

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2018

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biotechnologie microbienne

Présenté par :

BOUDRAA Hadjila & HAMMADACHE Drifa

Thème

*Contribution à l'étude de la pasteurisation du lait cru par
méthode conventionnelle (bain Marie) et méthode non
conventionnelle (micro-ondes).*

Soutenu le : 01 / 07 / 2018

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme IDIR Thiziri</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme MESSAD Sara</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>Mme LEZZOUM Sara</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>

Année Universitaire : 2017/2018

Remerciements

Nous rendons grâce à Allah, le Clément, le tout Miséricordieux, pour la chance qui nous somme donnée pour poursuivre nos études supérieures, et pour le courage qu'Il a donné pour nous pour bien mener ce travail. Gloire à Allah.

Nous exprimons toute notre gratitude aux membres de jury :

Mme IDIR Thiziri pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury.

Mme LEZZOUM Sara pour avoir accepté d'examiner ce travail et Nous exprimons toute notre gratitude et nos vifs remerciements à notre encadreur Mme MESSAD Sara qui nous a honorés en acceptant de diriger ce travail, pour ses conseils, sa disponibilité et ses encouragements.

Nous tenons à remercier toute l'équipe de laboratoire de BBBS en particulier Mr MADANI Khodir de nous avoir bien accueillis et pour avoir mis à notre disposition le matériel et les moyens nécessaires à la réalisation de notre travail

A Mme BENFEDALA Saadia qui nous a guidés tout au long de notre stage.

En bref, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

En premier lieu à la mémoire de mon père, qu'il repose en paix, que dieu l'accueille en son vaste paradis, qui m'a laissé un immense vide, que rien Ne pourrait le remplacer. Papa même si t'es pas là mais ton existence est éternel dans mon cœur ;

A la prunelle de mes yeux, à celle qui a guidé mes pas La source de tous mes espoirs Je te dis quel plaisir de rentrer chez soi chaque soir.

A toi maman chérie

A ma chère sœur et son marie

A mon frère et sa femme

A mon binôme que j'aime avec la quelle j'ai partagé mes plus bon moment

A mes très très chères amies, copines et sœurs et à celle que j'ai partagé mes plus bons moments de mon cursus universitaire

A toute ma famille, à toute mes cousins et cousines de plus petit au plus grand

Drifa

Dédicaces

A ma chères parents Mohamed et Taklit

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être ;

Que dieu leurs accorde une longue vie.

A mes chères sœurs Ftima ; Nadia et Linda.

A mes frères chacun a son nom et leurs épouses ainsi leurs enfants ;

A la mémoire de mon oncle Saïd et ma tante Aouda, que dieu les accueillent dans son vaste paradis ;

Aux très chères petits : Moh saïd ; Amine ; Alaa ; Adem et Ayoub

A toute la famille BOUDRAA

A mon binôme et fidèle amie Drifa

Tous mes chères amis et surtout: Nassima, Samiha ; Fatima, Hayet, Djegjigua, Tinhinane ; Samir et Khalil

A toutes la promotion biotechnologie microbienne (2017/2018);

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

*A tous ceux qui connaissent **Hadjila***

Liste des abréviations

AFNOR: Association française de la normalisation.

C°: Degré Celsius.

D°: Degré Dornic.

FAO: Food and Agriculture Organization.

FTAM: Flore aérobie mésophile totale.

GHz : Giga hertz.

h: heure.

J: jour.

JORA: journal officiel de la république Algérienne.

L3BS: Laboratoire de biomathématique ; biophysique et scientométrie.

MGLA : Matières Grasses Laitières Anhydre.

MHz : Méga hertz.

Min: minute.

ml: Millilitre.

N : le nombre restant de la charge microbienne

NaCl: Chlorure de sodium.

NaOH: Hydroxyde de sodium.

nm : Nanomètre.

PCA: Plate Count Agar.

pH: Potentiel Hydrométrique.

S: Seconde.

T: Température.

UHT: Ultra haute température.

Liste des abréviations

V: volume de la chute de la burette.

W: Watt.

Tableau 01	Composition moyenne du lait de différentes espèces animales.	3
Tableau02	composition en lipides de lait de vache .	4
Tableau03	Les principales protéines du lait de vache.	5
Tableau04	Constituants salins majeurs du lait.	5
Tableau 05	La composition moyenne du lait de vache en vitamines.	6
Tableau06	Caractéristiques physico-chimiques du lait.	7
Tableau07	La flore du lait cru.	10
Tableau08	Avantages et inconvénients de la pasteurisation.	13
Tableau09	La durée de conservation du lait en fonction des traitements thermiques.	14
Tableau10	Durées d'application micro-ondes et températures de sortie de lait.	33
Tableau11	Résultats d'analyses physicochimiques du lait cru.	36
Tableau12	Résultats de dénombrement de FTAM du lait cru.	38
Tableau13	Réduction de charge de la FTAM après traitement assisté par bain Marie.	39
Tableau 14	Réduction de la charge de FTAM du lait après traitement assisté par micro-ondes.	41
Tableau 15	Résultats de dénombrement de la FTAM après conservation du lait.	44

Figure 1. Les bactéries lactiques .	08
Figure 2. Différentes genres de moisissures .	09
Figure 3. Les différentes bactéries infectieuses .	09
Figure 4 : Diagramme de fabrication du lait pasteurisé.	13
Figure 5. Spectre électromagnétique.	17
Figure 6. Schéma d'un four micro-ondes.	18
Figure 7: Suivi de pasteurisation du lait cru par <i>bain Marie</i> et <i>micro-ondes</i> .	23
Figure 8 .Mesure de l'acidité titrable.	26
Figure 9. Les dilutions décimales préparées à partir du lait cru.	28
Figure 10. Schéma de la préparation des dilutions décimales.	28
Figure 11. Dénombrement de la FTAM.	29
Figure 12. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.	30
Figure 13. Pasteurisation du lait au bain Marie.	32
Figure 15. Dénombrement de la FTAM du lait conservé.	35
Figure 16. Résultats des analyses physicochimiques du lait cru	36
Figure 17. Variation de la FTAM pour les différents échantillons du lait cru.	38
Figure 18 : représentation graphique de la réduction de la FTAM du lait traité au bain Marie.	39
Figure 19. Taux de réduction de la FTAM dans le lait traité par bain Marie à différents temps.	40
Figure 20. La réduction de la FTAM du lait traité par micro-ondes par rapport à la charge initiale. (t_0 correspond à la charge initial de la FTAM de lait cru : 292×10^4 ufc/ml).	41
Figure 21. Taux de réduction de la FTAM dans le lait traité par micro-ondes à 900w à différents temps.	41

- Figure 22.** Taux de réduction de la FTAM dans le lait traité par micro-ondes à 600w
à différents temps. 42
- Figure 22.** Résultats de dénombrement de la FTAM du lait après conservation. 44

Liste d'abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Table des matières

Introduction.....01

Chapitre I : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Le lait	03
I. 1. Définitions du lait.....	03
I. 2. Définition réglementaire du lait	03
I.3. Composition du lait	04
I. 3. 1. L'eau.....	04
I. 3. 2. Les glucides	04
I. 3. 3. Les lipides	04
I. 3. 4. Les protéines	04
I. 3. 4. 1. Les caséines.....	04
I. 3. 4. 2. Les protéines de sérum.....	04
I. 5. Les minéraux	05
I. 6. Les vitamines	06
I. 7. Les enzymes	06
II. Caractéristiques physico-chimiques du lait.....	07
III. Microbiologie du lait	07
III. 1. Flore originelle	07
III. 2. Flore de contamination.....	08
III. 2. 1. La flore d'altération	08
III. 2. 2. La flore pathogène.....	08
III. 2. 2. 1. Les bactéries infectieuses	09
III. 2. 2. 2. Bactéries toxigènes.....	10

IV. Le traitement thermique du lait cru

VI. 1. Historique	11
IV. 2. Traitement thermique du lait	11
IV. 2. 1. Stérilisation :	11
IV. 2. 1. 1. La stérilisation simple	11
VI. 2. 1. 2. La stérilisation U.H.T.	12
IV. 2. 2. La pasteurisation	12
IV. 2. 1. Définition de la pasteurisation	12
IV. 2. 2. Fabrication du lait pasteurisé	12
IV. 3. Effet de la pasteurisation sur la qualité du lait	13
IV. 4. Conservation du lait pasteurisé	14

V. Le micro-ondes

V. 1. Histoire de la découverte	15
V. 2. Définition des micro-ondes	16
V. 3. Principe du fonctionnement	18
V. 4. Avantages du chauffage par micro-ondes	18
V. 5. Applications industrielles du chauffage par micro-ondes	19
V. 6. Effet du chauffage aux micro-ondes sur le lait	19

CHAPITRE II : PARTIE EXPERIMENTALE

I. Matériel et méthodes	21
I. 1. Matériel	21
I. 1. 1. Appareillage et consommable	22
I. 1. 2. Milieux de culture et réactifs	22
I. 2. Méthodes	22
I. 2. 1. Echantillonnage	24
I. 2. 2. Analyses physicochimique du lait cru	24
I. 2. 2. 1. Détermination de la température	24
I. 2. 2. 2. Détermination du pH	24
I. 2. 2. 3. Détermination de l'acidité titrable	25
I. 2. 2. 4. Détermination de la densité	25
I. 2. 3. Analyses microbiologiques	26
I. 2. 3. 1. Dénombrement de FTAM de lait cru	27

I. 2. 3. 2. Principe de dénombrement des FTAM	28
II. Suivie de la flore totale après traitement	31
II. 1. Traitement du lait au bain Marie.....	31
II. 2. Traitement par micro-ondes	32
II. 2. 1. Les historiques thermique.....	32
II. 2. 2. Traitement du lait à différentes puissances.....	33
III. Suivie de la flore totale après conservation.....	34

Résultats et discussion

I. Analyses physico-chimiques.....	36
I. 1. La mesure de la température	37
I. 2. La mesure de ph et de l'acidité titrable.....	37
I. 3. La densité.....	37
II. Résultats des analyses microbiologiques du lait cru.....	38
II. 1. Dénombrement de la flore totale aérobic mésophile du lait cru	38
II. 2. Traitement traité par bain Marie	39
II. 3. Traitement traité par micro-ondes	40
III. Résultats du dénombrement de FTAM après la conservation du lait	44
IV-Comparaison entre traitement traité par micro-ondes et traitement traité par bain Marie	45

Conclusion et perspectives

Références bibliographique

Résumé

Le lait est un aliment très nutritif qui peut être obtenu à partir d'une variété de sources animales, telles que les vaches, les chèvres et les moutons, ainsi que les humains, pour la consommation humaine (FERNANE, 2017).

En Algérie, le lait est considéré comme un produit de base dans la consommation où il occupe une place importante dans la ration alimentaire de la population. Avec une consommation moyenne de 110 litres par habitant et par an, estimée à 115 litres en 2010 (FAO, 2007).

En raison de la richesse du lait en nutriments, il constitue un excellent milieu de développement pour les microorganismes, provoquant des transformations nuisibles à la qualité des produits par dégradation de leurs constituants (protéines, lipides, lactose) et libération des composés indésirables (VEISSEYRE, 1975).

Les traitements thermiques sont, de nos jours, les principaux moyens utilisés pour la décontamination bactérienne, où une charge thermique suffisamment élevée est appliquée pour détruire les micro-organismes et les enzymes retrouvées dans le lait, afin d'assainir sa qualité et prolonger sa durée de vie. Cependant, au cours des traitements thermiques du lait, certains composants peuvent subir des modifications indésirables, nuisibles à la qualité organoleptique et nutritionnelle, d'où il est important qu'un contrôle rigoureux de la qualité physico-chimique et bactériologique du lait soit instauré (OULD MUSTAPHA, 2012).

Aujourd'hui et avec la demande croissante des consommateurs pour des produits plus naturels et ressemblant le plus possible aux produits frais, les efforts vont dans le sens d'une amélioration des propriétés organoleptiques du produit tout en assurant une bonne salubrité de celui-ci. Les technologies développées depuis quelques années se sont donc axées sur des procédés thermiques induisant une montée rapide en température (UHT). Les procédés basés sur un rayonnement électromagnétique (micro-ondes, hautes fréquences, infrarouge,...) paraissent être de bonnes alternatives aux traitements thermiques conventionnelles (HANNA, 2008).

Depuis leurs découvertes en 1930, les micro-ondes utilisées par les systèmes de télécommunication n'ont cessé de se développer jusqu'à donner naissance à un appareil électroménager moderne et sophistiqué : le four à micro-ondes. Le succès du four domestique auprès du grand public a largement précédé le développement industriel des micro-ondes. Les technologies micro-ondes ont été réellement transposées au niveau industriel à partir de 1986 avec le développement de la chimie de laboratoire assistée par micro-ondes (CURET, 2008).

Les applications des micro-ondes sont aussi très variées dans le domaine de l'agroalimentaire. L'avantage majeur de cette technologie est de réduire de manière

significative les temps de traitement durant différents procédés du type décongélation, cuisson, séchage de produits (HANNA, 2008).

De nombreuses études montrent que les micro-ondes peuvent présenter divers intérêts dans ces procédés. De même quelques travaux font état de l'utilisation des micro-ondes pour le chauffage de produits agroalimentaires avec de bons résultats sur la qualité hygiénique et nutritionnelle (GUNDAVARAPU, 1995).

Il apparaît donc, que les micro-ondes peuvent donner des résultats satisfaisants en décontamination de produits agroalimentaires. Ce qui a fait l'objectif initial de notre travail qui est l'étude l'impact d'un traitement micro-ondes sur la qualité microbiologique (la destruction de FTAM) du lait cru de vache en la comparant à une méthode de traitement conventionnelle réalisé au bain marie .

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude réalisée au sein du laboratoire de biomathématique, biophysique, biochimie et scientométrie à l'université de Bejaïa. Ce mémoire est réparti en deux parties :

- Une synthèse bibliographique englobant des généralités sur le lait dans un premier chapitre. Le deuxième chapitre décrit les techniques de traitement thermique conventionnelle appliqué sur le lait, dont la stérilisation et la pasteurisation, leurs avantages et leurs inconvénients. Ainsi le troisième chapitre englobe la technologie innovante du traitement thermique ; le microonde ; sa définition ; son principe ; ses avantages et ses applications en industrie laitière.
- La deuxième partie a été consacrée pour l'étude expérimentale dans laquelle le matériel, les techniques utilisées pour le traitement thermique et l'appréciation de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait collecté, sont décrits et les résultats obtenus sont représentés et discutés.

Le lait est un composant majeur de notre diète quotidienne ; il occupe une place stratégique dans notre alimentation et constitue une source importante équilibrée en nutriments de base (protéines, glucides et lipides), en vitamines et en minéraux, notamment en calcium alimentaire (Fernane, 2017).

I. Le lait

I. 1. Définition du lait

Le lait a été défini par le **congrès international de la répression des fraudes** en 1908 étant : «le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne contenir de *colostrum* » (Alais, 1975).

I. 2. Définition réglementaire du lait

Selon l'**arrêté interministériel du journal officiel de la république algérienne (JORA, 1998)** : « La dénomination -lait- est réservée exclusivement aux produits de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique».

I. 3. Composition du lait

Le lait, proche du plasma sanguin, est un sérum comportant une émulsion de matière grasse, une suspension de matière protéique caséuse, du lactose, des sels et minéraux, des protéines solubles et des traces d'éléments divers

La composition du lait varie d'une espèce animale à une autre, sa composition générale est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1.Composition moyenne du lait de différentes espèces animales (Vignola, 2002).

Animaux	Eau %	Matière grasse %	Protéines %	Glucides %	Minéraux %
Vache	87.5	3.7	3.2	4.6	0.8
Chèvre	87.0	3.8	2.9	4.4	0.9
Brebis	81.5	7.4	5.3	4.8	1.0
Chamelle	87.6	5.4	3.0	3.3	0.7
Jument	88.6	1.9	2.5	6.2	0.5

I. 3. 1. L'eau

L'eau est le constituant majeur du lait. Elle représente environ le 9/10^{ème} de la composition totale du lait (Veisseyer, 1979).

I. 3. 2. Les glucides

Les glucides sont les constituants les plus importants après l'eau. Ils représentent 38% de la matière sèche du lait (Perreau, 2014). Le lactose est le sucre principal du lait; sa teneur moyenne est de 50g par litre. C'est un disaccharide constitué d'une unité d'une unité galactose et d'une unité glucose (Luquet, 1985).

I. 3. 3. Les lipides

La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides, phospholipides et une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de β -carotène (Filq, 2002). Le tableau 02 résume la constitution en matière grasse du lait de vache.

Tableau 2. Composition en lipides de lait de vache (Chilliarf, 1996).

Lipides	Composition(%)
Triglycérides	98
Glycérides partielles	0.5
Cholestérol	0.3
PHospholipides	0.9
Acides gras libres	0.4

I. 3. 4. Les protéines

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes. Le lait contient en moyenne 3.5 % de protéines.

Les principales protéines du lait sont :

I. 3. 4. 1. Les caséines (α -S1B, α -S2A, β -A2, κ) : Elles se présentent sous forme de molécules agrégées liées à du phosphate de calcium, les micelles

I. 3. 4. 2. Les protéines de sérum (bêta-lactoglobuline, α Ha-lactalbumine) : Elles se retrouvent sous forme d'une solution colloïdale et qui précipitent sous l'action de la chaleur. (Amiot *et al.*, 2002).

Le tableau 3 représente les principales protéines du lait de vache.

Tableau 3. Les principales protéines du lait de vache (**Amiot *et al.*, 2002**).

Constituants majeurs	Composition (%)	Caractéristiques
Caséines	80	Principalement : α s1 , α s2 , β et k
Protéines du sérum	20	Les deux principales sont la β -lactoglobuline et α -lactalbumine
Substances azotées non protéiques	1.2	Principalement : protéase,peptone.

I.5 . Les minéraux

La teneur en sel minéraux dans le lait est de 0,5% (**Perreau, 2014**). Les sels minéraux jouent un rôle très important dans le fonctionnement de l'organisme (ils sont impliqués dans des mécanismes physiologiques tels que la régulation du système nerveux et la régulation enzymatique. (**Brule, 1987**).

Le lait contient tous les éléments minéraux indispensables à l'organisme. Il est riche en phosphore (90 mg /ml), calcium (125 mg/100 ml), sodium (50 mg/100 ml), potassium en moyenne de 150 mg /100 ml ainsi que du magnésium et du chlore qui sont des macroéléments. Il contient aussi des petites quantités du soufre et du fer. (**Apfelbaum *et al.*, 2004**).

Les principaux constituants salins présents dans le lait sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4. Constituants salins majeurs du lait (**Adrian *et al.*, 1995**).

Constituants	Teneur moyenne (g/l)
Calcium	1.25
Phosphore	0.95
Magnésium	0.13
Sodium	0.50
Potassium	1.50
Acide citrique	1.75

I. 6. Les vitamines

Les vitamines sont des molécules complexes de faible taille et de structure très variées qui jouent un rôle de coenzymes. Le lait a d'assez fortes teneurs en vitamines qu'on peut classées en deux grandes catégories :

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

Les principales vitamines du lait sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5. La composition moyenne du lait de vache en vitamines (**Charles et al., 2005**).

Vitamines	Composition
Hydrosolubles :	
A	40 µg/100ml
D	2.4 µg /100ml
E	100 µg /100ml
K	5 µg /100ml
Liposolubles :	
B6, B1	50.45mg/100ml
B2	175 µg/100ml

I. 7. Les enzymes

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Le lait contient trois groupes principales d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases (**Vignola, 2002**). Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes (**Pougheon, 2001**).

II. Caractéristiques physico-chimiques du lait

Le lait est un liquide blanc mat, légèrement visqueux, sa composition et ses caractéristiques physico-chimiques varient selon les espèces animales, les races, la période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite (Gauraud, 1985).

Les principaux caractères physico-chimiques du lait sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6. Caractéristiques physico-chimiques du lait (Veisseyrer, 1975).

Caractéristiques du lait	Valeurs
Densité a 15C°	1030-1034
Point de congélation	-0.55C°
pH	6.6-6.8
Acidité	16 à 18°D
Indice de réfraction à 20C°	1.35
Eau	900-910g

III. Microbiologie du lait

Vu sa richesse en divers nutriments et ses propriétés physico-chimique et surtout son PH proche de neutralité, le lait constitue un substrat très favorable au développement des microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries qui se reproduisent rapidement ce qui fait du lait un aliment très fragile et diminue sa durée de vie (GOSTA, 1995).

Selon leur importance, les microorganismes du lait peuvent être subdivisés en deux grandes classes: La flore indigène et la flore de contamination. La flore de contamination à son tour est subdivisée en deux sous classe : la flore d'altération et la flore pathogène (Vignola, 2002).

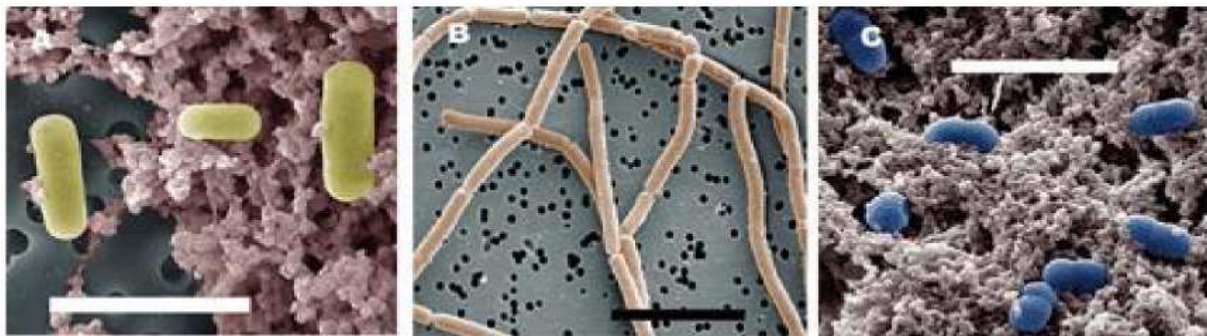
III. 1. La flore originelle

La flore originelle se définit comme l'ensemble des microorganismes qui se retrouve dans le lait à la sortie du pis. Le lait contient relativement peu de microorganisme quand il est

sécrété dans les bonnes conditions d'hygiène à partir d'un animal en bonne santé (moins de 5000 germes/ml et au moins 01 coliforme/ml) (Vignola, 2002).

Ces germes ne présentent pas de danger sanitaire mais peuvent se développer abondamment dans le lait. Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores (figure1): microcoques, streptocoques lactiques et lactobacilles (Larpen, 1997).

Le lait cru contient des substances inhibitrices appelées «Lacténines» qui le protègent contre les bactéries, mais leur action est de très courte durée (environ 1 heure) (Guiraud, 2003).



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

Figure 1. Les bactéries lactiques (Prescott *et al.*, 2010).

III. 2. La flore de contamination

Cette flore est l'ensemble des microorganismes contaminant le lait, de la récolte jusqu'à la consommation.

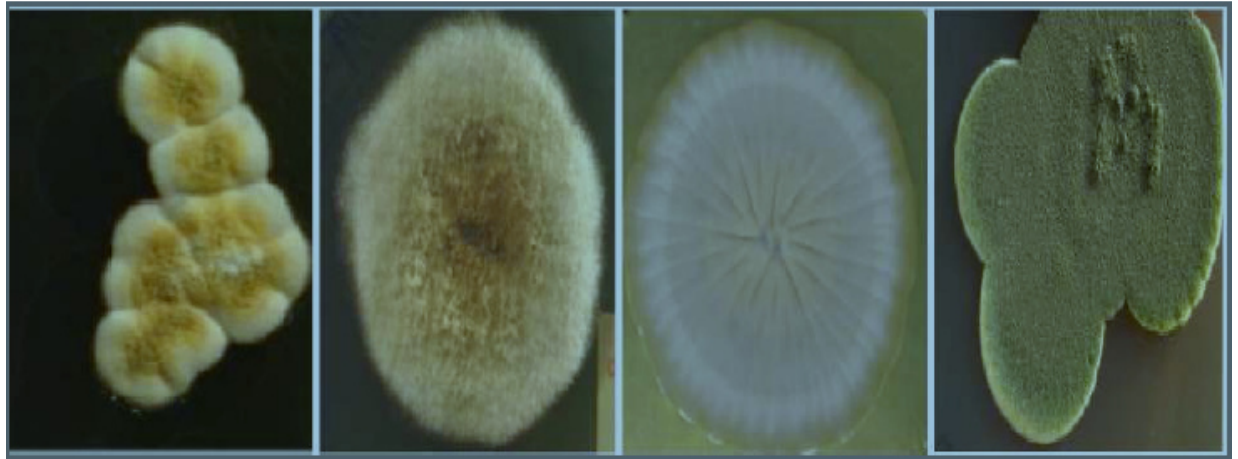
Le lait se contamine par des microbes d'origines diverses : Fèces et téguments de l'animal : sol, litière et aliments, air et eau, équipements de traite et de stockage du lait, manipulateurs et vecteurs divers (insectes, rongeurs...) (Guiraud, 1998).

III. 2. 1. La flore d'altération

La flore d'altération peut causer des défauts sensoriels de goût, d'arôme, d'apparence ou de texture et réduira la vie du produit laitier.

Les principaux genres responsables d'altération sont ; les coliformes, et certains levures et moisissures (Vignola, 2002).

La figure 2 représente les différents genres de moisissures altérant le lait.



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

Figure 2. Différentes genres de moisissures (Labrie, 2012).

La contamination du lait et des produits laitiers par la flore pathogène peut être d'origine endogène (excrétion mammaire de l'animal malade) ; ou d'origine exogène, il s'agit alors d'un contact direct avec des troupeaux infectés ; ou d'un apport de l'environnement (eaux) ou bien liées à l'homme (Brisabois *et al.*, 1997). Parmi ces germes on cite:

III. 2. 2. 1. Les bactéries infectieuses

Leur ingestion dérègle le système digestif et déclenche des symptômes de toxoinfection alimentaire divers, tels que la diarrhée, les vomissements, les maux de tête...etc.

Les principaux micro-organismes infectieux sont *Salmonella*, *Listeria*, *E.coli* et *campylobacter* (figure 3) (Prescott *et al.* 2010).

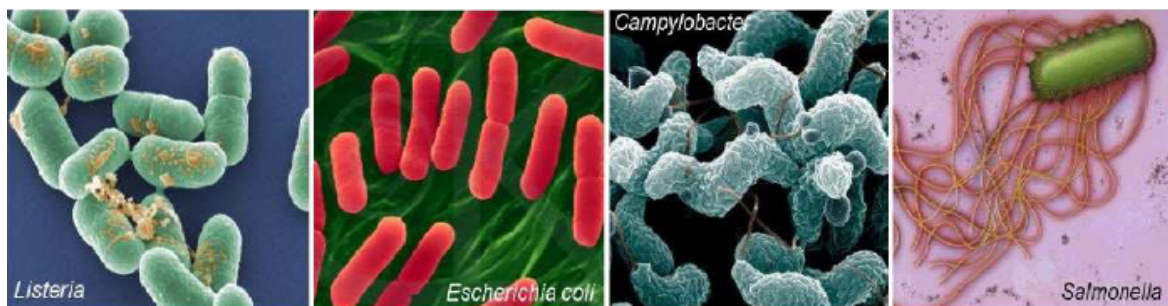


Figure 3. Les différentes bactéries infectieuses (Prescott *et al.*, 2010).

III. 2. 2. 2. Bactéries toxigènes

Ce sont des bactéries capables de produire des toxines dans l'aliment qui est responsable de l'intoxication du consommateur. Il n'est donc pas suffisant de détruire la bactérie pour éviter l'incidence de la maladie. Les principales bactéries toxigènes sont *Staphylococcus sp* et *Clostridium botulinum* (Vignola, 2002).

Le tableau 7 résume la flore du lait cru avec les principaux germes et leurs effets.

Tableau 7. La flore du lait cru (Brisabois *et al.*, 2009).

Flores		exemples	Effets
Flore originelle		<i>Micrococcus sp</i> <i>Lactobacillus</i>	N'ont pas d'effet négatif.
Flore de contamination	Flore d'altération	<i>Bacillus</i> Coliforme Levures et moisissures <i>Pseudomonas</i>	Provoque la dégradation des composants du lait qui influencera le gout, l'arome et la texture.
	Flore pathogène	Bactéries infectieuses	Dérèglent le système digestif.
		Bactéries toxigènes	Provoquent des intoxications alimentaires.

VI. 1. Historique

C'est à PASTEUR que l'on doit le principe de la méthode de conservation la plus commune qui porte aujourd'hui son nom. Le 11 avril 1861, il dépose un brevet intitulé « Procédé relatif à la conservation des vins », il mettra au point la méthode permettant de réduire le niveau de contamination d'un milieu grâce à un chauffage de quelques minutes entre 55°C et 60°C en l'absence d'air (Cisse, 1997).

C'est seulement vers 1880 que les Allemands puis les Danois appliquèrent cette méthode au lait. Ils s'aperçurent que la pasteurisation appliquée selon certaines modalités, pouvait permettre également la destruction de germes pathogènes fréquemment présents dans le lait (Veisseyre, 1975).

La pasteurisation devint obligatoire en 1920. Depuis, de nombreux autres produits alimentaires sont, eux aussi, pasteurisés : le fromage, le lait, le beurre, le jus de fruit, la bière, les œufs. (Cisse, 1997).

Depuis cette époque de nombreuses études ont été menées sur le traitement thermique, dans le but d'optimiser les procédés pour allier le mieux possible sécurité et conservation des aliments. De nos jours, on utilise plusieurs procédés, selon le couple temps/température appliqué.

IV. 2. Traitement thermique du lait

Le lait est un liquide organique riche en micro-organismes, pathogènes ou non. Afin de l'assainir et de prolonger sa durée de conservation, il est généralement soumis à un traitement thermique, qui détruit ou réduit sa flore microbienne,

Selon la durée et la température de chauffage, nous distinguons deux grandes catégories de traitement thermique: la stérilisation et la pasteurisation.

IV. 2. 1. Stérilisation

La stérilisation est définie comme le procédé par lequel on obtient la destruction ou l'éradication totale des germes microbiens saprophytes et pathogènes, qu'ils soient sous leur forme végétative ou sporulée (Tebibel *et al.*, 2008).

La stérilisation du lait, au préalable est obtenue par deux méthodes différentes : simple et U.H.T.

IV. 2. 1. 1. La stérilisation simple: Les bouteilles du lait hermétiquement fermées passent dans une stérilisation en continue ou elles sont chauffées pendant 15 min à 115°C. Le lait ainsi traité porte la mention « lait stérilisé».

VI. 2. 1. 2. La stérilisation U.H.T (ultra haute température) : Utilise une température de 140°C pendant 2 à 3 s suivie immédiatement par un refroidissement après détente sous vide.

Cette stérilisation est obtenue par divers procédés incluant le feu, la chaleur humide et la chaleur sèche (**Fernane, 2017**).

IV. 2. 2. La pasteurisation

IV. 2. 1. Définition de la pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique qui consiste à chauffer le lait jusqu'à une température définie et à la maintenir pendant un temps donné suivie d'un refroidissement brusque, de manière à éliminer un nombre important de micro-organismes et éviter la prolifération de ceux qui en restent (**Broutin et al ., 2005**).

Trois types de pasteurisation sont distingués :

- La basse pasteurisation à 65°C/30 min : utilisée en fromagerie et en laiterie ;
- La haute pasteurisation à 72°C/15 sec : réservée aux laits de bonne qualité hygiénique ;
- Flash pasteurisation (85-90°C/1-2 sec) : destinée pour les laits crus de qualité moyenne (**Romain et al ., 2008**).

Le lait pasteurisé est un lait qui a subi un traitement thermique modéré qui détruit plus de 90 % de la flore microbienne contenue dans le lait. Il est peut être obtenu à partir de lait naturel provenant d'élevage ou de lait reconstitué (**M'boya et al., 2001**).

La conception des lignes de traitement du lait pasteurisé du commerce varie beaucoup d'un pays à l'autre, et même d'une laiterie à l'autre, en fonction de:

- La législation et la réglementation locale ;
- La standardisation éventuelle de la matière grasse qui peut se faire avant, après ou pendant la pasteurisation ;
- L'homogénéisation peut être totale ou partielle (**Ould mustapha et al., 2012**).

IV. 2. 2. Fabrication du lait pasteurisé

Avant la commercialisation, les laits subissent plusieurs traitements physiques : la standardisation pour harmoniser leur composition, l'homogénéisation pour stabiliser la matière grasse et le traitement thermique pour assurer sa conservation. (**Vilain, 2010**).

Dans le cas du lait pasteurisé préparé avec la poudre, des opérations supplémentaires sont incluses dans le diagramme de fabrication (Figure 4).

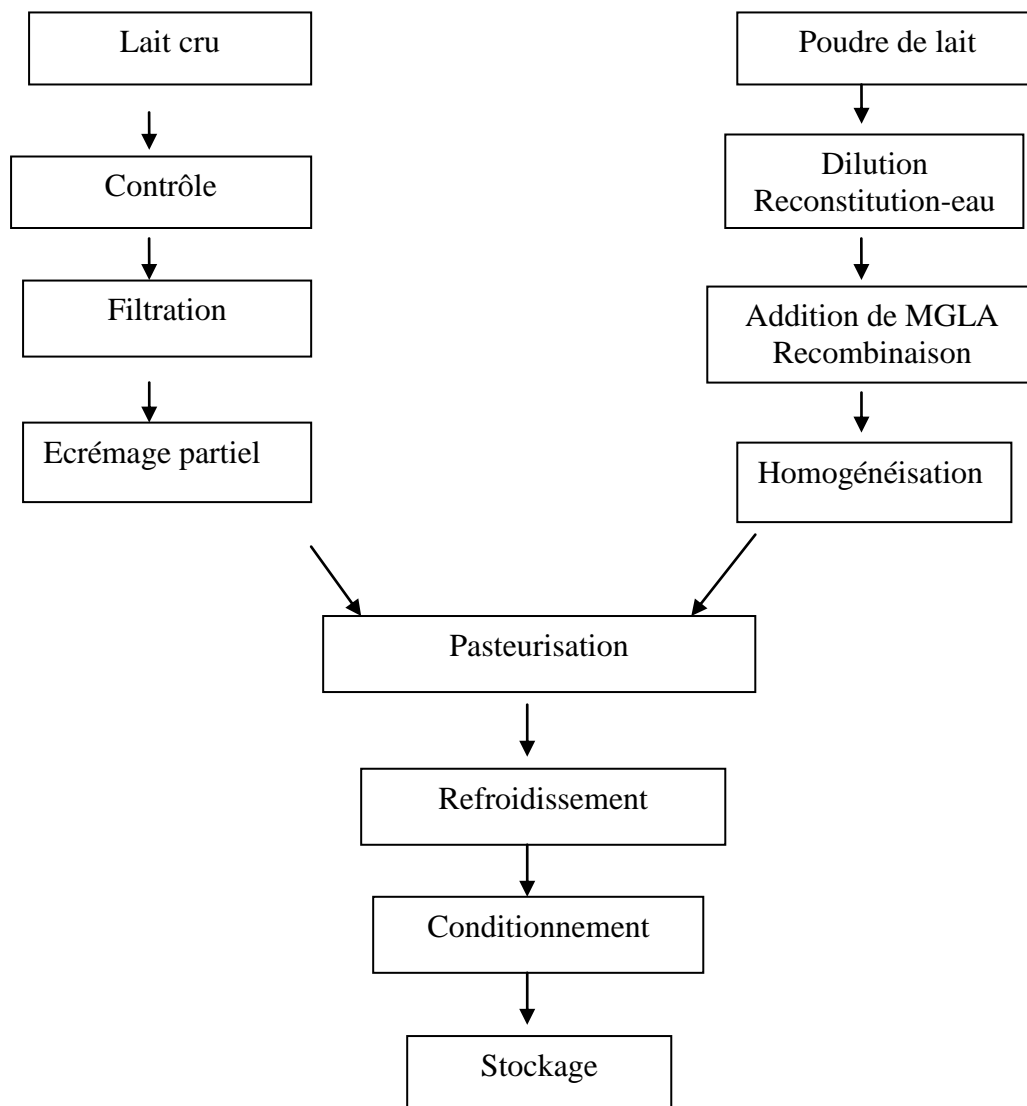


Figure 4 : Diagramme de fabrication du lait pasteurisé.

IV. 3. Effet de la pasteurisation sur la qualité du lait

Les constituants du lait (protéines, matière grasse, lactose, minéraux et vitamine) ne se retrouvent pas entièrement sous forme native selon les traitements appliqués. Les traitements mis en œuvre ne sont jamais inoffensifs. (**Brule et al ., 2008**).

Les avantages et les inconvénients de la pasteurisation sont résumés dans le tableau 8.

Tableau 8. Avantages et inconvénients de la pasteurisation (Ivan, 2003).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Traitement thermique doux (70-80C°) pendant 30min; - Destruction des bactéries pathogènes et la plus grande partie de tous les autres germes. 	<ul style="list-style-type: none"> -Une série d'enzymes restent encore active; -L'aliment qui a subit la pasteurisation ne se conserve que d'une façon limitée et doit se conserver au frais au maximum une semaine avant ouverture et 3 jours après l'ouverture à moins de 7C°; -La perte protéique; -Une perte de la valeur nutritionnelle.

IV. 4. Conservation du lait pasteurisé

La durée de conservation du lait pasteurisé dépend de la qualité du lait cru et le contrôle de la contamination post-pasteurisation (Ould mustapha, 2012).

Le tableau 9 représente les différentes durées de conservation du lait en fonction des traitements thermiques appliqués.

Tableau 9. La durée de conservation du lait en fonction des traitements thermiques. (Vandercammen, 2011)

Type du lait	Types de traitements thermiques	Durée de conservation
Lait crus	Pas de traitement thermique ou de chauffages à plus de 40C°	Il se conserve 48h avant l'ouverture au réfrigérateur
Lait pasteurisé	Chauffé à une température inférieure à 100°C puis refroidi rapidement	Il se conserve 7 jours au réfrigérateur avant ouverture
Lait UHT (ultra haute température)	Chauffé à une température entre 130 et 150°C pendant 2 à 3 s.	1 à 4 mois à température ambiante

Lait stérilisé	Chauffé à une température entre 100 °C et 115°C pendant 20 minutes	+/- 6 °C et mois à température ambiante
Lait en poudre	Déshydratation qui permet de réduire la teneur en eau à 3 %	2 ans à température ambiante

D'après ce tableau on peut conclure que la température joue un rôle important dans la de conservation du lait, dont à chaque fois qu'on augmente la température on obtient une prolongation du délai de conservation.

V. Le micro-ondes

V. 1. Histoire de la découverte

L'histoire de la découverte de micro-ondes est née lors de la conception du radar vers les années 1930 pour des applications militaires en radio-télécommunications. Les scientifiques se sont aperçus que les micro-ondes utilisées par les systèmes de télécommunication pouvaient avoir d'autres utilisations. Dès lors, la technologie initiale s'est développée jusqu'à donner naissance à un appareil électroménager moderne et sophistiqué : le four à micro-ondes. (Curet, 2008).

Le premier four diffusé en 1953 sous la marque **Radarange** était très lourd, très encombrant et très cher, mais cette technologie n'a été réellement transposée au niveau industriel qu'à partir de 1986.

Bien que l'énergie micro-ondes ait un grand potentiel pour chauffer rapidement les matériaux, les fours à micro-ondes ne sont apparus que récemment dans les laboratoires d'analyse. De nos jours, cette technologie est appliquée non seulement en chimie analytique mais aussi en synthèse organique, en réactions inorganiques, en préparation de catalyseurs et dans d'autres domaines (Nóbrega *et al.*, 2002).

Aujourd'hui le four à micro-ondes se commercialise comme objet de consommation courante et encore en plein développement en particulier grâce à ses capacités de traitement thermique et grâce à l'action précise, rapide, sélective et homogène des micro-ondes au cœur des matériaux (Curet, 2008).

V. 2. Définition des micro-ondes

Selon la nomenclature officielle, les micro-ondes font partie des ondes radios qui couvrent la gamme des radiofréquences. Ce sont des ondes d'énergie électromagnétique regroupant les longueurs d'ondes comprises entre 0.001 et 1m, ce qui correspond à des fréquences qui varient entre 30 et 300MHZ.

Elles sont également appelées ondes centimétriques car les longueurs d'onde associées vont du millimètre au mètre. Sur le spectre électromagnétique, elles sont situées entre les hautes fréquences et les infrarouges (Elmecherfi, 2013).

Le spectre électromagnétique décrit la répartition des ondes électromagnétiques en fonction de leur fréquence (f). Donc on trouve les ondes radio ou les ondes hertziennes, par référence à Heinrich Hertz. Ce sont des ondes de faible fréquence, de quelques kilohertz (kHz) à plusieurs gigahertz (GHz). Ainsi des fréquences plus élevées se trouvent par ordre de

fréquence croissant l'infrarouge, la lumière visible (longueur d'onde entre 400 et 700 nm) et l'ultraviolet. Enfin, aux fréquences les plus élevées, se trouvent le domaine des rayons X (entre 1 et 100 nm), puis celui des rayons gamma (longueur d'onde inférieure à 1 nm) (Hanna, 2008).

La composition du spectre électromagnétique est présentée dans la figure 5.

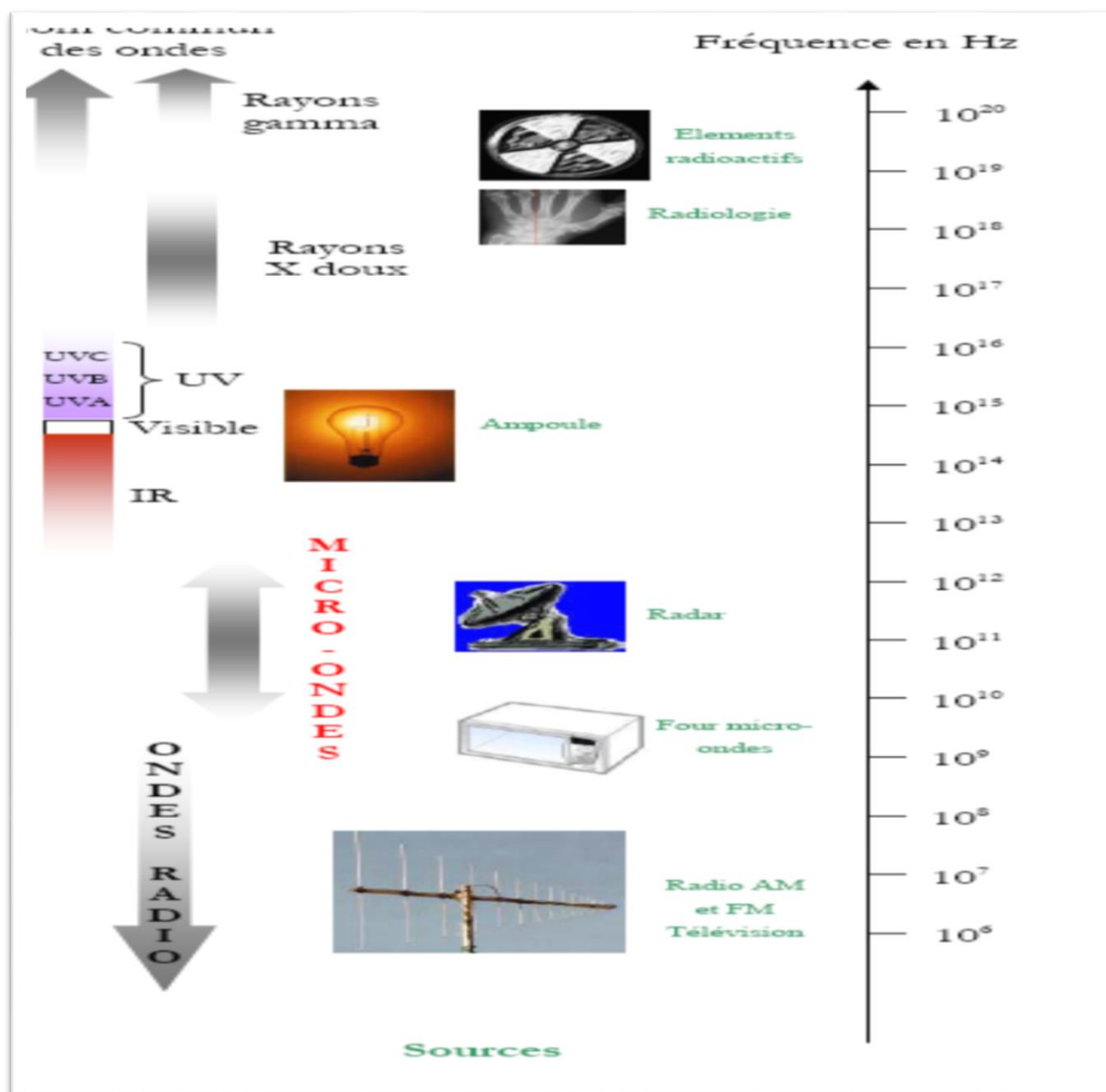


Figure 5. Spectre électromagnétique (Hanna, 2008).

V. 3. Principe du fonctionnement

Le principe du traitement micro-ondes repose sur l'émission d'ondes électromagnétiques dont l'énergie est absorbée par les molécules d'eau bipolaires et les ions. L'élévation de température constatée est la conséquence de l'augmentation de l'agitation moléculaire des dipôles et des ions qui s'orientent ou se déplacent alternativement à la fréquence imposée par le champ électromagnétique (Elmecherfi, 2013). Les micro-ondes produites sont dirigées vers l'agitateur d'onde et pénètrent dans l'enceinte métallique où se trouve l'aliment à chauffer sur une plaque tournante, ce qui permettra au produit alimentaire d'être exposé aux micro-ondes qui pénètrent l'aliment pour atteindre les molécules d'eau (Mathavi, 2013). La figure N° 6 représente le schéma du four *micro-ondes*.

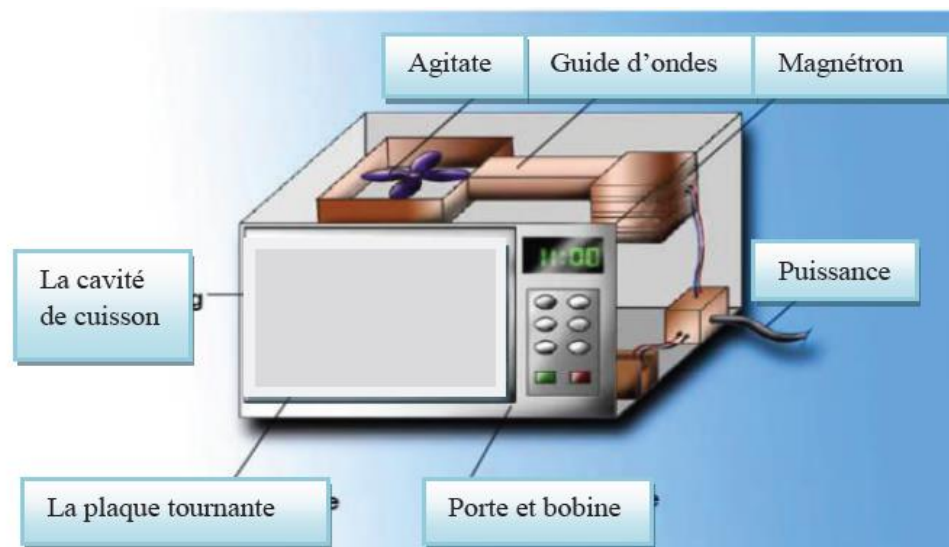


Figure 6. Schéma d'un four micro-ondes (Mathavi, 2013).

V. 4. Avantages du chauffage par micro-ondes

Le four à micro-ondes a été utilisé avec succès pour chauffer, sécher et stériliser de nombreux produits alimentaires. Comparé aux méthodes conventionnelles, le traitement par micro-ondes offre les avantages suivants :

- Les micro-ondes pénètrent à l'intérieur des matériaux alimentaires et par conséquent, le traitement a lieu tout au long du volume entier de nourriture intérieurement, uniformément, et rapidement, ce qui réduit considérablement le temps de traitement et l'énergie ;

- Puisque le transfert de chaleur est rapide, les nutriments, la teneur en vitamines, la saveur, les caractéristiques sensorielles ainsi que la couleur de la nourriture sont bien conservés. **(Gajanan Dhobale et al., 2003)**
- L'efficacité du chauffage est élevée (80% ou plus d'efficacité peut être atteinte);
- Une géométrie parfaite pour un système de nettoyage en place ;
- Ils conviennent aux fluides thermosensibles, à haute viscosité et à phases multiples ;
- Un faible coût dans la maintenance du système;
- Le chauffage est silencieux et ne génère pas de gaz d'échappement;
- Le chauffage par *micro-ondes* peut être combiné avec d'autres technologies, telles que le chauffage par l'infrarouge pour une meilleure performance du processus. **(Jasim et al., 2007).**

V.5. Applications industrielles du chauffage par micro-ondes

Le nombre de procédés industriels qui utilisent la technologie des micro-ondes a augmenté depuis 1990, pour leurs nombreux avantages par rapport aux autres méthodes conventionnelles. **(Elmecherfi, 2013).**

Les principales applications du chauffage par micro-ondes dans le secteur agroalimentaire sont la trempe des produits à base de viande et de volaille congelés; précuire le bacon pour le service alimentaire; cuisine à la saucisse; séchage de divers aliments; la cuisson du pain, biscuit et confiserie; décongélation de produits congelés; blanchiment de légumes; chauffage et stérilisation de la restauration rapide, des plats cuisinés et des céréales; et la pasteurisation et la stérilisation de divers aliments **(Jasim et al., 2007)**. On distingue aussi des applications plus spécifiques liées à l'industrie chimique (extraction assistée par micro-ondes) et des matières plastiques.

Les fréquences utilisables pour les applications industrielles de chauffage par micro-ondes sont réglementées pour éviter le risque d'interférence avec les radiocommunications et les radars. **(Curet, 2008).**

V.6. Effet du chauffage aux micro-ondes sur le lait

Le traitement aux micro-ondes contrairement aux processus de chauffage conventionnel est un traitement relativement rapide, ce qui offre l'avantage de préserver la qualité du produit. Grâce au temps de chauffage court, les caractéristiques des produits cuits et/ou pasteurisés se rapprochent de celles d'un produit frais : couleur, goût, texture, vitamines.

Les micro-ondes sont utilisées dans la pasteurisation et la stérilisation des aliments (**Ashim, 2008**). **Hamid et al., (1969)** ont été les premiers à utiliser la technologie des micro-ondes pour la pasteurisation du lait.

L'effet de ces derniers dépend de plusieurs facteurs, tels que le volume et le type de produit, les conditions de traitement thermique, la puissance du four, la température et le temps d'exposition (**Sieber et al, 1996**).

Concernant la décontamination bactérienne, des études ont montré que l'application des micro-ondes dans les mêmes conditions de température qu'un chauffage conventionnel, a un effet bactéricide plus important que ce dernier. (**Elmecherfi, 2013**). **Heddleson et al, (1996)** ont étudié l'effet des micro-ondes sur la thermorésistance de plusieurs souches de Salmonelles traitées dans du lait. Les résultats ont montré une destruction de 99,9% des bactéries pour une température finale de traitement de 63°C.

Objectif

Notre travail a été effectué au niveau du laboratoire de recherche L3BS, à l'université de Abderrahmane Mira –Bejaia) dirigé par le professeur MADANI Khodir. Il s'est déroulé pendant la période allant du 19 mars 2018 au 15 mai 2013. Nous avons réalisé un ensemble d'analyses physicochimiques et microbiologiques sur des échantillons de lait de vache cru, ensuite nous avons procédé au traitement thermique de ce dernier par deux méthodes l'une conventionnelle au **bain Marie** et l'autre non conventionnelle au **four micro-ondes**, les laits traités sont ensuite conservés au frais pendant cinq jours ou le dénombrement de FTAM a été aussi réalisé; afin de comparer l'efficacité et l'effet des deux techniques par le suivi de la charge de FTAM.

I. Matériel et méthodes

I.1. Matériel

I.1.1. Appareillage et consommable

- Réfrigérateur (SAMSUNG) ;
- Etuve réglable de température à 30°C (MEMMERT) ;
- Agitateur magnétique non chauffant de paillasse (VELP) ;
- Balance de précision (RADWAG) ;
- Autoclave ;
- *Bain Marie* (MEMMERT) ;
- *Micro-ondes* (SAMSUNG);
- Plaque chauffante avec agitateur (VELP).
- Bec bunsen ;
- Enceinte isotherme (Glacière) ;
- Thermomètre ;
- pH mètre ;
- Thermo-laco-densimètre (GERBER) ;
- Micropipette et embouts ;
- Portoirs de tubes à essai ;
- Verrerie usuelle (flacons stériles, pipette graduées, burette graduée pipette Pasteur, tube à essais, erlenmeyers, béchers, ...).

I.1.2. Milieux de culture et réactifs

- Gélose Plat Count Agar PCA;
- Eau physiologique stérile ;
- Eau distillée stérile ;
- Phénolphtaléine ;
- Chlorure de sodium (Na Cl) ; Hydroxyde de sodium (Na OH).

I.2. Méthodes

Le protocole général suivi dans cette étude est illustré sur la figure 7.

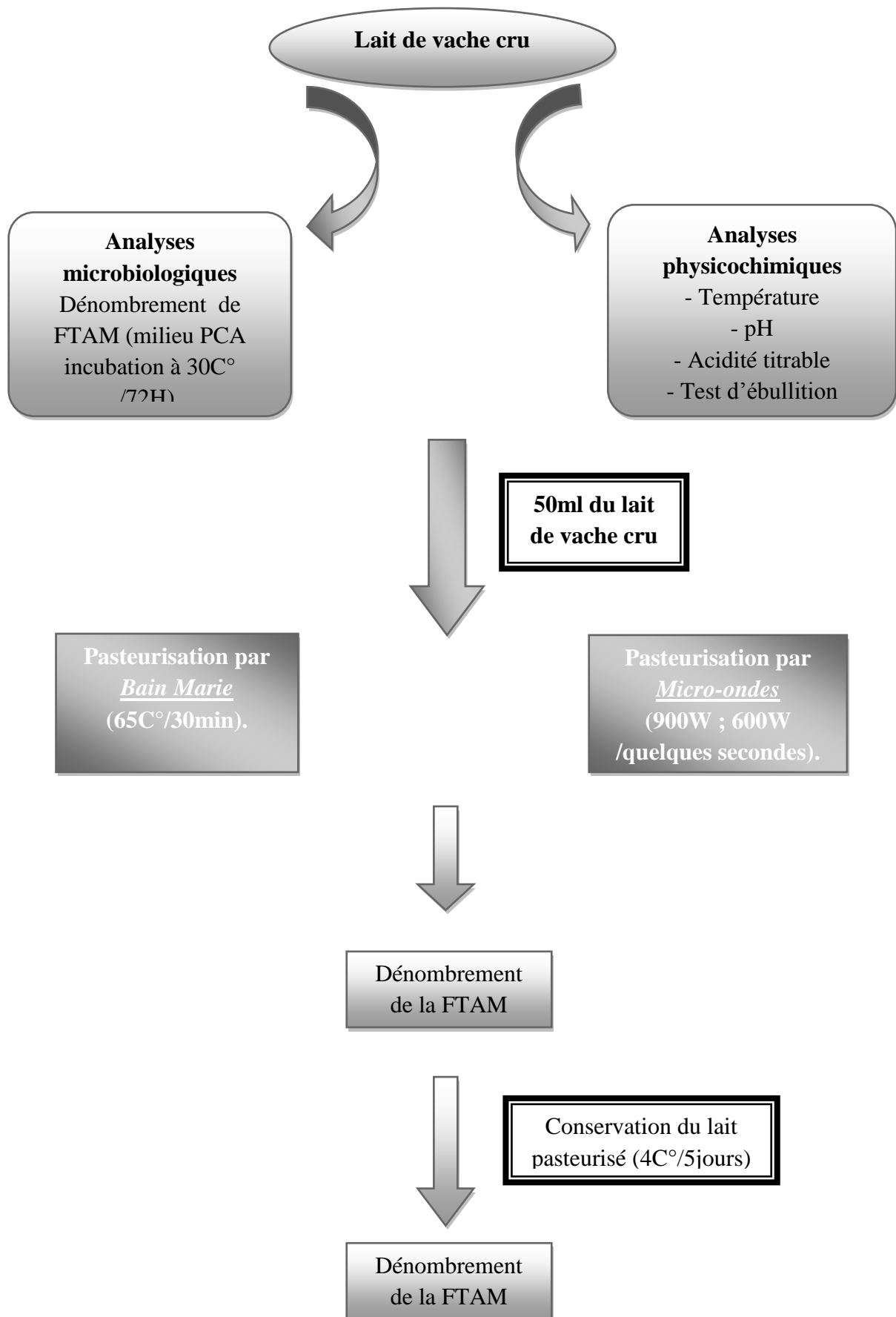


Figure 7: Suivi de pasteurisation du lait cru par *bain Marie* et *micro-ondes*.

I.2.1. Echantillonnage

Le lait est traité à partir d'une vache saine, après avoir nettoyé et séché les trayons. Il est recueilli proprement dans des bouteilles en verre neuves et propres. Les bouteilles étaient placées immédiatement dans une glacière isothermique pour ne pas influencer la flore bactérienne existante et transportées vers le laboratoire. À l'arrivée, des mesures de température, pH, acidité titrable et de densité sont réalisées. Une partie du lait a été soumise à une pasteurisation par *bain Marie* et l'autre soumise à une pasteurisation par micro-ondes.

I.2.2. Analyses physicochimiques du lait cru

Le contrôle physicochimique a pour but d'analyser la matière première et le produit fini, en mesurant les différents paramètres (couleur, humidité, teneur en matière grasse, pH...).

Elles présentent l'avantage de signaler toute erreur de fabrication et toute modification des paramètres au cours des procédés de fabrication, et renseignent sur le remède possible à appliquer.

Les analyses physico-chimiques effectuées sur le lait cru sont les suivantes:

- Température ;
- pH ;
- Acidité titrable ;
- Densité.

I.2.2.1. Détermination de la température

La température du lait cru est un signe d'alerte qui dans des valeurs au delà ou au dessous, le produit court des modifications de texture et éventuellement un risque sanitaire.

Elle est mesurée à l'aide d'un thermomètre et exprimée en C°.

a- Mode opératoire

Plonger le thermomètre dans un bêcher contenant 50ml de lait pendant 2 mn.

b- Expression des résultats

Au moment de la lecture, l'œil doit être au niveau du point de lecture d'une façon horizontale, en attendant jusqu'à la stabilité du niveau du mercure. La lecture de la température s'effectue directement sur la graduation du thermomètre.

I.2.2.2. Détermination du pH

Le pH représente l'acidité du lait à un moment donné. On le mesure habituellement à l'aide d'un pH-mètre (Vignola et al., 2002).

a- Mode opératoire

- Etalonner le pH mètre avec deux solutions tampons de pH =4 et pH =7 ;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Plonger l'électrode dans un bécher contenant le lait à analyser et lire la valeur du pH stabilisée.

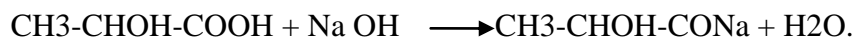
b- Expression des résultats

La lecture des résultats se fait directement à partir de l'affichage sur le cadran du pH mètre.

I.2.2.3. Détermination de l'acidité titrable

La détermination de l'acidité d'un lait permet d'apprécier la quantité d'acides produits par les bactéries. Elle est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait (AFNOR, 1985).

La Réaction mise en jeu est la suivante :



Acide lactique Soude Lactate de soude

Le principe est de titrer l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

a- Mode opératoire

- Dans un bécher introduire 10 ml de lait prélevé à la pipette ;
- Ajouter dans le bécher quatre gouttes de la solution de phénolphtaléine à 1 % ;
- Remplir la burette de la solution de Na OH (0.1N), régler le niveau du liquide à Zéro ;
- Titrer par la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au virage de la couleur au rose clair ;
- Noter le volume de la solution de Na OH versé.

b- Expression des résultats

L'acidité est exprimée en degré Dornic (°D) qui correspond à 0,1ml de la soude Dornic, ou en gramme par litre d'acide lactique.

$$A = V.10$$

D'où : A : acidité titrable ;

V : volume en ml de solution d'hydroxyde de sodium (soude Dornic).



b. Lait cru avant titration



b. Virage de la couleur au rose

Figure 8 .Mesure de l'acidité titrable.

I.2.2.4. Détermination de la densité

La mesure de la densité s'effectue à l'aide d'un thermo-lactodensimètre qui nous donne à la fois la température et la densité de l'échantillon. La détermination de la densité est très importante car elle permet de détecter les fraudes comme le mouillage du lait .

a- Mode opératoire

- Verser le lait dans l'éprouvette graduée tenue inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou de bulles d'air ;
- Placer l'éprouvette ainsi remplie en position verticale ;
- Plonger doucement le lactodensimètre dans le lait ;
- Attendre trente secondes à une minute avant d'effectuer la lecture de la densité à 20°C sur le lactodensimètre.

b- Expression des résultats

A 20°C, la densité de l'échantillon correspond directement à la valeur lue sur le thermo lactodensimètre.

I.2.3. Analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique du lait cru ou pasteurisé est une étape très importante en industrie, car le résultat permet de garantir la conservation des caractéristiques organoleptiques et sensorielles du lait, et donc l'allongement de sa durée de vie ainsi la prévention du risque de toxi-infection alimentaires dues à la présence des microorganismes pathogènes avant la transmission au consommateur (**Vignola, 2002**).

Notre analyse microbiologique se base sur le dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux recherchés dans le lait de vache cru et du lait pasteurisé dans le *bain Marie* et dans le four *micro-ondes*.

Les analyses microbiologiques sont effectuées selon le **journal officiel de la république Algérienne n°39 de juillet 2017**.

- **Règles générales**

Au cours des manipulations, il est nécessaire de respecter certaines règles pratiques de laboratoire afin d'éviter toute sorte de contamination, dont :

- Le lavage des mains avant et après manipulation ;
- Le nettoyage et asepsie des paillasse avant et après manipulation ;
- Le travail le plus près possible du bec bunsen avec du consommable stériles ;
- Le travail de façon absolument aseptique ;
- Toutes les boîtes de pétri, les milieux de culture, ainsi que le consommable (Pipettes, tube...) devront être autoclavés ou décontaminés.

I.2.3.1. Dénombrement de FTAM de lait cru

Le dénombrement des germes totaux à 30°C reste la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de la qualité des aliments dans le contrôle industriel (**Bonnyfoy et al., 2002**). Il comporte un nombre de bactéries : lactiques, psychotrophes, thermorésistantes, coliformes et même pathogènes (**Anonyme, 2009**).

a- Homogénéisation

Elle est facilement réalisée à l'aide d'un agitateur magnétique.

b- Préparation des dilutions

Une série de dilutions est réalisée à partir de l'échantillon à l'aide d'une pipette pasteur stérile, 1ml de la solution mère (lait cru) est prélevé, ensuite l'introduit dans un tube contenant 9 ml de diluant stérile; l'eau physiologique ; c'est la dilution 1/10 ou 10^{-1} et à partir de la dilution 10^{-1} , prélever 1 ml à l'aide d'une nouvelle pipette et déplacer dans le deuxième tube de la série qui contient aussi 9 ml de l'eau physiologique , c'est la dilution 1/100 ou 10^{-2} et ainsi de suite pour les dilutions respectives au 1/1000 ou 10^{-3} ; jusqu'à la dilution 10^{-6} (figure 9). En prenant soin de changer la pipette entre chaque dilution afin d'éviter de fausser les résultats.

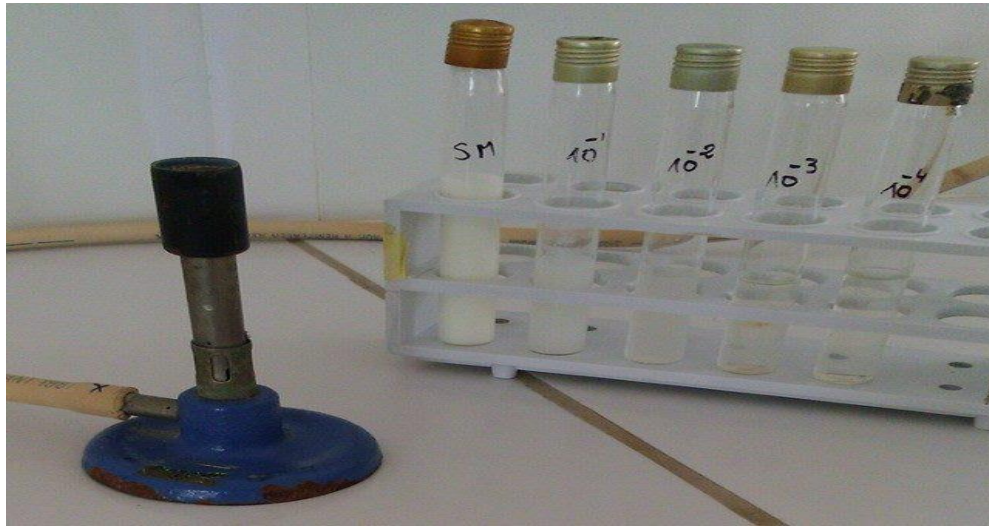


Figure 9. Les dilutions décimales préparées à partir du lait cru.

La figure 10 représente le schéma de la préparation des dilutions décimales à partir de la solution mère.

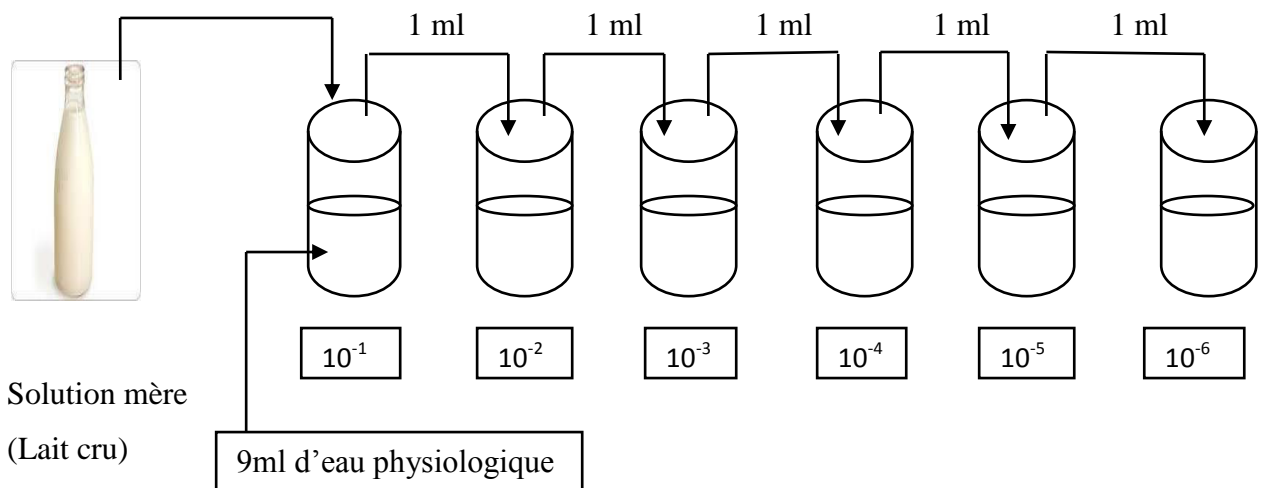


Figure 10. Schéma de la préparation des dilutions décimales.

I.2.3.1.1. Principe de dénombrement des FTAM

Pour le dénombrement de la flore totale on effectue un ensemencement en masse sur une gélose glucosée à l'extrait de levure, appelée également PCA (Plate Count Agar). La flore est dénombrée après 72 heures d'incubation à 30°C. (Guiraud, 1998).

a- Mode opératoire (figure 11)

Dans une zone stérile, devant bec Bunsen allumé depuis 15 mn et sur une paillasse préalablement désinfectée par une solution d'eau de javel :

- Introduire à l'aide d'une micropipette 1ml de chaque dilution dans des boîtes de pétri stériles ;
- Verser par la suite 15 ml de gélose PCA fondue et maintenue en surfusion ;
- Effectuer des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de 8 pour homogénéiser l'inoculum ;
- Laisser solidifier les boîtes sur la pailleasse ;
- Rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose (cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses) ;
- Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30 °C pendant 72 h avec une première lecture à 24 h ; deuxième lecture à 48 h.

b- Lecture : La flore totale apparait sous forme de colonies blanchâtres de tailles et de formes différentes



a. Ensemencement en masse la gélose PCA.



b. Solidification sur la pailleasse.



c. Colonies après l'incubation.

Figure 11. Dénombrement de la FTAM.

Le protocole suivi pour la réalisation des analyses microbiologiques est illustré sur la figure 12 :

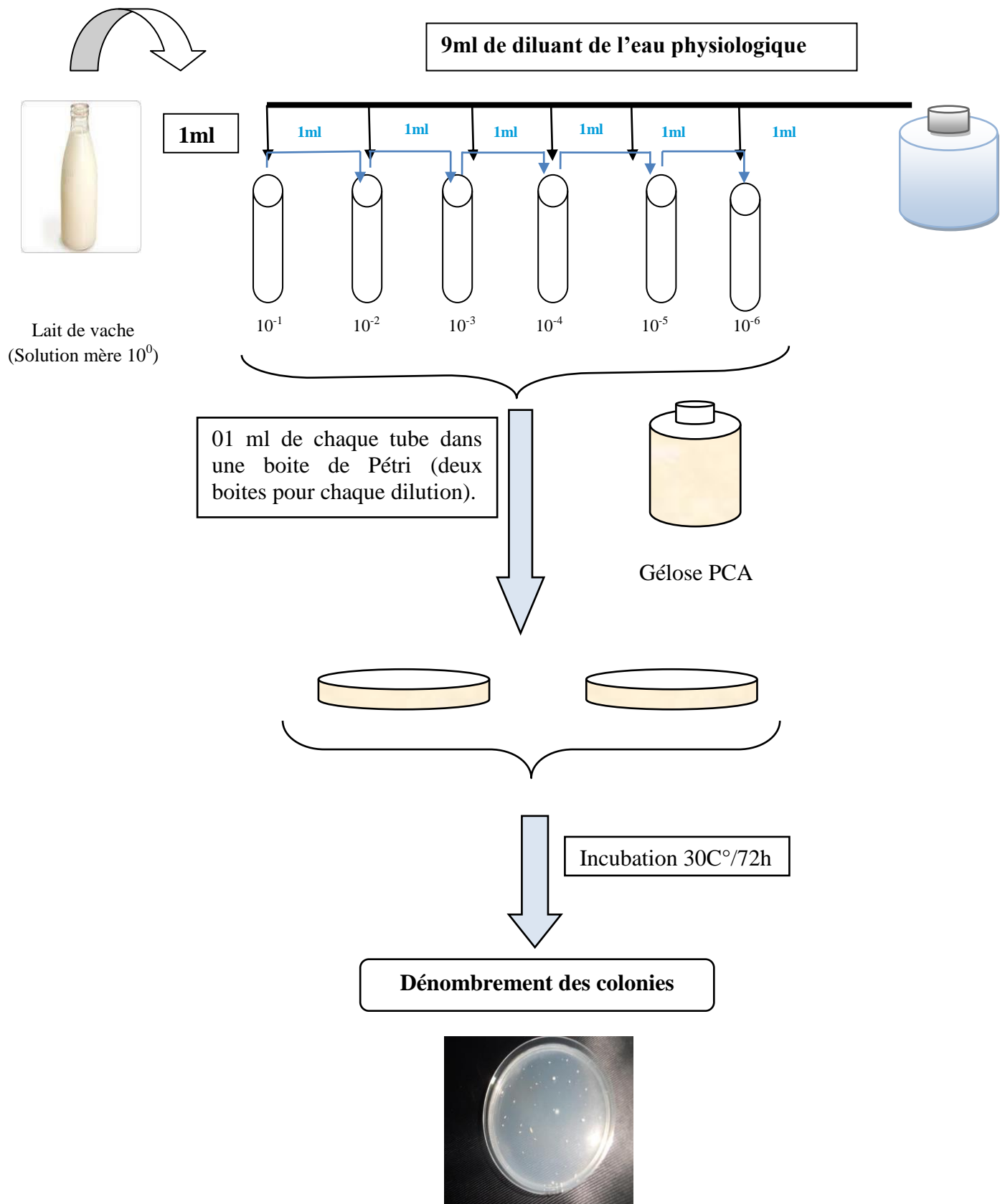


Figure 12. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.

c- Expression des résultats

Le dénombrement permet de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte de ne dénombrer que les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies.

Le calcul du nombre d'UFC (unités formant colonies) est réalisé selon la formule suivante :

$N = \text{nombre de colonies comptées} / 1' \text{ inverse de la dilution} \times \text{le volume ensemencé.}$

II. Suivie de la flore totale après traitement

II.1. Traitement du lait au bain Marie

Un traitement thermique classique du lait est réalisé dans un bain Marie. Le but de ce travail étant d'évaluer l'efficacité des techniques de traitement conventionnel sur la destruction de la flore totale du lait cru de vache, ce dernier est soumis à une température de 65 C° à différents temps (10, 20 et 30min). Pour cela, un volume de 50 ml est disposé dans des flacons en verre stériles, puis ils sont placés dans le bain Marie et subissent le traitement adéquat. Les flacons sont refroidis dans un bain de glace (0°C) jusqu'à 4°C.

a. Mode opératoire

- Allumer le bain Marie et fixer la température à 65C° ;
- Répartir une partie du lait dans des flacons de 250 ml bien fermés, à raison de 50ml de lait par flacon ;
- Placer les flacons dans le bain Marie;
- Laisser pasteuriser le premier flacon pendant 10min, le deuxième pendant 20min et le troisième pendant 30min ;
- Retirer les flacons et les refroidir rapidement dans un bain de glace (figure 13) ;
- Homogénéiser le flacon à l'aide d'un agitateur magnétique ;
- Pour chaque flacon, prélever 1ml et préparer les dilutions décimales (allant à 10⁻⁶) ;
- Prélever 1ml de chaque dilution à l'aide d'une micropipette menée d'un embout stérile et l'introduire dans une boîte de pétri stérile (ensemencer deux boîtes pour chaque dilution et veiller à changer les embouts en allant de grande dilution vers la petite dilution) ;
- Verser par la suite 15 ml de gélose PCA fondue et maintenue en surfusion ;
- Effectuer des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de 8 pour homogénéiser l'inoculum ;
- Laisser solidifier les boîtes sur la paillasse ;
- Rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ;



a. 50ml du lait dans un flacon stérile.

b. Traitement de lait au bain Marie

c. Refroidissement du lait dans un bain de glace

Figure 13. Pasteurisation du lait au bain Marie.

- Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30 °C pendant 72 h avec une première lecture à 24 h ; deuxième lecture à 48 h.
- c- **Lecture** : La flore totale apparaît sous forme de colonies blanchâtres de tailles et de formes différentes.

II.2. Traitement par micro-ondes

Le but de ce travail étant d'évaluer l'incidence des micro-ondes comme méthode de traitement non conventionnelle sur la destruction de la flore totale du lait cru de vache. Le lait cru est soumis à différents couples (puissances spécifiques/temps d'exposition). Pour cela, un volume de 50 ml est déposé dans des flacons en verre stériles (de mêmes caractéristiques et dimensions que ceux utilisés pour le traitement au bain-marie). En effet Les flacons sont placés sur le plateau tournant de la cavité micro-ondes et subissent le traitement adéquat. Le refroidissement est réalisée à l'aide d'un bain de glace (0°C).

Deux puissances spécifiques ont été utilisées pour ce traitement : 900W et 600W.

II.2.1. Les historiques thermique

Le suivi de température dans le micro-ondes était assuré grâce à un thermomètre. Pour ce faire un flacon témoin est placé dans le micro-ondes et la mesure de la température se fait toutes les 5 secondes en plongeant le thermomètre au centre du flacon.

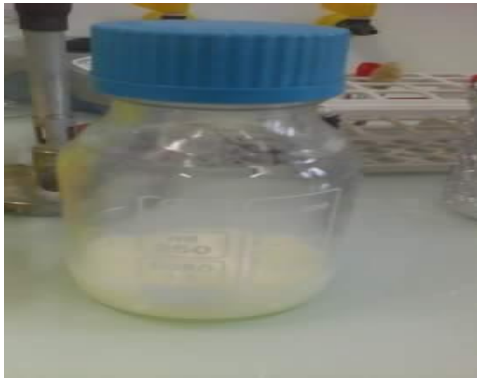
Les durées d'application micro-ondes et les températures sont résumés dans le tableau 10.

Tableau 10. Durées d'application micro-ondes et températures de sortie de lait.

Temps d'exposition (s)	La puissance de micro-ondes	
	900W	600W
	T (C°) de lait	T(C°) de lait
0	0	0
5	25.3	25
10	35.6	34.3
15	46.7	45
20	56.6	55.3
25	65.3	58
30	78	60.3
35	81	62.67
40	87.6	75

II.2.2. traitement du lait à différentes puissances

- Régler la puissance de micro-ondes à 900W puis à la puissance 600;
- Préparer six flacons stériles de 250 ml et verser dans chacun 50ml de lait cru ;
- Placer les flacons dans le micro-ondes;
- Laisser pasteuriser le 1^{er} flacon pendant 5s, le 2^{ème} pendant 10s, le 3^{ème} pendant 20s ; le 4^{ème} pendant 25s et le cinquième pendant 35s et le sixième pendant 40s pour la puissance 900W ;
- Laisser pasteuriser le premier flacon pendant 5s, le deuxième pendant 10s, le troisième pendant 20s ; le quatrième pendant 30s et le cinquième pendant 40s (figure 14) pour la puissance 600W ;
- Retirer les flacons et refroidi rapidement dans un bain de glace ;
- Homogénéiser les flacons à l'aide d'un agitateur mécanique ;
- Prélever aseptiquement 1ml du lait (solution mère) à l'aide d'une micropipette menée d'un embout stérile ;
- Préparer les dilutions décimales et procéder au dénombrement des FTAM ;
- La lecture des résultats se fait après 72 h d'incubation dans l'étuve à 30C°.



a. 50ml de lait dans un flacon stérile de 250 ml.



b. Traitement du lait par micro-ondes.

Figure 14. Pasteurisation du lait par micro-ondes.

III. Suivre de la flore totale après conservation du lait

Pour étudier l'influence des deux méthodes de pasteurisation sur la durée de conservation du lait, nous avons suivie l'évolution de FTAM de lait cru ainsi des laits traités au bain Marie ($65^{\circ}\text{C}/30\text{min}$) et au micro-ondes ($900\text{W}/25\text{s}$ et $600\text{W}/35\text{s}$) après leur conservation au réfrigérateur à 4°C pendant 5 jours.

a. Mode opératoire

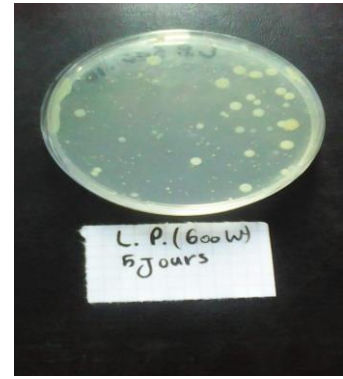
- Verser le lait cru et les laits traités dans des flacons stériles à raison de 50ml par flacon;
- Conserver le lait dans le réfrigérateur à $4^{\circ}\text{C}/5\text{j}$;
- Retirer le lait du réfrigérateur et homogénéiser à l'aide d'un agitateur ;
- Prélever aseptiquement 1ml de lait de chaque flacon à l'aide d'une micropipette ;
- Préparer les dilutions décimales du 10^{-1} jusqu'à 10^{-6} ;
- Prélever 1ml de chaque dilution à l'aide d'une micropipette et l'introduire dans une boîte de pétri stérile. (ensemencer deux boîtes pour chaque dilution);
- Verser par la suite 15 ml de gélose PCA fondue et maintenue en surfusion ;
- Effectuer des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de 8 pour homogénéiser l'inoculum ;
- Incuber les boîtes couvercles en bas dans l'étuve à $30^{\circ}\text{C}/72\text{h}$;
- **Lecture** : La flore totale apparait sous forme de colonies blanchâtres de tailles et de formes différentes (figure 15).



a. Lait pasteurisé conservé au réfrigérateur à 4C°/5jours.



b. Ensemencement et solidification sur paillasse.



c. Lecture des résultats.

Figure 15. Dénombrement de la FTAM du lait conservé.

I. Analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques (la température, le pH, l'acidité titrable et la densité) de du lait cru sont portés dans le tableau 11 et la figure 16.

Tableau 11. Résultats d'analyses physicochimiques du lait cru.

paramètre	Résultats	Ecart type	Standard JORA(2017)
Température (C°)	6.9	0.141	4 - 8
pH	6.7	0.070	6.5-6.8
Acidité titrable (°D)	17	0.028	16-18
La densité	1.0302	0.001	1.030 -1.034

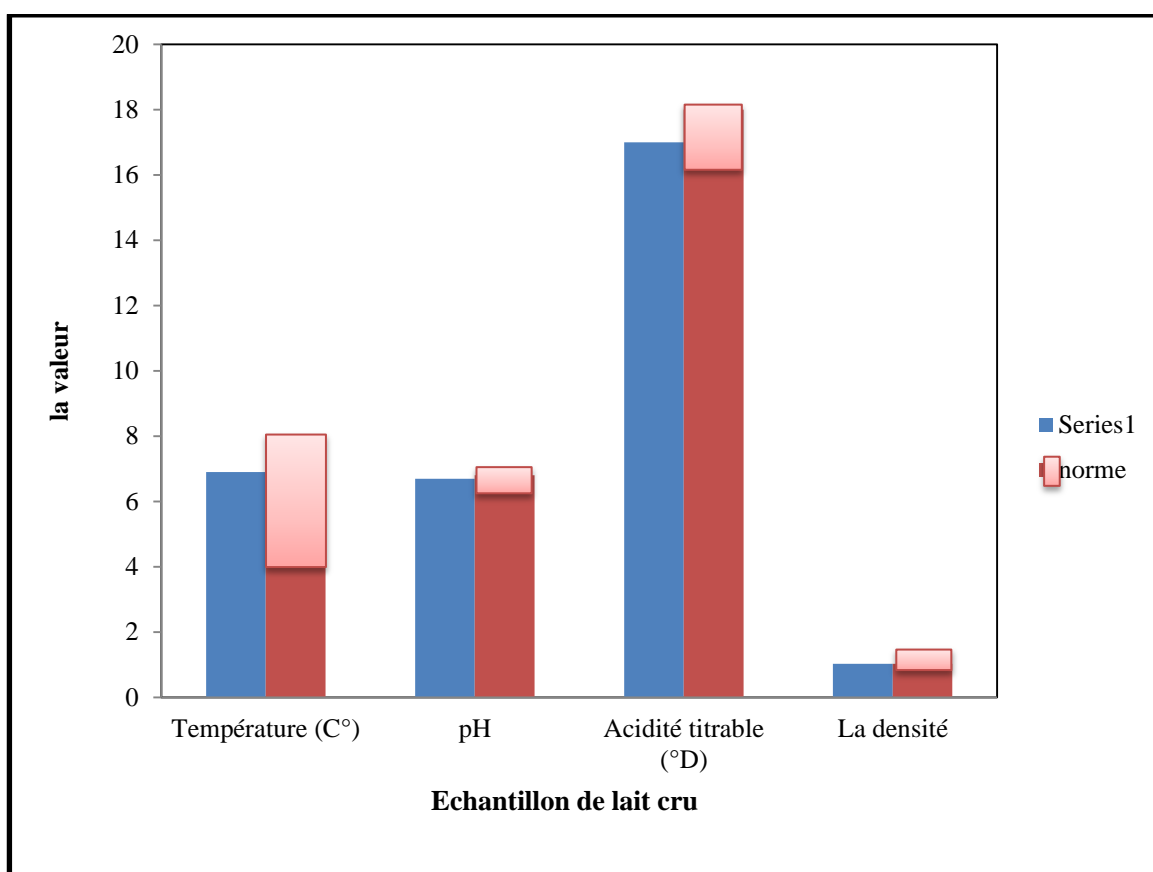


Figure 16. Résultats des analyses physicochimiques du lait cru.

I. 1. La mesure de la température

La température de lait cru mesurée est acceptable avec une valeur de 6.9°C et un écart type de (+/- 0.141). En effet selon la norme établie par le journal officiel de la république algérienne, on déduit que le résultat de la température de lait obtenu est conforme dans l'intervalle de 4 à 8 °C.

La montée de température au-delà de 8C° signifie le non respect de la chaîne de froid par la collecte à la ferme.

I. 2. La mesure du pH et de l'acidité titrable en D°

La valeur de pH de lait cru obtenue est de 6.7 avec un écart type de (+/-0.07). En effet on déduit que le pH est conforme à la norme de la réception du lait cru indiquée par le journal officiel algérien et ainsi à la valeur fixé par l'AFNOR (2011) (6.7 et 6.8).

La valeur de l'acidité titrable obtenue est 17 °D avec un écart type de (+/- 0.2). Cette valeur est conforme aux normes algériennes ainsi à la norme AFNOR (2011), fixée entre 16 et 18°D.

Le pH et l'acidité du lait dépendent d'une part de la teneur en caséines, en sels minéraux et en ions (Labioui et al., 2009). Selon Alais (1984), l'acidité du lait cru dépend aussi des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique, ainsi elle peut être liée au climat, au stade de lactation, à la saison et à la conduite d'élevage notamment l'alimentation et l'apport hydrique. Elle est aussi un bon indicateur de la qualité du lait au moment de la livraison car elle permet d'apprécier la qualité d'acide produit par les bactéries.

I. 3. La densité

La densité du lait cru obtenue est de 1.0302. Cette valeur est en conformité à la réglementation algérienne (1.030 / 1.034) JORA (2017).

Selon Vignola (2002), La densité dépend de la teneur en matière sèche, en matière grasse, et des disponibilités alimentaires,

II. Résultats des analyses microbiologiques du lait cru

II. 1. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile du lait cru

Les résultats des analyses microbiologiques des laits analysés exprimés en UFC/ml sont présentés, dans le tableau 12 et la figure 17.

Tableau 12. Résultats du dénombrement de FTAM du lait cru.

Les échantillons	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	La norme JORA(2017)
Nombre de FTAM de lait cru en UFC/ml	29.2×10^5	27.5×10^5	28.8×10^5	3×10^5

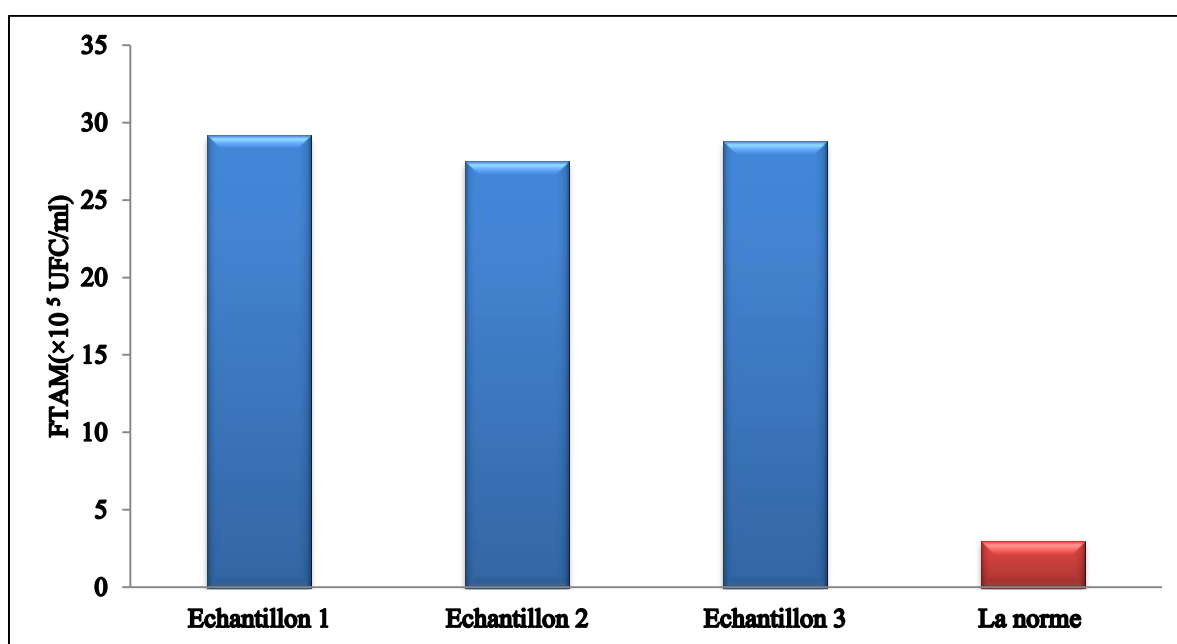


Figure 17. Variation de la FTAM pour les différents échantillons du lait cru.

La flore totale est la flore la plus recherchée dans les analyses microbiologiques car elle nous renseigne toujours sur la qualité hygiénique du lait cru. L'énumération de cette flore pour les trois échantillons de lait cru a montré qu'il y a une charge moyenne en microorganismes d'environ 29.2×10^5 UFC/ml (échantillon 1), 27.5×10^5 UFC/ml (échantillon 2), et 29.2×10^5 UFC/ml (échantillon 3), avec une moyenne de 28.5×10^5 UFC/ml.

D'après ces résultats, aucun des échantillons ne répond aux normes recommandées par le **JORA (2017)**, qui sont $<3 \times 10^5$ UFC/ml.

Cette augmentation du nombre de FTAM dans le lait cru signifie le non respect de la température de stockage ainsi que le manque d'hygiène (au moment de la traite, chariot traicteur, cuve de stockage, le facteur humain).

Selon la **FAO (2011)**, l'amélioration de l'hygiène de la traite, de la collecte et la conservation rapide au froid permettraient de réduire la charge microbienne.

II. 2. Traitement traité par bain Marie

Parmi les trois échantillons du lait cru analysés, nous avons choisis un seul échantillon pour le traitement thermique.

Les résultats de la réduction de la flore aérobie mésophile totale dans l'échantillon de 50ml de lait traité au bain Marie à différents temps (0, 10, 20 et 30min) sont montrés dans le tableau 13 et représentés graphiquement par les figures 18 et 19.

Tableau 13. Réduction de charge de la FTAM après traitement traité par bain Marie.

Temps (min)	$N \times 10^4$ ufc/ml	Ecart type
0	292	1.41
10	156.5	1.12
20	29.05	0.21
30	2.95	0.07

N : le nombre restant de la charge microbienne en UFC /ml.

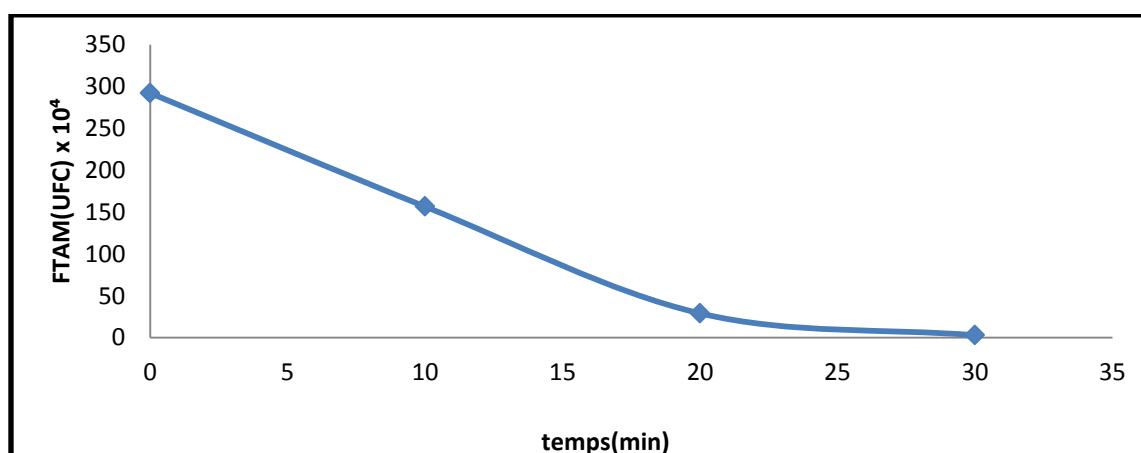


Figure 18. Représentation graphique de la réduction de la FTAM du lait traité au bain Marie. $t_0 = 0$ min correspond à la charge initiale de FTAM : 292×10^4 UFC/ml.

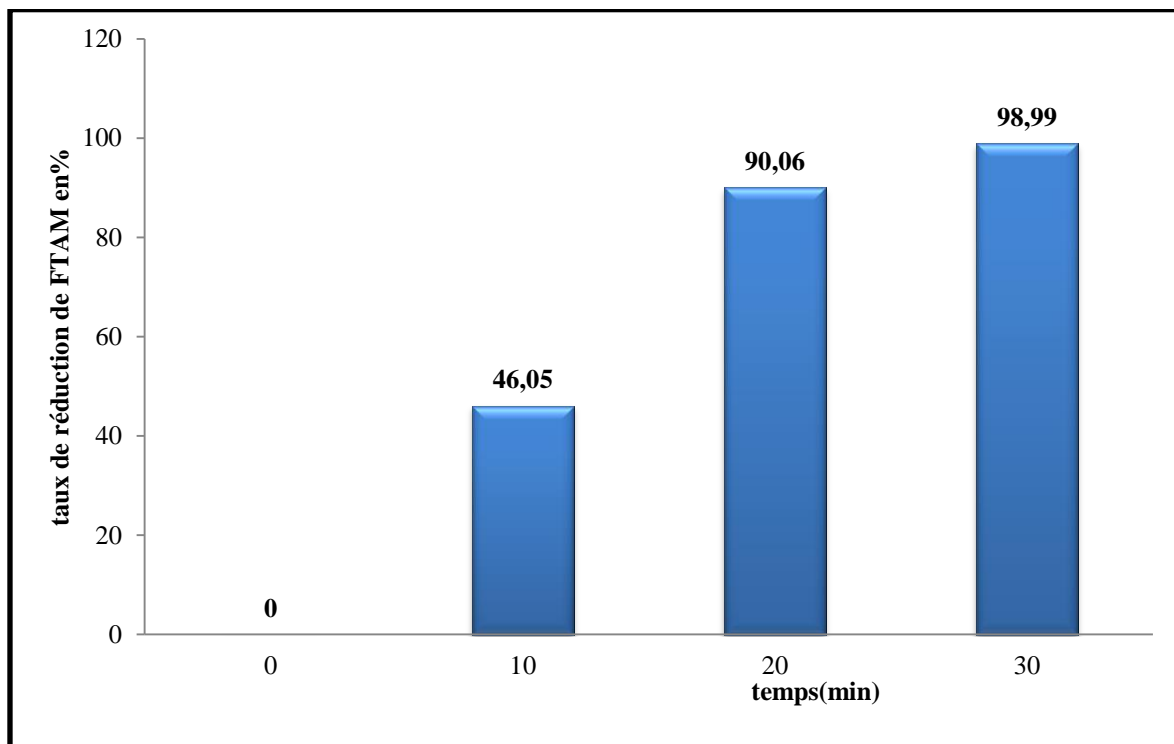


Figure19. Taux de réduction de la FTAM dans le lait traité par bain Marie à différents temps en pourcentage.

Les résultats du tableau13 ainsi des figures N° 18 et 19, montrent que la pasteurisation par bain Marie n'a pas d'effets observés à des courtes durées de traitement ; la réduction de 46% n'a été atteinte qu'après 10min, et à 20 min le taux de réduction est d'environ 90% qui est un taux faible par rapport au temps d'exposition, ainsi la réduction de 98% de la FTAM n'avait lieu qu'à la fin de pasteurisation qui a duré 30min et qui correspond à une charge de 2.95×10^4 UFC /ml restante.

II. 3. Traitement traité par micro-ondes

Les résultats de la réduction de la flore aérobie mésophile totale dans l'échantillon de 50ml de lait traité à différentes niveaux de puissance de micro-ondes et les temps de contact sont montrés dans le tableau14 et représentés graphiquement par la figure 20.

Tableau 14. Réduction de la charge de FTAM du lait après traitement traité par micro-ondes.

900 W			600W		
temps(s)	N ×10 ⁴ UFC/ml	Ecart type	temps(s)	N×10 ⁴ UFC/ml	Ecart type
0	292	1.41	0	292	1.41
5	273	1.41	5	279.5	0.70
10	205.5	0.70	10	226.5	0.35
20	106	1.41	20	136	0.14
25	18.15	0.35	25	47.4	0.22
30	1.525	0.05	35	6.895	0.03
40	0.56	0.03	40	1.22	0.02

N : nombre restant de la charge microbienne en UFC/ml.

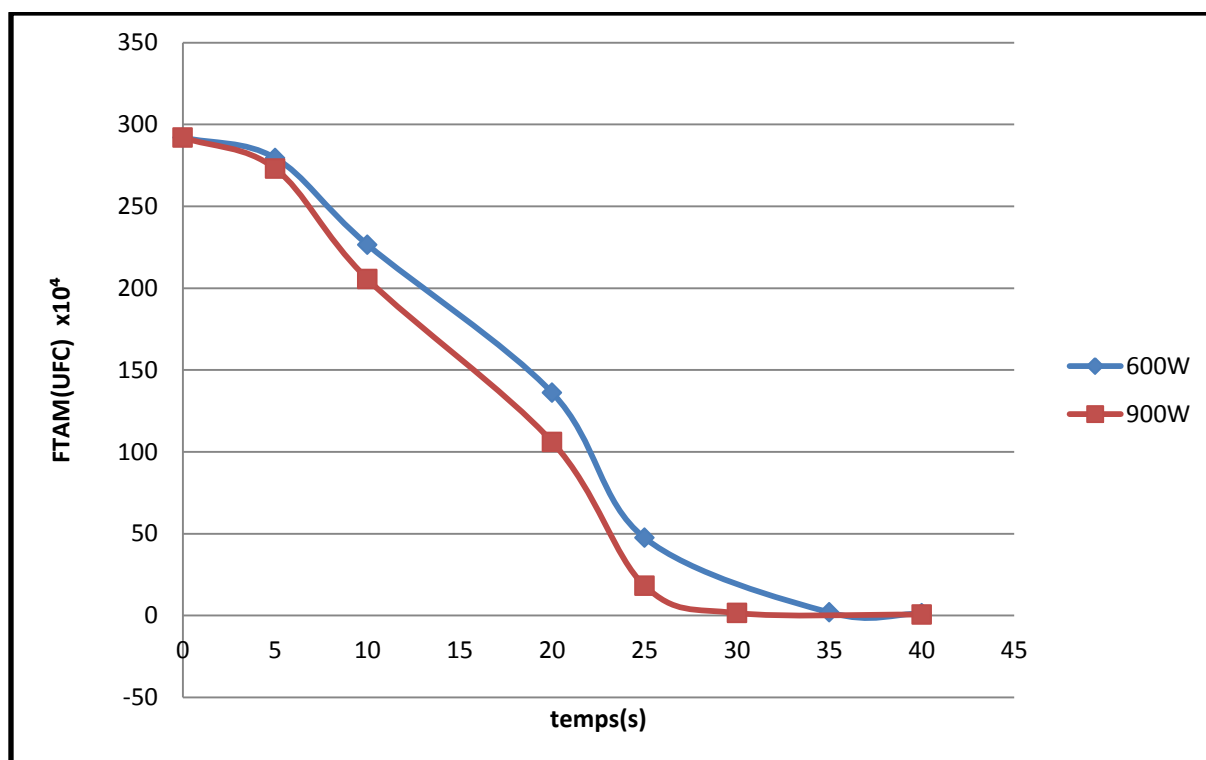


Figure 20. La réduction de la FTAM du lait traité par micro-ondes par rapport à la charge initiale (t_0 correspond à la charge initiale de la FTAM de lait cru : 292×10^4 UFC/ml).

Les taux de réduction de la FTAM en % dans le lait traité par micro-ondes à la puissance 900W et 600W sont représentés graphiquement par les figures 20 et 21 respectivement.

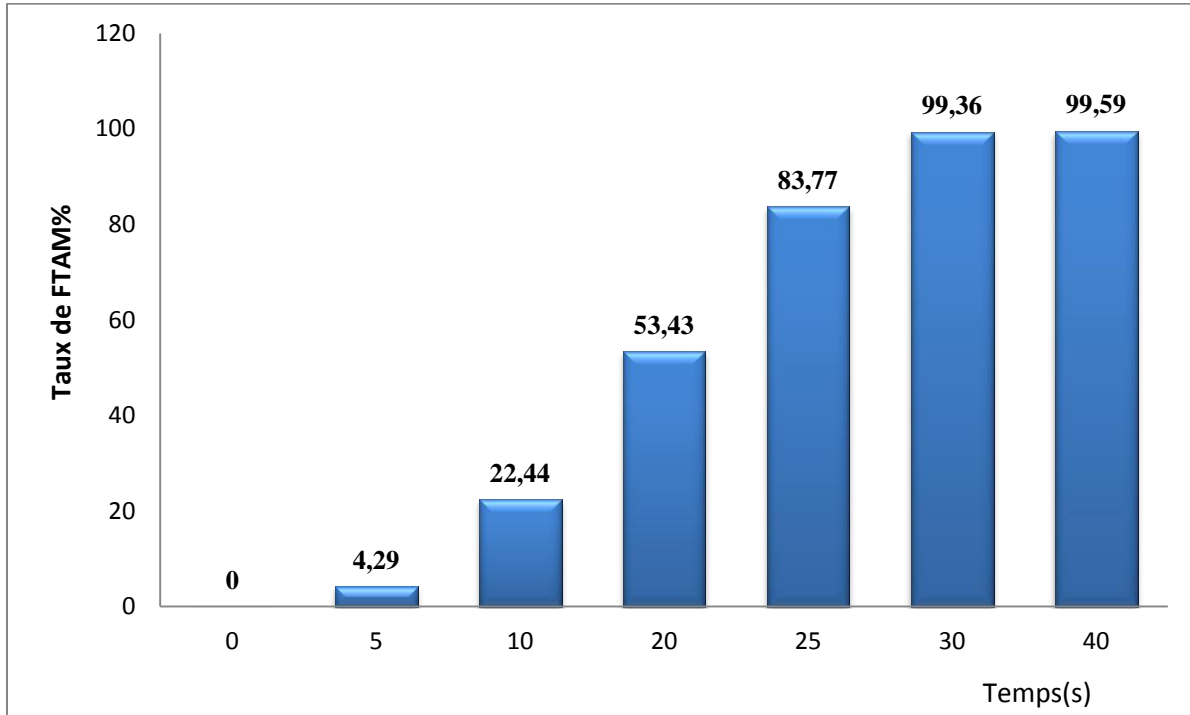


Figure 21. Taux de réduction de la FTAM dans le lait traité par micro-ondes à 900W à différents temps en pourcentage.

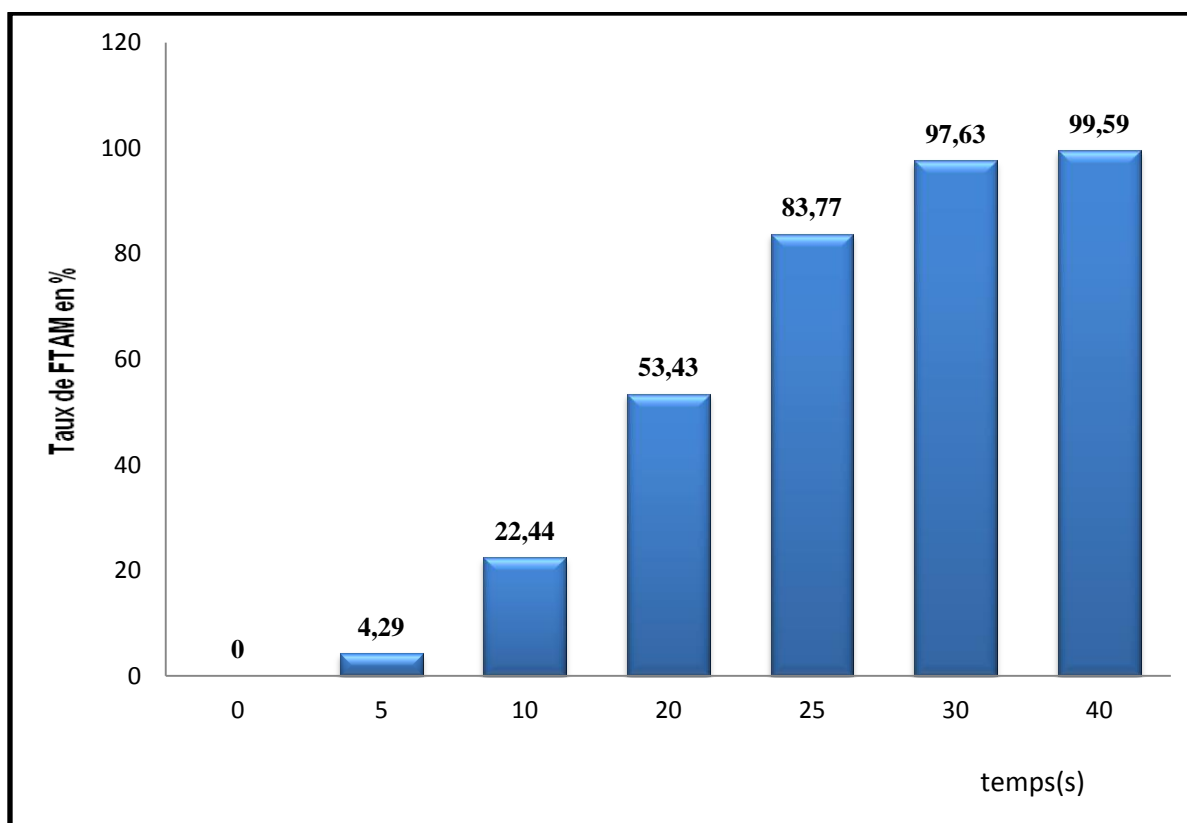


Figure 22. Taux de réduction de la FTAM dans le lait traité par micro-ondes à 600W à différents temps en pourcentage.

Les résultats du tableau 14 et des figures 20, 21 et 22 montrent que la pasteurisation par micro-ondes est très rapidement efficace à l'image de l'élimination 99.81% de la flore après traitement de 40s à 900 W, et l'élimination de 99.58 % après traitement de 40s à 600W. Cette réduction témoigne une destruction rapide et globale de cette méthode, cette efficacité est inévitablement causée par l'effet thermique et athermique induisant un chauffage intracellulaire et une déstabilisation membranaire des microorganismes présent dans le lait. (Chiu, 1985).

La flore non détruite serait une flore thermorésistante. Avec des puissances plus élevées et des temps d'exposition plus prolongés, cette flore pourrait être détruite.

À ce jour, il existe un nombre limité de publications qui décrivent la pasteurisation des produits laitiers par énergie micro-ondes.

L'effet de cette technique est cependant satisfaisante, nos résultats sont cohérents à ceux des études antérieures.

L'étude de **Villamiel et al.(1996 b)** sur le lait cru de bovins et de chèvres chauffés en utilisant les micro-ondes à des températures allant de 73,1 à 96,7 °C à différentes puissances de micro-ondes, a montré une diminution importante de la charge bactérienne jusqu'à 98% après traitement sous plusieurs puissances couplés de différents temps.

Hamid et al. (1969) et **Stearns & Vasavada (1986)**, ont trouvé un taux de destruction de 99,9% de la flore totale après le traitement de lait de chèvre pendant 12 s ou 65 s par micro-ondes.

Une autre étude de **Heddleson et al. (1994)** qui avait pour but de suivre le devenir d'un micro-organisme spécifique, c'est-à-dire, celui qui avait été inoculé dans le lait et énuméré avant et après le chauffage par micro-ondes. Le germe en question est représenté par des souches de Salmonelles thermorésistantes. Les résultats sont montrés une destruction de 99,9% de bactéries pour une température finale de traitement de 63°C.

Le traitement par micro-ondes a été réalisé en utilisant des flacons stériles en verre de 250 ml pour assurer des traitements reproductibles. Dans la littérature ; l'efficacité du traitement par micro-ondes dépend de la qualité et la nature du produit à traiter, du volume et de la température du traitement en grande partie, de la géométrie, les matériaux et la couleur du récipient utilisé. Tous ces facteurs ont une grande influence sur la répartition de la température à l'intérieur du produit à traité (**Hamid et al., 1969**).

Dans notre étude, pour une quantité de 50ml de matière traitée (le lait cru), le temps de contact nécessaire pour une réduction bactérienne presque complète (à 99.8%) varie avec le niveau de puissance utilisé ; le temps d'exposition augmente au fur et à mesure que le niveau de puissance est faible.

Une entrée de puissance élevée entraîne une élévation rapide de température à l'intérieur du produit (tableau 10), qui est un facteur clé de la mort bactérienne. A la puissance 900W; par exemple, le taux de réduction bactérienne après 30s est de 99.47 %; à la puissance 600W par exemple, la réduction du presque le même taux ne sera obtenu qu'après 40s.

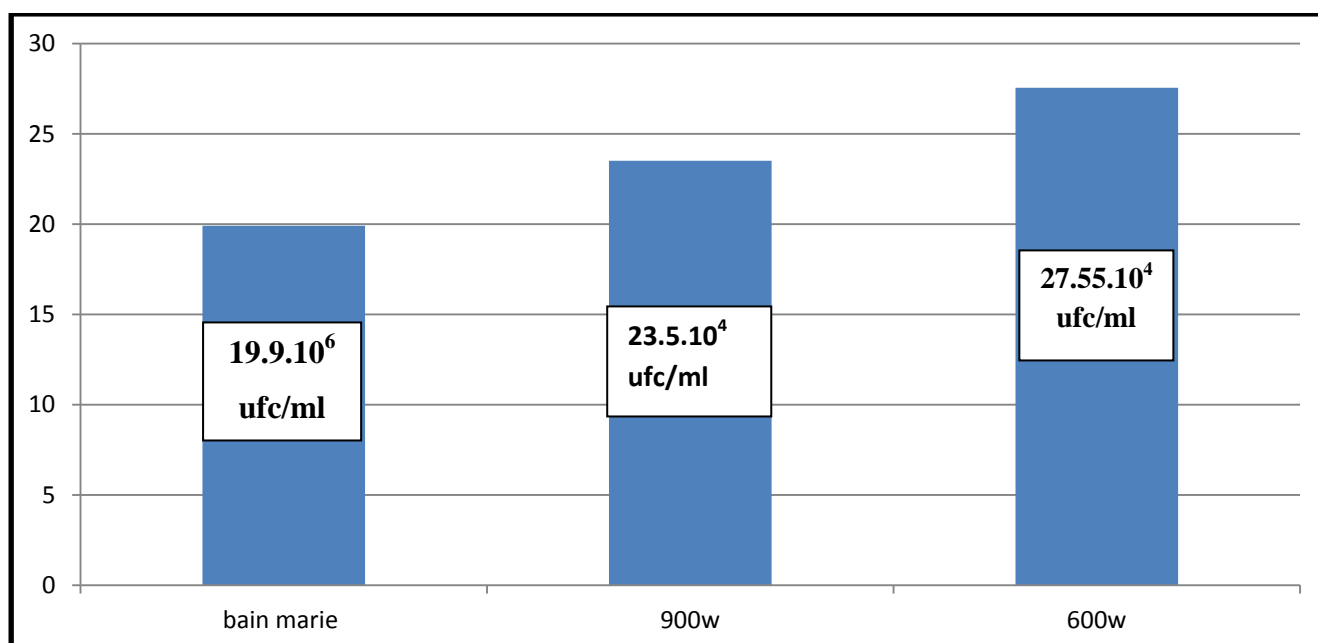
III. Résultats du dénombrement de FTAM après la conservation du lait pasteurisé

Les résultats du dénombrement des FTAM du lait cru et du lait pasteurisé par bain Marie et par micro-ondes après cinq jours, sont présentés dans le tableau15.

Tableau 15. Résultats du dénombrement de la FTAM après conservation du lait.

Lait cru conservé	Lait traité par le bain Marie	Lait traité par micro-ondes	
		900W/25s	600W/35s
29.3×10^7 UFC /ml	19.9×10^6 UFC /ml	23.5×10^4 UFC /ml	27.55×10^4 UFC /ml

Les résultats du tableau15 sont représentés graphiquement dans la figure23.

**Figure 23.** Résultats de dénombrement de la FTAM du lait après conservation.

a, b, c : la différence observée entre les moyennes est statistiquement significative au niveau de confiance 95% ($P \leq 0.05$).

D'après le tableau 13 et la figure23, L'énumération de la flore totale du lait cru ,du lait pasteurisé par bain Marie et du lait pasteurisé par micro-ondes a montré qu'il y a une charge moyenne en microorganismes d'environ $29,3 \times 10^7$ UFC/ml pour le lait cru conservé, sachant que la conservation du lait augmente considérablement sa charge microbienne même si cette

Micro-ondes

conservation se fait en respectant des températures de réfrigération (**Weber, 1985**). 19.9×10^6 UFC/ml pour le lait pasteurisé par bain Marie à $65^\circ/30\text{min}$, 23.5×10^4 UFC/ml pour le lait traité par micro-ondes à $900\text{W}/25\text{s}$ et 27.55×10^4 UFC/ml à $600\text{W}/35\text{s}$.

D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que le traitement du lait par micro-ondes permet une meilleure conservation du lait par rapport aux méthodes de traitement conventionnelles (Le bain Marie dans notre étude).

IV. Comparaison entre traitement traité par micro-ondes et traitement traité par bain Marie

L'exposition du lait chargé en microorganismes au four micro-ondes, réduit la charge de la FTAM en courte durée (quelques secondes), alors que le traitement au bain Marie n'a réduit la charge de la FTAM qu'après une durée d'exposition plus longue (plusieurs minutes).

Ainsi, le lait traité par micro-ondes aux différentes puissances a permis l'obtention d'une meilleure qualité microbiologique du lait, vu la charge faible en FTAM trouvée après la durée de conservation qui par rapport à la charge trouvée dans le lait traité au bain Marie est beaucoup plus importante.

Pour ceci, nous considérons que la pasteurisation du lait par le four micro-ondes est plus efficace et plus rapide que celle du bain Marie. Elle permet d'assainir la qualité du lait ainsi de prolonger sa durée de vie.

Conclusion et perspectives

Nos résultats ont montré que, les caractères physicochimiques du lait étudié sont conforme aux normes établie par la FAO (2011) et celle du JORA ; avec une température de 6.9C°; un pH de 6.7; une acidité titrable égale à 17 D° et enfin une densité de 1.0302.

Concernant la qualité de microbiologique du lait cru, la charge de la FTAM dénombrée dans le lait cru était supérieure à la norme établie par le Journal officiel algérien(2017), avec une moyenne de 28.5×10^5 UFC/ml.

A la lumière des résultats obtenus dans cette investigation, les résultats de réduction de la flore aérobie mésophile totale dans l'échantillon de 50ml de lait traité par micro-ondes, montrent que la pasteurisation du lait est plus rapide par rapport à la méthode conventionnelle qui utilise le bain Marie. A la puissance 600W, il a fallu seulement 40s pour l'élimination de 290.78×10^4 UFC/ml à l'origine de 292×10^4 UFC/ml qui correspond à l'élimination de 99.58% de germes. En revanche à la puissance 900W, il a fallu juste 35s pour éliminer 290.48×10^4 UFC/ml qui correspond à 99.48% de la flore initiale présente dans le lait cru. Par contre, pour le lait traité par bain Marie, il a fallu 30min pour éliminer 287.05×10^4 UFC/ml (98% de la flore initiale).

Concernant l'impact de micro-ondes sur la conservation du lait, les résultats d'énumération de la FTAM des laits traités par les deux techniques montrent, qu'il ya une différence significative entre eux ; le lait traité aux micro-ondes présente une charge d'environ 13.5×10^4 UFC/ml, pour le lait traité par micro-ondes à 900W/25s, et 27.55×10^4 UFC/ml à 600w/35s par contre le lait traité au bain Marie présent une charge beaucoup plus importante de 19.9×10^6 UFC/ml. L'augmentation de cette charge cause la détérioration rapide du lait. Ces résultats montrent que le lait pasteurisé par micro-ondes présente la plus faible charge de FTAM ; donc la pasteurisation par micro-ondes permet l'élongation de la durée de vie du lait ; alors une meilleure conservation.

Ces résultats suggèrent qu'un modèle de four à micro-ondes domestique pourrait être utilisé pour pasteuriser le lait cru et peut remplacer les méthodes de pasteurisation conventionnelles. Et aussi, il pourrait être une excellente alternative à l'ébullition vue son efficacité, sa rapidité de mise en œuvre et d'exécution, son économie d'énergie, d'eau de lavage et de détergents. En somme, c'est presque que des avantages avec, cerise sur le gâteau, un meilleur respect des propriétés organoleptiques du lait comme par exemple, une bonne tenue des vitamines du groupe B.

Conclusion et perspectives

Reste à savoir si ce procédé sera accepté par le public déjà obnubilé par les relais radio des téléphones cellulaires dont la dangerosité n'a jamais été formellement prouvée ni comme, d'ailleurs, celle des micro-ondes.

Ces résultats peuvent être affinés avec :

- Etablissement des modèles d'optimisation basés sur des plans d'expériences pour déceler tous les paramètres qui peuvent influencer le procédé (tester d'autres puissances et varier les temps d'exposition.....) ;
- Evaluation de l'effet du traitement par micro-ondes sur la sécurité et les caractéristiques nutritionnelles du lait cru ;
- Comparaison de cette technique avec d'autres techniques de traitement thermiques du lait utilisant d'autres profils de chauffage et des temps de maintien variable (UHT par exemple) ;
- Approfondissement de l'étude microbiologique en cherchant d'autres germes à savoir, la flore banale ou pathogène susceptible d'être présente dans le lait cru, et étudier l'effet de micro-ondes sur ces flores;
- Test de l'effet de micro-ondes dans la pasteurisation d'autres matrices alimentaires.

Références bibliographique

1. AFNOR., (2011) Contrôle de la qualité des produits laitiers –Analyses physiques et chimiques, 3ème édition. 321p.
2. Alais C. (1975): Sciences du lait. Principes des techniques laitières. Edition Sepaic, paris.
3. Alais, C. (1984).La micelle de caséine et la coagulation du lait In science du lait : principes des techniques laitières. Paris : Ed Sepaic, 4ème Ed. 723-764.
4. Amiot J, Fournier S, Lebeuf Y, Paquin P et Simpson R., (2002). Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait: transformation du lait. Ecole polytechnique de Montréal : 1-74p.
5. Anonyme., (2009) : Traite des vaches laitières : Matériel, installation, entretien. 1ere édition. France Agricole, institut de l'élevage : 554p.
6. Apfelbaum, M., Roman, M. (2004). Diététique et nutrition, Edi Vuibert.168p
7. Bonnyfoy C, Guillet F, Luyral G et Bourdis E-V., (2002) : Microbiologie et qualité dans les industries agro-alimentaires. Aquitaine : Doin, Paris. 248p.
8. Brisabois, A., Lafarge, V., Brouillaud, A., De Buyser, M. L., Collette, C., Garin Bastuji, B., & Thorel, M. F., (2009). Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers: situation en France et en Europe. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*, 16(1), 452-471.
9. Broutin, C., Diedhiou, Y.& Dieng, M. (2005). Guide de bonnes pratiques d'hygiène. Edition Groupe de recherche et d'échanges technologiques. Sénégal.
10. Brulé.G, Jeantel, R., Croguennec, T., Mahaut, M., & Schuck, P. (2008). Les produits laitiers. 2ème édition tec & Doc. Lavoisier. Paris.1-19.
11. Chilliart Y. (1996): Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre. Acte du colloque : le lait de chèvre, un atout pour la santé, INRA. Niort, France, 51-65.
12. Chiu, C. P., K. Tateishi, F. V. Kosikowski, and G. Armbruster. 1984. Microwave treatment of pasteurized milk. *J. Microwave Power* 19:269-272.
13. CISSE Serigne Abdoulaye (1997). Contribution à l'étude de la pasteurisation du lait : faisabilité technique et contrôle de la qualité dans la région de Holda. Université de CHEIKH ANTADIOP-DAKAR. Ecole inter-états des sciences et médecine vétérinaire. 143p.
14. Curet S. (2008) : Traitements micro-ondes et transferts de chaleur en milieu multiphasique. Ecole doctorale Sciences pour l'ingénieur, géosciences, architecture. Nantes.196p.

Références bibliographique

15. Debry G. (2001) : lait, nutrition et santé. Ed : Technique et documentation, Lavoisier. Paris : 566p.
16. Elmecherfi K., (2013). Evaluation de l'immunoréactivité et l'allergénicité des lactoprotéines bovines après hydrolyse enzymatique combinée à un traitement micro-ondes. Faculté des sciences département de biologie. Université d'Oran.
17. Essalhi M. (2002). Relation entre les systèmes de production bovine et les caractéristiques du lait .Mémoire d'ingénieurs. Institut Agronomique et vétérinaire, Hasan II, Rabat .104p.
18. FAO. (2007).Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. [http://www.fao.org/docrep.T4280F.html](http://www.fao.org/docrep/T4280F.html).
19. Fernane Boumedine. H (2017). Etude des bactéries thermorésistante du lait. Université Mustapha Stambouli, Maskara. 147p.
20. Fredot, E. (2007). Connaissance des aliments « bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique ». Ed ; Tech et Doc Lavoisier. Paris. 397p.
21. FTLQ. (2002): Science et Technologie du lait. Fondation de Technologie Laitière du Québec Inc. Ed, Presses International les Polytechnique, Québec, canada, pp. 28-44.
22. Gajanan Dhobale, Istiyak Chauhan, J. P. Prajapati and H. G. Patel. (2015) Microwave Heat treatment for Milk Processing. Technical Articles, National Seminar on "Indian Dairy Industry - Opportunities and Challenges. SMC College of Dairy Science, AAU, Anand, India. 5p.
23. Gosta. (1995). Lait long conservation. In manuel de transformation du lait. Edition: Tétra Packs Processing Systems A.B, Sweden. 442p.
24. Goursaud J., (1985). Composition et propriétés physico-chimiques. Dans Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M.Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.
25. Guiraud J.P. (2003). Microbiologie Alimentaire. Edition DUNOD. Paris. Pp : 136-139
26. Gundavarapu S. (1995). Evaluation of microbiological safety of shrimp cooked in a microwave oven. Journal of Food Protection 58 (7): 742-747.
27. Hamid M, Boulanger RJ, Tong SC, Gallop RA, Pereira RR. (1969). Microwave pasteurization of raw milk.J Microw Power,4:272-275.
28. HANNA L.(2008). Effet d'un chauffage micro-ondes et conventionnel sur la thermorésistance d'une Salmonelle traitée dans un produit à basse activité d'eau. Conséquences sur la qualité du produit. Ecole nationale supérieure d'industries agricoles et alimentaires (ENSIA).Paris.194p.

Références bibliographique

29. Heddleson, R.A, Doores, S. & Anantheswaran, R. C. (1994).Parameters affecting destruction of Salmonella spp. By microwave heating. *J. Food Sci.*, 59, 44745 1.
30. Ivan R. (2003) questions sur le lait. Edition : Agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire (Bruxelles): 14 – 15.
31. Jasim Ahmed and Hosahalli S. Ramaswamy (2007) .Handbook of Food Preservation, Second Edition 2007 by Taylor & Francis Group, LLC.p 693-694 .pp1088
32. Jay JM. (2000). Taxonomy, role, and significance of microorganisms in food. Dans *Modern Food Microbiology*, Aspen Publishers, Gaithersburg MD. pp: 13.
33. Jean-Christan M'boya., Cecile Broutin et Philippe Duzed. (2001). Le lait pasteurisé. GRE-Agridoc: un réseau d'information et de documentation financé par ministère français des affaires étrangères p-4-5.
34. JORA, 1998. (Journal officiel de la république algérienne). Arrêté interministériel du 27 mai 1998 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées. Ministère du commerce N°35.
35. Jornal Officiel de la République Algérienne (2017), N°69.
36. Labioui H., Laarousi E., Benzakour A., El Yachioui M., Berny E. et Ouhssine M. (2009). Étude physico-chimique et Microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 2009, 148. pp: 7-16.
37. Lamontagne Michel Claud P, Champagne J, Reitz A, Sylvain M, Nancy G, Marysel, Julie J et Ismail F. (2002).Microbiologie de lait. Science et technologie de lait École polytechnique de Montréal.
38. Larpent, J.P., 1997. Microbiologie alimentaire : Technique de laboratoire, Ed., Doc Tec, pp : 1072.
39. Luquet .F.M et Bonjean-Linczowski. Y, (1985). Le lait de la mamelle à la laiterie in lait et produits laitiers Vache- Brebis- Chèvre. Tec et Doc- Lavoisier, 1-15p.
40. Luquet. (1985): Laits et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.
41. Mathavi V, Sujatha G, S-B Ramya et Karthika B -M. Food Technology and Assistant Professor, College of Food and Dairy Technology. (2013). New trends in food processing, *International Journal of Advances in Engineering and Technology*. India 5(2):176-187.
42. Nóbrega, J.A., Trevizan, L.C., Araújo, G.C.L., Nogueira, A.R.A., 2002. Focused-microwaveassisted strategies for sample preparation. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 57, 1855-1876.

Références bibliographique

43. Ould Mustapha, A., N'diyae, D., Ouid Kory, B., (2012). Etude de la qualité du lait pasteurisé des industries laitières situées à Nouakcote (Mauritanie) Sciences du vivant Biologie. Editions Mersenne: Volume N°4-4706.
44. Perreau M., (2014). Conduire son troupeau de vaches laitières. *Ed. France Agricole*. p. 30-69.
45. Pougheon S., (2001) Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France:102p.
46. Prescott LM, Harley J., Klein DA. 2010. Microbiologie 2ème édition. De Boeck, Paris, p. 979.
47. Romain, J., Thomas, C., Michel, M. Pierre, S. & Gérard, B. (2008). Les produits laitiers 2ème Ed ; Tech & Doc Lavoisier. 185.
48. Sieber R, Eberhard P, Gallmann P (1996). Heat treatment of milk in domestic microwave ovens. *International Dairy journal*, 6:231-246.
49. Tebibel, N., Kahlouche, B. & Athamani-Guemouri, S. (2010). Microbiologie. Office des publications universitaires. 70, 74, 93, 95, 115, 124
50. Vandercammen M. (2011). quel Lait choisir Crioc centre de recherche et d'information des organisations de consommateurs. p13.
51. Veisseyre, R. (1979). "Technologie du lait". Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3ème édition. La maison Rustique; Paris. p 697.
52. Vignola, C. (2002). Science et technologie du lait: la fraction de technologie laitière du transformation du lait. Ed école polytechnique de Montréal. 154-175p.
53. Vilain A.-C (2010). Qu'est-ce que le lait. *Revue française d'allergologie* 50 (2010) 124–127.
54. Villamiel, M., R. Lopez-Fandino, N. Corzo, I. Martínez-Castro, and A. Olano. 1996b. Effects of continuous-flow microwave treatment on chemical and microbiological characteristics of milk. *Z. Lebensm. Unters. F. A* 202:15–18.
55. WEBER F., 1985. Réfrigération du lait à la ferme et organisation des transports. Etude FAO production et santé animales n°47.

L'objectif du présent travail est l'étude comparative de l'effet du traitement thermique conventionnel (bain Marie) et non conventionnel (micro-onde), sur la destruction de la flore totale aérobique mésophile du lait cru, ainsi d'examiner la possibilité d'étendre la durée de conservation du lait pasteurisé avec l'application de la chaleur micro-ondes.

L'étude comparative de la charge bactériologique globale (FTAM) des laits assistés par bain Marie et par microonde a révélé que le lait traité par micro-ondes présente une meilleure qualité microbiologique. La charge de FTAM a diminuée jusqu'à 0.56×10^4 UFC/ml après 40s de traitement à 900W et 1.22×10^4 UFC /ml après 40s de traitement à 600W. Cependant, la charge de FTAM du lait traité par bain Marie était de 2.95×10^7 UFC/ml après un traitement de 30min.

Le lait cru homogénéisé en flacons stériles de 50 ml a été exposé au bain Marie à $65^\circ\text{C}/30\text{min}$, ainsi aux micro-ondes à 900W/25s et 600W/35. Les flacons sont ensuite réfrigérés à $4^\circ\text{C}/5\text{j}$. Après la période de conservation, le dénombrement a révélé une charge de FTAM du lait traité par bain Marie de 19.9×10^6 UFC /ml. Cependant, les laits traités par microonde à 900 et 600W présentent des charges de 23.5×10^4 UFC /ml et 27.55×10^4 UFC /ml respectivement. Ces résultats révèlent que le four micro-onde permet une meilleure pasteurisation et conservation du lait.

Mots clés : Lait cru, FTAM, micro-ondes, bain Marie, pasteurisation, conservation.

The objective of this work is the comparative study of the effect of conventional (water bath) and unconventional (microwave) heat treatment on the destruction of the total mesophilic aerobic flora of raw milk, thus examining the possibility of extend the shelf life of the milk with the application of microwave heat.

The comparative study of the overall bacteriological load (FTAM) of water bath-and microwave-assisted baths revealed that microwaves treated milk has a better microbiological quality. The FTAM load decreased to 0.56×10^4 CFU/ml after treatment 40s at 900W and 22×10^4 UFC/ml after 40s processing at 600w. However, the FTAM charge of the water bath milk was 2.95×10^7 CFU/ml after 30 minutes of treatment.

Raw milk homogenized in sterile bottle of 50 ml was exposed to the bath of Mary at $65^\circ/30$ minutes, as well as to the microwaves of 900W/25s and 600w/35. The bottles were then refrigerated at $4^\circ\text{C}/5$ days. After the retention period, the count revealed a FTAM load of milk bath treated with 19.9×10^6 CFU/ml. However, milk treated with 900 and 600 W had respective loads of 23.5×10^4 CFU/ml and 27.55×10^4 CFU/ml. These results show that the microwave oven allows for better pasteurization and storage of milk.

Key words: raw milk, FTAM, microwave, water bath, pasteurization, conservation.