

# République Algérienne Démocratique Et Populaire

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة والحياة

## DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

### MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté par

**Mlle CHOHRI Hanane**

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

**Spécialité : Contrôle de Qualité des Aliments**

**THEME**

Etude de l'effet de micro-onde sur la qualité physico-chimiques et microbiologies de lait cru

Soutenu publiquement le : 24 / 06 /2018

#### DEVANT LE JURY

Président M. Benmiloud . Dj

Grade M.C.B – Université Mostaganem

Encadreur M<sub>me</sub> Benmahdi. F

Grade M.A.A– Université Mostaganem

Examinatrice M<sub>me</sub> Ait Chaabane. L

Grade M.A.A– Université Mostaganem

**Thème réalisé au laboratoire pédagogique de microbiologie université de Mostaganem**

**Année Universitaire 2017/2018**

## *Remerciements*

*Au terme de cette contribution et en témoignage de mon profond respect et de sincère sentiment de gratitude, je tiens tout d'abord à exprimer mes plus vifs remerciements à Dieu qui m'a offert la force et la chance.*

*J'exprime ma profonde gratitude et chaleureux remerciements à mon encadreur madame BENMAHDI.F, de m'avoir fait l'honneur d'encadrer ce travail ; pour ses conseils et surtout sa patience.*

*J'exprime ma reconnaissance à monsieur BELMILOUD.DJ .A professeur à la faculté des sciences de la nature et de la vie, département d'agronomie à l'université de Mostaganem, qui a accepté de présider le jury.*

*Je remercie également monsieur ARIBI Professeur à l'université de Mostaganem et madame BERBER pour donne des informations*

*Je tiens également à remercier toutes les personnes du laboratoire de biochimie et microbiologie université de Mostaganem, et le technicien de laboratoire de microbiologie, madame NADIA.*

*Je remercie également chef départements agronomie sayeh*

*Merci*

# Dédicaces

*A toute la famille CHOHRI*

*A mes professeurs de l'université « ITA »*

*A tous mes ami(e)s*

*Je vous aime*

*Je dédie ce travail :*

*A celui qui m'a indiqué la bonne voie en une me  
rappelant*

*Que la volonté fait les grands*

*A mon père*

*Et ma mère*

*Le meilleur de toutes les mamans qui est pour  
moi un exemple remarquable de sacrifices et de  
courage.*

*Aux fils de mon frère youcef et yasser et à la fille  
de ma sœur Rahma*

*A tous ceux qui me sont chère :*

*À mes sœurs mes frères*

*Je vous adore*

*A mes grands-parents maternels et  
paternels A tous les étudiantes CQA*



**Liste des abréviations**

**CF:** coliforme fécaux

**Cm<sup>2</sup>:** centimètre carré

**CRS:** clostridium-sulfito-réducteur

**CT:** coliforme totaux

**D°:** degré Dornic

**EPT:** Eau peptonnée tamponnée

**EST :** Extrait Sec Total

**F.A.O:** food agronomique organisation

**GHz:** Gigahertz

**HS:** effet hautement significatif du facteur étudié

**Hz:** Hertz

**Kcal:** Kilo calories

**MG:** matière grasse

**MHz:** Mégahertz

**n :** Nombre de répétions

**NS :** effet non significatif du facteur étudié

**PCA:** plant count agar

**pH :** potential Hydrogène

**Staph:** staphylococcus aureus

**TCA:** Acide trichloroacétique

**Tr :** Traces

**UFC:** unité formant colonie

**VF:** gélose glucosée viande-foie

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

**µg:** Microgramme

## *Liste des figures*

---

### Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Spectre électromagnétique.....	15
<b>Figure 02 :</b> schéma d'un four micro-ondes monomode (A) et multimode (B).....	16
<b>Figure 03 :</b> Comportements de la matière vis-à-vis d'une onde électromagnétique.....	17
<b>Figure 04 :</b> Frissonnement des dipôles soumis à une irradiation micro-ondes.....	18
<b>Figure 05 :</b> Situation géographique du site de prélèvement (Ferme ITA).....	22
<b>Figure 06 :</b> Principales étapes de l'étude.....	24
<b>Figure07 :</b> FTAM (photo originale).....	25
<b>Figure 08 :</b> Coliformes fécaux et totaux (photo originale) .....	32
<b>Figure 09 :</b> Staphylococcus aureus (photo originale).....	32
<b>Figure 10:</b> Clostridium Sulfito-réducteurs (photo originale).....	33
<b>Figure11 :</b> Absence de Salmonelle (photo originale).....	34
<b>Figure12 :</b> pH du lait avant et après chauffage .....	35
<b>Figure 13 :</b> Taux butyreux du lait avant et après chauffage.....	36
<b>Figure 14 :</b> Taux de lactose du lait avant et après chauffage .....	37
<b>Figure 15 :</b> Acidité du lait (°D).....	38
<b>Figure 16 :</b> le taux des protéines du lait avant et après chauffage u lait avant et après.....	39
<b>Figure 17 :</b> l'extrait sec total du lait avant et après chauffage.....	40

**Liste des tableaux**

<b>Tableau 01</b> : Limites inférieures et supérieures de ces constituants (%) par 1 litre de lait (Vignola, 2002).....	04
<b>Tableau 02</b> : Constituants lipidiques du lait et leur localisations dans les fractions physico-chimiques (g/100g de matière grasse) (Renner, 1983) .....	05
<b>Tableau 03</b> : Les vitamines du lait (dans 100 ml). (Adrian et al ,1995) .....	07
<b>Tableau 04</b> : Constituants salins majeurs du lait. (Adrian et al ,1995).....	08
<b>Tableau 05</b> : Les enzymes du lait (Adrian et al .1995) .....	09
<b>Tableau 06</b> : les Prélèvements du lait.....	23
<b>Tableau 07</b> : Résultats des analyses microbiologiques des prélèvements du lait.....	31
<b>Tableau 08</b> : pH du lait avant et après chauffage.....	35
<b>Tableau 09</b> : Taux butyreux du lait avant et après chauffage (g /L).....	36
<b>Tableau 10</b> : Taux de lactose avant et après chauffage(%).....	37
<b>Tableau 11</b> : Acidité du lait(°D).....	38
<b>Tableau 12</b> : le taux des protéines du lait(%).....	39
<b>Tableau 13</b> : l'extrait sec total du lait (%) .....	40

## Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Introduction

Partie bibliographique

### Chapitre 01 : Généralités sur le lait

I.	Définition .....	03
II.	La composition .....	03
III.	Valeur notionnelle.....	03
IV.	Composition de lait de vache.....	04
V.	Caractéristiques physico-chimiques de lait.....	10
VI.	Caractéristiques qualitatifs.....	11

### Chapitre 02 : Généralités sur la micro-onde

I.	Historique.....	13
II.	Chimie et micro-ondes.....	13
III.	Techniques et mise en œuvre des micro-ondes .....	14
IV.	Principe et mécanisme de chauffage par micro-ondes .....	17
V.	Avantages spécifique des micro-ondes.....	19
VI.	Applications industrielles des micro-onde.....	19

Partie pratique

### Chapitre 03 : Matériels et méthodes

I.	L'objectif.....	22
II.	Lieu de travail.....	22
III.	Echantillonnage.....	22

Analyses physicochimiques .....	26
Analyses bactériologique.....	27
Analyse statistique.....	30

## Chapitre 04 : Résultats et discussion

### A. Résultats

I. Résultats des analyses microbiologiques du lait.....	31
1. Flore mésophile aérobie totale.....	32
2. Coliformes totaux et fécaux.....	32
3. Staphylococcus aureus.....	33
4. Clostridium sulfito-réducteurs.....	34
5. Salmonelle.....	34
II. Résultats des analyses physico-chimiques du lait	
1. Le PH.....	35
2. Matière grasse.....	36
3. Lactose.....	37
4. L'acidité.....	38
5. Le taux des protéines.....	39
6. L'extrait sec total.....	40

### B. Discussion des résultats

Conclusion

Référence bibliographiques

Annexe

## Résumé

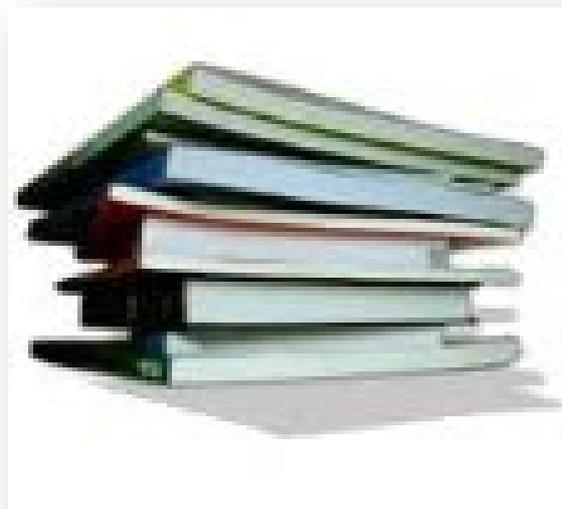
Le lait et les produits laitiers sont des aliments les plus populaires dans le monde entier en particulier pour les nourrissons, plus récemment, et presque la plupart utilise le microonde dans la préparation des aliments en particulier le lait. ainsi, l'objectif de cette étude est de voir l'effet des micro-ondes sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques du lait cru en particulier sur la teneur en minéraux afin d'apprécier la qualité du lait. Les résultats obtenus montrent que la moyenne de la teneur a diminué au cours de l'exposition aux micro-ondes surtout à 2 et 3 minutes en matière grasse (35,62 à 34,03), protéine (2,54 à 2,3), lactose, (3,33 à 3,06) et extrait sec (9,52 à 9,04) alors que l'acidité a augmenté un peu (18,33 à 19,69D°). Contrairement aux minéraux (calcium, magnésium, phosphore) qui sont restés stables, même après 2 et 3 minutes de chauffage. Nous concluons que les micro-ondes ont un effet sur les paramètres physico-chimiques, et microbiologiques, ils sont des indicateurs sensibles de la qualité du lait.

**Mot de clé :** lait cru, micro-onde, paramètre physico-chimique, microbiologie

## Abstract

Milk and dairy products are more popular foods all over the world especially for infants, most recently, and almost all use the microwave in food preparation especially milk. So, the purpose of this study is number of microwaves on the physicochemical and a microbiological property of milk is particularly high depending on the quality of the milk. The dry matter content decreased during exposure to microwaves especially at 2 and 3 minutes in fat (35.62 to 34.03), protein (2.54 to 2.3), lactose, (3.33 to 3.06) and the solids content (9.52 to 9.04) while the acidity increased slightly (18.33 to 19.69 °). Unlike minerals (calcium, magnesium, phosphorus) which remained stable even after 2 and 3 minutes of heating. We conclude that microwaves have an effect on physicochemical, and microbiological parameters, they are sensitive indicators of milk quality.

# *Introduction*



## Introduction

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la vache, la chèvre et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant. Du point de vue physicochimique, le lait est produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels. Les sections qui suivent traitent du lait de vache (**Carole L, 2002**). Si un litre de lait est chauffé à 100°C jusqu'à ce que l'eau s'évapore, il restera un résidu brun jaune. La composition chimique du lait varie selon l'espèce animale et d'autres facteurs, y compris la race, le régime alimentaire, l'âge etc. (**constantin et csatlos, 2010**)

Le traitement micro-ondes est un traitement relativement rapide, ce qui nous permet de dire que la qualité du produit traité n'est pas largement affectée. 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.

Le traitement micro-ondes ne modifie pas plus la valeur nutritionnelle que les autres modes de cuisson. En ce qui concerne les protéines, on observe la même dénaturation que lors de tout autre traitement à la chaleur.

Le chauffage conventionnel est souvent remplacé par les microondes dans l'industrie alimentaire (**vadivambal et jayas, 2007**). ce procédé aurait un effet sur la réduction de la réactivité de la  $\beta$ - lactoglobuline. De même qu'il aurait un plus grand effet sur la structure d'une protéine par rapport au chauffage conventionnel utilisé à la même température (**George et al ,2008**).

L'effet du traitement thermique par les micro-ondes sur les aliments dépend de différents paramètres, tels que les conditions de traitement thermique, le type et le volume du produit, la puissance du four, la température et le temps d'exposition (**Sieber et al ,1996**)

Les micro-ondes sont employées dans la pasteurisation et la stérilisation des aliments (**Ashim, 2008**). **Hamid et al.,1969** ont été le première groupe à utiliser cette technologie pour la pasteurisation du lait. Contrairement à d'autres vecteurs d'énergie, le chauffage par micro-ondes comporte un processus de chauffage rapide et direct qui réduit le temps nécessaire pour

# Introduction

---

parvenir à une température désire. Par conséquence, le traitement thermique totale cumulé est réduit, une meilleur préservation thermique de l'aliment, tel que les aromes les vitamines et les pigments (**Clare et al ,2005**)

Il est cependant utile de préciser que le niveau de dénaturation et d'agrégation subie par une protéine lors d'un chauffage dépend de sa structure initiale de sa concentration de la température du temps de chauffage du mode de chauffage utilisés et de paramètres environnementaux comme le PH (**Sanchez et frémont, 2003**).

La perte en vitamines (A, E) ne semble pas accentuée par le chauffage par microondes et dans le cas de vitamines hydrosolubles, il y aurait même globalement un effet favorable sur la préservation de celles-ci car le traitement thermique est moins sévère (**Finot, 1996**).

Ce pendant, il existe peu d'études concernant l'impact des micro-ondes sur la composition de lait.

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet de chauffage par micro-ondes sur les qualités physicochimique et microbiologique du lait cru.

Le mémoire est structuré en trois principales parties, en plus de l'introduction et de la conclusion générale.

La première partie est consacrée à l'étude bibliographique :

- Des rappels concernant le lait, caractéristique physicochimique et microbiologique, les facteurs qui influencent la qualité du lait.
- Généralités sur les micro-ondes

La deuxième partie expérimentale comporte :

- Evaluation de l'effet du chauffage sur la variation des qualités physicochimiques et microbiologique du lait.

La troisième partie regroupe les principaux résultats obtenus et leurs discussions.

# *Etude bibliographique*



**I. Définition**

La dénomination « lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traite, sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique.

Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum.

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 désigné par la dénomination « lait », suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient. (**JORA N°69,1993**).

**II. La composition**

La composition du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Ils sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit extrinsèques liés au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation).

Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations. (**Ghaoues S, 2011**).

**III. Valeur nutritionnelle :**

Le lait possède une valeur énergétique de 700kcal/litre. La haute qualité nutritionnelle des protéines du lait repose sur leur forte digestibilité et leurs compositions particulièrement bien équilibrée en acides aminés indispensables.

Pour les nouveau-nés, les protéines du lait constituent une source protéique adaptée aux besoins de croissance durant la période néonatal. (**Derby, 2001**).

Le lait est un aliment complet, de haute valeur nutritionnelle, il assure à l'organisme une part majeure de ses besoins en protéines, apportant les constituants indispensables. Il est une excellente source de calcium, de phosphore, de riboflavine et relativement riche en thiamine, en cobalamine et en vitamine A (**Cheftel, 1977**).

#### IV. Composition du lait de vache

Selon **Favier (1985)**, le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riche en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes, alors nous avons motionnés ces éléments qu'ils confèrent une complémentarité entre eux.

**Tableau N°01 :** Limites inférieures et supérieures de ces constituants (%) par 1 litre de lait (**Vignola, 2002**).

Constituant principaux	Limites de variation %	Valeur moyenne%
<b>Eau</b>	85.5-89.5	87.5
<b>Matière sèche totale</b>	10.5-14.5	13.0
<b>Matière grasse (MG)</b>	2.5-6.0	3.9
<b>Protéines</b>	2.9-5.0	3.4
<b>Lactoses</b>	3.6-5.5	4.8
<b>Minéraux</b>	0.6-0.9	0.8

Les principaux constituants du lait par ordre croissant selon **Pougheon et Goursaud(2001)** sont :

- L'eau, très majoritaire,
- Les glucides principalement représentés par le lactose,
- Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras,
- Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire,
- Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles,
- Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.

##### 1. L'eau

L'eau est un élément quantitativement plus important : 900 à 910g par litre .Elles sont dispersés tous les autres constituants du lait, tous ceux de la matière sèche (**Mathieu,1998**) .

## 2 .les glucides

Le lactose, disaccharide composé de glucose et de galactose, est le seul glucide libre du lait présent en quantités importantes, sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/L. Cette teneur présente de faibles variations à la différence du taux butyreux. Il est synthétisé par la glande mammaire à partir du glucose prélevé dans le sang. **(FAO et INPHO, 1998)**

## 3. Les Matières grasses

Les lipides (fraction saponifiable) constituant donc l'essentiel de la matière grasse (>98%). Leur concentration dans le lait varie de 30 à 50 g/l, en moyenne 39 g/l. Le lait de consommation est standardisé à un taux fixé par la réglementation selon le type de lait. Elles sont constituées essentiellement (99 %) de Triglycérides (triesters du glycérol avec divers acides gras saturés). **(Apfelbaim et al ., 1995)**. Le tableau N°02 détaille à la fois la teneur (pour 100 g de matière grasse) et la (ou les) localisations principale(s) des lipides du lait.

**Tableau N°02 :** Constituants lipidiques du lait et leur localisations dans les fractions physico-chimiques (g/100g de matière grasse) **(Renner, 1983)**

Constituants lipidiques	Proportions	Localisation
Triglycérides	96 à 98	globule gras
Di glycérides	0.3 à 1.6	globule gras
Mono glycérides	0.0 à 0.1	globule gras
Phospholipides	0.2 à 1.0	Membrane du globule gras et de lactosérum
Cérébrosides	0.0 à 0.08	Membrane du globule gras
Stéroïdes	0.2 à 0.4	globule gras
Acides gras libres	0.1 à 0.4	Membrane du globule gras et de lactosérum
Ester du cholestérol	Traces	Membrane du globule gras
Vitamines	0.1 à 0.2	globule gras

## 4 .Matières azotés

Selon **(Jeantet et Coll. (2007))**, le lait de vache contient 3.2 à 3.5% de protéines réparties en deux fractions distinctes :

- Les caséines qui précipitent à pH 4.6, représentent 80% des protéines totales.
- Les protéines sériques solubles à pH 4.6, représentent 20% des protéines totales.
- Protéines membranaires :

Les plus importantes protéines de membrane sont celles qui se trouvent dans l'enveloppe des globules de matières grasses. Ce sont principalement des lipoprotéines, c'est-à-dire une

protéine combinée avec des substances Phosphatase alcaline lipidiques. Elles représentent environ 1.2% de la quantité totale des protéines du lait (**Vignola, 2002**)

D'après (**paccalin et Galantier(1986)**), on distingue deux types de matières azotées dans le lait : les protéines à 95% et les matières azotées non protéiques à 5%.

### **A .Les protéines laitières**

#### **a- La caséine**

Elles ont une teneur de 27g /L, et se présentent sous forme micellaire de phospho-caséinates de calcium et sont facilement dégradées par toutes enzymes protéolytiques.

#### **b- les protéines solubles du lactosérum**

Elles se repartissent entre :

##### **- Les albumines**

$\beta$ -lactoglobuline : 3g

Lactalbumine : 1g

Sérum-albumine : 0,4

##### **-les globulines**

Immunoglobuline : 0,7g

Lactotransfférine : 0,3

##### **-Les enzymes**

Lipase

Protéase

Phosphatase alcaline

xanthine-oxydase

lactopéroxydase

### **B. Azote non protéique**

Il représente en moyenne 5% de l'azote du lait de vache et se présente sous forme de :  
Urée, créatine, créatinine, ammoniacque, acides aminés libres, vitamines, nucléotides.

## **5. Vitamines**

Selon **Vignola (2002)**, les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les

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

Tableau N°03 : Les vitamines du lait (dans 100 ml). (Adrian et al ., 1995)

Vitamines	teneur moyenne (100ml)
<b>Vitamines liposolubles</b>	
Vitamine A (+Carotène)	40(µg)
Vitamine D2	04(µg)
Vitamine E	100 (µg)
Vitamine K	05(µg)
<b>Vitamine hydrosolubles</b>	
Vit amine C (acide ascorbique)	02(µg)
Vitamine B1 (thiamine)	45(µg)
Vitamine B1	175(µg)
Vitamine B1	50(µg)
Vitamine B1	0,45(µg)
Niacine et niacinamide	90(µg)
Acide pantothénique	350(µg)
Acide folique	5,5(µg)
Vitamine H	3,5(µg)

## 6. Les Matières salines

Les minéraux (ou matières salines) sont présents dans le lait (7,3 g/ l environ), soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale). Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, Potassium et chlore) et sont particulièrement bio disponibles.

Les autres (calcium, phosphore, magnésium et soufre) existent dans les fractions. dans la fraction soluble, ils existe en partie sous forme libre (calcium et magnésium ionisés à ,en partie sous forme saline ( phosphates et citrates )non dissociée ( calcium et magnésium ) ,ou encore sous forme complexe ( esters phosphoriques et phospholipides ) .Dans la fraction

colloïdale , les minéraux ( calcium , phosphore , soufre et magnésium ) sont associés ou liés à la caséine au sein des micelles

**Tableau N°04 : Constituants salins majeurs du lait. (Adrian et al .,1995)**

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

En résumé, la fraction saline colloïdale renferme environ les deux tiers du calcium, la moitié du phosphore et le tiers du magnésium, tous ces minéraux étant plus ou moins liés à la caséine, alors que la fraction dissoute renferme quasiment tout le sodium, le chlore et le potassium, un tiers du calcium (libre ou salin), la moitié du phosphore (salin et organique soluble) et les deux tiers du magnésium salin.

Il existe un équilibre entre les formes solubles et colloïdales, d'une part, et entre les formes ionisées et non dissociées d'autre part. Cet état est précaire parce que sensible à divers facteurs, notamment au pH, à la température, et à la concentration ou à l'addition de calcium. Toute altération de ces équilibres modifie la stabilité du lait, notamment les propriétés de la caséine native. (Adrian *et al.*, 1995) Les oligo-éléments :

Les teneurs en oligo-éléments du lait sont seulement indicatives, et dépendent aussi des méthodes utilisées, par ordre d'importance (quantitatives au plan nutritionnel), il convient de citer :

- **Le fer** : le lait est pour l'homme une mauvaise source de fer, qu'en raison de sa biodisponibilité .le fer du lait est lié à la caséine et à la fraction de poids moléculaire bas pour 60% environ.
- **Le zinc** : se trouve dans le lait à des taux et sous forme nettement plus favorables pour la nutrition humaine. Il est fortement lié à la caséine (80%) mais aussi aux immunoglobulines 20%.

- **Le cuivre** : est peu abondant dans le lait est lié aux protéines.
- **Le manganèse** : présent dans le lait à des concentrations faibles.
- **L'iode, le fluor et le brome** : ils ne sont trouvés dans le lait que sous forme des traces. l'iode est surtout lié aux protéines, mais existe aussi sous forme libre.
- **Le sélénium** : le sélénium semble exister sous forme ionique à l'état libre.

*Le cobalt* : constituant de la vitamine B12 (**felbaum et al ., 1995**).

## 7. Les enzymes

Dans les conditions normales, le lait contient une grande variété d'enzymes (**tableau N° 05**). Ce sont des substances organiques de nature protidique, par des cellules ou des cellules ou organismes vivants agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimique. (**linden ,1987**).

Les rôles est l'importance des enzymes dans le lait, peuvent être résumés en quatre points différents essentiels :

- Ce sont des facteurs de dégradation des constituants originels du lait.
- Certains enzymes jouent un rôle antibactérien et apportent une protection limitée au lait comme la lactopéroxydase et le lysozyme.
- Certaines enzymes sont utilisées comme indicateurs de qualité hygiénique et même d'espèce. (**Goursaud ,1985**).
- Elles participent à l'affinage de certain fromage

**Tableau N°05 : Les enzymes du lait (Adrian et al .1995)**

Enzymes (En U.I /100 ml)	Lait cru
$\alpha$ -amylase	60.000
Catalase	3
Lipase	275
Peroxydase	750
Phosphatase alcaline	3
Phosphatase	110

## V. Caractères physico-chimiques

### 1)- les éléments physiques

#### a)-la densité

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

Comme la masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000Kg.m<sup>-3</sup>, la densité du lait à 20°C par rapport à l'eau à 4°C est d'environ 1.030 (d20/4).

La densité des laits individuels peut prendre des valeurs entre 1.030 et 1.033, elle avoisine 1.032 pour les laits de mélange (Alais, 1984).

Si la densité est trop élevée, ceci veut dire que le lait est écrémé (Laderer, 1986).

#### b)- La viscosité

Le lait de bonne qualité est un liquide très visqueux. A 20°C la viscosité du lait entier  $\eta=2.2 \times 10^{-3}$  pas.s et pour le lait écrémé  $\eta=1.9 \times 10^{-3}$  pas.s

#### c)- la propreté

Le lait doit être propre.

#### d)- L'extrait sec

Encore appelé résidu sec ou matière sèche, désigne les éléments du produit autre que l'eau, avec une valeur comprise entre 90 et 102g/l (Alais, 1984).

#### e)- Point de congélation

Le point de congélation de lait doit être (-0.555°C). Il peut varier de -0.530°C à -0.575°C avec une moyenne à -0.555°C. On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'une cryoscopie.

#### f)-point de d'ébullition

Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieure au point d'ébullition de l'eau, soit 100.5°C. (Mathier1999).

### 2)- Les éléments chimiques

#### a)-le degré d'acidité

On appelle l'acidité apparente ou l'acidité naturelle de lait. Elle varie entre 0.13et 0.17% d'équivalent d'acide lactique. Pour un lait normal l'acidité comprise entre 15-18°D.

#### b)-Taux de matière grasse

La matière grasse du lait est figurée dans une fourchette de 3.6% et 4.5% confère au lait entier la moitié de sa valeur énergétique.

**c)-pH de lait**

Le pH de lait frais se situe entre 6.6 et 6.8. Un lait ayant une acidité développée importante aura un pH plus bas que 6.6 car l'acide lactique est un acide fort pour se dissocier et abaisser le pH d'une valeur mesurable. (Semasaka, 1986 ; Seydi, 1982).

**VI. Caractéristiques qualitatifs****1)-Qualités nutritives**

Qualitativement, les protéines de lait ont une efficacité nutritionnelle élevée, elles ont :

- une bonne valeur biologique c'est-à-dire un bon équilibre en acides aminés indispensables.
- une digestibilité très élevée (90 à 96% pour leur coefficient de digestibilité apparente).

Les protéines du lait sont particulièrement bien adaptées à la croissance rapide, ce qui est le cas des très jeunes animaux. Comme tous les autres aliments d'origine animale, le lait de vache est riche en lysine. Celle-ci est en revanche rapidement dénaturée par la chaleur et particulièrement lors de l'ébullition.

**2)- Qualité organoleptiques****a)-Aspect**

Le lait de vache est un liquide blanc grâce à la présence des caséines, il peut être jaunâtre quand il constitue une valeur élevée de lactoflavine et  $\beta$  carotène de sa matière grasse.

**b)-Saveur**

Le lait frais présente un goût légèrement sucré du particulièrement au pouvoir sucrant du lactose.

**c)-Odeur**

L'odeur du lait est faible en général, et variable en fonction de l'alimentation de la femelle productrice, mais elle est identifiable (collection FAO, 1990).

**3)-Qualité sanitaire**

Bon état de santé des animaux, propreté et hygiène des locaux, respect des mesures sanitaires et médicales obligatoires.

**4) -la flore microbienne du lait cru**

(Bactéries, moisissures et levures) ; le développement de micro-organismes dans le lait dépend essentiellement de son acidité. (Akli Bordjah 2011)

**a- les bactéries**

Certaines sont utiles et nécessaires (bactéries lactiques) alors que d'autres sont nuisibles et dangereuses (bactéries pathogènes).

**b - moisissures**

Elles ont besoin d'air (milieu aérobie) et se rencontrent surtout en phase d'acidification du lait.

**c - les levures**

Elles transforment les sucres en alcools ce qui peut provoquer des gonflements des fromages ou des problèmes de gout notamment lors de la phase d'affinage.

## I. Historique

La découverte du phénomène d'échauffement par le rayonnement micro-onde date des années 1950. Elle a donné lieu à très nombreuses applications industrielles agroalimentaires et médicales).

La technologie micro-ondes est maintenant bien développée pour des réacteurs de laboratoires mais son application pour des réacteurs industriels n'est pas encore étendue.

L'activation des synthèses chimique par exposition aux micro-ondes se traduit par des réactions très rapides et des puretés accrues de produits par apport au chauffage traditionnel .En particulier, le couplage micro-ondes et de simplification des procédés (**G. Bram et al. ,1992**). (**D. Mickael et al .,1991**)

## II. Chimie et micro-ondes

Certaines des premières publications concernant la mise en œuvre de MAOS ont rapporté des augmentations dans les vitesses de réactions catalytiques homogènes (liquide) et hétérogènes (L/S), parfois légères, mais parfois très élevées, de jusqu'à 1000 fois la vitesse observée avec chauffage conventionnel. Ces augmentations étaient plus importantes en catalyse hétérogène).

Les premières explications proposaient que les augmentations de la vitesse étaient dues à des « effets micro-ondes non-thermiques » qui influenceraient la cinétique de la réaction.

Les conditions de réaction des premiers travaux publiés n'étaient pas suivies avec précision (mesure de température hors du milieu réactionnel) et les mélanges réactionnels n'étaient pas agités. Très tôt, certains auteurs ont mené des investigations avec un meilleur suivi des conditions expérimentales dans des réacteurs bien agités. Ils ont observé que les vitesses des MAOS étaient comparables à celles obtenues avec chauffage conventionnel. Ceci suggère, dans le cas des réactions étudiées par ces auteurs, que la vitesse de réaction est affectée par l'augmentation de température et non par un effet non thermique de l'irradiation MO.

Cependant, la controverse n'était pas terminée. Dans les années suivantes d'autres expériences, encore avec suivi déficient des conditions opératoires, ont montré des augmentations des vitesses de réaction sous MO par rapport au chauffage classique alors que d'autres travaux ont rapporté l'absence d'effets MO non thermiques

Par exemple, **Schubert et al (2005)** ont montré que l'accélération (400 fois plus grande que par chauffage conventionnel) de la polymérisation du 2-phenyl-2-oxazoline dans l'acétinitrile sous irradiation micro-ondes (micro-onde EmrysLiberator) provenait uniquement d'un effet

thermique en accord avec la loi d'Arrhenius. L'énergie d'activation et en effet la même en chauffage conventionnel et sous irradiation micro-ondes (**R.Hoogenboom et al., 2005**). Au contraire, **Sinwell et Ritter (2005)** ont obtenu une augmentation de la vitesse de polymérisation du même monomère dans le butyronitrile sous irradiation micro-ondes. Ils ont attribué ces observations à une interaction efficace entre la chaîne polymère chargée de cations et le chauffage diélectrique induit par les micro-ondes, ce qui entraîne une excitation sélective du milieu réactionnel. Par la suite, **Schubert et al (2005)** ont déterminé des vitesses identiques de réaction pour la polymérisation toujours du 2-phényl-2-oxazoline dans le butyronitrile en réacteur micro-ondes monomodal et en chauffage conventionnel. Les vitesses obtenues pour la synthèse en micro-ondes sont en parfait accord avec la vitesse de polymérisation reportée par **Ritter et al (2005)**. Tous s'accordent à dire que la polymérisation du 2-phényl-2-oxazoline a bénéficié des avancées sur les réacteurs micro-ondes pour surpasser les résultats obtenus en chauffage conventionnel (**C.Ebneret al., 2011**). Notons que cet exemple illustre parfaitement l'effervescence autour des réactions assistées par micro-ondes.

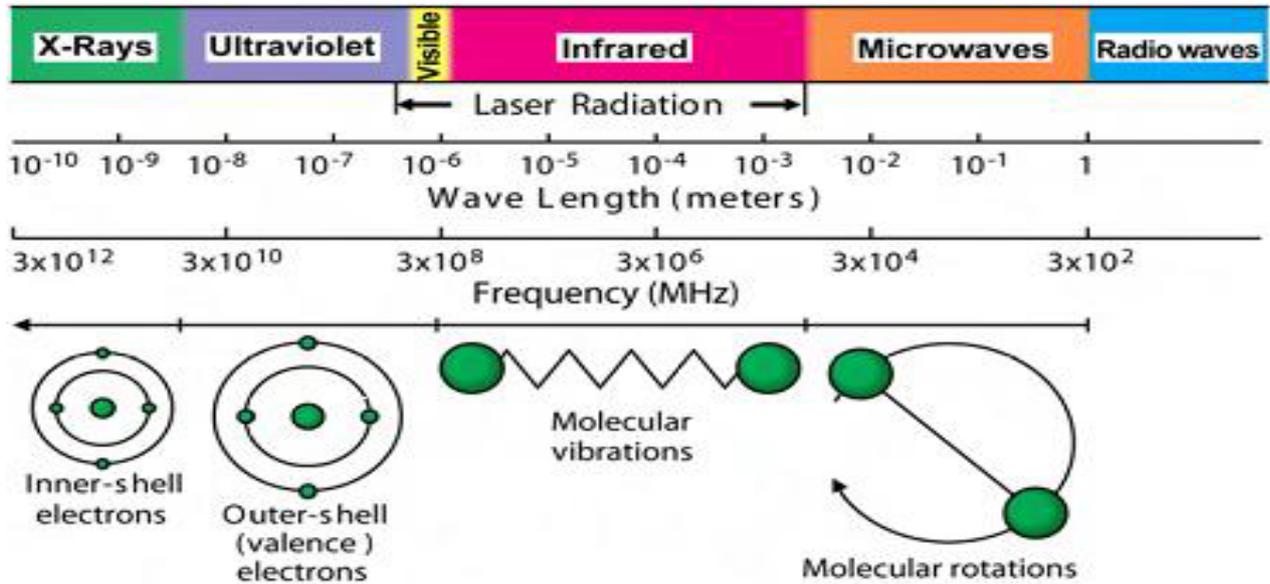
### III. Techniques et mise en œuvre des micro-ondes

#### 1-Les ondes électromagnétiques

La fréquence la plus utilisée est de 2450 MHz qui correspond à la fréquence de la majorité des magnétrons des fours micro-ondes de cuisine ayant une puissance de 600 à 1000 Watts et une longueur d'onde dans l'air de 12.2 cm. Une onde électromagnétique (EM) est produite par le mouvement de particules chargées.

Les charges produisent des champs électriques variables, tandis que leurs mouvements induisent des champs magnétiques variables. Ainsi, les ondes EM sont définies comme la Propagation d'un champ électrique et d'un champ magnétique dans l'espace.

Dans le vide, les ondes EM se propagent à une vitesse maximale égale à la vitesse de la lumière ( $c = 2,99 \times 10^8$  km/s). Les MO présentent des longueurs d'onde de 0,1 à 100 cm et donc des fréquences de 300 MHz à 300 GHz Dans le spectre EM, les MO se trouvent entre les ondes radio et l'infrarouge (IR). Les MO et les Radiofréquences (RF) sont employées largement en télécommunications, positionnement et détection (radio,télévision, téléphonie GSM, radars, etc.).



**Figure 01:** Spectre électromagnétique.

Les fréquences MO utilisées dans les équipements industriels, de recherche et médicaux (Appelées « fréquences ISM »), sont en général de 915 MHz (33 cm) et 2,45 GHz (12.2 cm)

Ces fréquences ont été définies par les autorités de régulation, afin d'éviter les interférences avec les télécommunications et les équipements militaires et navals. Les normes spécifiques qui régulent l'utilisation des MO en appareillages industriels (A. Loupy, 1993).

## 2. Description et fonctionnement du four à micro-ondes

Un four à micro-ondes est constitué de deux éléments principaux : les généralistes micro-ondes, le guide d'onde et la cavité micro-ondes (**Figure 02**). L'applicateur est l'élément essentiel du dispositif car il permet le transfert de l'énergie électromagnétique provenant du générateur au sein du matériau à traiter.

Sa conception dépend non seulement de la nature, de la forme, et des dimensions des produits à traiter mais aussi de la fréquence de travail ainsi que de la puissance mise en œuvre. Il existe deux types d'applicateurs : les applicateurs monomodes et les applicateurs multimodes.

### a. Monomode

Un applicateur monomode est défini par un seul mode de propagation transportant la puissance.

Les modes de propagation sont les distributions particulières des champs électromagnétiques imposées par les réflexions sur les parois d'un guide d'ondes

(Delmotte *et al.*, 1998).

Dans le cas d'un traitement précis et ponctuel, cette cavité sera très utile puisqu'elle permet de connaître avec précision la répartition du champ électromagnétique.

Dans le cas d'applicateur cylindrique monomode, on montre que le champ électrique est parallèle à l'axe du cylindre et est maximum sur cet axe. De plus, il est nul sur les parois, ce qui permettra de traiter des objets filiformes avec efficacité (Metaxas et Meredith, 1983).

**b. Multimode**

Un applicateur multimode, comme son nom l'indique, est caractérisé par un nombre de modes de propagation important. L'apparition de plusieurs modes de propagation provient de l'augmentation des dimensions de l'applicateur et de la multiplication des sources d'excitation. De ce fait, la propagation des ondes devient complexe et variée (Delmotte *et al.*, 1998).

Ce type d'applicateur, est employé pour les produits en masse, dans les fours ou dans les tunnels. La présence d'un brasseur d'ondes est souvent indispensable, afin d'assurer l'homogénéité du champ hyperfréquence (Metaxas et Meredith, 1983).

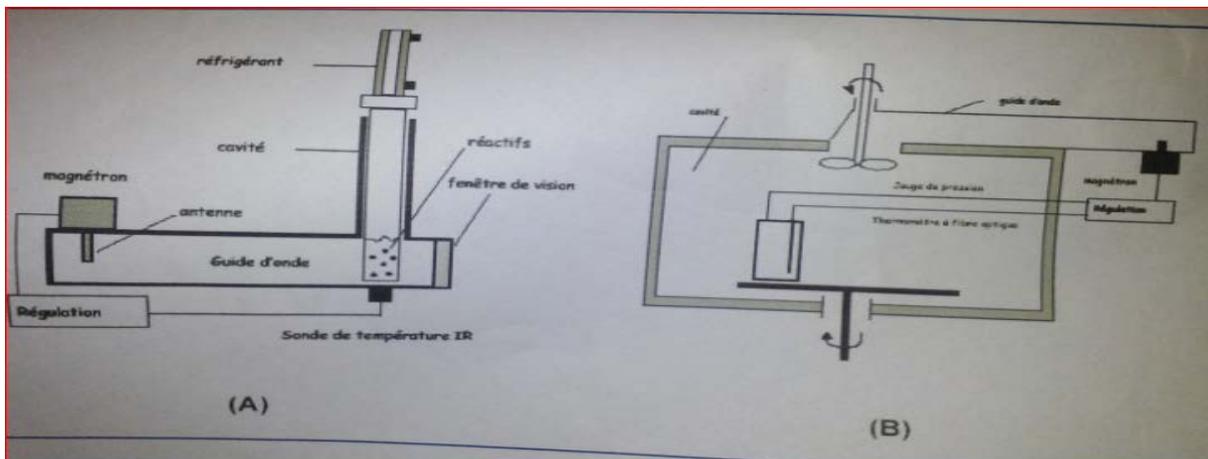


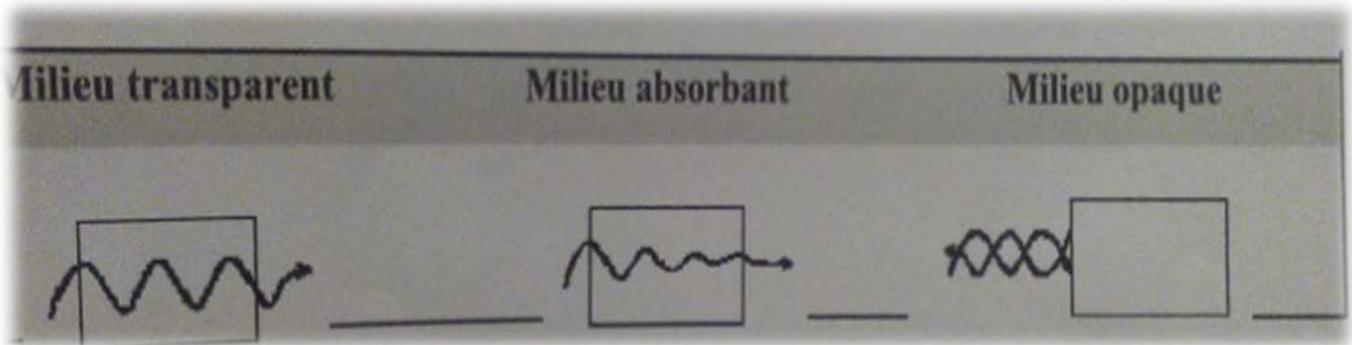
Figure 02 : schéma d'un four micro-ondes monomode (A) et multimode (B)

#### IV. Principe et mécanisme de chauffage par micro-ondes

##### 1. Interaction onde-matière

Lorsque la matière est irradiée par une onde électromagnétique plusieurs comportements sont possibles (**Figure 03**) :

- Le matériel est transparent, l'onde électromagnétique est transmise sans perte d'énergie.
- Le matériau est absorbant, une fraction plus ou moins importante de l'énergie de l'onde est absorbée.
- Le matériau est opaque, l'onde est réfléchi.



**Figure 03** : Comportements de la matière vis-à-vis d'une onde électromagnétique

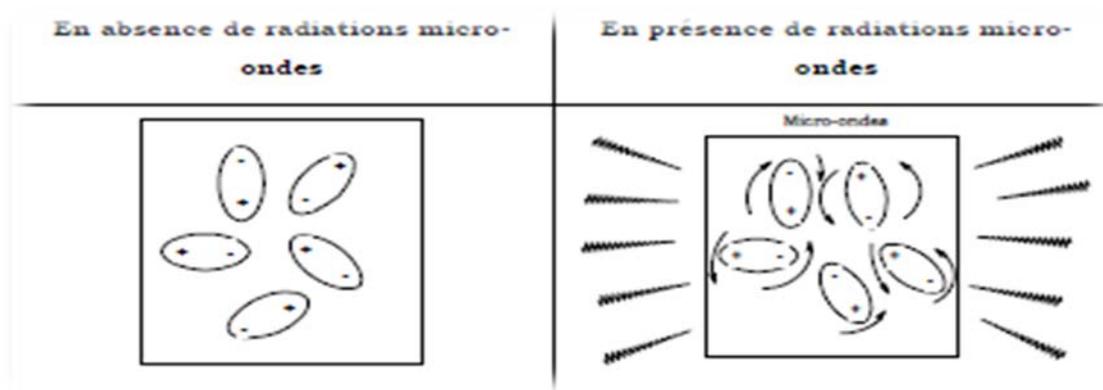
L'origine de ces différents comportements est liée à la nature de la matière qui est constituée de charges mobiles et par des charges fixes pouvant s'orienter plus ou moins sous l'effet d'un champ électrique ou magnétique

Au niveau moléculaire, les matériaux polaires se présentent comme des entités globalement neutres en charge électrique, mais avec une répartition dissymétrique de leurs charges ioniques partielles. Ces molécules ont des extrémités négatives et positives, elles forment donc des dipôles électriques.

A l'état normal, ces molécules sont dans le désordre, mais lorsqu'elles sont soumises à un champ électrique continu, les pôles négatifs des molécules ont tendance à s'orienter dans le sens du champ électrique. Mais si les molécules sont soumises à un champ électrique alternatif comme c'est le cas pour les irradiations micro-ondes, les molécules polaires s'orientent successivement dans un sens puis dans l'autre : les dipôles s'orientent dans la

direction du champ sur une demi alternance, se désorientent lorsque le champ s'annule et se réorientent dans l'autre sens pendant la seconde demi alternance : c'est la rotation dipolaire qui se produit tous les  $4,9 \cdot 10^9$  fois par seconde (M. Iannelli and H. Ritter, 2005).

Par la rotation des dipôles, l'énergie électrique est convertie en énergie cinétique. Lorsque la molécule polaire essaie de s'aligner avec le champ électrique, les forces qui assurent la cohésion de la matière s'opposent à l'action de ce champ électrique et la composante électrique de l'anode change à une vitesse si rapide que la molécule ne se réaligne pas et commence à vibrer, ce qui produit des frictions entraînant ainsi un réchauffement par hystérésis diélectrique.



**Figure 04 :** Frissonnement des dipôles soumis à une irradiation microondes (A. Loupy, 2004)

## 2. Transfer de chaleur

Le transfert de chaleur sous chauffage micro-ondes est complètement inversé par rapport au chauffage conventionnel. Le Transfer de chaleur classique se transmet de l'extérieur vers l'intérieur du récipient. Sous chauffage micro-ondes, le volume traité devient lui-même source de chaleur. On parle de dégagement de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur du récipient. La paroi externe du réacteur est plus froide que le milieu du réacteur dans le cas du chauffage micro-onde, et inversement pour le cas du chauffage conventionnel par double enveloppe, plaque chauffante et flamme. C'est un mode de chauffage instantané en volume et non en surface. Les phénomènes thermiques de conduction et de convection ne jouent plus qu'un rôle secondaire d'équilibrage de la température. Des surchauffes locales peuvent également se produire (J. Thuery, 1989).

**V. Avantages spécifique des micro-ondes**

L'activation des réactions chimiques par micro-ondes est une technique relativement récente qui s'ajoute à d'autres méthodes déjà existences comme l'activation thermique proprement dite, la catalyse et l'activation par les rayonnements ultraviolets et visibles (**J.Thuery, 1989**).

Les avantages spécifiques à l'utilisation des micro-ondes dans l'activation de réactions chimiques sont :

- Les temps de réactions sont le plus souvent de quelques minutes.
- Une vitesse de montée en température accrue même là où les modes de chauffage traditionnels sont peu efficaces, notamment avec les mauvais conducteurs de chaleur.
- Un chauffage à cœur sans gradient de température (homogène) avec un transfert rapide de l'énergie dans toute la masse sans surchauffe superficielle.
- La pureté de produit est accrue, cela résulte du moindre séjour à haute température des produits d'où l'absence de décomposition locale, par exemple, la régénération facile des catalyseurs (alumine, silice, argile) même après plusieurs cycle d'utilisation.
- Facilité d'utilisation : régulation de puissance aisée, arrêt et mise en route instantané.

**VI. Applications industrielles des micro-ondes****1-Séchage**

De nombreuses industries ont exploité le séchage par micro-ondes. On pourra le retrouver dans l'industrie textile (fixation des colorants sur tissus), dans le séchage du bois et la destruction des parasites, pour le séchage du papier, le séchage de poudres à but pharmaceutique, le séchage de pâtes à biscuits... Aujourd'hui de nouvelles méthodes efficaces sont proposées notamment dans l'agroalimentaire. De plus, le micro-onde peut être utilisé pour améliorer une méthode existante. La combinaison séchage par micro-ondes et flux d'air sec chaud montre plusieurs avantages dans le séchage des fruits et légumes (« snacks ») : temps de séchage réduit et qualité nutritionnelle des produits mieux préservée (**Zhang, Qi et al., 2006**). Il existe trois façons de combiner l'utilisation des micro-ondes avec le flux d'air sec chaud : l'énergie micro-onde peut être appliquée au début du procédé de déshydratation, dans ce cas l'intérieur du produit est rapidement chauffé à la température de vaporisation de

l'eau. Ce procédé peut aussi servir en milieu du procédé de déshydratation, dans ce cas la surface de la matrice végétale est sèche et l'eau est concentrée à l'intérieur du produit.

L'application de l'énergie micro-onde entraîne la vaporisation. Et enfin, en fin de procédé pour faciliter le séchage final (**Zhang, Qi et al., 2006 ; Vadivambal et Jayas, 2007**).

## **2-Décongélation**

La décongélation par micro-onde apporte une alternative performante au niveau industriel. La glace est transportée à l'énergie micro-onde. Cependant une faible présence d'eau non congelée permet la production de chaleur (**Schiffmann, 2001**). Les micro-ondes permettent d'atteindre des températures précises : il est en effet possible de travailler à des températures proches du point de fusion de la matrice traitée. L'étape de décongélation peut alors être intégrée facilement dans une chaîne de production alimentaire ou des étapes de congélation, découpage et recongelations pourront être réalisées en un temps réduit.

L'emploi des micro-ondes dans ce procédé va permettre de préserver les qualités organoleptiques, microbiologiques et nutritionnelles des aliments (**Akkari, Chevallier et al., 2006**). Les micro-ondes apportent dans ce genre d'application un gain de temps considérable et inégalable par une méthode conventionnelle (e.g. décongélation d'une viande en seulement 30 min contre 24h en chambre de décongélation).

## **3-Traitement des déchets**

L'emploi des micro-ondes a été engagé dans la voie retraitement des déchets, il permet ainsi d'explorer de nouvelles voies sanitaires dans des domaines éloignés comme le nucléaire, l'environnement (désorption de contaminants) ou le domaine médical. Ces secteurs requièrent généralement un inertage par incinération. Le chauffage diélectrique a pu être employé avec succès dans le retraitement de déchets anatomiques issus du milieu hospitalier (**Ohtsu, Yamada et al., 2000**).

#### 4-Pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique s'effectuant entre 75 et 85°C pendant un temps limité afin d'atteindre le seuil de thermo résistance des bactéries. **Paterson, cransonet al., (1995)** montrent une réduction de  $10^2$  UFC.cm<sup>2</sup> après utilisation du micro-onde à 2450 Hz. **Vijaya-Raghavan, Orsat et al., (2005)** présentent des travaux de pasteurisation d'asperges en bocaux en utilisant l'énergie micro-onde à 915 MHz. Ce procédé entraîne un chauffage uniforme et permet le maintien d'une température létale pendant une durée suffisante pour assurer la sécurité microbiologique du produit. De plus, ce procédé réduit le temps de pasteurisation de 30 min comparé à une pasteurisation en bain-marie et par ce fait, limite la dégradation thermique du produit (**Vijaya-Raghavan, Orsalet al ., 2005**). Une pasteurisation du foie gras par micro-onde est obtenue avec une durée diminuée de 50% comparée à un procédé classique et confère de plus des qualités organoleptiques supérieures (**Massoubre, 2003**) La teneur en E.coli dans les viandes est plus nettement réduite par procédé micro-onde comparée à un procédé traditionnel (**Yilmaz, Arciet al ., 2005**).

*Etude*  
*Expérimental*



### I. L'objectif

Notre travail a pour objectif de déterminer l'effet de réchauffement par micro-ondes sur la qualité physicochimique et microbiologique du lait de vache.

### II. Lieu de travail

Le travail expérimental est réalisé au niveau du laboratoire pédagogique des sciences de la nature et de la vie de l'université de Mostaganem Abdelhamid Ibn Badis .

### III. Echantillonnage

Le lait est prélevé sur des vaches pie noir de :

-l'atelier d'élevage de Hassi Memèche de Mostaganem .Elle est située à 5 km au sud de la ville de Mostaganem.

Elle a pour coordonnées suivantes :

-Longitude :  $00^{\circ}044'51.6''E$

-Latitude :  $35^{\circ}53'00.6''N$

-Altitude : **140m**



**Figure 05** : Situation géographique du site de prélèvement (Ferme ITA)

Le cheptel de la ferme est composée de :

-3 vaches.

-2 veaux

-3 brebis de la race Ouled Djellal.

- 5poulets

Chaque animal élevé séparément aux autres dans un bâtiment spécifique

Les prélèvements du lait sont réalisés à des périodes différentes (**Tableau 6**).

**Tableau 06** : les Prélèvements du lait.

Prélèvements	Date	Echantillons	Conditions
1 <sup>er</sup>	15 /04/2018	Un lait de Mélange de vaches	Dans des conditions hygiéniques réalisées par les travailleurs de la ferme.
2 <sup>ème</sup>	21/04/2018		
3 <sup>ème</sup>	04/05/2018		

Les échantillons du lait sont mis dans les flacons stériles, et sont transportés à 4°C à l'aide d'une glacière jusqu'au laboratoire université de Mostaganem pour des analyses.

### 1-Préparation des échantillons du lait

Chaque échantillon a été divisé en quatre parties : trois parties ont été exposées à différents intervalles de 60 ,120 et 180 secondes aux micro-ondes, la quatrième partie comme témoin

Tous les échantillons ont été analysés par un lactoscan pour déterminer les différents paramètres (pH, l'extrait sec, taux butyreux, teneur en protéines, teneur en lactose).

-Température du lait avant chauffage : 08°C

-Température du lait après chauffage 1 minute, 2 minutes et 3minutes respectivement : 40, 60°C et 80°C.

IV. Analyse et contrôle de lait cru

Cette étude comprend les étapes décrites dans la **figure 07** :

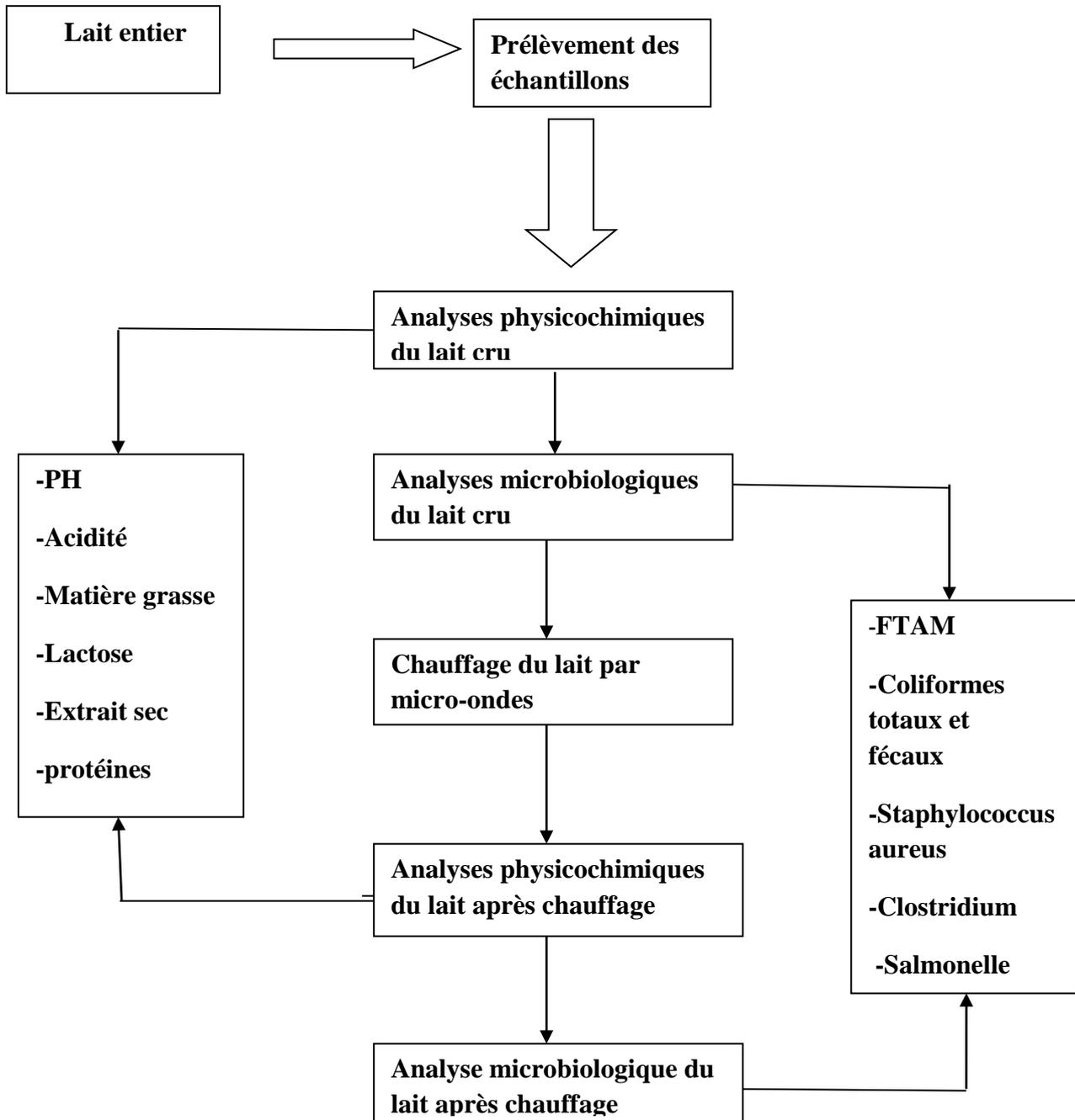


Figure 06 : Principales étapes de l'étude.

## A. Les analyses physico-chimiques

### 1-Principe du Lactoscan

Le Lactoscan est un analyseur chimique moderne qui convient à l'analyse de tout type de lait. Grâce à la technologie à ultrasons qu'il utilise, il n'est pas nécessaire de procéder à son calibrage à intervalles réguliers. Il est automatiquement calibré, sans utilisation d'ordinateur. La précision des déterminations ne dépend pas de l'acidité du lait et l'analyse peut être réalisée dès la température de 5°C.

#### Fonctionnement :

Cherchez d'abord le produit souhaité (lait). 20 calibrages de produits différents sont ainsi disponibles (pour le lait entier, le lait écrémé, la crème, le lait de chèvre, le lait de brebis, le lait de vache, etc.).

Plongez le tuyau d'aspiration d'échantillons dans un tube d'essai avec le lait à analyser. Celui-ci devra comprendre au moins 30 ml de lait (la quantité devra être augmentée en conséquence pour des mesures multiples). Sinon, l'appareil aspirera de l'air, ce qui déclenchera le message d'erreur « pas de plateau ».

Exigences pour les échantillons de de lait à analyser.

pH : minimum 6.3
Absence de bulles d'air : l'échantillon ne doit pas être mousseux, les bulles d'air perturbant considérablement la mesure.
L'échantillon doit être liquide. Il ne doit pas contenir de composant solide.
L'échantillon doit être secoué/agité. Les perles de matière grasse doivent être bien réparties dans le lait.
Température : de 8°C à 35°C. Les échantillons de lait devront être à température unitaire dans la mesure possible.



Figure 07: lactoscan

- a) Au moyen des touches curseur, allez vers le point de menu « mesure ».
- b) Appuyez sur la touches « enter » --la mesure commence.

De 12 à 20 ml de lait sont d'abord pompés (en fonction du réglage).

4 sequences suivantes se succèdent à chaque mesure :

- Pompage d'échantillons.
- Chauffage d'échantillons.
- Equilibrage de température.
- Mesure.

## 2. Appareillage, Produits chimiques et réactifs utilisés

### a) Appareillage et petit matériels

Thermomètre, flacons stériles, bécher, éprouvette.

### b) Produits chimiques et réactifs

-Phénophtaléine, Hydroxyde de sodium NaOH

On réalise les analyses physicochimiques justes après prélèvement

## 3. Méthode d'analyse

### a) Mesure de la température du lait

La mesure de la température du lait est effectuée à l'aide d'un thermomètre.

### b) Mesure de l'acidité

L'acidité du lait ou produit laitier, c'est la quantité d'acide lactique libéré par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries lactiques.

L'acidité triturable est mesurée par titrage avec NaOH en présence de phénolphtaléine, Elle est exprimée en pourcentage d'acide lactique (**AFNOR, 1980**)

On prend 2 à 4 gouttes d'un indicateur coloré (phénolphtaléine) qui sont ajoutées à 10ml d'un échantillon de lait cru à analyser.

Le titrage est réalisée avec une solution de soude Dornic (N/9) jusqu'au virage de la couleur blanche en rose claire. A ce moment, on note le volume de la soude écoulee et les résultats sont exprimés en degrés Dornic (°D)

$$^{\circ}\text{D} : \text{Acidité} = V_{\text{NaOH}} \cdot 10$$

Où  $V_{\text{NaOH}}$  est le volume de soude écoulé pour titre de lait, et  $1^{\circ}\text{D} = 0.1 \text{ g/L}$  de lactose

## B) Analyses bactériologique

### 1. Appareillage, Produits chimiques et réactifs utilisés

#### a) Appareillage

Etuve à (37°C, 44°C)

Bain marie à 80°C

Autoclave 120°C

Balance

Réfrigérateur

Boîtes de pétrie, tube à essais, pipettes pasteur, bec bunsen

#### b) Produit chimique et réactifs

-Milieu PCA (plate count agar)

-Milieu VRBL (gélose lactoses billée au cristal violet et au rouge neutre)

-Milieu VF (gélose glucosée viande-foie) +additifs sulfite de sodium et alun de fer

-Milieu Chapman

-Milieu Hektoen + additifs Hektoen.

-Eau péptonée tamponnée

### 2. Méthode d'analyses

On entend par « microorganisme de contamination » tout microorganisme autre que ceux responsables de fermentations spécifique du type du lait fermenté considéré (**JORA n°32 du 23 mai 2004. Arrêt du 27 mars 2004**)

Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques. Leur mode de préparation est minutieux. On prépare autant de tubes qu'il y a de dilutions à effectuer en prenant des tubes stériles dans lesquels on pipette aseptiquement 9 ml de liquide diluant. Après l'autoclavage et l'homogénéisation soigneuse des tubes, on prélève 1 ml de la suspension de départ à l'aide d'une pipette de 1 ml et on le porte dans le premier tube de dilutions ( $10^{-1}$ ). La pipette ne doit entrer en contact ni avec les parois des tubes, ni avec le liquide diluant. Il est souvent nécessaire d'aller jusqu'à la dilution  $10^{-7}$ . Ensemencement des boîtes de pétrie par dilution et par milieu de culture.

En tenant compte que les boîtes contenant entre 10 et 300 colonies. Le nombre des microorganismes par ml est calculé à l'aide de la formule suivante (**Guiraud, 2003**).

$$\frac{\sum c}{(n_1 + 0.1n_2)d}$$

Où :

$\sum c$  : Somme totale des colonies comptées.

$n_1$  : Nombre de boîtes comptées dans la première dilution.

$n_2$  : Nombre de boîtes comptées dans la seconde dilution.

$d$  : Facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus

#### **a. Recherche des bactéries pathogènes**

##### **1) Dénombrement de la flore mésophile totale (FTAM)**

Le dénombrement de cette flore reflète la qualité microbiologique générale du lait, et peut donner une indication sur l'état de sa fraîcheur ou de son altération.

1ml des dilutions ( $10^{-1}$  jusqu'à  $10^{-7}$ ) estensemencé dans la masse d'une gélose Plate Count Agar (PCA). Les résultats s'expriment en unités formant colonies UFC/ml (**lebres et al., 2002**)

##### **2) Dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

L'intérêt de cette manipulation est de déterminer pour le produit testé une contamination fécale et d'en apprécier l'ampleur car les coliformes sont des bactéries vivant principalement dans les intestins (**Joffin, 1999**).

Le dénombrement s'effectue sur le milieu VRBL, les dilutions s'effectuent comme pour la technique précédente, les boîtes sontensemencées par 1 ml du produit ou de ses dilutions, le milieu fondu et refroidi à  $45^{\circ}\text{C}$  pendant 48 heures pour les coliformes fécaux et  $37^{\circ}\text{C}$  pour les coliformes totaux.

Les coliformes fécaux forment sur ce milieu des colonies rouges foncées, d'un diamètre de moins de 0,5 mm et ayant une forme ronde ou lenticulaire (**lebres et al .,2002**)

### 3) Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*

La recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*, les seuls à produire éventuellement une entérotoxine protéique cause d'intoxications alimentaires, permettent donc de savoir si l'aliment présente des risques pour le consommateur (**Joffin, 1999**).

On réalise le milieu gélose Chapman ,a partir de chaque dilution décimal ,on prend 1ml qui est porté aseptiquement dans une boîte de pétrie vides ,préparée à cet usage puis complété avec environ 15 à 20 ml de gélose Chapman fondu ,une fois l'opération terminée ,on met le couvercle des boîtes en bas dans un incubateur à 37°C pendant 48 heures .

Pour le comptage, les *Staphylococcus aureus* se développe sous forme des colonies jaune doré.

### 4) Dénombrement des spores de *Clostridium sulfito-réducteurs*

De chaque échantillon de lait cru, 1 ml on été prélevés aseptiquement dans un tube stérile, 0,5ml d'une solution à 5% de sulfite de sodium et deux à trois gouttes de solution d'aqueuse d'alun de fer à 5% ont été introduites dans chaque tube.

Après l'homogénéisation de tube par un mouvement rotatoire vertical et on le laissait refroidir à une température ambiante, on ajoutait un second volume 7.5 de gélose viande foie pour assurer l'anaérobiose (**Guiraud, 1998**).

Après incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures, les grosses colonies noires qui se sont développées en anaérobiose sont des colonies de bactéries produisant, à partir des sulfites, des sulfures qui ont précipité avec les ions de fer. Il s'agissait des colonies de *Clostridium sulfito-réducteurs*.

### 5) *Salmonella*

La recherche de salmonella dans les aliments a été effectuée selon la norme NFV08-052 Mai 1997. L'analyse est effectuée en utilisant 25ml de lait homogénéisé 2 minutes dans 225ml de diluant de pré-enrichissement Eau peptonée tomponnée EPT (c'est un milieu nutritif non inhibiteur ) à l'aide d'un homogénéisateur .Après incubation de 24 heures à 37°C ,cette étape permet la récupération des *Salmonella* présentes ayant subies des contraintes physique

ou chimiques (traitement de chaleur ,congélation, déshydratation ,agent de conservation ) . On ensemence 1ml de la culture obtenu dans 2 tubes à essai stériles contenant chacun 9ml de bouillon d'enrichissement sélectif contenant des agents inhibiteurs actifs sur les germes qui font concurrence aux *Salmonella* sp :

- SFB, puis incubé pendant 24 heures à 37°C.
- Rappaport-Vassiliadis, puis incubé pendant 24 heures à 42°C.

L'isolement se fait sur 1milieu sélectif : gélose Héктоen, par ensemencement en stries à partir de 2 tubes, les boites sont incubées pendant 24heures à 37°C.(**Joffin, 1999**).

Le changement de couleur initiale de bouillon fraîchement préparé indique une réaction positive. Après incubations, sur milieu Hektoen, les colonies caractéristiques de *Salmonella* sont lisse et de couleur verte à centre noire.

## V. Analyse statistique

Les résultats de différent paramètre sont traités en fonction des moyennes par l'analyse de variance (**ANOVA**) selon la méthode de **Newman et keuls** à l'aide d'un logiciel « **statbox version 2006** »

# *Résultats et Discussion*

### I. Résultats et discussion des analyses microbiologiques de lait

Les résultats des analyses microbiologiques du lait cru sont présents dans le (tableau 07) montre un développement des bactéries après chauffage pour les FTAM, Coliforme fécaux et totaux a cause de température de chauffage qui à favorisé leur développement, alors que on note une absence totale des germes pathogène notamment les CRS et Salmonelles.

**Tableau07** : Résultats des analyses microbiologiques des prélèvements du lait. (UFC/ml)

<b>La dure</b> <b>Bactérie</b>	<b>Avant</b>	<b>1min</b>	<b>2min</b>	<b>3min</b>
<b>FTAM</b>	14,66 .10 <sup>4</sup>	19,66 .10 <sup>4</sup>	32 ,33.10 <sup>2</sup>	350
<b>CF</b>	16.10 <sup>3</sup>	12,66.10 <sup>4</sup>	94,66	Abs
<b>CT</b>	17,33.10 <sup>3</sup>	88.10 <sup>3</sup>	3,66.10	Abs
<b>Staph</b>	30.10	74.10 <sup>2</sup>	3,33.10	Abs
<b>CRS</b>	2,33.10	Abs	Abs	Abs
<b>Salmonelles</b>	Abs	Abs	Abs	Abs

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons.

**FTAM** : Flore Mésophile Aérobie Total ; **CF** : Coliforme Fécaux ; **CT** : Coliforme Totaux ; **Staph** : Staphylococcies aureus ; **CSR** : Clostridium Sulfito-Réducteur.

### 1. Flore mésophile aérobie totale

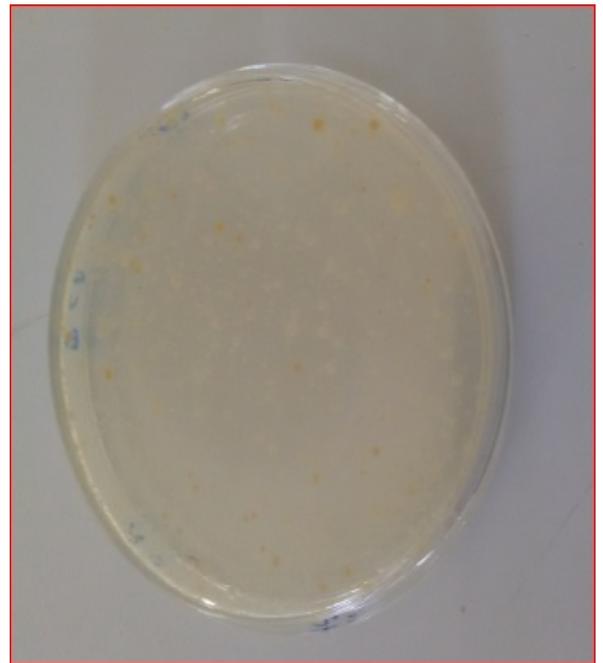
La plupart des échantillons de laits peuvent être qualifiés de qualité car ils ne dépassaient pas la norme fixée par le Journal Officiel Algérien qui est limité à  $10^5$  -  $10^6$  germes/ml, cette charge va augmenter après le réchauffement de 1 minute à  $40^\circ\text{C}$   $22 \cdot 10^4$  qui est la température favorable pour le développement des microorganismes (JORA, 1998)

Après le réchauffement de 2 minutes à une température de  $60^\circ\text{C}$ , on remarque une diminution significative de charge de la flore totale ( $32 \cdot 10^2$  UFC/ml) et après 3 minutes à  $80^\circ\text{C}$  continue à diminution, qui est due au traitement thermique qui a subi le lait dans la microonde.

Le niveau de contamination est étroitement dépendant des conditions d'hygiène dans lesquelles sont effectuées les manipulations à savoir l'état sanitaire de l'animal et particulièrement de la mamelle

### 2) Coliformes fécaux et totaux

Présente une charge microbienne qui ne dépasse pas les normes exigées par le journal officiel algérien N°35 de 1998, limitées de  $10^3$  à  $10^4$  ufc/ml avant le chauffage à la microonde. Après le chauffage pendant 1 minute à  $40$  on remarque une augmentation des deux germes qui est due à la température favorable de développement et j'observe une diminution de ces bactéries dans le lait chauffé pendant 2 minute à  $60^\circ\text{C}$  et après 3 minutes à  $80^\circ\text{C}$  nous observons une absence total de ces bactéries qui due au traitement



**Figure 08 :** dénombrement de la FTAM (photo originale)



**Figure 09 :** dénombrement de Coliformes fécaux et totaux (photo

thermique subi ce qui est conforme aux normes algériennes.

La présence des coliformes témoigne d'une contamination par les matières fécales et d'un environnement insalubre, elle est due à un manque d'hygiène du personnel, non désinfection du matériel utilisé lors de la traite ainsi que le non respect du protocole de décontamination de matériel et des locaux.

### 3) *Staphylococcus aureus*

Dans les laits des trois prélèvements après chauffage pendant 1 minute à 40°C, on remarque l'augmentation de cette charge au  $14.10^2$  à  $5.10^2$  UFC/ml qui est due aux conditions favorable de multiplication température par rapport au lait chauffé pendant 2 minutes à 60°C qui plus diminue cette bactérie et le lait chauffé pendant 3 minutes à 80°C une absence total de cette bactérie à cause traitement thermique. les staphylocoques sont des germes courant mais dangereux s'ils sont présents en grande quantité .



**Figure 10 :** dénombrement *Staphylococcus aureus* (photo originale)

La contamination du lait par les staphylocoques était très importante. Il peut s'agir des staphylocoques présents sur la mamelle et qui rejoignent le lait lors de la traite (plaies, pis non lavés avant la traite), ou de staphylocoques portés par le trayeur La contamination serait due à une mauvaise hygiène du trayeur et à des mauvaises pratiques de traite comme le trempage. les résultats obtenu montre que le seuil de contamination dépasse les normes (JORA ,1998)

#### 4) Clostridium Sulfito-réducteurs

D'après nos résultats j'observe présence de cette bactérie dans les trois prélèvements du lait avant et absence total après le réchauffage

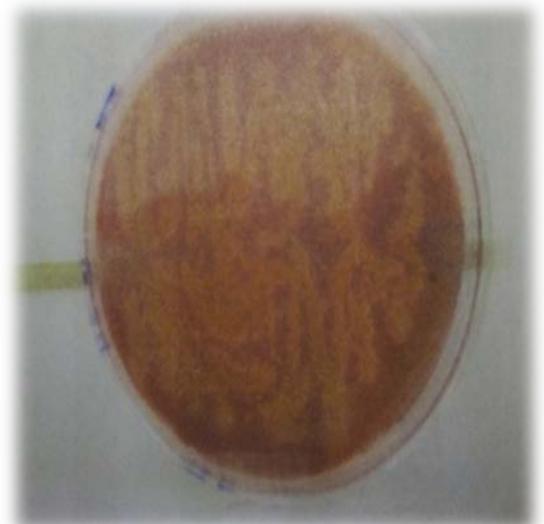
La présence des clostridies dans les produits laitiers est à l'origine des intoxications alimentaires (Maurice ,1996). elles se trouvent dans le sol, intestin des animaux et de l'homme .Leur présence serait due à une mauvaise hygiène du trayeur, à des mauvaises pratiques de traite ou bien d'origine alimentaire (**Joffin et al., 1999**)



**Figure 11** : recherche Clostridium Sulfito-réducteurs (photo originale)

#### 5) Salmonelle

Les salmonelles sont des bactéries mésophiles, ayant une température optimale de croissance de 35 à 37°C, ce pendant les salmonelles peuvent se multiplier de 5°C à 45/47°C avec une croissance nettement retardée par les températures inférieures à 10°C. (**Robinson et al., 2000**) .d'après les résultats nous avons observé une absence totale de cette bactérie dans les trois prélèvements du lait.



**Figure12** : isolement Salmonelle (photo originale)

## Résultats des analyses physicochimiques

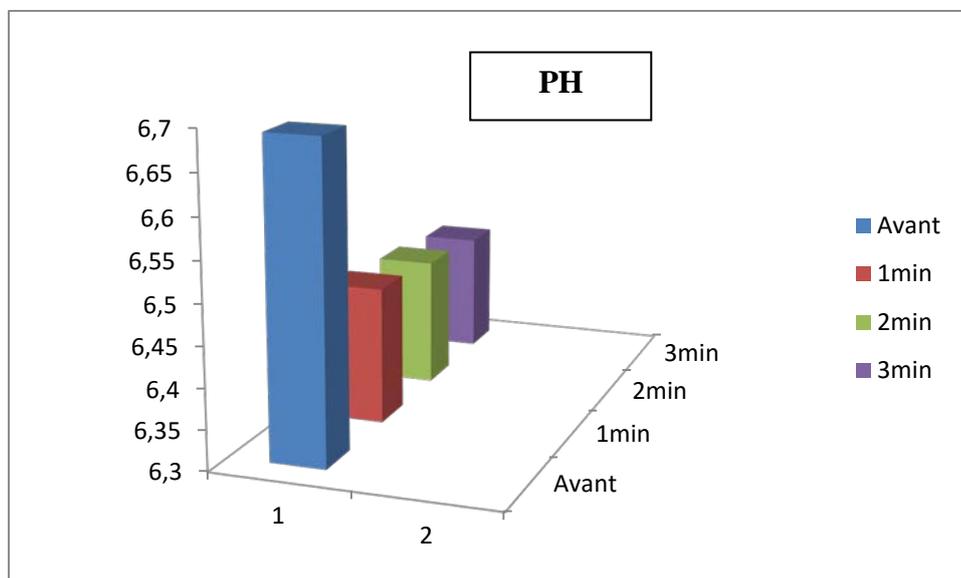
Dans cette partie nous présentons des essais ayant porté sur l'effet de chauffage par micro-ondes sur la composition physico-chimique du lait de vache.

### 1. Le pH

L'analyse de variance pour les résultats du pH a fait ressortir que le facteur de chauffage revêt un effet non significatif ( $p > 0.01$ ) sur l'évolution du pH indiqué au (Tableau 08).

**Tableau 08** : pH du lait avant et après chauffage

chauffage	Avant	1min	2min	3min	Effet de facteur
moyenne	$6,69 \pm 0,08$	$6,47 \pm 0,18$	$6,46 \pm 0,18$	$6,45 \pm 0,18$	$P < 0.01$ HS



**Figure13** : pH du lait avant et après chauffage par microonde

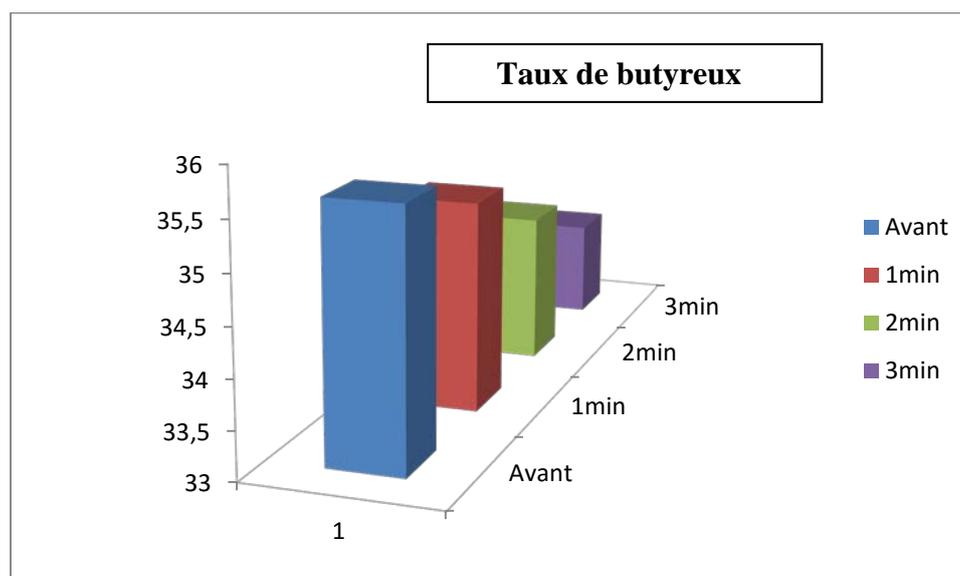
## 2. Matière Grasse

Le facteur chauffage présente un effet hautement significatif ( $p < 0.01$ ) sur la teneur de la Matière grasse du lait. (**Tableau 09**)

Le contenu lipidique apparait en proportion diminuée après chauffage pour les trois prélèvements

**Tableau 09:** Taux butyreux du lait avant et après chauffage (g /L)

chauffage	Avant	1min	2min	3min	Effet de facteur
Moyenne	35,62 ± 0,41	35,19 ± 0,28	34,57 ± 0,33	34,03 ± 0,02	P<0.01 HS



**Figure 13 :** Taux butyreux du lait avant et après chauffage par micro onde

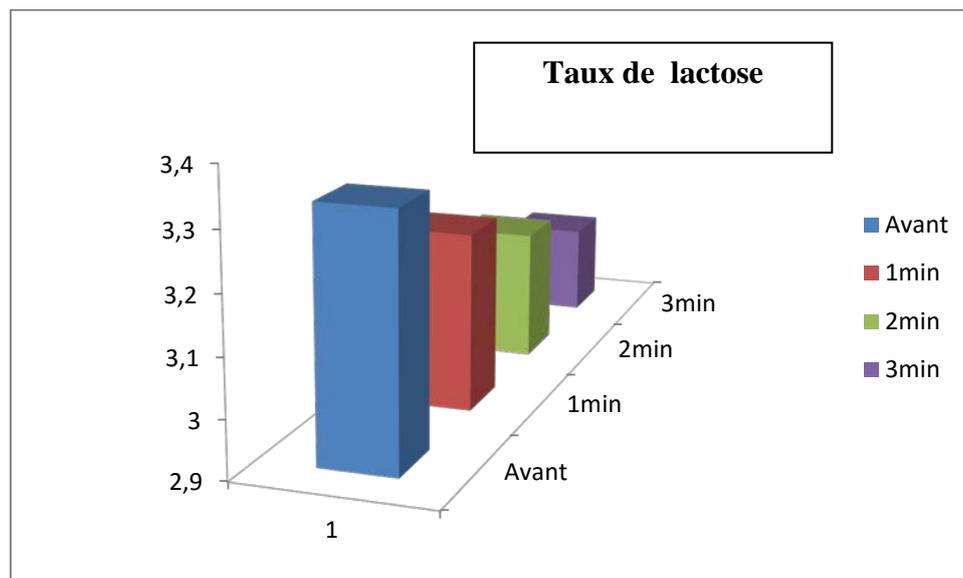
### 3. Lactose

L'analyse de variance a montré que le chauffage présente un effet hautement Significatif ( $p < 0.01$ ) sur le taux de lactose du lait (**Tableau10**).

Nous avons constaté aussi que les échantillons du lait des trois prélèvements présentent des valeurs respectives de 3.33 , 3.13 et 3.06 après une deux et trois minutes de chauffage par rapport aux valeurs des échantillons non chauffés qui sont respectivement .

**Tableau 10** : Taux de lactose avant et après chauffage(%)

Chauffage	Avant	1min	2min	3min	Effet de facteur
Moyenne	3,33 ± 0,26	3,21 ± 0,10	3,13 ± 0,02	3,06 ± 0,04	P<0.01 HS



**Figure 14** : Taux de lactose du lait avant et après chauffage par micro onde

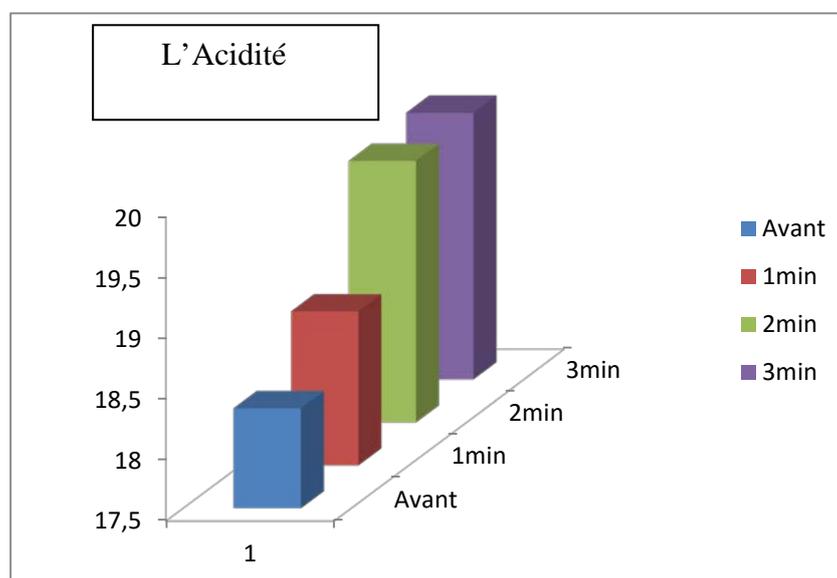
#### 4. L'acidité

L'analyse de variance a fait dégager que le facteur de chauffage présente un effet hautement significatif ( $p < 0.01$ ) sur l'acidité du lait exprimée en degré Dornic au (**Tableau 11**).

Nous avons observé que l'acidité est  $18.33^{\circ}\text{D}$  avant chauffage dans les trois prélèvements. Ensuite elle a connu une augmentation après chauffage jusqu'à  $19.69^{\circ}\text{D}$  pour les trois prélèvements.

**Tableau11** : Acidité du lait( $^{\circ}\text{D}$ )

Chaffee	Avant	1min	2min	3min	Effet de facteur
Moyenne	$18,33 \pm 0,33$	$18,77 \pm 0,19$	$19,65 \pm 0,05$	$19,69 \pm 0,05$	$P < 0.01$ HS



**Figure 15** : Acidité du lait du lait avant et après chauffage par micro onde

### 5. Le taux des protéines

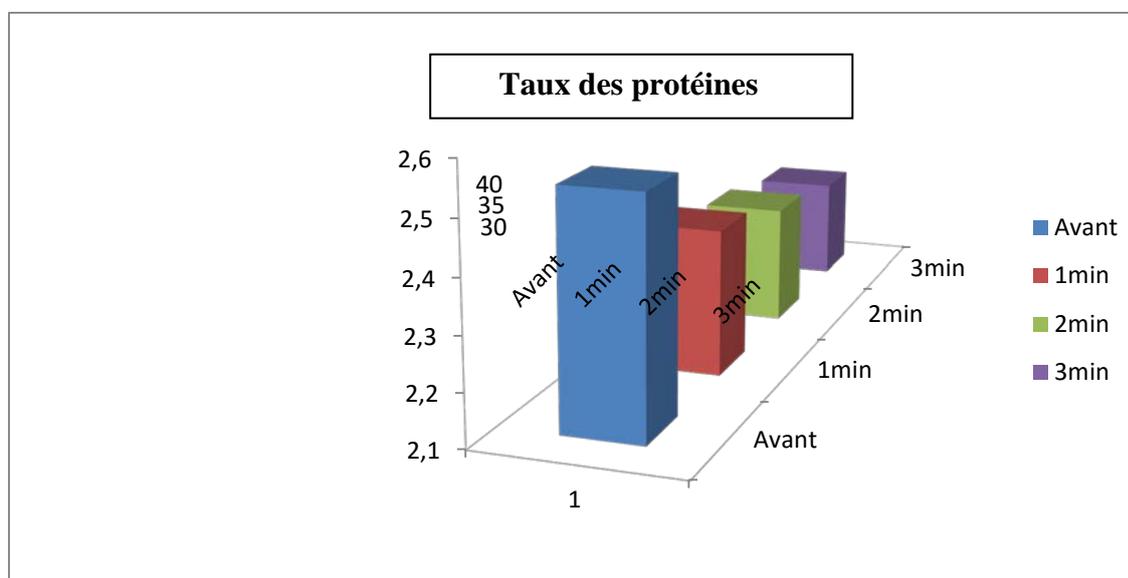
Les résultats sont représentés dans le (**Tableau 12**) dont le taux des protéines est exprimé en pourcentage.

L'analyse de variance des teneurs en protéines a montré que le facteur chauffage a un effet significatif ( $p < 0,01$ ) sur le taux de protéines dans le lait.

Nous avons constaté une diminution significative de ce paramètre selon les durées des chauffages de 1minute jusqu'à 3minutes.

**Tableau 12:** le taux des protéines du lait (%)

Chauffage	Avant	1min	2min	3min	Effet de facteur
Moyenne	2,54 ± 0,14	2,38 ± 0,05	2,33 ± 0,01	2,30 ± 0,005	P<0.01 HS



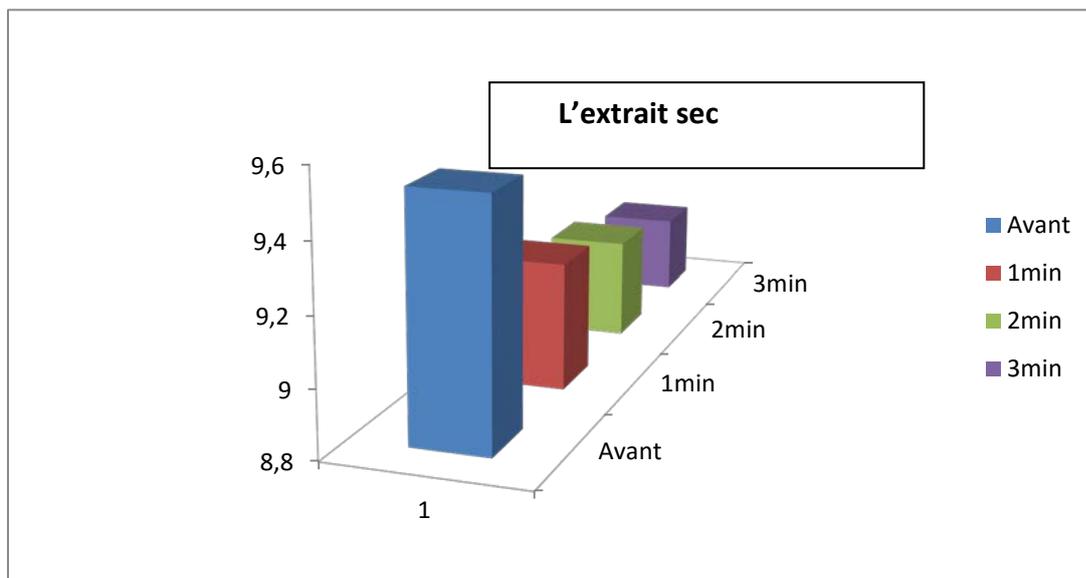
**Figure 16 :** le taux des protéines du lait avant et après chauffage par micro onde

## 6 . L'extrait sec total

Le facteur chauffage présente un effet hautement significatif sur l'extrait sec total du lait présenté dans le (Tableau 13).

**Tableau 13 :** l'extrait sec total du lait

chauffage	Avant	1min	2min	3min	Effet de facteur
Moyenne	9,52 ± 0,58	9,18 ± 0,22	9,10 ± 0,17	9,04 ± 0,04	P<0.01 HS



**Figure 17 :** l'extrait sec total du lait avant et après chauffage

## Discussion

D'après les résultats obtenus, on a remarqué que les taux de protéines, lipides, lactose et l'extrait sec ont diminué d'une façon significative après le traitement thermique par microonde. Il peut être dû à l'effet des microondes sur les propriétés physico-chimiques du lait cru et modifications ce qui correspond au résultat trouvé par **(Kheder *et al.*, 2014)**

La diminution de la concentration des protéines peut s'expliquer par le fait que les protéines de lactosérum groupent sulfhydryle (**p .S.Patrik and M .Rus, 200**) les protéines affectée par les traitements thermiques sont principalement les protéines du sérum, soit la  $\beta$ -lactoglobuline, l' $\alpha$ -lactalbumine et la sérum albumine. Les différentes protéines sérique n'ont pas la même résistance face aux traitements thermiques. l'ordre de sensibilité à la chaleur est suivant : immunoglobuline > sérum albumines >  $\beta$ -lactoglobuline >  $\alpha$ -lactalbumine (**Corredig et Dalgeish, 1996**)

Les lipides du lait peuvent subir des modifications chimiques et physiques au cours de la transformation et du stockage, telle que l'auto-oxydation et la formation d'acides gras trans (**M. Semma ,2002**) ce qui peut expliquer la diminution de la teneur en matière grasse dans nos échantillons de lait. En **2008 Al-Rowaily**, a obtenu dans une étude une augmentation significative dans les paramètres de l'oxydation (valeurs de l'acide thiobarbiturique et de peroxyde) pour le lait traité avec un micro-onde. Ainsi, l'oxydation des lipides comprend l'oxydation des acides gras et génère des composés qui ont une incidence sur la qualité des aliments et même la nutrition et la sécurité alimentaire. (**F.Pop and M.R us ,2009**).

Des valeurs plus basses d'extrait sec dans le lait traité à micro-ondes peuvent s'expliquer par : diminution quantitative des protéines, du lactose et de matière grasse démontré auparavant, et aussi par une éventuelle diminution de la quantité de certaines vitamines, par exemple, A, B9, C et E, d'après certains résultats obtenus par d'autres études (**A . Dumuta *et al.*, 2011**).

Le pH du lait décroît graduellement avec l'augmentation du temps de chauffage, ce qui correspond aux résultats de **Singh, 2004**.

La variation de l'acidité du lait est peut être en raison de l'oxydation des lipides, ou la formation d'acide lactique lors de la fermentation du lactose et du gaz contenu dans le lait.

Selon **Schaafsma, G, 1989**, la matière minérale ne change pas, parce qu'ils résistent au traitement thermique. Le lait est une bonne source de calcium et de phosphore.

## Conclusion

---

Le lait est un aliment bénéfique à tous les âges de la vie. Ses qualités nutritionnelles viennent de sa composition unique. Il apporte du calcium, qui participe à la construction du squelette durant l'enfance et l'adolescence, mais aussi à son entretien tout au long de la vie. Il contient des protéines d'une grande valeur nutritionnelle.

Le traitement micro-ondes est un traitement relativement rapide, ce qui nous permet de dire que la qualité du produit traité n'est pas largement affectée. 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.

Le but de cette expérimentation était d'étudier l'effet du chauffage par micro-onde sur les propriétés physicochimiques et microbiologiques du lait cru.

Les analyses réalisées sur les différents échantillons du lait permet d'évaluer les différences entre les durées de chauffage.

Les analyse microbiologiques du lait a montré que le chauffage par microonde à un effet sur les flores mésophiles anaérobies totaux et coliformes fécaux et totaux pour le lait chauffé pendant 1 minute présente une charge microbienne plus élevée  $22 \cdot 10^4$  favorisée par la température ambiante  $40^\circ\text{C}$ , alors que la charge microbienne du lait chauffé pendant 2 minutes à diminuer 286 UFC

L'analyse des différents paramètres physicochimique (Acidité, Extrait sec, Taux butyreux, Teneur en protéines et lactose) a démontré que le facteur chauffage présente un effet hautement significatif ( $p < 0.01$ ), contrairement à l'analyse du pH qui présente un effet non significatif.

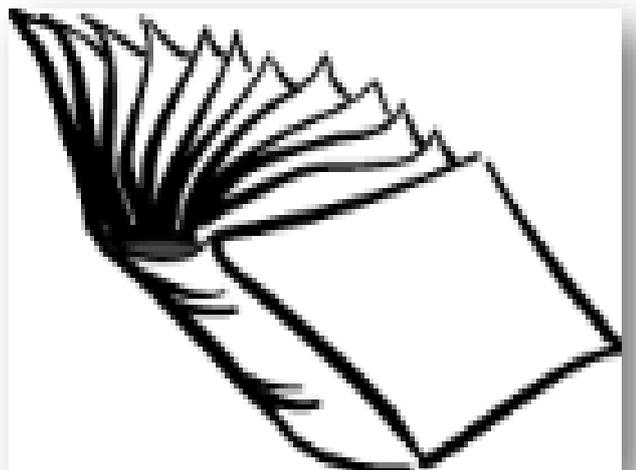
En effet, la matière sèche diminue dans les différents échantillons (avant et après chauffage) 10,20 et 8,67 g

Les résultats confirment l'influence de chauffage par micro-onde sur la qualité physicochimique et microbiologique du lait cru.

Toutefois, ce genre d'étude s'avère insuffisant .Il est utile de réaliser d'autres études plus basées sur d'autres effets de l'utilisation des micro-ondes telles que le profil des acides gras, dosage des vitamines et des protéines, apparition de composés néoformés, afin de bien utiliser cet appareil.

*Référence*

*Bibliographique*



## A

**AFNOR.1980.**Lait est produit laitiers : méthode d'analyses. Recueil des normes françaises, 1<sup>ère</sup> édition, lait, 80 , 503-515.

**ALAIS C. 1975,** Science du lait. Principe des techniques laitières, Edition Sepaie , Paris.

**Alais C. 1984.** Science du lait. Principes des techniques laitières, Paris.

**Albert, C.S. :Meandoki, Z.S . ; Casp-kiss Caspoo et S.Z. ,J,2009.** L'effet de la pasteurisation micro-ondes sur la composition du lait. ACTA UNIV. Sapientiae, Alimentaria, 2, 2153-165.

**Ashim K,Datta P,Davidson M.2008.**Microwave and Radio Frequency Processing.Journal of food Safety ;65 :32-41.

## B

**BERCHE, P.;Louis, G.J. ; SIMONET, M. 1988.** Bactériologie, les bactéries des infections humaines. Edition Flammarion. Médecine . Science Paris, p.567 et P.594.

**BLANC B. 1982.** Les proteïns du lait à activité enzymatique et hormonale .International dairy journal, 62 .PP : 350-395.

**Buffler CR. 1993.** Microwave cooking and processing: Engineering fundamentals for the food scientist. Van Nostrand Reinhold. Chapman&Hall. NewYork; 169 P

## C

**C. Ebner, T. Bodner, F. Stelzer , and F . Wiesbrock. 2011.**"One Decade of Microwave-Assisted polymerizations: Quo vadis ? ,"Macromol . Rapid commun ., vol. 32, no. 3, pp. 254-288.

**C.O.Kappe, B. Pieber ,and D. Dallinger. 2013.** "Microwave Effects in Organic Synthesis: Myth or Reality? , " Angew . Chem . Int . Ed., vol . 52, no. 4, pp . 1088 -1094.

**Clare DA, Bang WS, Cartwright G , Drake MA, Coronel P , Simunovic J.2005.** Comparison of sensory, Microbiological, and Biochemical parameters of Microwave Versus Indirect UHT Fluid Skim Milk during Storage. J Dairy Sci; 88: 4172-4182.

## D

**D.M.Mulvihell and J.E.Kinsella.1987.**Food Technology 41 102-107.

**Datta AK , Hu W.1992.**Quality optimization of dielectric heating process .Food Technology ;46 ;53-56.

**Datta AK.2001.**Fundamentals of heat and moisture transport for microwaveable food product and process development.Chapitre 4. In :Datta AK ? Anatheswaran RC. (eds) ; HANDBOOK of Microwave Technology for Food Application .Marcel Dekker, INC :New York ; pp 115-135.

**Debry G.2006.**ED :tcc.Et doc.Lavaisier Paris.566 p.

**Dumuta Giurgiulescu,A. ,L,Mihaly – Cozmuta Vosgan ,L.et Z.2011.**Les caractères physiques et chimiques du lait .La variation du aux rayonnements micro-ondes.Croatia Chemica Acta 48(3),429-433.

## F

**F.Mazzei , F.Botrè,G.Favero,E.Podestà , and c.Botrè ,Microchem.j91.2009.**209-213.

**F.Pop and M.Rus.**Carpathian Journal of Food Science and Technology **I (1).2009,**17-24.

**FAO.1995.**Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine .Collection FAO alimentation et nutrition n°28.

**FLOSDORF E.W.-Br.am.2400748** du 21 mai 1946.

## G

**GOT, R.1997.** Les enzymes du lait ,25 :A291-A311.

**GUEGUEN et JOURNET.1961.**Le lait, nutrition et santé.

**GUIRAUD J.P.2003.**Microbiologie alimentaire. Technique et ingénierie, Paris :Dunod,série Agro-alimentaire,p.387-433.

## H

**Hamid MAK, Boulanger RJ, Tong SC, Gallop RA, Pereira RR. 1969.** Microwave pasteurization of raw milk. J Microw Power; 4:272-275.

**Irudayaraj M, Irudayaraj JM . 2001.** Food Processing Operations Modeling: Design and Analysis. CRC Press; 27: 368.

## J

**JEANTET R.,CROGUENNEC T.,SCCHUCKM.,BRULE G .2008.**Science des aliments : tome 2, technologie des produits alimentaires . Paris : Tec & Doc ,Lavoisier, p .58 -59.

**JOFFIN , C et JOFFIN , J.N.1999.** Microbiologie alimentaire 5<sup>ème</sup> éd . Collection Biologie Technique : p. 211.

**JORA n ° 32 du 23 mai 2004 .** Arrêté du 27 mars 2004 rendant obligatoire une méthode de dénombrement des organismes microbiens pour le lait fermenté .

## L

**L'vov , B . V .2005 .** Fifty years of atomic absorption spectrometry , Journal of Analytical Chemistry , vol .60.

**LARPENT J .P , LARPENT G. M .1997.** Mémento technique de microbiologie , 3<sup>ème</sup> éd . Tec et Doc , Lavoisier . paris .P.39 et p.42.

**LEBRES A.D. , HAMZA A . 2002.** Cours national d'Hygiène et de microbiologie des aliments Microbiologie des laits et produits laitiers . Institut Pasteur d'Algérie .

**Lederer . 1986.** Les alimentation et cancer , dider , paris .

**LINDEN , G. 1987.** Les enzymes in CEPIL. LE lait matier premier de l'industrie laitiere , CEPIL-INRA , paris , 121-127.

## M

**M.Bardts , N Gonsior , and H. Ritter . 2008.** Polymer Synthesis and Modification by Use of micro waves ,Macromol. Chem. Phys., vol .209 , no . 1, pp. 25-31.

**M. Iannelli and H .Ritter.2005.** Microwave –Assisted Direct Synthesis and polymerization of Chiral Acrylamide ,Macromol. Chem.Phys., vol . 206 , no.3,pp.349-353.

**M. Semma .2002 .** Journal of Health Science 487-13.

**Mathieu J.1997.** Initiation à la physic-chimie du lait . Edition TEC et DOC.220.

**MATHIEU J . 1998.** Initiation à la physicochimie du lait . Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc ,paris .

**MAURICE,Y. 1998.** Analyse inditrielle de la laiterie Shola : points critiques et facteurs de risques sanitaires . Rapport CIRAD-EMVT n°96057 , septembre 1996 , Montpellier, France,p . 43.

**Menard J.L.,Roussel P. Masselin –silvin S ., puthod R. , Hétreau T., Foret A ., Houssin B .,**

**Aracil C., Le Guénic M . 2004.** Contamination bactérienne d’une litière de stabulation libre paillée : effet de la fréquence de paillage et proposition d’une méthode pour son évaluation . Renc . Rech . Ruminants ,11333-336.

**Michael B , Welz ,Bernhard . 1999.** Atomic Absorption Spectromerty,Weinheim,Wiley-VCH 3 éd.(ISBN978-3-527-28571-6, LCCN 99184474)

**Morgan F , Jacquet F, Micault S , Bonnin V , Jaubert A .2000.** sty on the compositional factors involved in the variable sentitivity of caprine milk to high temperature processing .International Dairy Journal ;10:113-117.P.382

## P

**P.S. Patrick and H.E. Sweisgood , J .1976.** Dairy sci . 59 594 -600.

## R

**R.Gedye, F. Smith , K.Westaway ,H.Ali, L.Baldisera, L.Laberge, and J Rousell.1986.**

“The Use of Microwave –Ovens for Rapid Organic-Synthesis,” Tetrahedron Lett . vol. 27 , no.3,pp. 279-282.

**R.Giguere, T.Bray,S. Duncan ,and G. Majetich.1986.** “Application of Commercial

Microwave –Ovens to Organic- Synthesis,” Tetrahedron Lett . vol. 27 , no.41,PP.4945-4948.

**R.Hoogenboom ,M.A.M.Leenen ,F.Wiesbrock,and W .S.Schubert ,**”Microwave

**Rainard p. et Riollet C.2006.** Innate immunity of the bovine mammary gland . Veterinary Research , 37;p.369 et p. 400.

**Robinson R. K.; Batt C . A .;patel P.D.2000.** Encyclopedia of Food Microbiology ( salmonelle ).

## S

**S.A .Galema . 1997.** Microwave chemistry ,”Chem. Soc. Rev. , vol . 26, no. 3, pp. 233-238.

**S. Sinnwell and H. Ritter. 2005.** “Microwave accelerated polymerization of 2- Phenyl -2-oxazoline ,” Macromol.Rapid Commun ., vol . 26,no. 3, pp. 160-163.

**Schaafsma, G.1989.** Effects of heat treatment on the nutritional value of milk . Bulletin of the international Dairy federation; 68-70.

## T

**T.Florea . 2001 .** Chimia alimentelor, vol. 2, Ed . Academica , Galati ,360.

## V

**Vadivambal R, Jayas DS.2007.** Changes in quality of microwave –treated agricultural products .

Biosystems Engineering; 98 : 1-16.

**Vignola C . 2002 .** Editrice scientifique .Science et technologie du lait . Edition bibliothèque et Archives nationales du Québec Bibliothèque et Archives Canada et DOC .600.

**Villamiel M , Corzo N ,Martinez –Castro I , Olano A.1996.** Chemical changes during microwave treatment of milk. Food Chemistry; 56: 385 -388.

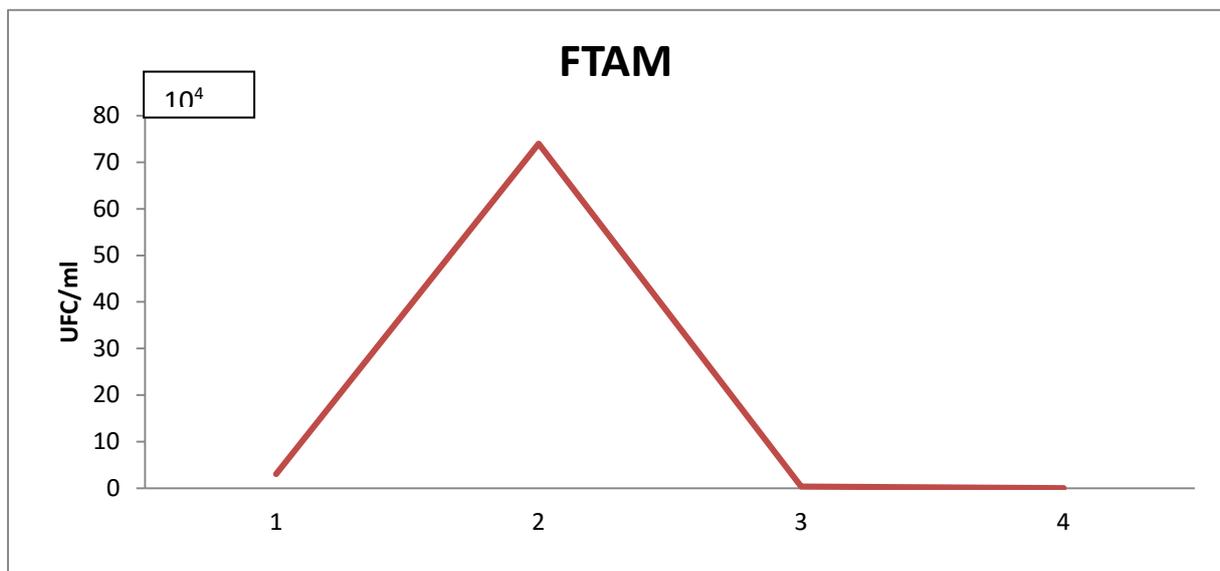
## Y

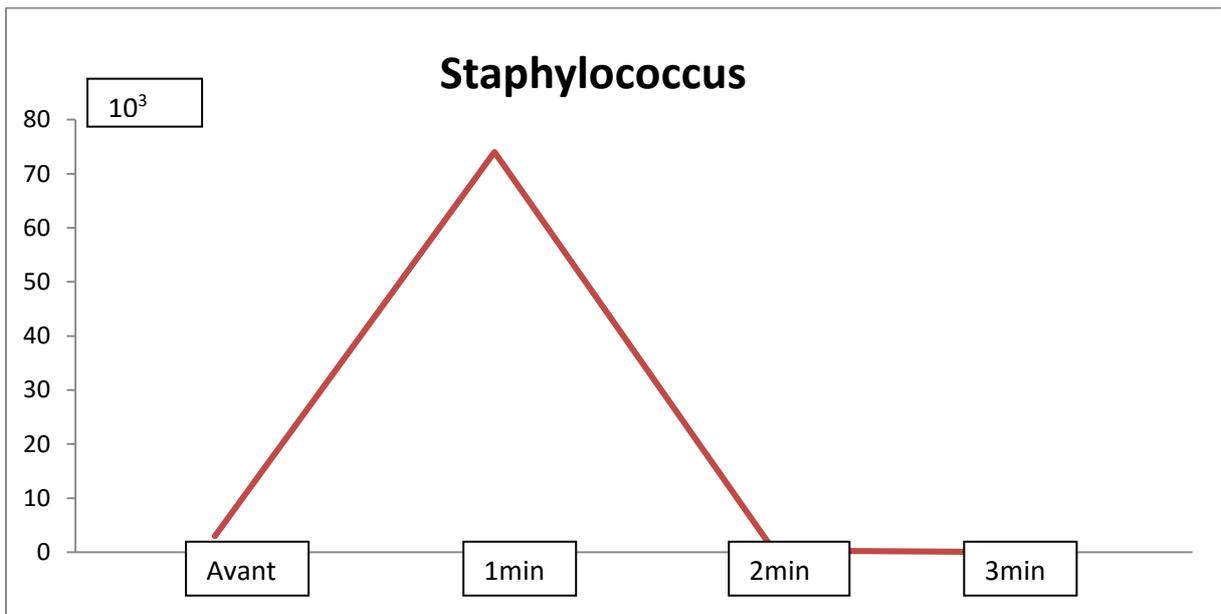
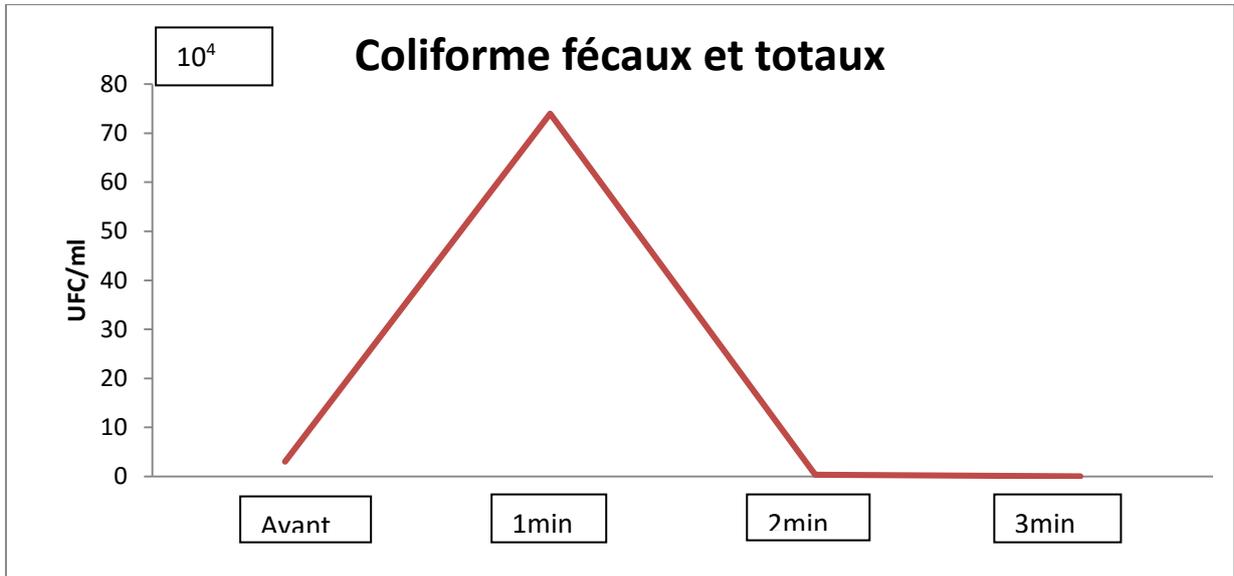
**Y. Kwak, R.T. Mathers ,and K.Matyjaszewski.2012.** “Critical Evaluation of the Microwave Effect on Radical (CO) Polymerizations, “Macromol. Rapid Commun. , vol . 33, no. 1, pp. 80-86.

*Annexe*

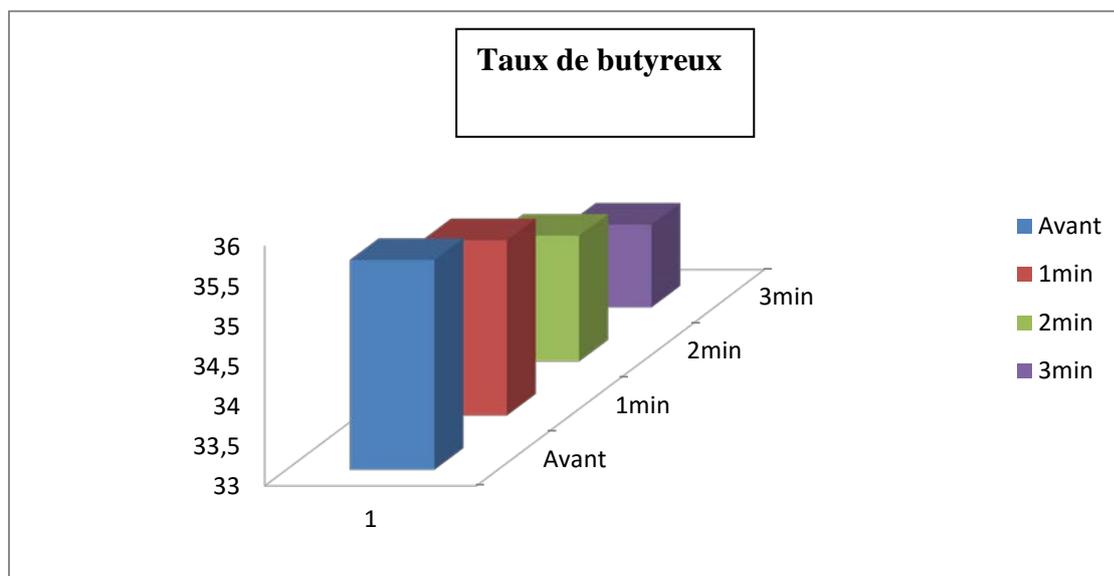
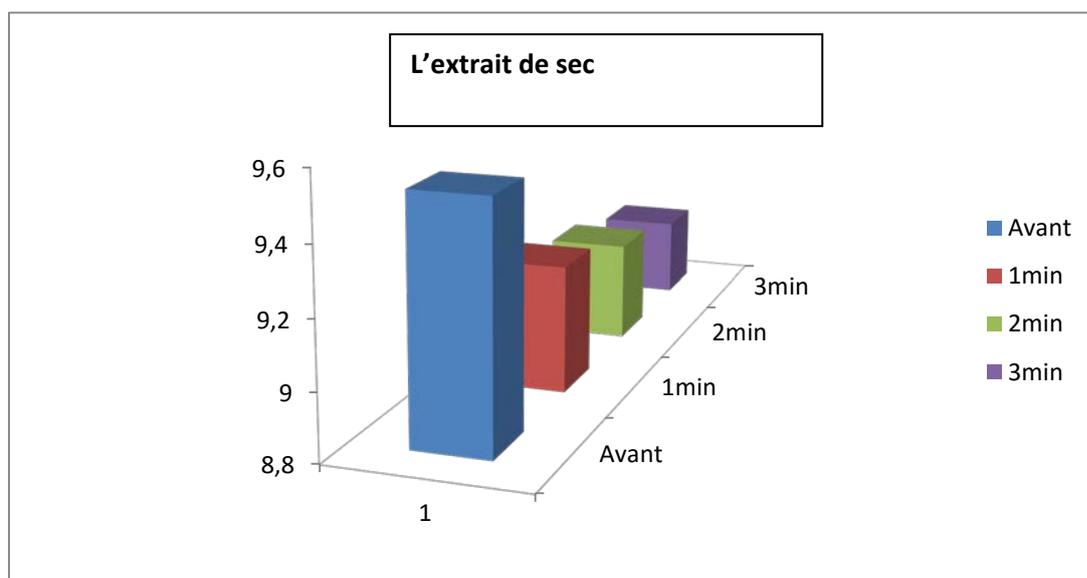
**Annexe 01 : Résultats des analyses microbiologiques des prélèvements du lait. UFC /ml**

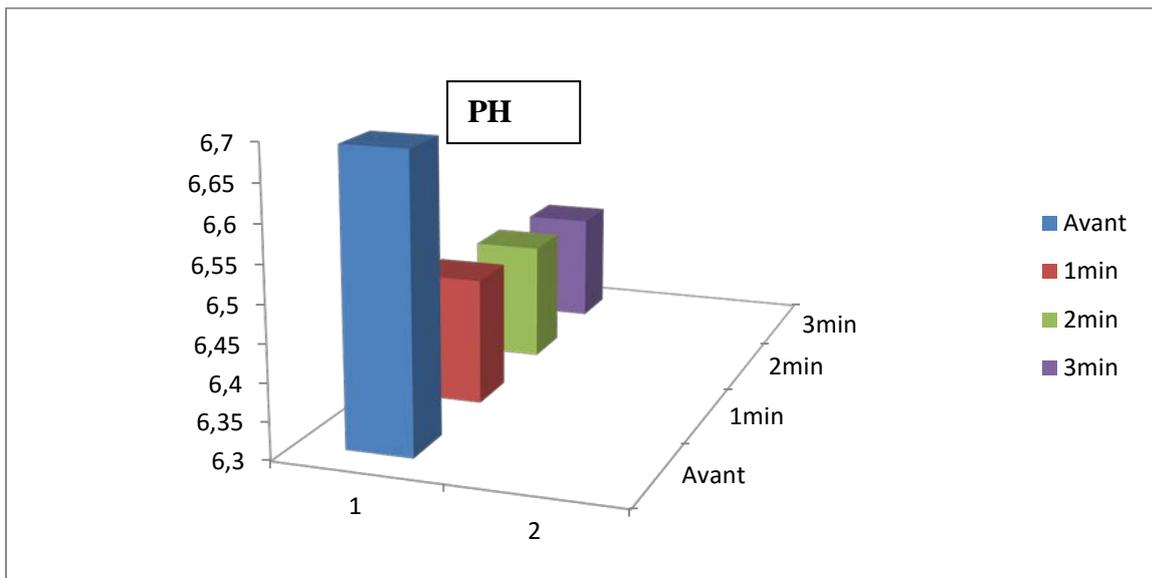
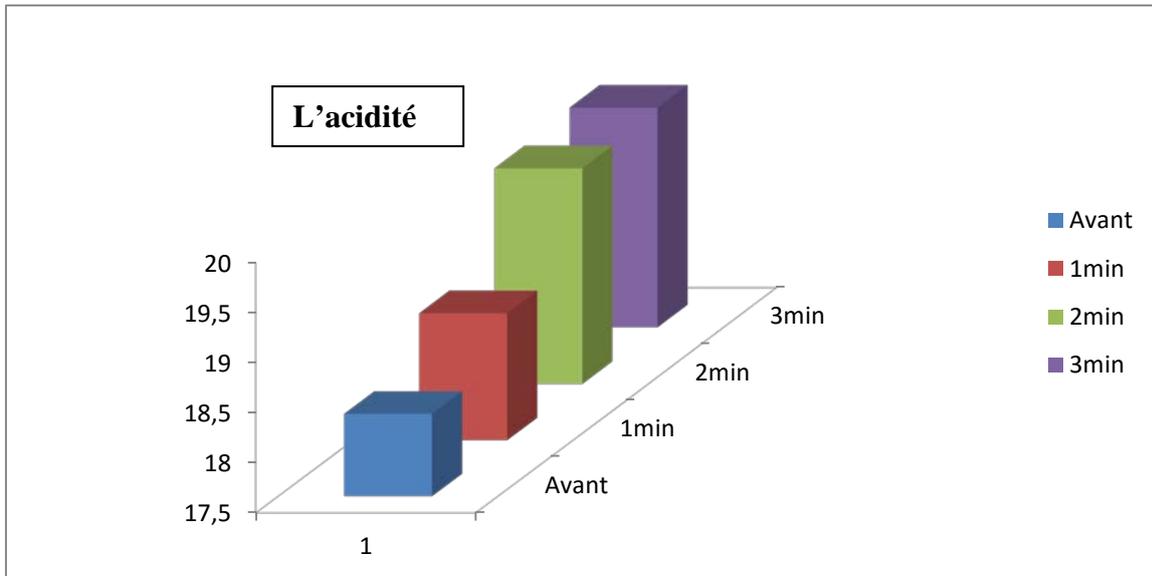
Prélèvements	1	2	3
Date	15/04/2018	21/04/2018	04/05/2018
Bactéries			
FTAM	Avant : $13,4 \cdot 10^4$	Avant : $16,5 \cdot 10^4$	Avant : $12,3 \cdot 10^4$
	1min : $21,9 \cdot 10^4$	1min : $18,1 \cdot 10^4$	1min : $19,03 \cdot 10^4$
	2min : $32 \cdot 10^2$	2min : 31.10	2min : 34.10
	3min : 50.10	3min : 287	3min : 263
CF	Avant : $4,80 \cdot 10^4$	Avant : $33,21 \cdot 10^3$	Avant : $10 \cdot 10^3$
	1min : $2,31 \cdot 10^4$	1min : $14,34 \cdot 10^4$	1min : $12 \cdot 10^4$
	2min : 120	2min : 96	2min : 68
	3min : Abs	3min : Abs	3min : Abs
CT	Avant : $54 \cdot 10^2$	Avant : $14,78 \cdot 10^3$	Avant : $7 \cdot 10^3$
	1min : $30,9 \cdot 10^3$	1min : $12,34 \cdot 10^4$	1min : $23,34 \cdot 10^3$
	2min : 05.10	2min : 04.10	2min : 02.10
	3min : Abs	3min : Abs	3min : Abs
Staph	Avant : 54,18.10	Avant : 18,54.10	Avant : 17,45.10
	1min : $13,6 \cdot 10^3$	1min : $6 \cdot 10^3$	1min : $54 \cdot 10^2$
	2min : 03.10	2min : 06.10	2min : 02.10
	3min : Abs	3min : Abs	3min : Abs
CSR	Avant : Abs	Avant : Abs	Avant : Abs
	1min : Abs	1min : Abs	1min : Abs
	2min : Abs	2min : Abs	2min : Abs
	3min : Abs	3min : Abs	3min : Abs
Salmonelle	Avant : Abs	Avant : Abs	Avant : Abs
	1min : Abs	1min : Abs	1min : Abs
	2min : Abs	2min : Abs	2min : Abs
	3min : Abs	3min : Abs	3min : Abs



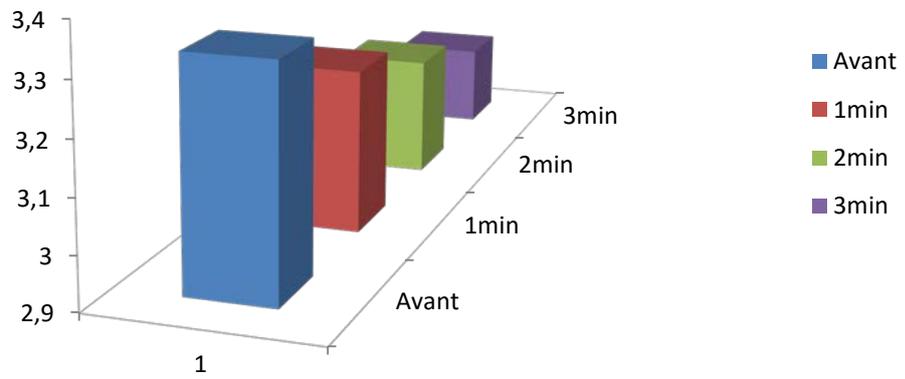


## Annexe 02 : résultats physique et chimique de trois prélèvements





### Taux de lactose



### Taux de protéine

