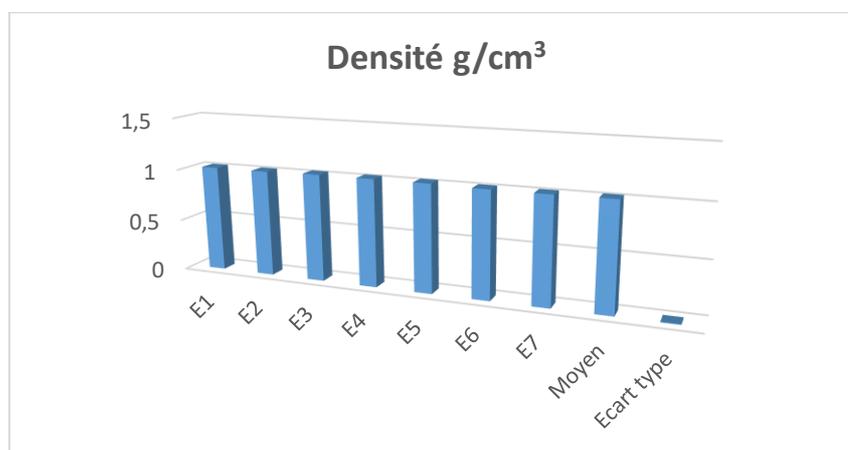


Figure 18 : Histogramme représentatif des variations de la densité.

I.2.5. Viscosité

La viscosité des 07 échantillons analysés est comprise entre : 2,6 mPa.s et 3 mPa.s avec une moyenne de 2,84 mPa.s (figure 19).

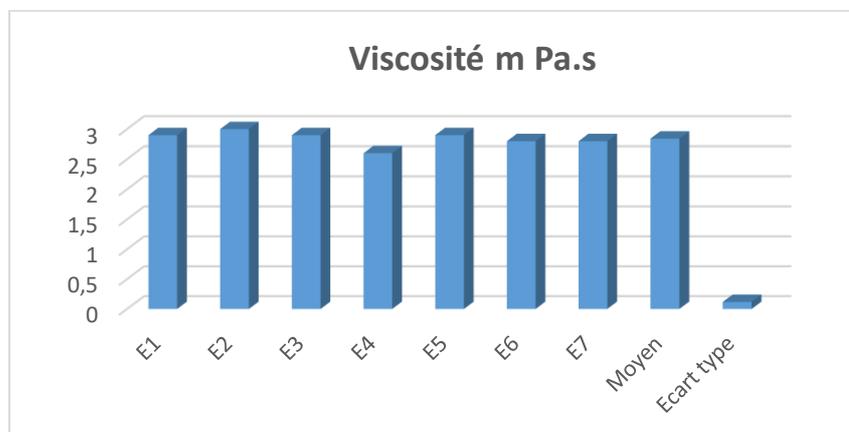


Figure 19 : Histogramme représentatif des variations de la viscosité.

I.2.6. Stabilité

Les résultats du test de la stabilité obtenus pour tous les échantillons de la poudre du lait analysée sont positifs.

I.2.7. Dosage de l'eau et des solides totaux

La teneur en extrait sec total des différents échantillons analysés de la poudre du lait est comprise entre : 68 g/l et 91,27 g/l avec une moyenne de 84,04 g/l (figure 20).

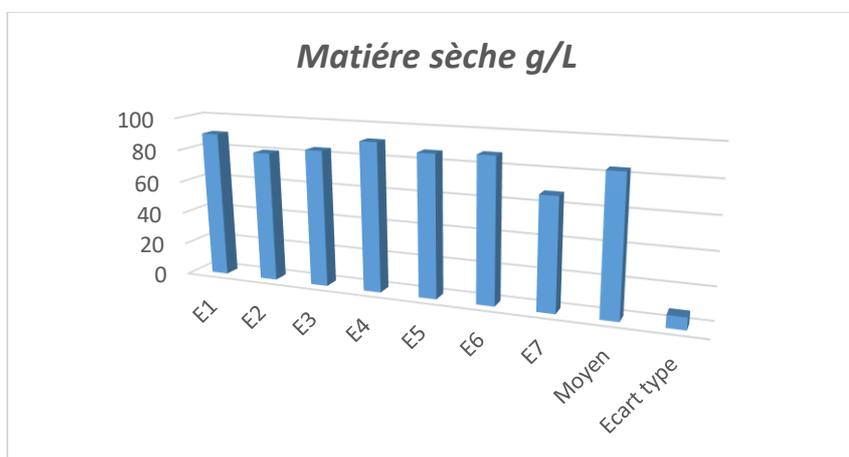


Figure 20 : Histogramme représentatif des variations de l'EST.

I.2.8. Conductivité électrique

La conductivité des 07 échantillons analysés de la poudre du lait est comprise entre : 1547 $\mu\text{s/cm}$ et 2610 $\mu\text{s/cm}$ avec une moyenne de 1912,42 $\mu\text{s/cm}$ (figure 21).

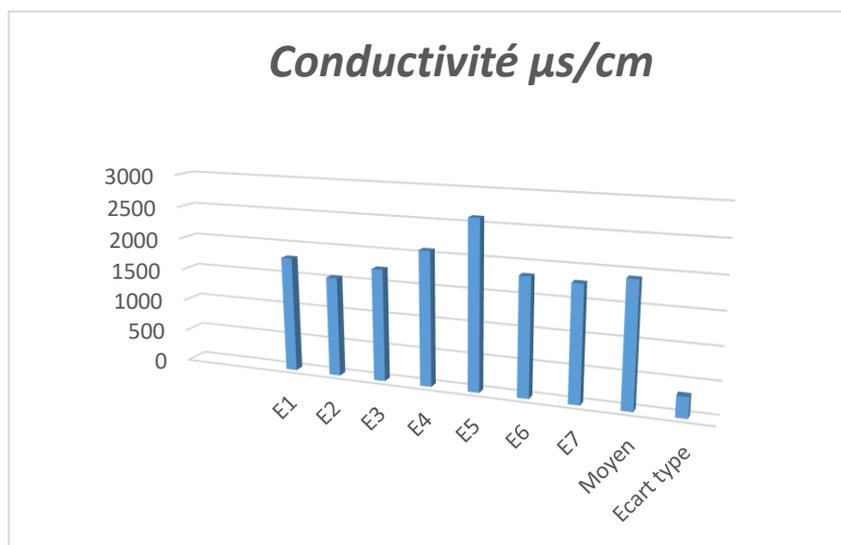


Figure 21 : Histogramme représentatif des variations de la conductivité.

II. Discussion

II.1. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques permettent de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur, en tenant compte des conditions de conservation, des habitudes de consommation et des caractéristiques du produit. Il convient donc de s'assurer, par des tests microbiologiques, que le produit est sain et de bonne qualité hygiénique tout au long de sa durée de vie.

Lors des analyses, l'aspect visuel, pour l'ensemble des échantillons, était d'allure normale. Nous avons noté l'absence de tout défaut d'étanchéité sur emballage, de gonflement, d'odeur, de couleur, d'aspect ou de consistance pour l'ensemble des échantillons.

Les examens microbiologiques ont été validés le jour même de l'ouverture des boîtes et d'observation des échantillons.

Pour les recherches et dénombrements des flores microbiennes, nous avons procédé à la substitution de certains milieux de culture par d'autres et/ou nous avons aussi apporté de légères modifications inspirées des travaux de recherche similaires, pour certains protocoles.

Pour l'ensemble des échantillons :

Les flores étudiées ont été discutées par rapport aux groupes microbiens : indicateurs de contamination récente et ancienne (FTAM, coliformes, streptocoques D, spores), les germes d'altération (levures et moisissures) et les deux espèces pathogènes (*Staphylococcus sp.*, *Salmonella sp.*).

Les résultats des analyses microbiologiques ont été comparés aux normes nationales : L'arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspond au 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 14 Safar 1415 correspondant au 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires (JORA N° 35, 1998) : (germes aérobies à 35°C 10^4 UFC/g, coliformes 5 UFC/g, *Staphylococcus aureus* absence, *Clostridium* sulfito-réducteur à 46°C absence, levures et moisissures < 50 UFC/g, et absence de *Salmonella sp.* dans 25g), et celle de l'arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant ainsi les critères microbiologiques des denrées alimentaires (JORA N°39, 2017) : (*Enterobacteriaceae* 10 UFC/g, *Staphylococcus* à coagulase + 10 UFC/g, et absence de *Salmonella sp.* dans 25g). Puis une comparaison des résultats à d'autres travaux de recherche.

Pour l'ensemble des échantillons, notre analyse microbiologique a montré une absence totale des germes recherchés : Les coliformes totaux, coliformes fécaux, et Streptocoques

(indicateurs de pollution), les spores indicateurs de contaminations anciennes, *Staphylococcus aureus*, les levures et moisissures et enfin absence des *Salmonella* sp.

Cependant nous avons enregistré, la valeur moyenne pour la FTAM : $30,21 \times 10^3$ UFC/g, qui est inférieur aux valeurs fixées par les normes nationales.

Donc, nos échantillons sont de qualité microbiologique satisfaisante concernant tous les germes recherchés, ils sont de qualité alimentaire et sanitaire acceptable tout au long de leur durée de vie, propre à la consommation, et répondant aux normes nationales.

Rezkallah et Mekhnache, (2013), ont démontré, lors d'une étude réalisée sur la poudre de lait, une charge assez importante en FTAM indiquant un lait de qualité microbiologique médiocre ce qui contredit nos résultats. De même, la recherche de *Staphylococcus aureus*, streptocoques D, des coliformes totaux et fécaux, a révélé la conformité du produit aux normes recommandées par JORA N°69, (1998) et la similitude avec nos résultats.

Dans leur étude, réalisée dans l'environnement de la communauté urbaine de Niamey durant une période de 4 mois en 2009, visant à apprécier la qualité microbiologique du lait en poudre sur 50 échantillons, Morou Madougou, (2010), a noté l'absence totale de la flore pathogène et une présence de FAMT à des taux de 24% et 16% pour levures et moisissures contrairement aux résultats de notre étude.

D'autres part, les résultats de Taleb, (2016), ont démontré l'absence totale de la flore mésophile aérobie totale, les coliformes totaux et fécaux, *Staphylococcus aureus*, les clostridia, les levures et moisissures et enfin, les *Salmonella* sp., ce qui concorde parfaitement nos résultats.

Shiamee et Naji Ajmi, (2016), ont montré, lors d'une étude ciblant cinq catégories de lait en poudre et formulations laitières destinées aux nourrissons, commercialisés à Bagdad, la conformité de ces produits aux normes Irakiennes et Américaines (USEPA) : Coliformes totaux ($< 0,05 \pm 1,0 \times 10^2$ UFC/g), de levures et moisissures ($< 0,05 \pm 1,0 \times 1,0$ UFC/g) ainsi que l'absence de risque liée à *Salmonella* sp. ($< 0,05 \pm 1,0 \times 1,0$ UFC/g) ce qui corroborent les résultats relatifs à nos échantillons.

Nos résultats sont en contradiction avec ceux de Tahoun et N.Abdelfatah, (2015), ayant enregistré pour un effectif de 27 échantillons de lait infantile, collectés en Egypt, que 54% des échantillons étaient contaminés par différents microbes, avec une numération moyenne de : $6,8 \times 10^3 \pm 2 \times 10^2$ UFC/ml. *Staphylococcus epidermidis* était le microorganisme le plus répandu car il était présent dans 10% de préparations pour nourrissons. D'autres microbes, notamment des Staphylocoques, des entérobactéries, des levures et moisissures, ont également été détectés avec des pourcentages variables.

De plus, Rajput *et al.*, (2009) sur un total de 20 échantillons de lait maternisé en poudre commercialisés à Hyderabad, dans le Sind, le nombre total de la FTAM, était de $(3,4 \times 10 \pm 5,0 \times 10 \text{ UFC/g})$, les spores thermophiles étaient $(1,4 \times 10 \pm 2,4 \times 10 \text{ UFC/g})$, entérobactéries $(< 5 \pm 1,0 \times 10 \text{ UFC/g})$ et levures et moisissures $(< 5 \pm 1,0 \text{ UFC/g})$. Les moyens des résultats obtenus ont été comparés aux valeurs de l'Indian Standard Institution (ISI) et ont indiqué un état hygiénique des laits en poudre pour nourrissons, sans niveau de risque pour la santé humaine, ce qui converge les résultats enregistrés pour notre étude.

En outre, Brouard *et al.*, (2005), et suite à une enquête épidémiologique, chapeauté par la DGCCRF (Direction Générale de la Consommation de la Concurrence et de la Répression des Fraudes) en France, dont les résultats ont été publiés par l'AFSSA, ont rapporté que les deux marques de lait infantile : Picot et Blédilait /Gallia, fabriqués sur la même chaîne de fabrication, conditionnés respectivement par les entreprises : Célia et Blédina, étaient contaminés par la même espèce : *Salmonella enterica* du même sérotype *agona*. Ces résultats divergent de ceux enregistrés pour notre étude, en ce qui concerne l'espèce *Salmonella* sp.

Tudela *et al.*, (2008), lors d'une étude menée sur un effectif de 156 préparations de lait infantile : L'étude a montré que: 54 comportaient des microorganismes mais sans bactéries pathogènes : Deux Staphylocoque à coagulase négative, une streptocoque alpha hémolytique et une *Clostridium bifementans*, ont été retrouvées dans 2,56 % des prélèvements. La qualité des poudres des laits apparaît satisfaisante. Ces résultats corroborent ceux enregistrés pour notre étude.

Les résultats de notre étude convergent ceux de Deeb *et al.*, (2010), dans le gouvernorat de Dakahlia-Egypte, lors d'une étude menée sur un effectif de 65 préparations pour nourrissons, ayant noté que les valeurs moyennes du nombre total de FTAM étaient de $1,4 \times 10^3 \pm 2,5 \times 10^2 \text{ UFC/g}$. Alors que les salmonelles et les staphylocoques dorés, n'étaient présents dans aucun des échantillons.

De même, nos résultats sont similaires à ceux enregistrés par Majeed *et al.*, (2002), ayant noté, pour un effectif de dix marques de lait entier en poudre, que la qualité de l'ensemble des échantillons était conforme aux normes Irakiennes (IQS) et aux normes International (ISO) pour la FTAM, coliformes, moisissures et levures et bactéries sporulantes, les échantillons ont été exempts des espèces *Staphylococcus aureus* et de *Salmonella* sp.

Dans une autre recherche réalisée par Hussein, (2007), sur soixante échantillons de lait en poudre, les résultats ont révélé que le lait en poudre était contaminé par de nombreuses espèces de bacilles aérobies sporulés. Le nombre de FTAM variait de $1,2 \times 10^2$ à $3,5 \times 10^{10} \text{ UFC/g}$, contrairement à notre étude.

En outre, et sur un effectif de 50 échantillons du lait en poudre, prélevés à différentes sources à Mansoura, Egypte. Abdelkhalek *et al.*, (2016), ont rapporté les résultats suivants : Les valeurs minimales et maximales de FTAM étaient de $0,45 \times 10^2$ UFC/g et de $5,11 \times 10^3$ UFC/g de lait en poudre, respectivement. Par ailleurs, les valeurs minimales et maximales de la numération fongique étaient respectivement de $0,08 \times 10^2$ UFC/g et de 2×10^2 UFC/g. alors que *Escherichia coli* et *Salmonella* sp. étaient absentes. Cependant, 18% des échantillons étaient contaminés par *Staphylococcus aureus*. Sur la base des normes égyptiennes, les échantillons étaient satisfaisants en ce qui concerne *Salmonella* sp., *Escherichia coli* et des champignons avec contamination par *Staphylococcus aureus*. Ces résultats sont en contradiction avec ceux enregistrés lors de notre étude.

En outre, les résultats de notre étude, corroborent ceux enregistrés par : Rowan *et al.*, (1997), ayant travaillé sur un effectif d'une centaine de préparations lactées pour nourrissons, collectés au Royaume-Uni, ayant donné une qualité bactériologique satisfaisante (FTAM $< 10^4$ UFC /g ; *Bacillus cereus* de $< 10^3$ UFC/g) selon les normes locales.

De même, un total de 51 échantillons de préparations en poudre pour nourrissons en Malaisie est évalué, 87% des préparations analysés présentaient, selon Sani *et al.*, (2013), un nombre de FTAM inférieur au niveau autorisé $< 10^4$ UFC/ g. Les *Enterobacteriaceae* les plus fréquemment isolées étaient *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter spp*, *Klebsiella spp* et d'autres *Enterobacter spp*. selon les directives 2008 de l'OMS en vigueur.

D'autre part, les résultats enregistrés pour notre étude étaient contradictoires de ceux relevés par Sezer *et al.*, (2014), ayant noté lors d'une étude menée sur un effectif de 50 échantillons du lait infantile, vendus sur les marchés de la province de Kars (Turc). Sur la base du règlement du Codex Alimentarius Turc, un taux de 26% des échantillons analysés n'étaient pas conformes à la réglementation : (2% concernant la FTAM, 22% pour les coliformes, 16% pour les levures et moisissures et 10% concernant *B. cereus*). De plus, *Salmonella* sp. et *Escherichia coli* ont été identifiées respectivement dans 4% et 14% des échantillons.

En outre, nos résultats, étaient en parfaite concordance avec ceux notés par NSW Food Authority, (2011) lors d'une enquête et sur un total de 91 préparations en poudre commercialisés à Sydney et testés pour la recherche de *Salmonella* sp. et Entérobactéries. Les résultats de cette enquête ont été comparés aux exigences microbiologiques du code Australien des normes alimentaires. L'enquête a révélé que 100% des produits testés respectaient les limites fixées pour *Salmonella* sp. et entérobactéries.

II.2. Analyses physicochimiques

L'analyse physico-chimique est un outil important dans l'évaluation de la qualité d'un produit, qui consiste à mettre à la disposition du consommateur, des produits sains et loyaux.

Les résultats des analyses physicochimiques ont été comparés aux normes nationales : L'arrêté interministériel du 11 Joumada El Oula 1414 correspond au 27 octobre 1993 modifiant et complétant l'arrêté du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation (JORA N°69, 1993) : (Goût et odeur franc du lait et de couleur blanche; pH de 6,6 à 6,8; Acidité cerné entre 15 et 18°D; densité 1,030-1,034g/cm³ ; et les résultats du test à l'alcool sont positifs) et celle de l'arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1434 correspond au 27 octobre 2013 modifiant et complétant l'arrêté du 28 Ramadhan 1433 correspondant au 16 août rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en matière sèche dans le lait, la crème et le lait concentré non sucré (JORA N°54, 2013) : (l'Extrait Sec Totale fixé par la norme à 110- 112 g/l).

Pour l'ensemble des échantillons, notre analyse physicochimique a montré que les échantillons de la poudre du lait analysés avaient un goût et odeur franc et de couleur blanche, Donc ils ne présentèrent pas de défauts organoleptiques.

De même, nous avons enregistré, les valeurs moyennes suivantes : pH 6,64, l'acidité 18,64°D et la densité 1,024 g/cm³, qui ont montrés une conformité aux normes. Etant donné que l'acidité est considérée comme un paramètre de fraîcheur, on déduit que les échantillons analysés sont frais.

Les résultats du test de stabilité, pour tous les échantillons de la poudre du lait analysés, ont été positifs, par l'absence de coagulation, donc les échantillons ont été conformes aux normes.

En plus, la détermination de la teneur en extrait sec total des différents échantillons de la poudre du lait analysés, a révélé que nos résultats sont inférieurs aux normes nationales, qui sont de (110 à 112 g/l) d'où la non-conformité de nos échantillons.

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. C'est une propriété complexe, et est particulièrement affectée par les particules colloïdales 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 des paramètres technologiques.

Pour l'ensemble de nos échantillons, la valeur minimale est enregistrée pour l'échantillon 4 (2,6 mPa.s), et la valeur maximale est notée pour l'échantillon 2 (3 mPa.s), avec une moyenne de 2,84 mPa.s.

La conductivité électrique, est la propriété d'un échantillon à transmettre le courant électrique. Elle se mesure en milli ou en microsiemens par centimètre (ms ou $\mu\text{s/cm}$). Elle est due à la présence des ions, et reflète la teneur du lait en ces éléments, donc tout changement de concentration en ions, dans le lait, se traduit par une modification de sa conductivité.

D'après les résultats obtenus, on a enregistré la valeur moyenne de 1912,42 $\mu\text{s/cm}$. Pour l'ensemble des échantillons, on a constaté qu'il n'existe pas de différence de valeurs entre les échantillons 1, 3, 6, et 7. Cependant, les deux échantillons 4 et 5 ont des valeurs de conductivité plus élevées, avec un maximum de 2610 $\mu\text{s/cm}$ marqué pour l'échantillon 5, qui présente donc la teneur en ions la plus élevée, notamment la valeur minimale est observée dans l'échantillon 2 (1547 $\mu\text{s/cm}$).

Donc, nos échantillons semblent de qualité physicochimique satisfaisante, concernant tous les paramètres recherchés, et sont de qualité alimentaire stable tout au long de leur durée de vie, propre à la consommation, et répondant aux normes nationales.

Imran et *al.*, (2008), lors d'une étude ciblant des échantillons de lait collectés sur les marchés locaux à Peshawar, au Pakistan, ont constaté que les résultats concernant les solides totaux, la densité, la conductivité, la viscosité et l'acidité titrable, répondent aux exigences en les comparant aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), ce qui corrobore les résultats relatifs à nos échantillons.

De même, nos résultats sont similaires à ceux enregistrés par Soceanu et *al.*, (2015), ayant noté que la qualité de l'ensemble des échantillons était conforme aux normes pour : La densité, le pH, l'acidité, et la matière sèche.

Dans une autre recherche réalisée par Gasmalla et *al.*, (2013), sur trois échantillons de lait de nourrissons, les résultats ont révélé que la teneur en acidité titrable a été à $0,77 \pm 0,14\%$ plus élevée que les normes, celle de la densité à $1,02 \pm 0,02$, et la teneur en solides avait varié de $9 \pm 1,50$ à $91 \pm 0,29$. Ces résultats sont en contradiction avec ceux enregistrés lors de notre étude.

Rezkallah et Mekhnache, (2013), ont démontré, lors d'une étude réalisée sur la poudre de lait, la conformité du produit aux normes nationales recommandées par JORA N° 69, (1993), concernant l'acidité Dornic, et la similitude avec nos résultats, indiquant un lait de bonne qualité physicochimique.

D'autres part, les résultats rapportés par Taleb, (2016), ont démontré que la moyenne du pH : 6.5, de l'acidité °D, et de la densité ont été conformes aux normes, ce qui concorde parfaitement nos résultats.

Ghaoues, (2011), a démontré, lors d'une étude réalisée sur six échantillons de la poudre du lait, que les valeurs moyennes de l'acidité titrable des 3 premiers échantillons sont inférieures aux normes, alors que les 2 derniers échantillons ont des acidités titrables très proches des normes, indiquant un lait de qualité physicochimique médiocre, ce qui contrevient nos résultats. L'auteur a démontré aussi que les valeurs moyennes de la teneur en matière sèche totale sont non conformes aux normes. De même, ses résultats ont révélé la conformité du produit concernant la densité par rapport aux normes recommandées par le JORA N°69, (1993) et la similitude avec nos résultats.

Nos résultats sont en contradiction avec ceux de, Cristina et *al.*, (2008), ayant enregistré une augmentation de l'acidité titrable et une diminution de la teneur en matière sèche totale.

Lors de l'étude réalisée par Sabah el khier et A.Yagoub, (2009), les caractéristiques physicochimiques et sensorielles des laits en poudre conditionnés au Soudan ont été examinées et comparées aux normes de qualité internationales. Ils ont révélé que les niveaux de l'acidité et du pH sont restés dans les limites du niveau acceptable, malgré les variations importantes ($p < 0,05$) enregistrées entre les échantillons de lait en poudre, ce qui converge les résultats enregistrés pour notre étude.

Conclusion

Les gammes du lait infantile se sont amplifiées ces dernières années, répondant ainsi aux diverses exigences du nouveau-né durant la première période de vie.

Ces progrès industriels ne doivent pas faire oublier que ces formules sont une réplique imparfaite du lait de femme, et, de par leur origine bovine, peuvent être une source de danger et vecteurs potentiels pour la transmission des espèces microbiennes pathogènes pour les consommateurs, ils doivent donc faire l'objet d'un contrôle rigoureux.

En industrie laitière, les opérations du contrôle de qualités physico-chimiques et microbiologiques revêtent une importance capitale ; permettant l'obtention d'un produit de bonne qualité hygiénique et sans défauts organoleptiques.

La présente étude avait fixé comme objectif préalable, le contrôle microbiologique et physico-chimique du lait infantile, collecté dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, durant la saison hivernale 2019, et l'exploration de sa stabilité durant la période de commercialisation.

Les résultats relatifs aux analyses physico-chimiques ont donné les moyennes : pH 6,64, acidité titrable 18,64°D, densité 1,024g/cm³, viscosité 2,84 mPa.s, conductivité 1912,42 µs/cm, et extrait sec total 84,04 g/l. L'ensemble des échantillons étaient conformes aux normes nationales.

Les analyses microbiologiques ont révélé, l'absence des flores indicatrices des pollutions diverses : Coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, les spores et la flore eucaryote, aussi les échantillons étaient sans danger sanitaire par absence des espèces pathogènes : *Staphylococcus aureus* et *Salmonella* sp. Nos échantillons semblent de qualité stable, et cela est dû aux procédés stricts et professionnels appliqués sur tous les niveaux de la chaîne de fabrication, et aux conditions d'hygiène respectées.

Cependant, cette étude n'est qu'une modeste contribution, trop partielle, de la qualité du lait infantile, donc elle est loin de nous fournir des résultats concluants et exploitables de la qualité de cette denrée alimentaire.

Perspectives

Les résultats de la présente étude, ne sont que primordiaux et loin d'être concluants. L'étude mérite d'être complétée par :

Un effectif et un plan d'échantillonnage plus élargi, établit sur plusieurs marques de lait infantile et leurs matières premières et étalé sur les quatre saisons de l'année.

Donc, il est souhaitable, en perspective, de réaliser les parties pratiques suivantes :

Analyses microbiologiques :

- Recherche des espèces sporogènes (*Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*)
- Suivi de la dynamique des équilibres des flores microbiennes au cours de la production
- Exploration des effets probiotiques des laits infantiles
- Recherche des espèces pathogènes et/ou toxigènes à l'exemple de :
 - *Listeria monocytogenes*
 - *Escherichia coli*
 - *Klebsiella* sp.
 - *Enterobacter sakazakii*
 - *Proteus* sp.

Analyses physicochimiques, par détermination de :

- L'humidité relative.
- La teneur en protéines (Azote Kjeldahl).
- La teneur en matière grasse.
- Dosage du lactose.
- La Vitamine D et Vitamine C.
- Taux de cendres (teneur en minéraux).
- Recherche des contaminants tels que les métaux lourds.

Références bibliographiques

A

- Abdelkhalek A., Elsherbini M., Eletriby D. & Sadak A. (2016).** Quality assessment of imported powder milk at Mansoura city, Egypt. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. Egypt. **3**,75-78.
- Aboutayeb R. (2011).** Technologie du lait et dérivés laitiers. Janvier 2011. <http://www.azaquar.com/doc/technologie-des-laits-de>. Consulté le : 14/02/2019 à 11:00.
- AFNOR. (1995).** Contrôle de la qualité des produits alimentaires–Analyse sensorielle, 5^{ème} édition, (400 pages).
- Alais C. (1975).** Science du lait, principe de techniques laitiers. 37^{ème} éditions, Paris, 807.
- Alais C. (1984).** Sciences du lait : principes et techniques laitiers. 4^{ème} édition. Paris, 814.
- Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P. & Simpson R. (2002).** Composition propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In: Science et technologie du lait - Transformation du lait. *Presse Internationale*, Polytechnique. Canada.
- ANSES. (2001).** Allégations nutritionnelles relatives aux préparations pour nourrissons et préparations de suite. Rapport du comité d'experts spécialisé Nutrition humaine de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 17.
- Arie F., Sri K. & Ariesta W.A. (2012).** Process Engineering Of Drying Milk Powder With Foam Mat Drying Method. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*. Malang of Indonesia. **2**, 358-359.
- Augustin M.A., Clarke P.T. & Craven H. (2003).** Characteristics of Milk Powders. *Food Science Australia*. Weribee. Victoria. Australia. Elsevier Science Ltd, 4703-4711

B

- Belli D., Braegger C., Lauener R., Fischer-Fumeaux C., Laimbacher J. & Spalinger J. (2017).** Recommandations pour l'alimentation des nourrissons. Commission de nutrition de la Société Suisse de Pédiatrie, 4-5.
- Benallegue H. & Debbeche S.N.H. (2015).** Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de 3 marques de lait U.H.T (Candia, Obeï et Hodna). Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Spécialité : Toxicologie et santé. Université des Frères Mentouri. Constantine, 16.
- Benhedane N. (2011).** Qualité microbiologique du lait cru destiné à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'est Algerien. Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires. Option: Biotechnologie Alimentaire. Université Mentouri. Constantine. Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A.A), 3-30.
- Bensalah A. & Korib H. (2010).** Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de lait cru et diagnostique de brucellose et mammites dans la région de Tlemcen en Algérie. Mémoire pour l'obtention du diplôme D'Ingénieur d'état en Agronomie. Option : Technologie des Industries Agroalimentaires, 16-17-18.

- Bocquet A., Bresson J.L., Briend A., Chouaqui J.P., Darmaun D., Dupont C. & Frelut M.L. (2002).** Traitement nutritionnel des diarrhées aiguës du nourrisson et du jeune enfant. Comité de nutrition de la Société française de pédiatrie. *Archives de Pédiatrie*. **9**, 610-619.
- Bordjah A. (2011).** Analyse physico-chimique et microbiologie de lait UHT demi-écrémé. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Brevet de Technicien Supérieure en Contrôle de Qualité dans les Industries Agro-alimentaire. El Hidhab. Sétif. Algérie, 6.
- Bouchakour Errahmani K. & Djeghlal S. (2015).** Etude comparative entre trois types de lait de vache (Lait entier, lait demi – écrémé et le lait écrémé) pasteurisé. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master. Spécialité : Sciences et techniques des productions animales. Université Khemis Miliana, 19-32.
- Boudier J.F. & Luquet F.M. (1981).** Utilisation du lactosérum en alimentation humaine et animale, N°21. Edition APRIA. Paris.
- Bourgeois C.M. & Leveau J.M. (1991).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Sciences et technique agro-alimentaire: le contrôle microbiologique. 2^{ème} édition. Paris. **3**, 454.
- Brisabois A., Lafarge V., Brouillaud A., de Buysier M.L., Collette C., Garin-Bastuji B. & Thorel M.F. (1996).** Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers : situation en France et en Europe. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* **16**, 452-471.
- Brouard C., Espié E., Vaillant V. & de Valk H. (2005).** Epidémie de salmonellose à *Salmonella enterica* sérotype Agona, chez des nourrissons liée à la consommation de poudres de lait infantile France, janvier-mai 2005. *AFSSA*. France, 1-19.
- Bylund G. (2000).** handbook-of-dairy-processing. Editor: Teknotext AB lustrations: Origrit AB, 20-45-60-75-87-120.
- C**
- C. Grădinar A., Creangă S. & Solcan G. (2015).** Milk – a review on its synthesis, composition, and quality assurance in dairy industry. *International Journal of the Bioflux Society*. Human & Veterinary Medicine **7**, 174-175.
- Cariolis. (2014).** Understanding The Infant Formula Value Chain. Auckland, New Zealand. PO Box, 90-509. www.coriolisresearch.com . Consulté le: 01/01/2019 à 14:30.
- Cerf O., Colin P., Denis J.B., Lailier R. & Livrelli V. (2008).** Contamination microbienne des préparations lactées en poudres destinées aux nourrissons et personnes âgées : Microbiological contamination of powdered formulae for infants and the elderly. *Affsa Agence française de sécurité sanitaire des aliments*, 18-24.
- Cheftel J.C. & Cheftel H. (1977).** Introduction à la biochimie et la technologie des aliments.
- Chouiti F. (2013).** Recherche et caractérisation des bacilles thermophiles dans le lait pasteurisé de vache et le lait recombinaison. Mémoire de master. Option: Microbiologie. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, 1-10.
- Chouraqui J.P. (2002).** Place des laits infantiles dans l'alimentation du nourrisson et de l'enfant. In: Zittoun, Goulet, Vidailhet M, Alimentation de l' enfant en situations normales et pathologiques. Doin éditeurs, 83- 92.

- Christensen H. B., Salomon A. & Kokholm G. (1991).** International pH Scales and Certification of pH, *Anal. Chem.* **63**, 885-891.
- Clavel L. (2006).** Alimentation du nourrisson. Thèse présentée pour l'obtention du titre de Docteur en Pharmacie Diplôme d'Etat. Faculté de Pharmacie de Grenoble. Université Joseph Fourier, 30-51.
- Codex Alimentarius. (1981).** Norme pour les préparations destinées aux nourrissons et les préparations données à des fins médicales spéciales aux nourrissons. Codex STAN 72 – 1981, 2-13.
- Codex Alimentarius. (1999).** Norme générale codex pour l'utilisation de termes de laiterie. 2^{ème} édition. Codex STAN, 206-1999.
- Codex Alimentarius. (2004).** Code d'usage en matière d'hygiène pour le lait et les produits laitiers.
- Codex Alimentarius. (2011).** Lait et produits laitiers. 2^{ème} édition. Codex STAN 207-1999. Rome. Italie.
- Cristina S., Mihaela-Ancuña R., E.Dumitras D., Gus C., Anamaria Jimborean M., A.Socaci S. & Laslo C. (2008).** Physico-chemical changes in whole milk powder during different storage conditions. *Bulletin UASVM Agriculture.* **65**, 400-404.
- D**
- Davies D.T. & White J.C.D. (1966).** The stability of milk protein to heat: I. Subjective measurement of heat stability of milk. *Journal of Dairy Research.* **33**, 67-81.
- Deeb M.M.A., Al Hawary I.I., Aman I.M. & Shahine M.H.A.D. (2010).** Bactériological investigation on Milk Powder in the Egyptian Market with Emphasis on its safety. *Journal Global Veterinaria.* Mansoura University. Egypt. **4**, 424-433.
- Deforges J., Derens E., Rosset R. & Serrand M. (1999).** Maîtrise de la chaîne du froid des produits laitiers réfrigérés. *Edit Cemagref.* Tec et Doc. Lavoisier, Paris. France.
- E**
- Elisabeth V. (2008).** Biosciences et technique, aliments et boissons, filière et produits. 3^{ème} édition. Welters Kluwer. France, 33.
- F**
- FAO. (2007).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. <http://www.fao.org/docrep/T4280F.htm>. Consulté le: 16/03/2019 à 9:00.
- FAO. (2008).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Département de l'agriculture. <http://www.fao.org/3/t4280f/T4280F00.htm> Consulté le : 20/02/2019 à 12:30.
- FAO. (2017).** La production laitière et les produits laitiers. http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/la-lait-et-les-produits-laitiers/lacomposition-du-lait/fr/#.WUD7fus1_IU. Consulté le : 15/03/2019 à 15:30.
- Fédération internationale de laiterie (IDF / FIL). (1995).** Bruxelles. Belgique, 34-36.
- Fernane H., Tirtouil A., Benbarek H. & Benchohra M. (2016).** Assessing compositional and sanitary quality of pasteurized milk marketed in Tiaret District. *Global Veterinaria.* Algeria. **16**, 544-549.
- Follain C. (2015).** Les laits infantiles : analyse comparative et rôle du pharmacien. Thèse pour l'obtention du diplôme de Docteur en Pharmacie. Université de Rouen, UFR de Médecine et de Pharmacie, 2-13.
- Franworth E. & Mainville I. (2010).** Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe.
- Fredot E. (2006).** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 3^{ème} édition Tec et Doc. Lavoisier. **25**, 397.

G

- Gasmalla M.A.A., E.Khadir K., Musa A., Aboshora W. & Zhao W. (2013).** Evaluation of some physicochemical parameters of three commercial milk products. *Pakistan Journal of Food Sciences*. Pakistan. **23**, 62-65.
- Gaucheron F. (2004).** Minéraux et Produits Laitiers. Tec & doc. Lavoisier. Paris, 783.
- George K. (2015).** Global infant formula : monitoring and regulating the impacts to protect human health. *Kent International Breastfeeding Journal*. Department of Political Science. University of Hawai'i. Honolulu. USA, 7.
- Ghaoues S. (2011).** Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien. Mémoire présentée pour l'obtention du diplôme de Magister en Sciences Alimentaires. Option : Technologie Alimentaire. Université Mentouri. Constantine. Algérie, 71-74-80.
- Ghozlane F., Yakhlef H. & Yaici S. (2003).** Performances de reproduction et de production laitière des bovins laitiers en Algérie. I.N.A : l'Institut National Agronomique. Département de zootechnie. EI-Harrach – Alger. **24**, 55- 67.
- Goulet O., Vidaihet M. & Turck D. (2012).** Alimentation de l'enfant en situations normale et pathologique. 2^{ème} édition. Rueil-Malmison. Editions Doin, 662.
- Goursaud J. (1985).** Composition et propriétés physico-chimiques. Edition Tec et Doc. Lavoisier. Paris.
- Guiraud J.P. & Rosec J.P. (2004).** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. Edition : AFNOR. Paris, 50.
- Guiraud J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris, 137.
- Guiraud J.P. (2003).** Microbiologie alimentaire. Tec & Doc. Edition Dunod. Paris. France, 90-140-141-142- 282- 283- 292- 391- 651.

H

- Hait Jennifer B.S. (2012).** *Staphylococcus aureus* In : Food and Drug Administration. Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins. Second Edition, 87.
- Hamadache R. & Ziani F. (2012).** Analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait UHT partiellement-écrémé VIVA Produit par l'unité Tchén-Lait/Candia. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en contrôle de qualité et analyse. Université Abderrahmane Mira. Bejaia, 5-6-7.
- Hussein E.H.M.R. (2007).** Bacterial contamination of powder milk. A MSM thesis submitted to the University of Khartoumin. Department of Microbiology, 17.

I

- Imran M., Khan H., Shah Hassan S. & Khan R. (2008).** Physicochemical characteristics of various milk samples available in Pakistan. *Journal of Zhejiang University Science B*. Pakistan. **9**, 546-551.

J

- Jean C. & Dijon C. (1993).** Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.
- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. & Brule G. (2008).** Les produits laitiers ,2^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier. France, 1-3-13-14-17.

- JORA. N° 38. (2014).** Arrêté interministériel de 22 juin 2014 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique.
- JORA. N° 44. (2017).** Arrêté interministériel de Dimanche 29 Chaoual 1438 Correspondant au 23 juillet 2017 rendant obligatoire la méthode horizontale pour la recherche des *salmonella* sp.
- JORA. N° 49. (2012).** Arrêté interministériel du 22 Chaoual 1433, correspondant au 9 septembre 2012, portant adoption du règlement technique algérien fixant les spécifications, les conditions et les modalités de présentation des préparations destinées aux nourrissons.
- JORA. N° 69. (1993).** Arrêté interministériel du 29 Safar 1414, correspondant au 18 août 1993, relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation.
- JORA. N° 35. (1998).** Arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 14 Safar 1415 correspondant au 23 juillet 1994, relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires.
- JORA. N° 39. (2017).** Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016, fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.
- JORA. N° 54. (2013).** l'arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1434 correspond au 27 octobre 2013 modifiant et complétant l'arrêté du 28 Ramadhan 1433 correspondant au 16 août rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en matière sèche dans le lait, la crème et le lait concentré non sucré.

K

- Kajal M.F.I., Wadud A., Islam M.N. & Sarma P.K. (2012).** Evaluation of some chemical parameters of powder milk available in Mymensingh town. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*. **10**, 95-100.
- Kalyankar S.D., Deshmukh M.A., Chopde S.S., Khedkar C.D., Lule V.K. & Deosarkar S.S. (2016).** Milk Powder. In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.). *The Encyclopedia of Food and Health*. Oxford : Academic Press. **3**, 724-728.
- Kantorowicz S.S. (1992).** L'allaitement artificiel vu au travers de la législation française et la directive européenne du 14 mai 1991. Thèse de médecine. Strasbourg. **2**, 286.
- Kelly A.L. & Patrick F.F. (2016).** Manufacture and properties of Dairy Powders. School of Food and Nutritional Sciences. PLH Mc Sweeney J.A.O'Mahony. *Advanced Dairy Chemistry*. New York. London, 1-27.
- Kherbouche H. (2014).** Influence d'un traitement à Ultrason sur la thermorésistance de spores de Bacilles sp. isolées de poudre de lait. Mémoire de master. Option : Microbiologie. Université Aboubekr Belkaid. Tlemcen, 4-5.
- Kiesecker F.G. & Aitken B. (1988).** An objective method for determination of heat stability of milk powders. *Australian Journal Dairy Technology*. **43**, 26-31.
- Kizi N. & Makdoud S. (2013).** Analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait cru collecté au niveau de deux régions Akbou et Sidi Aich. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Biologique. Université Abderrahmane Mira. Bejaia, 2.
- Kon S.K. (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome. F.A.O. XXI, 271.

Konte M. (1999). Le lait et les produits laitiers développement de systèmes de production intensive en Afrique de l'ouest. Université de Nouakchott. Sénégal, 5.

L

Lebres E.A & Hamza A. (2002). Cours nationale d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des laits et produits laitiers », Institut Pasteur d'Algérie. DATA non publié, 1-32.

Lebres E.A & Mouffok F. (1999). Guide pratique d'analyse microbiologiques des denrées alimentaires. Service de Bactériologie Alimentaire. Institut Pasteur d'Algérie. DATA non publié, 1-25.

Leseur R. & Melik N. (1999). Lait de consommation, Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 5, 637.

Lokombe L.A. & Mullie C. (2005). Nutrition du nourrisson et diversification alimentaire, In : Vasson M.-P., JARDEL A. Principes de nutrition pour le pharmacien Tec et Doc. Paris, 217- 238.

Lortal S. & Boudier J.F. (2011). La valorisation de la matière première lait, évolution passée et perspectives. Innovations Agronomiques. INRA, Agrocampus-Ouest, Science et Technologie du Lait et de l'Œuf, Rennes Cedex, 1-12.

Luquet F.M. (1985). Lait et produits laitiers vache, Brebis, Chèvre. Edition : Tec et doc. Lavoisier. Paris. 3.

Luquet F.M. (1990). Laits et produits laitiers vache, Brebis, Chèvre. 2^{ème} édition : Tec et Doc. Lavoisier, 3-6.

M

Mabrook M.F. & Petty M.C. (2003). Effect of composition on the electrical conductance of milk. *Journal of Food Engineering*. 60, 321-325

Mahaut M., Jeantet R., Croguennec T., Brulé G. & Schuck P. (2000). Les produits industriels laitiers. 2^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, 2-3-19-107.

Mahaut M., Jeantet R., Croguennec T., Brulé G. & Schuck P. (2003). Initiation à la technologie fromagère. 2^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, 1-22.

Mahaut M., Jeantet R., Croguennec T., Brulé G. & Schuck P. (2005). Produits fermentés et desserts lactés, dans : Les produits industriels laitiers. Chapitre2. 2^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris.

Majdi A. (2008). Stage au centre professionnel d'agroalimentaire de cité El Khadra. Institut national agronomique de Tunisie.

Majeed K.R., Al-Shatty S.M. H. & Al-Ka'abi A.A.K. (2002). Microbial examination of some imported powder milk+. *Iraqi Standards of Milk Products*. University of Basrah. Iraq, 1-5.

Mamadou D.D. (1995). Contribution de l'étude de la gestion de la qualité des produits laitiers à la SOCA proposition de mise en place d'un système d'assurance qualité. Thèse pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire. Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaire (E.I.S.M.V.). Dakar, 7.

Mathieu J. (1998). Initiation à la physico-chimie du lait. Edition technique et documentation Lavoisier. Tec et Doc. Paris.

Mazoyer M et al. (2002). Larousse Agricole. Dictionnaire encyclopédie. 4^{ème} édition Larousse. Paris, 767.

Moller S. (2000). La reconstitution du lait. Edition : INA : l'Institut National Agronomique. Paris, 36.

Morou Madougou A. (2010). Evaluation de la qualité microbiologique de deux laits de consommation commercialisés sur le marché de Niamey (Niger) : Le yaourt et le lait en poudre. Mémoire présenté et soutenu pour obtenir le diplôme de Master 2. Option : Denrées alimentaires d'Origine Animale. Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires (EISMV). Dakar. Senegal.

N

- Neville M.C. & Jensen R.G. (1995).** The physical properties of human and bovine milks in Jensen R. Handbook of milk composition-General description of milks. *Academic Press*. **82**, 919.
- NSW Food Authority. (2011).** Microbiological quality of powdered infant formula. Newington. Royaume-Uni, 1-15. www.foodauthority.nsw.gov.au . Consulté le: 09/04/2019 à 17:00.

O

- Olga R. (2013).** Some aspects of the formation of emulsions and foams in food industry. Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University. Ternopil. *Ukrainian Journal of Food Science*. Ukraine. **1**, 41-47.

P

- Panchaud L. (1924).** Le Procédé Krause pour la fabrication de la poudre de lait. Laboratoire Cantonal d'Analyses de Genève. Le Lait, INRA Editions. Suisse. **4**, 369-381.
- Parfitt E.H. (1956).** The Development of the Evaporated Milk Industry in the United States. Evaporated Milk Association. *Journal of dairy science*. Chicago. Illinois, 838-842.
- Park Y.W., Juárez M., Ramos M. & Haenlein G.F.W. (2007).** Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin, Res.* **68**, 88-113.
- Pirisi A. (1994).** Composition et coagulation du lait de brebis, 425-442.
- Pointurier H. (2003).** La gestion matière dans l'industrie laitière. Tec et Doc. Lavoisier. France, 64.
- Pougeon S. & Goursaud J. (2001).** Le lait, caractéristiques physicochimiques In Debry G., Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris. France, 566.
- Proudy I. (2009).** Cronobacter spp. (« Enterobacter sakazakii » sensu lato) : implication dans la contamination des préparations en poudre pour nourrissons et enfants en bas âge. *Canadian Journal of Microbiology*. Presses scientifiques du CNRC. Centre hospitalier universitaire, Université de Caen Basse-Normandie, avenue Côte de Nacre. France, 489-493.
- Pubert C. (2012).** Le lait de vache dans l'alimentation du nourrisson, avantages et inconvénients. Thèse pour obtenir le diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Département de Pharmacie. **16**, 50-61.

R

- Rajput I.R., Khaskheli M., Rao S., Fazlani S.A., Shah Q.A. & Khaskheli G.B. (2009).** Microbial Quality of Formulated Infant Milk Powders. *Pakistan Journal of Nutrition*. University of Agriculture, Water and Marine Sciences, Uthal Balochistan. Asian Network for Scientific Information. Pakistan. **8**, 1665-1670.
- Renard J. (2014).** A propos du lait cru. Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement du Service public de Wallonie, 12-27.
- Rezkallah S. & Mekhnache F. (2013).** Etude de l'influence de la qualité microbiologique (lait cru, poudre du lait) sur le lait pasteurisé. Mémoire de fin de cycle en vue de l'Obtention du diplôme en Master Biotechnologies, Agro Ressources, Aliment, Nutrition. Option : Industrie Laitière. Université Abderrahmane Mira. Bejaia. Algérie, 17-18-20.
- Rowan N.J. Anderson J.G. & Anderton A. (1997).** Bacteriological quality of infant milk formulae examined under a variety of preparation and storage conditions. *Journal of Food Protection*. Scotland. **60**, 1089-1094.

S

- Sabah el khier M.K. & A. Yagoub A.E.G. (2009).** Quality Assessment of Milk Powders Packed in Sudan. *Pakistan journal of nutrition*. Pakistan. **8**, 388-391.
- Sani N.A., Hartantyo S.H.P. & Forsythe S.J. (2013).** Microbiological assessment and evaluation of rehydration instructions on powdered infant formulas, follow-up formulas and infant foods in malaysia. *Journal Dairy Science*. Malaysia. **96**, 1-8.
- Scher J. (2003).** Poudres de lait : de l'élaboration à la redispersion des particules. Cahier de formulation. **10**, 199-206.
- Schuck P. (2002).** Spray drying of dairy products: state of the art. *Lait*. **82**, 375-382.
- Serra V.V., Teves S., López de Volder A., Ossorio F., Aguilar N.R.N. & Armadans M. (2013).** Comparison of the risk of microbiological contamination between samples of breast milk obtained at home and at a healthcare facility. *Archivos Argentinos de Pediatría*. **111**, 115-119.
- Sezer C., Vatansver L. Bilge N. & (2014).** The microbiological quality of infant milk and follow - on formula. *Van Veterinary Journal*. Turkey. **26**, 31-34.
- Shiamee M.A. & Najji Ajmi R. (2016).** Microbial Quality of infant formula milk powder in Baghdad City. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. **7**, 214-216.
- Sikand V., S.Tong P. & Walker J. (2010).** Heat stability of reconstituted, protein-standardized skim milk powders. *Journal Dairy Science Association*. Dairy Products Technology Center, and Department of Statistics, California Polytechnic State University, 5561-5571.
- Simard K. (2001).** Conseils sur le choix et l'utilisation des substituts du lait maternel. Thèse pour obtenir le diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université Henri Poincare. Nancy, 29.
- Soceanu A., Popescu V. & Dobrinas S. (2015).** Physico-chemical characterisation of some samples of fresh milk and milk powder. *Ovidius University Annals of Chemistry*. Romania. **26**, 57-60.
- Soustre Y., Farrokh C. & Jeantet R. (2017).** Questions sur les produits laitiers et technologie laitière. Paris. France, 2.
- Stuart M.P., Dettwyler K.A. & Fildes V. (1996).** The culture and biology of breast feeding : an historical review of western review, 1-4.

T

- Tahoun A.B.M.B. & N. Abdelfatah E. (2015).** Microbiological status of rehydrated infant formula milk powder versus expressed breast milk for Neonates. Food Control Department. Zagazig University. Egypt. *Zagazig Veterinary Journal*. **43**, 1- 9.
- Taleb, A. (2016).** Contrôle et qualité d'un lait déshydraté. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie. Option : Sciences des aliments. Université Aboubekr Belkaid. Tlemcen. Algérie, 13-14-15-28-35.
- Tchenar S. & Boumedine H. (2017).** L'allaitement maternel exclusif a 6 mois. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme de Docteur en Médecine. Université d'Abou Beker Belkaid. Tlemcen, 5.
- Thapon J.L. (2005).** Science et technologie du lait. Edition Agrocampus. Rennes, 6-38.
- Thieulin G. & Vuillaume R. (1967).** Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des oeufs-revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris, 71-73.
- Titouche Y., Hakem A., Salmi Dj., Benalia Y., Chenouf N., Chargui A., Chenouf A. & Houali K. (2016).** Assessment of microbiological quality of raw milk produced at Tizi Ouzou area (Algeria). *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. **11**, 854-860.

Références bibliographiques

- Toure O. (2001).** Contribution à l'étude de la qualité des laits secs micro conditionnés commercialisés sur le marché dakarais. Thèse : Médecine Vétérinaire. Dakar, 14.
- Tudela E., Croizé J. Lagier A & Mallaret M.R. (2008).** Surveillance microbiologique des échantillons de laits infantiles et des surfaces dans une biberonnerie hospitalière : Microbiological monitoring of milk samples and surface samples in a hospital infant formula room. *Pathologie Biologie* : 56. Elsevier Masson SAS. France, 272- 278.

V

- Veisseyre R. & Lenoir J. (1992).** Le lait, le fromage, le beurre et les produits gras de matière gras laitière : alimentation et nutrition humaine. Edition E.S.E. Paris, 8.
- Veisseyre R. (1979).** Technologie du lait : constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3^{ème} édition. Paris. La Maison Rustique, 714.
- Vierling E. (1999).** Aliment et boissons. Edition. DOIN. Paris, 11-12-15.
- Vierling E. (2003).** Aliment et boisson-Filière et produit, 2ème édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine, 11.
- Vierling E. (2008).** Aliments et boissons filières et produits. 3^{ème} édition Biosciences et techniques. Paris, 15-16.
- Vignola C. (2002).** Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. 2^{ème} édition : Presses Internationales Polytechniques. Canada, 3-75.

W

- Wargo W.F. (2016).** The History of Infant Formula: Quality, Safety, and Standard Methods. Wargo : *Journal of AOAC International*. Guest edited as a special report on “Modernization of Test Methods for the Analysis of Infant Formula and Adult Nutritionals” by Darryl Sullivan. **99**, 7-11.

Annexe I

1. Liste du matériel et réactifs utilisés dans les analyses physicochimiques

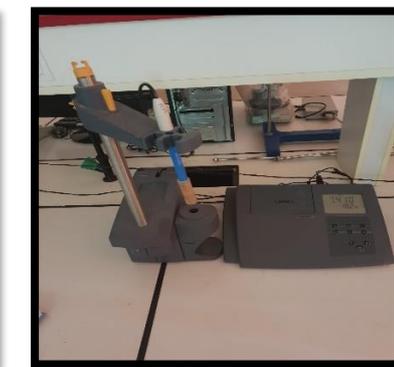
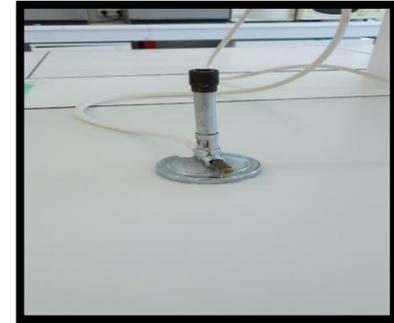
Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques	Réactifs utilisés
<input type="checkbox"/> Balance analytique. <input type="checkbox"/> Béchers. <input type="checkbox"/> Burette graduée en 0.05 ou en 0.1 ml permettant d'apprécier la demi-division. <input type="checkbox"/> Conductimètre. <input type="checkbox"/> creusets en porcelaine. <input type="checkbox"/> Eprouvette cylindrique sans bec, de hauteur apportée à celle de lactodensimètre et de diamètre supérieur de 9 mm au moins au diamètre de la carène de lactodensimètre. <input type="checkbox"/> Étuve ventilée à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. <input type="checkbox"/> Lactodensimètre. <input type="checkbox"/> pH mètre. <input type="checkbox"/> Pipette à lait de 5ml. <input type="checkbox"/> Tubes à essais <input type="checkbox"/> Viscosimètre.	<input type="checkbox"/> Eau distillée. <input type="checkbox"/> Ethanol à 80° . <input type="checkbox"/> Solution de NaOH N/9. <input type="checkbox"/> Solution de phénolphtaléine à 1% dans l'éthanol.

2. La liste du matériel et accessoires utilisés pour les analyses microbiologiques

Matériel	Référence
<input type="checkbox"/> Réfrigérateur/congélateur <input type="checkbox"/> Etuves de 28°C , 30°C , 37°C , 44°C <input type="checkbox"/> Autoclave <input type="checkbox"/> Distillateur <input type="checkbox"/> Bain marie <input type="checkbox"/> Agitateur magnétique plaque chauffante <input type="checkbox"/> Balance <input type="checkbox"/> Vortex <input type="checkbox"/> Bec Bunsen	<input type="checkbox"/> Samsung [®] , Algérie <input type="checkbox"/> Memmert (Germany) <input type="checkbox"/> SANOCLAV LaM-3-20-ECZ-J <input type="checkbox"/> GFL [®] 2008 <input type="checkbox"/> Memmert (Germany) <input type="checkbox"/> AGIMATIC-E <input type="checkbox"/> KERN KB <input type="checkbox"/> Fisher Scientific FB 15024 <input type="checkbox"/> /

<input type="checkbox"/> Compteur de colonies <input type="checkbox"/> Micropipette <input type="checkbox"/> Agitateur mécanique	<input type="checkbox"/> J.P.SELECTA (Spain) <input type="checkbox"/> sCILOGEX 100-1000 µl <input type="checkbox"/> Edmund Bühler GmbH™ KS-15
--	---

Accessoires	Verrerie	Sels et tampons
Anse de platine	Bechers	NaCl
Barreau magnétique	Entonnoirs	
Boîtes de pétri	Eprouvettes	
Ciseau	Erlenmeyers	
Gants stérilisés	Fioles jaugé	
Papier aluminium, Papier cellophane	Flacon de verre de 500 et 250 ml	
Papier buvard	Flacon pour milieu de culture	
Papier Joseph	Pipettes graduées	
Pince	Pipettes Pasteur	
Pissette	Tubes à essais en verre de 25 ml	
Poire		
Portoir		
Ruban de parafilm		
Sacs en plastique stérilisés		
Scotch		
Spatule stérile		



*Annexe II***Milieux de cultures :**❖ **Chapman**

Tryptone-----	5g	
Extrait de viande -----	1g	
Extrait de levure-- -----	3g	pH 7,4
Peptone-----	10g	Autoclave à 121°C /15min
Mannitol-----	10g	
Chlorure de sodium-----	75g	
Rouge neutre-----	50mg	
Agar-----	11à18g	

❖ **Eau physiologique**

Chlorure de sodium (NaCl) -----	9g	pH 7,4
Eau distillée -----	1litre	Autoclave à 121°C/15min

❖ **Eau peptonée**

Sodium Glycérophosphate.....	19,0g	
Peptone de soja.....	5,0g	
Extrait de viande.....	5,0g	
Lactose.....	5,0g	
Peptone de viande.....	2,5g	pH 7,2
Peptone de caséine.....	2,5g	Répartir en tubes à essai
Extrait de levure.....	2,5g	Autoclave à 121°C/15min
Acide ascorbique.....	0,5g	
Sulfate de magnésium.....	0,25g	

❖ **Eau peptonnée sels**

Peptone de caséine.....	1g	pH 7,2
Chlorure de sodium.....	8g	Répartir en tubes à essai
Eau distillée.....	1000ml	Autoclave à 121°C/15min

❖ Giolitti Cantoni

(milieu d'enrichissement pour *Staphylococcus aureus*)

Peptone de caséine -----	10g	
Extrait de viande -----	5g	pH 6, 9
Extrait de levure -----	5g	Répartir en tubes à essai
Chlorure de sodium -----	5g	autoclave à 121°C /15min
Pyruvate de sodium -----	3g	

❖ EVA Litsky (bouillon à azide et à l'ethyl-violet)

Peptone -----	20g	pH 7
Glucose -----	5g	Répartir en tubes à essai
Chlorure de sodium -----	5g	Autoclave à 121°C /15 min
Phosphate bi potassique -----	2,7g	
Phosphate mono potassique ----	5,7g	
Azide de sodium -----	0,2g	

❖ PCA: Plate Count Agar

Tryptone -----	5g	pH 7
Extrait de levure -----	2,5g	Autoclave à 121°C /15 min
Glucose -----	1g	
Agar -----	18g	
Eau distillée -----	1000 ml	

❖ Rothe (bouillon) (S /C : Simple Concentration)

Peptone -----	20g	pH 7
Glucose -----	5g	Répartir en tubes à essai
Chlorure de sodium -----	5g	Autoclave à 121°C/15min
Phosphate bi potassique -----	2,7g	
Phosphate mono potassique -----	2,7g	
Azide de sodium -----	0,2g	

Ce milieu peut être préparé à double concentration en multipliant les valeurs ci-dessus.

❖ **Viande –Foie**

Peptone viande-foie -----	30g	pH 7
Glucose -----	2g	Répartir en tubes à essai
Amidon soluble-----	2g	Autoclave à 121°C/ 15 min
Sulfite de sodium-----	02,5g	
Citrate de fer ammoniacal-----	0,5g	
Agar-----	11g	

❖ **VRBG**

(Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre)

Peptone -----	7g	pH 7,4
Extrait de levure -----	5g	Répartir en tubes à essai
Sel biliaire -----	1,5g	Autoclave à 121°C/15min
Glucose -----	10g	
Chlorure de sodium -----	5g	
Rouge neutre -----	0,03g	
Cristal violet -----	0,002g	
Agar -----	18g	

❖ **Gélose Sabouraud**

Peptone.....	10g	pH 5,4
Glucose.....	20g	Autoclave à 15min à 121°C
Gélose.....	20g	

❖ **Hektoen**

Peptone pepsique de viande.....	12,0g	
Extrait autolytique de levure.....	3,0g	
Lactose.....	12,0 g	pH 7,6
Saccharose.....	12,0g	Autoclave à 15min à 121°C
Salicine.....	2,0g	
Sels biliaires.....	9,0g	
Chlorure de sodium... ..	5,0g	

Triosulfate de sodium...5,0g
Citrate ferrique ammoniacal.....1,5g
Bleu de bromothymol.....65mg
Fuchsine acide.....40mg
Agar agar bactériologique.....13,5g

❖ **Bouillon SFB**

Tryptone.....5,0 g
Lactose4,0 g
Phosphate disodique10,0 g
Hydrogénosélénite de sodium.....4,0 g
L-cystine.....10,0 mg
Eau distillée.....1000ml

pH 7,0

Répartir en tubes à essai

Autoclave à 121°C/ 15 min

Annexe III

Tableau I: Comparaison entre le lait de vache et le lait humain (Amiot et al., 2002).

Nutriment	Lait de vache (100g)	Lait de femme (100g)
Protéines (g)	3,3	1,0
Caséines	2,7 (82%)	0,6 (60%)
Protéines solubles	0,6 (18%)	0,4 (40%)
Lipides	3,3	4,4
Lactose	4,7	6,9
Minéraux (mg)		
Calcium	119	32
Phosphore	93	14
Magnésium	13	3
Potassium	152	51

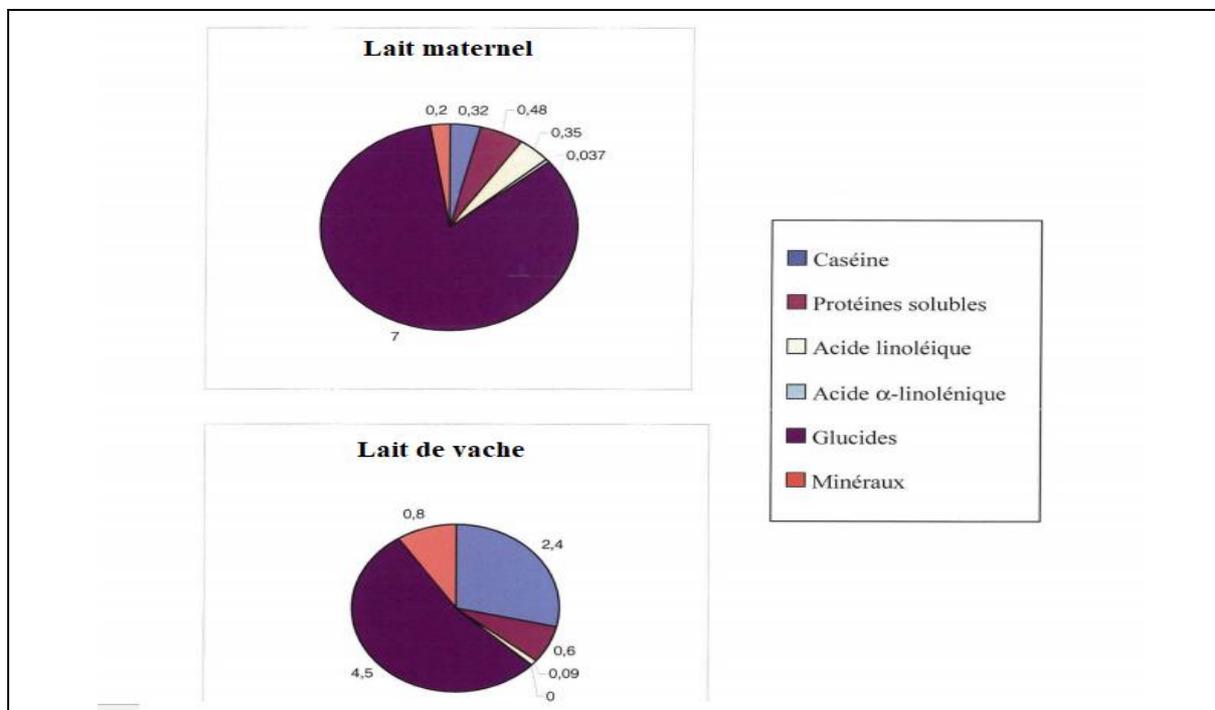


Figure 1 : Comparaison entre le lait maternel et le lait de vache (Chouraqui, 2002).

Tableau II : Facteurs essentiels de composition et de qualité des préparations destinées aux nourrissons (J.O N°49, 2012).

Unité	Minimum	Maximum	Limite indicative maximale (LIM)
Protéines			
g/100 k cal	1,8(1)	3,0	-
g/100 kj	0,45(1)	0,7	-
Lipides			
. lipides totaux			
g/100 k cal	4,4	6,0	-
g/100 kj	1,05	1,4	-
. acide linoléique			
mg/100 k cal	300	-	1400
mg/100 kj	70	-	330
. -acide linoléique			
mg/100 k cal	50	non spécifiée	-
mg/100 kj	12	non spécifiée	-
. rapport acide linoléique / -acide linoléique	5 : 1	15 : 1	
Glucides			
. Glucides totaux			
g/100 k cal	9,0	14,0	-
g/100 kj	2,2	3,3	-

LIM : ces limites sont calculées en fonction des besoins nutritionnels des nourrissons et d'une utilisation sans danger. L'objectif de ces limites est de fournir des orientations aux fabricants et elles ne doivent pas être interprétées comme des valeurs cibles.

(1) Les valeurs minimales s'appliquent aux protéines de vache. D'autres valeurs minimales devront éventuellement être appliquées pour les préparations pour nourrissons à base de protéines de laits autres que celui de vache.

Pour les préparations à base d'isolat de protéines de soja, il faut appliquer une valeur minimale de 2,25 g/100 k cal (0,5 g/100 KJ).

Tableau III : Composition moyenne du lait de différentes espèces (Vignola, 2002).

Espèces	Eaux/ (%)	M.G (%)	Prt (%)	Glucides (%)	Minéraux (%)
Vache	87.5	03.7	03.2	04.6	0.8
Chèvre	87.0	03.8	02.9	04.4	0.9
Brebis	81.5	07.4	05.3	04.8	1.0
Chamelle	87.6	05.4	03.0	03.3	0.7
Jument	88.9	01.9	02.5	06.2	0.5
L.humain	87.1	04.5	03.6	07.1	0.2

Tableau IV : Teneurs en protides, lipides, glucides et minéraux de différents laits (Tchenar et Boumedine, 2017).

Composant	Colostrum	Lait transitoire	Lait mature	Lait de vache	Lait humanisé
Calories	570	630	650-700	670-700	670
Protides	23g/l	16g/l	12g/l	35g/l	17g/l
Caséine	20g/l	05g/l	04g/l	25 à 30g/l	06g/l
Glucides	55g/l	70g/l	75g/l	50g/l	70g/l
Lactose	50g/l	64g/l	70g/l	47g/l	70g/l
Lipides	30g/l	35g/l	40g/l	35g/l	36g/l
AG essentiels	03g/l		02g/l	01g/l	02g/l
AGI	50%	50%	50%	30%	50%
AGS	50%	50%	50%	70%	50%
VitA			2200UI	2000UI	
VitD			100UI	100UI	
VitC			50mg	10mg	

Annexe IV

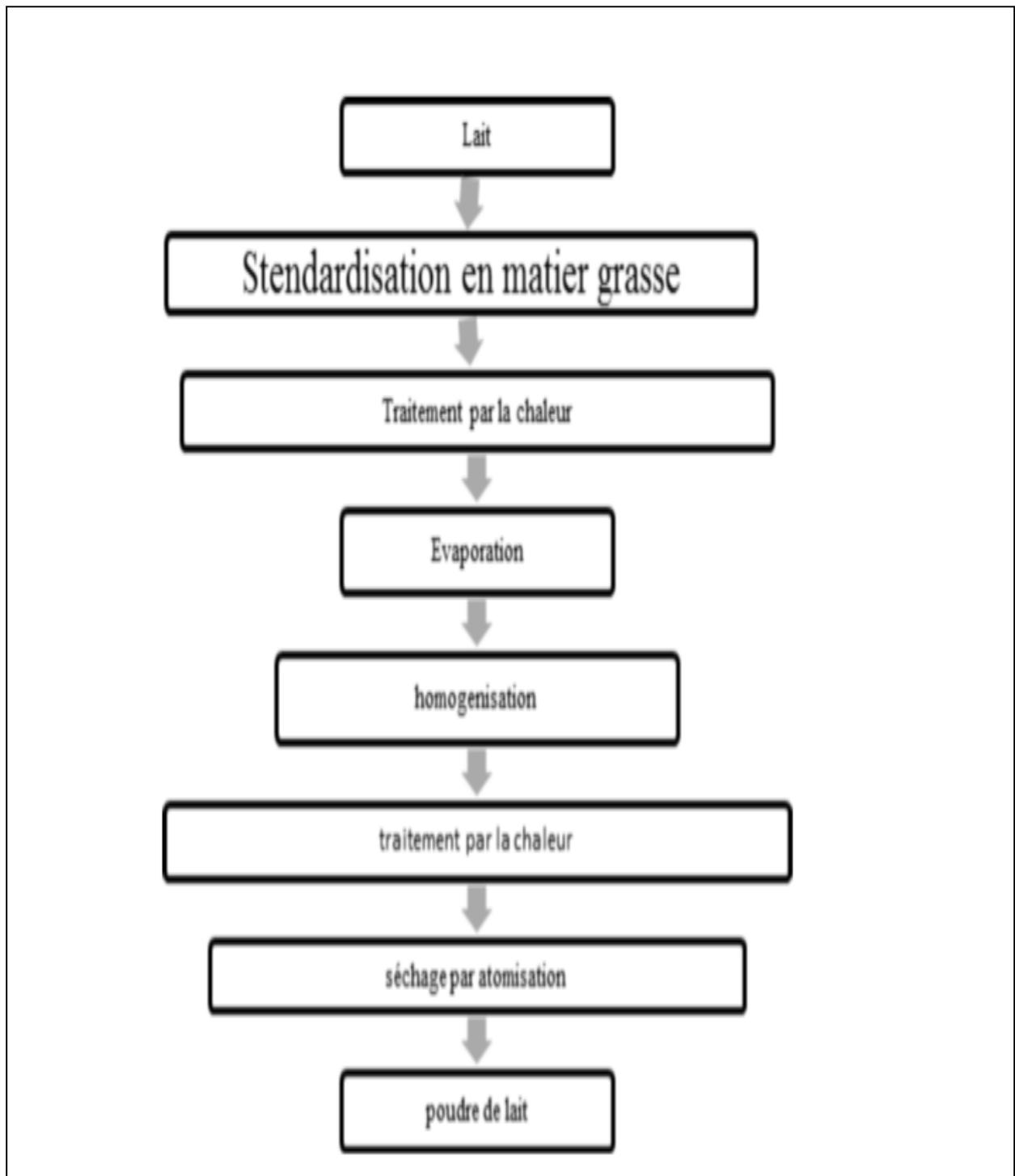


Figure 2 : Diagramme de fabrication de lait en poudre (Toure, 2001).