

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



Université Abd El-Hamid IBN BADIS

Mostaganem

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département d'Agronomie



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

Présenté par

BENYEKKOU Nassima

MOHAMED BEN ATTIA Nadjette

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : **contrôle de la qualité des aliments**

Thème

Etude de l'effet de réchauffement par micro-ondes sur la qualité physico-chimique et organoleptique du lait cru et du lait pasteurisé conditionné

Devant le jury

Président : Mme Yahyaoui. H

Grade M.C.A

U. Mostaganem

Encadreur : Mme BENMAHDI. F

Grade M.C.A

U. Mostaganem

Examineur : Mme Maghnia. Dj

Grade M.A.A

U. Mostaganem

*Thème réalisé au niveau du laboratoire de laiterie BELHARMI El hadj -
Mostaganem*

Année Universitaire : 2019/ 2020

Remerciements

Nous remercions très vivement notre encadreur

Mme Faiza BENMAHDI, d'avoir dirigé notre travail. Nous la remercions pour ses conseils, ses orientations et sa patience pour la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également Mme yahyaoui.H, d'avoir accepté de présider le jury.

Nous remercions aussi Mme Maghnia.Dj, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier M. BELHARMI El hadj directeur de la laiterie BELHARMI El hadj de Mostaganem et toute l'équipe de la laiterie de nous avoir bien accueillis et pour avoir mis à notre disposition au cours de notre stage pratique le matériel et les moyens nécessaires à la réalisation de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au Chef de département Dr. Reguigue, et à tous les enseignants et enseignantes du département d'agronomie qui ont contribué à notre formation durant les cinq années de graduation.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail spécialement

A mes chers parents pour leur patience, leur soutien et leur encouragement

Je leur dois tout ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain ;

A ma très chère grande sœur qui ne cesse de m'aider et me soutenir ainsi qu'à son adorable
petite famille ;

A mon très cher frère ;

A mon fiancé ;

A ma très chère grand-mère ;

A mon binôme et amie avec laquelle j'ai partagé de bons moments ;

Je le dédie également à tous mes enseignants qui m'ont suivi durant toute ma vie scolaire et
universitaire ;

A tous mes amis (es) et aux étudiants de ma promotion Master 2 Contrôle de la qualité des
aliments 2019-2020 ;

A tous ceux qui me sont chers.

Nassima.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers de ma vie ;

Ma mère qui n'a pas cessé de m'encourager pour donner le meilleur de moi-même ;

A mon frère qui à été mon soutien tous les temps ;

A mon cher fiancé ;

A ma belle amie ASMAE ;

A toute ma grande famille.

Je dédie aussi ce travail à tous mes enseignants durant ma vie scolaire et universitaire ;

A mes amis de la promotion Master 2 Contrôle de la qualité des aliments 2019-2020.

Nadjette.

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 les micro-ondes dans la préparation des aliments en particulier le lait. Ainsi, l'objectif de cette étude vise à voir l'effet du réchauffement par micro-ondes sur la qualité physico-chimique et organoleptique du lait chauffé à différents intervalles en fonction du temps (20secs « 36°C », 30secs « 41°C » et 40secs « 46 °C ») et pour cela, nous avons choisi le lait cru et le lait pasteurisé conditionné qui sont considérés comme les plus exploités à la production laitière destinée à la consommation humaine.

Les résultats obtenus ont montré que la teneur en matière grasse et la densité ont diminué pour les deux types de lait surtout après 40secs de réchauffement aux micro-ondes, pour le lait cru on note une diminution de (35.5 à 34.5 g/L) en matière grasse et (1033 à 1028.5) en densité, pour le lait pasteurisé conditionné on note une diminution de (15.5 à 14.9 g/L) en matière grasse et (1032.5 à 1028.5) en densité contrairement à l'acidité qui a augmenté (17 à 18.5°D) pour le lait cru et (16 à 17.5°D) pour le lait pasteurisé conditionné.

Pour l'évaluation sensorielle, les résultats obtenus lors de cette étude indiquent que les profils sensoriels de la majorité des laits sont différents et nous notons l'augmentation de l'intensité de certains descripteurs telle que le goût de matière grasse pour les deux types de lait et la diminution des autres descripteurs notamment la couleur jaune et blanc moyen.

Nous concluons que les paramètres physicochimiques, sont des indicateurs sensibles de la qualité du lait et on peut dire aussi que le chauffage change les caractéristiques organoleptiques du lait.

Mots clés : lait cru, lait pasteurisé conditionné, micro-ondes, qualité physico-chimique, qualité organoleptique.

Abstract:

Milk and dairy products are the most popular foods around the world especially for infants more recently and almost most use microwaves in the preparation of food especially milk. Thus, the objective of this study aims to see the effect of microwave heating on the physicochemical and organoleptic quality of milk heated at different intervals as a function of time (20secs « 36°C », 30secs « 41°C » and 40secs « 46 °C ») and for this, We have chosen raw milk and packaged pasteurized milk which are considered to be the most used for milk production intended for human consumption.

The results obtained showed that the fat content and the density decreased for both types of milk especially after 40 seconds of heating in the microwave, for raw milk there is a decrease of (35.5 to 34.5 g/L) in fat and (1033 to 1028.5) in density, for packaged pasteurized milk there is a decrease of (15.5 to 14.9 g / L) in fat and (1032.5 to 1028.5) in density unlike the acidity which has increased (17 at 18.5 °D) for raw milk and (16 to 17.5 °D) for packaged pasteurized milk.

For the sensory evaluation, the results obtained during this study indicate that the sensory profiles of the majority of milks are different and we note the increase in the intensity of certain descriptors such as the taste of fat for the two types of milk, and the decrease in other descriptors including the color yellow and medium white.

We conclude that the physicochemical parameters are sensitive indicators of the quality of milk and we can also say that heating changes the organoleptic characteristics of milk.

Key words: raw milk, packaged pasteurized milk, microwave, physic-chemical quality, arganoleptic quality.

Liste des abréviations

µg : Microgramme

µm : Micromètre

AA : Acide aminé

AG : Acide gras

ANP : Apport non protéique

AOAC : Association of Official Analytical Chemists

β-Lg : β-lactoglobuline

°C : degré Celsius

CO₂ : Dioxyde de carbone

CF : Coliformes fécaux

Cm³ : Centimètre cube

°D : degré Dornic

f : fréquence

FAO : Food and Agriculture Organisation

g : gramme

g/l : gramme par litre

GHz : Gigahertz

h : heure

Hz : Hertz

IgA : Immunoglobuline A

Kg : kilogramme

KHz : kilohertz

LPC : Lait pasteurisé conditionné

mg : Milligramme

MGLA : Matière Grasse Laitière Anhydre

MHz : Mégahertz

ml : Millilitre

mn : Minute

NaOH : Hydroxyde de sodium

nm : Nanomètre

pH : potentiel d'hydrogène

TB : Taux butyreux

UHT : Ultra haute température

V : volume

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition moyenne du lait entier (FREDOT, 2006).....	05
Tableau 2 : Composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre (JENSEN, 1995).	06
Tableau 3 : Classification des protéines (BRUNNER, 1981 cité par POUGHEON, 2001).....	10
Tableau 4 : Composition minérale du lait de vache (JEANTET et al., 2007).....	11
Tableau 5 : Composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT et al., 2002).....	12
Tableau 6 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA, 2002).....	13
Tableau 7 : Acidité naturelle du lait ; apport des différents constituants (VIGNOLA, 2002).....	19
Tableau 8 : Valeur du pH et de l'acidité du lait (MATHIEU, 1998).....	22
Tableau 9 : Caractères organoleptiques du lait cru normal et anormal (HIMOUD et al., 2009).....	24
Tableau N°10 : Les prélèvements de lait cru.	44
Tableau N°11 : Les prélèvements de lait pasteurisé conditionné.	45
Tableau N°12 : la densité de lait cru avant et après réchauffement	50
Tableau N°13 : acidité du lait cru avant et après réchauffement (°D)	51
Tableau N°14 : taux butyreux de lait cru avant et après réchauffement (g/L)	51
Tableau N°15 : la densité du LPC avant et après réchauffement	52
Tableau N° 16 : l'acidité du LCP avant et après réchauffement (°D)	53
Tableau N°17 : taux butyreux du LCP avant et après réchauffement (g/L)	53
Tableau N°18 : classement de choix de dégustateurs de lait cru	69
Tableau N°19 : classement de choix de dégustateurs de lait pasteurisé conditionné	60

Liste des figures

Figure 1 : Composition de la matière grasse du lait (BYLUND, 1995).....	07
Figure 2 : Structure d'une sub-micelle caséique (BYLUND, 1995).....	08
Figure 3 : L'acidité naturelle, l'acidité développée et l'acidité titrable du lait (VIGNOLA, 2002)....	20
Figure 4 : Diagramme de fabrication du lait pasteurisé conditionné (VIGNOLA, 2002).....	33
Figure 5 : Spectre électromagnétique (Hanna, 2008).....	35
Figure 6 : Schéma d'un four micro-ondes (Mathavi, 2013).....	36
Figure 7 : Coupe de l'oreille humaine (INTELLEGO, 2008).....	40
Figure 8 : Coupe horizontale schématique de l'œil (DAUVILLIERS, 2008).....	41
Figure 9 : Coupe de la peau (INTELLEGO, 2008).....	41
Figure 10 : Zones gustatives de la langue (HARLE, 2009).....	42
Figure 11 : Le nez (HARLE, 2009).....	43
Figure N°12 : Principales étapes de l'étude.....	46
Figure N°13 : Poste de dégustation.	48
Figure N°14 : densité de lait cru avant et après réchauffement.....	50
Figure N° 15 : l'acidité de lait cru avant et après réchauffement (°D)	51
Figure N°16 : taux butyreux de lait cru avant et après réchauffement (g/L)	52
Figure N°17 : la densité de LCP avant et après réchauffement.....	52
Figure N°18 : l'acidité du LCP avant et après réchauffement (°D).....	53
Figure N°19 : taux butyreux du LCP avant et après réchauffement (g/L)	54
Figure N° 20 : profils sensoriels (couleur) de lait cru chauffé par micro-ondes	55
Figure N° 21 : profils sensoriels (odeur) de lait cru chauffé par micro-ondes	56
Figure N° 22 : profils sensoriels (goût) de lait cru chauffé par micro-ondes	56
Figure N° 23 : profils sensoriels (couleur) de lait pasteurisé conditionné chauffé par micro-ondes	57
Figure N° 24 : profils sensoriels (odeur) de lait pasteurisé conditionné chauffé par micro-ondes	58

Figure N° 25 : profils sensoriels (goût) de lait pasteurisé conditionné chauffé par micro-ondes	58
Figure N° 26 : les pourcentages des choix des dégustateurs de lait cru chauffé par micro-ondes	59
Figure N° 27 : les pourcentages des choix des dégustateurs de LPC chauffé par micro-ondes	60

Table des matières

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....01

Partie I : Etude bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur le lait

I-Généralités sur le lait cru

I-1-définition.....03

I-2-La composition du lait.....03

I-2-1-Eau.....06

I-2-2-Matière grasse.....06

I-2-3-Protéines.....07

I-2-4-Lactose.....10

I-2-5-Minéraux.....10

I-2-6-Vitamines.....11

I-2-7-Enzymes.....12

I-3-Facteurs influençant la composition du lait.....13

I-3-1-Facteurs intrinsèques.....14

I-3-2-Facteurs extrinsèques.....15

I-4-Propriétés physico-chimiques du lait.....16

I-4-1-Masse volumique et densité du lait.....16

I-4-2-Point de congélation.....16

I-4-3-Point d'ébullition.....17

I-4-4-pH.....17

I-4-5-Acidité du lait.....17

I-4-5-1-Acidité titrable.....	18
I-4-5-1-1- L'acidité du lait frais ou acidité naturelle.....	18
I-4-5-1-2-L'acidité développée.....	19
I-4-5-2- Mesure de l'acidité et de pH du lait.....	20
I-5-Qualité organoleptique du lait.....	22
I-5-1-Couleur.....	22
I-5-2-Odeur.....	23
I-5-3-Saveur.....	23
I-5-4-Viscosité.....	24
I-6-Différents types du lait de consommation.....	25
I-6-1-Différenciation selon la teneur en matière grasse.....	25
I-6-2-Différenciation selon le traitement thermique.....	25
I-6-3-Autres laits.....	27
II- Généralités sur le lait pasteurisé conditionné (LPC)	
II-1-Définition du lait pasteurisé conditionné (LPC).....	27
II-2- La composition du lait (reconstitué – recombinaé).....	28
II-3-Processus de fabrication du lait pasteurisé conditionné.....	28
Chapitre 2 : Micro-ondes	
1. Histoire de la découverte.....	34
2. Définition des micro-ondes.....	34
3. Principe de fonctionnement.....	35
4. Avantages du chauffage par micro-ondes.....	36
5. Applications industrielles du chauffage par micro-ondes.....	37
6. Effet du chauffage aux micro-ondes sur le lait.....	37

Chapitre 3 : L'évaluation sensorielle

1-Définition.....	38
2-Objectif de l'évaluation sensorielle.....	38
3-Fonctionnement des sens.....	39
3-1-L'audition.....	39
3-2-La vision.....	40
3-3-La somesthésie.....	41
3-4-La gustation.....	42
3-5-L'olfaction.....	42

Partie II : Etude expérimentale

Chapitre 1 : Matériel et méthodes

I .L'objectif	44
II .Lieu de travail	44
III.Préparation des échantillons des laits	44
1. Lait cru	44
2. Lait pasteurisé conditionné	45
IV.Analyse et contrôle de lait cru, lait pasteurisé conditionné	46
A. Analyses physico-chimiques	46
1. Matériel de prélèvement.....	46
2. Matériel de laboratoire	46
3. Produits chimiques et réactifs	47
4. Méthodes d'analyse	47
a) Mesure de la densité	47
b) Mesure de l'acidité titrable	47
c) Mesure de taux de matière grasse	47
B. Analyses sensorielles	47
1. Matériels utilisés	47
2. Test descriptif	48
3. Test de classement	48
Le jury de dégustation	48
Présentation des échantillons	49
Le déroulement de l'essai	49

Chapitre 2 : Résultats et discussion

A. Résultats des analyses physicochimiques de laits chauffés par micro-ondes	50
a. Lait cru	50
La densité	50
L'acidité	51
Matière grasse	51
b. Lait pasteurisé conditionné	52
La densité	52
L'acidité	53
Matière grasse	53
Discussion des résultats des analyses physico-chimiques des laits	54
B. Résultats et discussions des analyses sensorielles de laits chauffés par micro-ondes.....	55
1. Résultats sensorielles descriptives quantifiées de laits chauffés par micro-ondes	55
a. Lait cru	55
Couleur	55
Odeur	56
Goût	56
b. Lait pasteurisé conditionné	57
Couleur	57
Odeur	58
Goût	58
2. Résultats de classement	59
a. Lait cru	59
b. Lait pasteurisé conditionné	60
Conclusion	61
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

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**).

Les plus grands consommateurs de lait et de produits laitiers sont les pays développés, et surtout ceux dans l'hémisphère Nord. En Amérique du Nord, en Europe et en Australie, la consommation de lait par habitant dépasse 150 kg par an, d'après les données de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). A l'inverse, les pays les moins consommateurs se trouvent en Asie du Sud-Est et en Afrique centrale. Par exemple, un habitant du Vietnam ou au Sénégal consomme moins de 30 kg de lait par habitant et par an.

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**).

La consommation des produits laitiers a connu une croissance continue; l'Algérie étant le premier consommateur du lait au sein du grand Maghreb. En Algérie, le produit fabriqué est, en majeure partie, un lait reconstitué en usine. Il peut être entier, partiellement-écrémé ou écrémé. Ce lait est ensuite conditionné en sachet polypropylène, en bouteille et tétra-pack (**KACI et SASSI, 2007**).

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**).

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet du réchauffement par micro-ondes sur les qualités physico-chimiques et organoleptiques du lait cru et du lait pasteurisé conditionné (LPC).

Partie I : Partie bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur le lait

I-Généralités sur le lait cru

I-1-définition

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

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

Selon **ABOUTAYEB (2009)**, le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes). Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24h (**FREDOT, 2006**).

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

I-2-La composition du lait

FRANWORTH et MAINVILLE (2010) évoquent que le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes. Les laits sont les seuls aliments naturels complets qui existent, chacun d'eux étant adapté à la race qu'il permet de développer (**MITTAINÉ, 1980**).

Selon **FAVIER (1985)**, le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras

alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E.

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.

La composition moyenne du lait entier est représentée dans le tableau 1.

FREDOT (2006) rappelle que le lait est constitué de quatre phases :

- Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D).
- Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelle.
- Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux, azote non protéique).
- Une phase gazeuse composée d'O₂, d'azote et de CO₂ dissous qui représentent environ 5 % du volume du lait.

Tableau 1 : Composition moyenne du lait entier (FREDOT, 2006).

Composants	Teneurs (g/100g)
Eau	89.5
Dérivés azotés	3.44
Protéines	3.27
Caséines	2.71
Protéines solubles	0.56
Azote non protéique	0.17
Matières grasses	3.5
Lipides neutres	3.4
Lipides complexes	<0.05
Composés liposolubles	<0.05
Glucides	4.8
Lactose	4.7
Gaz dissous	5% du volume du lait
Extrait sec total	12.8g

Le tableau 2 donne la composition moyenne en % pour différentes espèces.

Tableau 2 : Composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre (JENSEN, 1995).

Composants	Vache	Femme	Brebis	Chèvre
Protéines	3.4	1.0	2.9	5.5
Caséines	2.8	0.4	2.5	4.6
Lipides	3.7	3.8	4.5	7.4
Lactose	4.6	7.0	4.1	4.8
Minéraux	0.7	0.2	0.8	1.0

I-2-1-Eau

D'après AMIOT *et al.* (2002), l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

I- 2-2-Matière grasse

JEANTET *et al.* (2008) rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0.1 à 10µm et est essentiellement constitué de triglycérides (98%). La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme :

- Une très grande variété d'acides gras (150 différents) ;
- une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes ;

- une teneur élevée en acide oléique (C18 :1) et palmitique (C16 :0) ;
- une teneur moyenne en acide stéarique (C18 :0) ;

La figure 1 présente un globule gras du lait. La membrane est constituée de phospholipides, de lipoprotéines, de cérébrosides, de protéines, d'acides nucléiques, d'enzymes et d'oligoéléments (métaux) et d'eau (BYLUND, 1995).

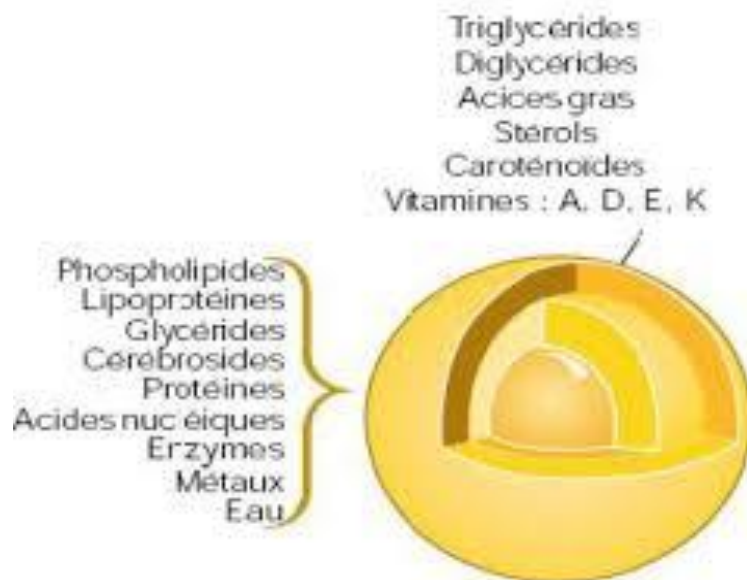


Figure 1: Composition de la matière grasse du lait (BYLUND, 1995).

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés. Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C18 :2 et acide linoléique C18 :3) par rapport au lait de femme (1.6% contre 8.5% en moyenne) (JEANTET *et al.*, 2008).

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (STOLL, 2003).

I-2-3-Protéines

Selon JEANTET *et al* (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.

La classification des protéines est illustrée dans le tableau 3.

A-Caséines

JEAN et DIJON (1993) rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g mol^{-1} , forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de $0,1 \text{ }\mu\text{m}$ (Figure 2). La caséine native a la composition suivante : protéine 94%, calcium 3%, phosphore 2.2%, acide citrique 0.5% et magnésium 0.1% (**ADRIAN et al., 2004**).

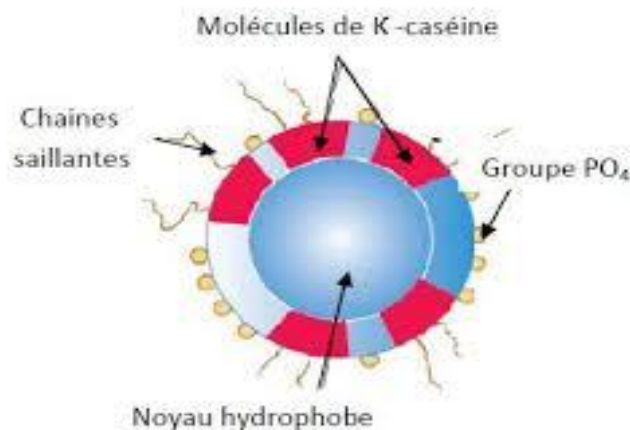


Figure 2: Structure d'une sub-micelle caséique (**BYLUND, 1995**).

B-Protéines du lactosérum

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées (**DEBRY, 2001**).

THAPON(2005), définit les protéines du lactosérum comme protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique.

a- L' α -lactalbumine

L' α -lactalbumine est une protéine de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques (A, B, C). Métalloprotéine (elle possède un atome de calcium par mole) du type globulaire (structure tertiaire quasi sphérique). Elle présente environ 22% des protéines du sérum (VIGNOLA, 2002).

b- La β -lactoglobuline

La β -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est 5.1 la β -lactoglobuline est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors du chauffage la fixation d'une molécule de caséine K et d'une β -lactoglobuline se fasse également par un pont disulfure (DEBRY, 2001).

c-Le sérum-albumine

Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Comptant un seul variant génétique A est identique au sérum albumine sanguine (VIGNOLA, 2002).

d-Les immunoglobulines

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

e- Protéoses-peptones

Elles forment la fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à pH 4.6 vers 95°C pendant 20 à 30 minutes. C'est un groupe hétérogène issu de la protéolyse par la plasmine de la caséine β (DEBRY, 2001).

Tableau 3: Classification des protéines (**BRUNNER, 1981** cité par **POUGHEON, 2001**).

NOMS	% des protéines	Nombre d'AA
CASEINES	75-85	
Caséine α_{S1}	39-46	199
Caséine α_{S2}	8-11	207
Caséine	25-35	209
Caséine k	8-15	169
Caséine g	3-7	
PROTEINES DU LACTOSERUM	15-22	
β -Lactoglobuline	7-12	162
α -Lactalbumine	2-5	123
Sérum-albumine	0.7-1.3	582
Immunoglobulines (G1, G2, A, M)	1.9-3.3	-
Protéoses-peptones	2-4	-

I-2-4-Lactose

MATHIEU(1999) évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie.

Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache. Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait (**HODEN et COULON, 1991**).

I-2-5-Minéraux

Selon **GAUCHERON(2004)**, le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (Tableau 4).

Tableau 4 : Composition minérale du lait de vache (JEANTET *et al.*, 2007).

Eléments minéraux	Concentration (mg.kg ⁻¹)
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

I-2-6-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 (Tableau 5).

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 5 : Composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT et al., 2002).

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

I-2-7-Enzymes

POUGHEON(2001) définit les enzymes comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent

des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (Tableau 6).

Tableau 6 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA, 2002).

Groupe d'enzyme	Classes d'enzymes	pH	Température (°C)	Substrats
Hydrolases	<u>Estérases.</u>			
	Lipases	8.5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4.0-5.2	37	Esters phosphoriques
	<u>Protéases</u>			
	Lysozyme	7.5	37	Parois cellulaire microbienne
	Plasmine	8	37	Caséines
Déshydrogénases ou oxydases	Sulfhydrile oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8.3	37	Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase	6.8	20	Composés réducteurs+H ₂ O ₂
	Catalase	7	20	H ₂ O ₂

I-3-Facteurs influençant la composition du lait

Le lait qui arrive à l'usine, constitue une matière première dont la composition n'est pas fixe. Ce caractère rend donc l'utilisation de cette matière première assez difficile, diminue les rendements et modifie les caractères organoleptiques des produits finis.

Deux grands types de variation existent, au stade de l'animal et au stade du traitement du lait. La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs (STOLL, 2003) cité par BENHEDANE (2012).

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 (**WOLTER ,1988**) cité par **BENHEDANE (2012)**.

I-3-1-Facteurs intrinsèques

a-Facteurs génétiques

On observe des variations importantes de la composition du lait entre les différentes races laitières et entre les individus d'une même race. D'une manière générale, on remarque que les fortes productrices donnent un lait plus pauvre en matières azotées et en matières grasses, ces dernières étant l'élément le plus instable et le lactose est l'élément le plus stable.

L'existence de variantes génétiques A et B issus des mutations ponctuelles. Ces derniers donnent des protéines différentes qui ne se distinguent que par l'échange d'un ou deux acides aminés. Les variantes génétiques des protéines du lait, notamment ceux de la caséine κ (κ -Cn) et de la β -lactoglobuline (β -Lg), influencent la composition du lait et certains critères de productivité des vaches (**JAKOB ET HANNI ,2004**) cité par **BENHEDANE(2012)**.

b-Stade de lactation

Au cours de la lactation, les quantités de matière grasse, de matière azotée et de caséines évoluent de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite. Les taux de matière grasse et de matières azotées, élevés au vêlage, diminuent au cours du premier mois et se maintiennent à un niveau minimal pendant le deuxième mois.

Ils amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement. L'amplitude de variation est généralement plus importante pour le taux butyreux que pour le taux protéique.

Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. En outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives (**MEYER ET DENIS, 1999**) cité par **BENHEDANE (2012)**.

c- Age et nombre de vêlage

VEISSEYRE en 1979, montre que la quantité de lait augmente généralement du 1^{er} vêlage au 5^{ème}, puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7^{ème}.

Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, ainsi la richesse du lait en matière sèche tend à diminuer. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle ; en fonction de l'âge, le nombre de mammites croît et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang (MAHIEU, 1985).

d-Etat sanitaire

Lors d'infection, il y a un appel leucocytaire important qui se caractérise par une augmentation de comptage cellulaire induisant des modifications considérables dans la composition du lait (BADINAND, 1994).

Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers. Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement fromager (TOUREAU *et al.*, (2004).

I-3-2-Facteurs extrinsèques

a-Alimentation

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues). Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique (ANP) et des caséines. L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du TB. Elle est due à une perturbation des fermentations ruminales, mais elle influence la composition en AG de la matière grasse du lait (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

b-Saison et climat

D'après POUGHEON et GOURSAUD (2001), la saison a une influence importante qui se rajoute aux autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge) de façon immuable, le TB passe par un minimum en juin – juillet et par un maximum à la fin de l'automne. La

teneur en protéines passe par deux minimums un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums à la mise à l'herbe et à la fin de la période de pâturage.

I-4-Propriétés physico-chimiques du lait

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité, le pH (AMIOT *et al.*, 2002) cité par GHAOUES (2011).

I-4-1-Masse volumique et densité du lait

La masse volumique, le plus souvent exprimée en grammes par millilitre ou en kilogrammes par litre, est une propriété physique qui varie selon la température, puisque le volume d'une solution varie selon la température. On utilise souvent la densité relative (ou densité).

La densité du lait de vache varie généralement entre 1,028 et 1,038 g/cm³ selon la composition. Le lait a donc un volume et un poids quasi égaux car sa densité est proche de 1.

La densité est mesurée avec un thermo-lacto-densimètre qui permet aussi de déterminer rapidement la teneur en matière grasses du lait. Un lait écrémé à une densité plus forte, la densité des matières grasses étant de 0,9. En revanche, en cas de mouillage, la densité diminue (BOULASSEL et GUECHI, 2011).

I-4-2-Point de congélation

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

Le point de congélation du lait se situe entre - 0,54 et - 0,55° C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. On constate de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production. On a par exemple signalé des variations normales de - 0.530 à - 0.575°C. Le mouillage élève le point de congélation vers 0°C, puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue.

D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation.

I-4-3-Point d'ébullition

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

I-4-4-pH

Le pH d'un lait frais se situe entre 6,6 et 6,8 contrairement à l'acidité titrable ; le pH ne mesure pas la concentration des composés acides mais plutôt la concentration des ions H^+ en solution. S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium (H_3O^+) et donc une diminution du pH.

Les valeurs du pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité, du fait que c'est le pH qui la stabilise les protéines c'est-à-dire les atteint au point isoélectrique. Un lait ayant une acidité développée importante aura un pH plus bas que 6,6, car l'acide lactique est un acide suffisamment fort pour se dissocier et abaisser le pH d'une valeur remarquable. Deux laits peuvent donc avoir des pH identiques, c'est-à-dire être dans le même état de fraîcheur, mais avoir des acidités titrables différentes. Par contre, deux laits peuvent avoir des acidités titrables identique, soit la même concentration de composés acides, mais avoir des pH différents par exemple :

Lait n°1 : pH =6,7 ; acidité titrable =14°D ; lait normal et stable

Lait n°2 : pH= 6,7 ; acidité titrable = 18°D ; lait riche en protéines, en phosphate et stable

Lait n°3 : pH= 6,4 ; acidité titrable = 18°D ; lait ayant une acidité développée, dans un état de fraîcheur douteux (VIGNOLA, 2002).

I-4-5-Acidité du lait

Le lait peut avoir un comportement à la fois acide et basique, en raison des protéines dont les acides aminés possèdent des groupements acides $COOH$ et des groupements basique NH_2 sur leurs chaînes latérales. Les phosphates sous leurs différentes formes H_2PO_4 , HPO_4^{-2} et PO_4^{-3} jouent également un rôle dans ce comportement. Ce mélange d'acides faibles, de basses

faibles et de sels, contribue à l'effet tampon qui est la capacité d'une solution de garder un pH constant malgré l'addition de composés acides ou basiques.

A la sortie du pis de la vache, le lait frais ne contient qu'environ 0,002 % d'acide lactique. En se développant, les bactéries lactiques vont former de l'acide lactique CH_3COOH -COOH par fermentation du lactose (VIGNOLA, 2002).

Le développement des bactéries lactiques dans le lait abaisse le pH en transformant le lactose en acide lactique (lactococcus, Streptobacterium, Thermobacterium) ou en acide lactique, acide acétique et éthanol (Leuconostoc et Betabacterium).

C'est cette nouvelle acidité qu'on désigne par acidité développée et qui conduit à la déstabilisation des protéines. Selon l'utilisation du lait, on peut développer son acidité (NAOUAL, 2001).

L'acidité du lait exprimée en pourcentage d'acide lactique peut varier de 0,10 à 0,30 %. La majeure partie des laits a une acidité de 0,14 à 0,17 %. Les constituants naturels du lait qui contribuent à l'acidité sont les phosphates (0,09 %), les caséines (0,05- 0,08 %), les autres protéines (0,01 %), les citrates (0,01 %) et le bioxyde de carbone (0,01%). L'acidité du lait peut aussi être exprimée en « degré Dornic ». Un lait frais peut avoir comme acidité entre 16 et 18° Dornic (avec $1^\circ\text{D} = 0.1 \text{ g d'acide lactique par litre}$) (VIGNOLA, 2002).

I-4-5-1-Acidité

titrable

A la réception du lait, on mesure l'acidité titrable pour vérifier la qualité du lait, il faut prendre cette mesure avec un certain recul, car une acidité titrable élevée n'est pas forcément une mesure de l'acidité développée pour s'assurer de la qualité du lait et pour valider le résultat du titrage, on recommande de mesurer le pH de l'échantillon (VIGNOLA, 2002).

L'analyse de l'acidité titrable mesure tous les ions H^+ disponible dans le milieu qu'ils soient dissociés, c'est-à-dire ionisés, ou non. Ainsi, on déplace les équilibres chimiques pour neutraliser tous les ions H^+ des acides faibles. L'acidité titrable est une mesure des deux acidités (Figure 03) définies précédemment:

Acidité titrable = acidité naturelle+ acidité développée

I-4-5-1-1- L'acidité du lait frais ou acidité naturelle

Dès sa sortie du pis de la vache, le lait démontre une certaine acidité. Cette acidité est due principalement à la présence de protéines, surtout les caséines et lactalbumine, de substances

minérales telles que les phosphates et le CO₂, et d'acides organiques, le plus souvent l'acide citrique. On l'appelle l'acidité apparente ou acidité naturelle du lait. Elle varie entre 0,13 et 0,17 % d'équivalent d'acide lactique. Le tableau 07 résume l'importance des constituants dans l'acidité naturelle du lait (VIGNOLA, 2002).

Tableau 07 : Acidité naturelle du lait ; apport des différents constituants (VIGNOLA, 2002).

Constituants	Acidité (% d'équivalent d'acide lactique)
Caséines	0.05 à 0.08
Phosphates	0.05 à 0.07
Lactalbumine	0.01
CO ₂	0.01 à 0.02
Acide citrique	0.01

I-4-5-1-2-L'acidité

développée

Elle est due à l'apparition de divers acides organiques dont le plus abondant, l'acide lactique qui provient de la dégradation du lactose par des micro-organismes. Dès leur apparition, les molécules d'acide lactique se dissocient :

$$\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

Le pH du lait diminue pendant que la dissociation des acides régresse ; le pourcentage de leur forme entière s'élève aux dépens de la forme dissociée.

L'apparition d'acide lactique entraîne une chute du pH et une régression de la dissociation de certaines substances acides. Celles-ci, lors de la titration d'un lait acidifié, se dissocient conformément à ce l'on nous apprend la détermination de l'acidité naturelle (MATHIEU, 1998).

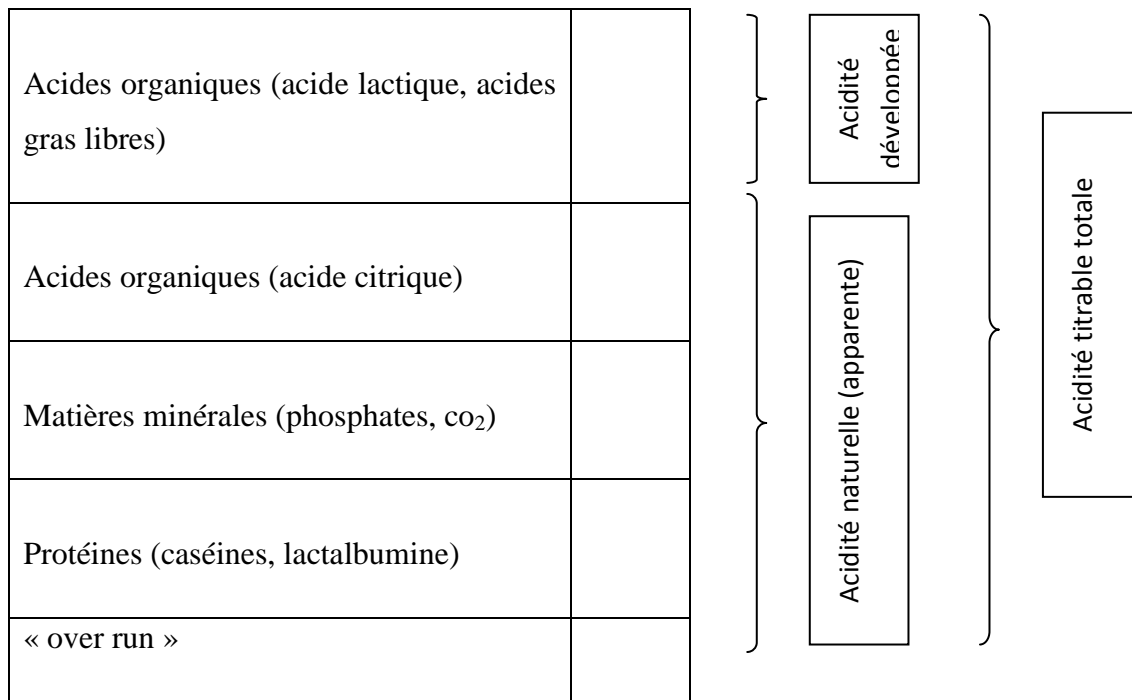


Figure 3 : L’acidité naturelle, l’acidité développée et l’acidité titrable du lait (VIGNOLA, 2002).

I-4-5-2- Mesure de l’acidité et de pH du lait

Le pH et l’acidité titrable sont deux concepts liés à l’acidité (Tableau 08), mais déterminés de façon différente chacun à sa propre incidence sur la qualité du lait. L’acidité titrable mesure la concentration totale d’acidité contenue dans le lait. Elle est relativement constante. Mais son augmentation est un indice de lait anormal.

Par contre, l’acidité titrable ne donne pas toutes les informations sur la qualité du lait. Il est aussi important de connaître le pH du lait .les valeurs du pH représentent un l’état du lait. Elles sont plus significatives que les valeurs d’acidité particulièrement en ce qui concerne la stabilité du lait par exemple la stabilité à la chaleur (VIGNOLA, 2002).

➤ **Acidité titrable**

L’acidité titrable mesure la quantité d’acide présente dans un échantillon du lait. On l’exprime en pourcentage d’acide lactique. Le dosage de l’acidité par titrage est une des mesures analytiques les plus courantes en technologie laitière. C’est une méthode officielle de l’Association of Official Analytical Chemists (AOAC ,947.05) (VIGNOLA, 2002).

➤ PH

Le pH représente l'acidité du lait à un moment donné. On le mesure habituellement à l'aide de pH mètre, on considère comme lait anormal si les valeurs du pH inférieure à 6,5 ou supérieures à 6,9. Le colostrum est plus acide que le lait normal du fait de sa teneur élevée en protéines, alors que le lait de fin de lactation et celui d'une vache malade ont généralement un pH plus élevé.

Le pH du lait dépend principalement de la présence des caséines et d'anions phosphoriques et citriques.

Le pH-mètre est un appareil électronique muni d'une électrode, qui renferme une solution aqueuse acide, comporte une membrane de verre spécial perméable aux ions H^+ . La différence entre les ions H^+ de la solution contenue dans l'électrode et les ions H^+ du lait est convertie en une différence de potentiel électrique. Le pH-mètre transforme cette différence de potentiel en unités pH (**VIGNOLA, 2002**).

Tableau 08: Valeur du pH et de l'acidité du lait (MATHIEU, 1998).

pH	Acidité en °D	
6,9 et plus	15 et moins	Lait de type alcalin, lait de mammite, lait de rétention, lait de fin de lactation, lait dit mouillé.
6,6-6,8	16-18	Lait frais normal de vache.
6,5-6,6	19-20	Lait légèrement acide : Lait du début de la lactation, colostrum, lait transporté en vrac.
6,35-6,4	20	Lait claustral, lait qui coagule au cours d'une stérilisation à 115°C.
6,3	22	Lait qui coagule au cours d'une ébullition prolongée.
6,0-6,1	24	Lait qui coagule au cours d'une pasteurisation à 72°C.
5,5-5,6	45-50	Lait coagulant à 60°C.

I-5-Qualité organoleptique du lait

VIERLING (2003) a rapporté que l'aspect, l'odeur, la saveur et la texture du lait ne peuvent être précisés qu'en comparaison avec un lait frais.

I-5-1-Couleur

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse et aux pigments de carotène; (la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (**FREDOT, 2005**)).

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

I-5-2-Odeur

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

I-5-3-Saveur

Le goût agréable, douceâtre et peu sucré du lait dû à la présence du lactose. Lorsque le lactose est dégradé en acide lactique, il donne une acidité pour le lait (**TRIA et NASIR, 2003**).

D'autre élément influant (la température, l'ébullition, la pasteurisation ...) donne au lait une saveur différente à celle du lait naturel. En plus, le colostrum et le lait issu des mamelles infectées ont un goût salé (**TRIA et NASIR, 2003**).

Tableau 09: Caractères organoleptiques du lait cru normal et anormal (**HIMOUD et al., 2009**).

	Caractère normal	Caractère anormal
Couleur	Blanc mat Blanc jaunâtre : lait riche en crème	Gris jaunâtre : lait de mammite, bleu, jaune... Lait coloré par des substances chimiques ou des pigments bactériens
Odeur	Odeur faible	Odeur de putréfaction, de moisi, de rance...
Saveur	Saveur agréable	Saveur salée : lait de mammite Goût amer : lait très pollué par des bactéries
Consistance	Homogène	Grumeleuse : mammite Visqueuse ou Coagulée (pollution bactérienne)

I-5-4-Viscosité

La viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques (**RHEOTEST, 2010**).

La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, un consommateur d'Europe centrale évalue de manière très positive le lait concentré à forte consistance (filandreux). Il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée (**RHEOTEST, 2010**).

I-6-Différents types du lait de consommation

I-6-1-Différenciation selon la teneur en matière grasse

Par le mélange du lait non écrémé et du lait écrémé, la laitière produit 3 types de laits standardisés dont les teneurs en matière grasse sont fixées par la loi :

➤ Lait entier

Il contient généralement 3,5 % de la matière grasse. S'il n'est pas homogénéisé, les matières grasses remontent à la surface et forment une couche de crème.

Cette couche de crème est absente dans le lait homogénéisé, car la matière grasse est en suspension dans le lait. Ce lait est enrichi de vitamine D (AHMED BELHALILI A, 2014).

➤ Lait partiellement écrémé

Il contient 1 ou 2 % de matière grasse. Il a presque la même valeur nutritive que le lait entier, à l'exception des matières grasses, ce qui entraîne une diminution de la valeur énergétique. Son goût est légèrement moins riche que celui du lait entier. On lui ajoute de la vitamine A pour compenser les pertes survenues avec le retrait des matières grasses. Il est également enrichi en vitamine D (Anonyme, 2014).

➤ Lait écrémé

Il contient au maximum 0,3 % de matière grasse. On y ajoute de la vitamine A pour compenser les pertes survenues avec le retrait des matières grasses. Il est également enrichi en vitamine D (Anonyme, 2014).

I-6-2-Différenciation selon le traitement thermique

➤ Lait cru

Il est intéressant sur le plan de la nutrition puisqu'il n'a subi aucun traitement d'assainissement, le lait cru est, tant au niveau de sa production que de sa commercialisation, sévèrement contrôlé. Il doit provenir d'animaux reconnus indemnes de brucellose et de tuberculose, et être préparé dans des conditions hygiéniques strictes; Il doit en outre satisfaire à des critères microbiologiques déterminés jusqu'à la date limite de consommation (Marie, 2013).

➤ **Lait pasteurisé**

La pasteurisation a pour but de détruire tous les micro-organismes pathogènes potentiellement présents dans le lait ainsi que la plus grande partie des autres microorganismes et des enzymes susceptibles d'altérer les propriétés organoleptiques du lait.

Il existe des différents processus :

La pasteurisation à basse température (63 °C pendant 30 minutes) ; ce procédé (le plus ancien) n'est pratiquement plus utilisé.

La pasteurisation à température plus élevée (72-76 °C pendant 15 à 20 secondes) ; ce procédé préserve l'enzyme peroxydase.

Une pasteurisation à 80 °C ou plus pendant 15 à 20 secondes est utilisée pour la fabrication des produits fermentés et de la crème.

Ces laits pasteurisés doivent par ailleurs répondre à des normes sanitaires et qualitatives; leur durée de conservation entre le conditionnement et la consommation est de 7 jours au maximum, au froid (**Marie, 2013**).

➤ **Lait stérilisé**

La stérilisation a pour but de permettre une conservation de longue durée d'un produit stable tant du point de vue microbiologique que chimique et biochimique.

Deux types de processus sont utilisés :

La stérilisation en deux phases : le lait est pré stérilisé à une température de 130 à 140 °C pendant quelques secondes puis, après refroidissement, il est conditionné et subit alors une seconde stérilisation à 110-120 °C pendant 10 à 20 minutes.

Ces laits stérilisés doivent aussi répondre à des normes sanitaires et qualitatives ; les laits UHT se conservent 90 jours, les autres jusqu'à plus de 5 mois.

Le chauffage à ultra-haute température ou procédé UHT (135-150 °C pendant 2 à 5 secondes) ; le lait est ensuite conditionné aseptiquement dans un récipient stérile et hermétiquement clos (**Marie, 2013**).

I-6-3-Autres laits

Les laits stérilisés auxquels on a ajouté des arômes : cacao, vanille, fraise par exemple, sont appelés les laits aromatisés (**Anonyme, 2014**).

➤ **Lait concentré non sucré**

Il obtenu par une pasteurisation à température élevée suivie d'une concentration ; celle ci se fait par ébullition sous vide partiel dans des évaporateurs. Il est ensuite homogénéisé, refroidi, distribué en boîtes puis stérilisé par autoclavage à 115 °C pendant 20 minutes. Sa conservation est de très longue durée (**Anonyme, 2014**).

➤ **Lait concentré sucré**

Il élaboré par une pasteurisation à température élevée suivie de l'addition d'un sirop de sucre stérile à 70 % de saccharose. Le sucre inhibe la multiplication des micro-organismes, ce qui autorise un traitement thermique moins important. Après concentration à 50 % environ, le lait est refroidi et réparti en boîtes ou en tubes stériles. Sa conservation est de longue durée (**IDRISSI, 2011**).

➤ **Lait en poudre**

Il fabriqué par une dessiccation, c'est un traitement qui permet une longue conservation puisque les micro-organismes ne peuvent se multiplier sans eau (**IDRISSI, 2011**).

II-Généralités sur le lait pasteurisé conditionné (LPC)

II-1-Définition

Le lait pasteurisé, fabriqué à partir de cru du lait reconstitué, écrémé ou non, est un lait qui a subi un traitement thermique (pasteurisation) qui détruit de 90 à 98 % de la flore microbienne contenue dans le lait, notamment tous les germes pathogènes non sporulés et plus particulièrement les germes de la tuberculose et de la brucellose. la production du lait pasteurisé dans les pays en voie de développement est relativement récente, bien que chez certain nombre des pays la vente du lait (bouilli) existe depuis longtemps (Mali par exemple) (**Lakehal et Zekri , 2010**).

II-2- La composition du lait (reconstitué – recombiné)

[Art 18 l'arrêté interministériel du 18 Aout 1993].

La composition du lait reconstitué – recombiné destiné à la consommation est la suivante :

Lait entier pasteurisé

- Eau (eau libre + eau liée).....905g/l
- Extrait sec dégraissé (glucide + protides + sels minéraux).....92g/l
- Matière grasse au minimum28g/l
- Extrait sec total.....120g/l

Lait partiellement écrémé pasteurisé

- Eau (eau libre + eau liée).....905g/l
- Extrait sec dégraissé (glucide + protides + sels minéraux).....92g/l
- Matière grasse au minimumde15a20g/l
- Extrait sec total.....107-120g/l

Lait écrémé pasteurisé

- Eau (eau libre + eau liée).....905g/l
- Extrait sec dégraissé (glucide + protides + sels minéraux).....92g/l
- Matière grasse au minimum1,5g/l
- Extrait sec total.....93, 5/l

Le lait reconstitué peut être commercialisé en l'état ou mélangé avec du lait de ramassage après standardisation de la matière grasse.

II-3-Processus de fabrication du lait pasteurisé conditionné

Le processus de fabrication du lait LPC passe par plusieurs étapes qui diffèrent selon le type de poudre de lait utilisé, quand on utilise poudre 0% matière grasse le processus de fabrication passe par les étapes suivantes : reconstitution, recombinaison, homogénéisation, dégazage, pasteurisation, réfrigération, conditionnement. Si on utilise poudre 26% matière grasse le processus de fabrication passe par les étapes suivantes : reconstitution, dégazage, pasteurisation, réfrigération, conditionnement (**Bakhouche et Boumaza, 2011**).

❖ Matière première

- Poudre de lait :

0% de matière grasse

26% de matière grasse

- Eau traitée par

Déchloration (pour la fabrication du lait destiné à la transformation)

Adoucissement (eau de chaudière)

Chauffée à 50°C.

❖ Reconstitution

C'est une opération qui consiste à diluer dans une eau convenable une poudre (de 26% matière grasse, ou 0% matière grasse), elle peut être correspondre à reconstituer un lait écrémé (CF arrête du 27 /10/93) L'opération est assurée par un tri blinder, ce dernier est constitué de deux sections :

- ✓ Section supérieur : en forme de trémie conçue pour la réception de la poudre de lait
- ✓ Section inférieur : comprend deux conduites, l'une pour l'entrée de l'eau, et l'autre pour la sortie du mélange (eau + poudre).

Principe :

L'arrivée de l'eau préalablement chauffée à 50°C au niveau du triblinder ou s'effectue le mélange avec la poudre (l'ouverture de sachet de la poudre se fait sous l'air sec pour éviter la perturbation de celle-ci).

Ce mélange subit une filtration pour empêcher le passage de grosses particule (impuretés ou grumeaux de poudre non dissociées) après on aura un lait reconstitué qui passe directement aux tanks de stockage.

❖ Recombinaison

Dans cette unité la recombinaison consiste à l'addition de MGLA au lait reconstitué à partir d'une poudre 0% matière grasse.

La MGLA stockée dans des fut à température ambiante traverse une chambre chaude de 65°C pour regagné les tanks de préparation ou elle va entrer en contact avec le lait reconstitué.

La recombinaison du lait avec la MGLA est assurée par l'homogénéisation.

❖ **Homogénéisation**

Ce traitement physique par pression fait éclater les globules de matière grasse en fines Particules homogènes.

Elle a pour but : la division des globules gras et de réduire leur force.

- ✓ l'amélioration du gout ;
- ✓ rendre les lipides plus digestibles ;
- ✓ l'élimination de la masse.

Après l'homogénéisation, le lait recombinaison subit à un dégazage (pour éliminer le chlore responsable d'une odeur désagréable) puis un refroidissement et en fin stocké dans les tanks de stockage.

❖ **Filtration**

Le lait reconstitué passe après son homogénéisation dans des filtres cylindrique afin de l'en débarrassé des impuretés.

Le filtre du lait se fait en trois phases :

- ✓ Filtrage sur tamis pour piéger et éliminer les grosses particules ;
- ✓ Repos pendant 10 minutes pour laisser se décanter les poussières ;
- ✓ Filtrage sur tissu (toile).

❖ **Dégazage**

Le lait passe dans une cuve de dégazage en l'éliminant de mauvaise odeur, éviter l'oxydation de la MGLA et la destruction de la mousse. Il se fait à une température de 68°C et la pression crée par la pompe à vide qui permet aux bulles d'air et les gaz dissous de s'échapper.

❖ Refroidissement

Dans ce procédé le lait passe dans un échangeur pour s'écouler en couche mince et agitée à d'un bac de distribution, sur une surface refroidissante. Il présente ainsi l'avantage de permettre un abaissement rapide de la température. Il met en œuvre des échangeurs de température statique à surface fonctionnant à contre-courant, le lait est refroidi jusqu'à 4- 6°C puis envoyé vers les tanks pour être stocké.

❖ Stockage intermédiaire

Le lait est stocké dans des tanks de stockage ou il subit une agitation pendant 10 mn.

❖ Prélèvement d'un échantillon

Après agitation dans les tanks de stockage on prélève un échantillon pour analyse physique- chimique avant qu'il soit pasteurisé.

❖ Pasteurisation

Cette opération consiste à faire passer le lait dans échangeur à plaque à une température égale 85°C pendant 15 seconds. Elle a pour but la destruction des germes pathogène et la réduction de la flore banale à un niveau plus bas.

❖ Réfrigération

Après la pasteurisation, le lait subit à un échange thermique afin de diminuer sa température du 85°C à environ 35°C, puis il refroidie jusqu'à 4-6 °C.

Après le refroidissement le lait va être stocké dans des tanks isothermes (pour maintenir la température du lait constante et pour éviter la progression de l'acidité).

❖ Le conditionnement

Le conditionnement se fait dans des sachets de 1L de polyéthylène. Il se fait dans des conditionneuses qui assurent les étapes suivantes :

- ✓ Phases de stérilisation du film de polyéthylène (par les rayons ultra-violet)
- ✓ Phase de formation de sachet
- ✓ Phase de soudure verticale
- ✓ Phase de soudure horizontale

- ✓ Phase de dosage du lait, et dernier soudure horizontale (pour la fermeture des sachets).

On remplit les sachets de PLC à raison de dix sachets par bacs, ces derniers seront réceptionner au niveau de la chambre froide ou transportés directement dans des remorques frigorifiques.

❖ **La commercialisation**

La distribution du produit se fait dans des camions frigorifiques afin d'assurer sa qualité jusqu'à la consommation (**Ahmed Belhalili et al., 2014**).

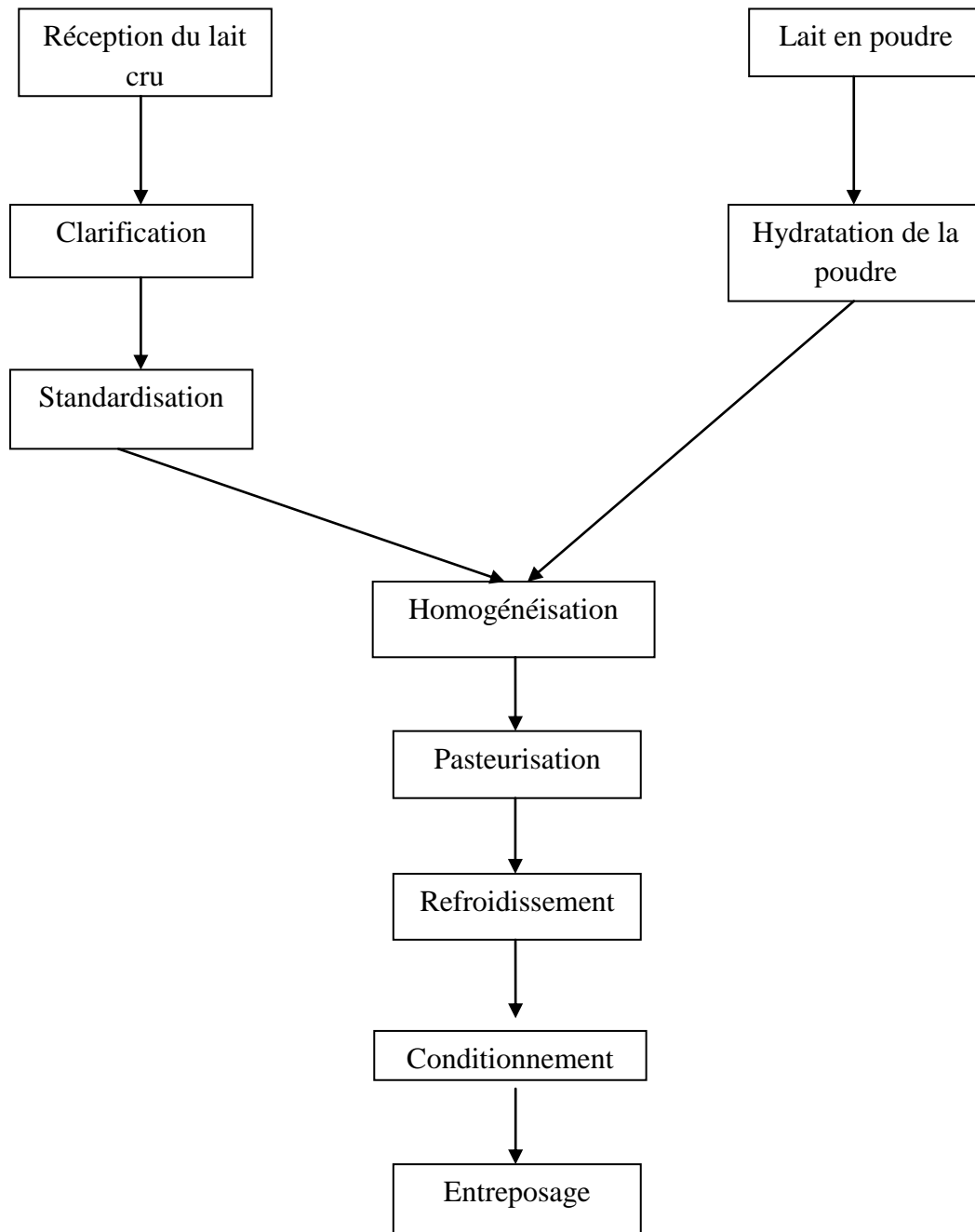


Figure 4 : Diagramme de fabrication du lait pasteurisé conditionné (VIGNOLA, 2002).

Chapitre 2 : Micro-ondes

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).

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.

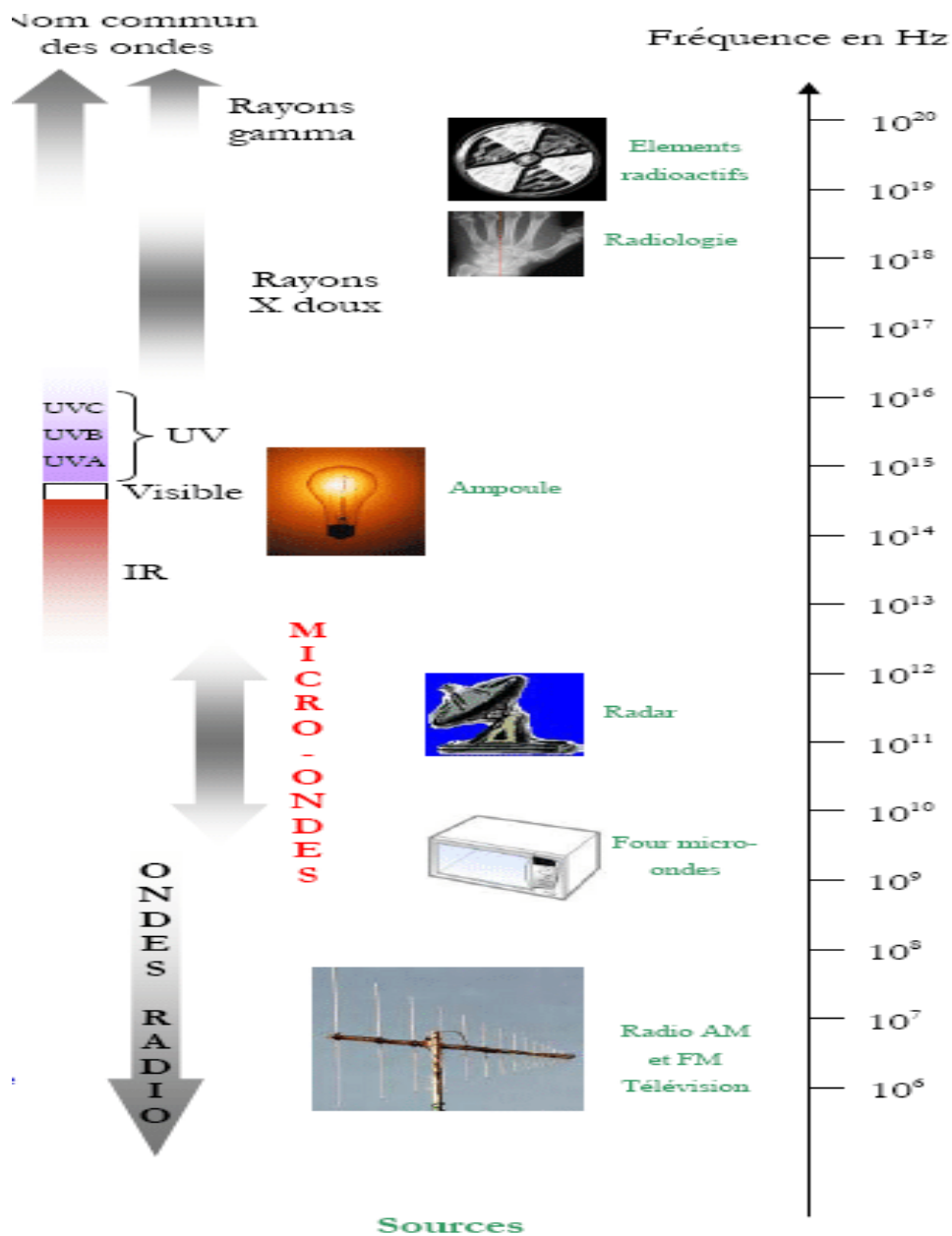


Figure 5 : Spectre électromagnétique (Hanna, 2008).

3. Principe de 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**).

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**).

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 microondes sont réglementées pour éviter le risque d'interférence avec les radiocommunications et les radars (**Curet, 2008**).

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 microondes 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.

Chapitre 3 : Evaluation sensorielle

1-Définition

D'après **DAUVILLIERS (2008)**, il existe trois types de sensorialité :

- **Sensorialité extéroceptive:** 6 organes des sens somesthésie, vision, audition, olfaction, goût et équilibre vestibulaire
- **Sensorialité intéroceptive:** sensibilité des viscères, vaisseaux et endothélium
- **Sensorialité proprioceptive:** muscles, tendons, articulations.

Par "évaluation sensorielle", on entend l'examen des propriétés d'un produit par les organes des sens (**COMMISSION EUROPEENNE, 2008**).

LESPINASSE et al. (2002) expliquent que l'évaluation sensorielle fait appel au system sensoriel de l'homme, système complexe dont les mécanismes d'intégration ne sont pas encore bien connus. Malgré la grande capacité de discrimination des sens humains, ils ont aussi des limites qui peuvent varier d'un individu à l'autre.

Selon **MAC LEOD et SAUVAGEOT(1986)**, par définition l'évaluation sensorielle implique une intervention active de l'homme, donc la mise en jeu d'un ensemble de mécanismes qui font qu'un stimulus de nature matérielle engendre des sensations qui en atteignant le niveau de la conscience, deviennent des perceptions.

2-Objectif de l'évaluation sensorielle

D'après **ROUDAUT et LEFRANCQ (2005)**, l'analyse sensorielle est un passage obligatoire pour les industriels du marché agroalimentaire. En effet, cette technique vise la satisfaction des besoins du consommateur tout en réduisant les pertes aussi bien pour le fabricant que pour le revendeur. Ainsi, selon le type, l'évaluation sensorielle peut avoir comme objectifs :

- La description objective d'un produit pour établir un profil sensoriel,
- L'étude de la satisfaction des consommateurs et/ou de leurs préférences,
- La conception de nouveaux produits ou l'optimisation de ceux qui existent déjà,
- L'imitation de certains produits,
- L'étude de l'évolution du produit dans le temps (au cours du stockage) pour assurer sa qualité,
- La comparaison entre les produits concurrents,
- La comparaison entre deux produits pour étudier l'influence de certains procédés technologiques sur les qualités organoleptiques.

Selon **LAS (2011)**, l'analyse sensorielle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes des sens (définition de la norme française) la vue, le toucher, l'ouïe, l'odorat, et le goût.

Elle constitue un véritable outil de mesure fiable et indépendant qui permet d'évaluer :

- D'une part les préférences des consommateurs et prévoir ce qui motive leurs choix.
- D'autre part les caractéristiques organoleptiques des produits :

- **L'apparence** : aspect général, la couleur, la forme,
- **La flaveur** : odeur, saveur (sucrée, salée, amère, acide) l'arôme (piquant, fruité, boisé),
- **La texture** : dureté, collant, cohésion, croquant, friabilité.

3-Fonctionnement des sens

CHAMBON (2010) a défini l'organe des sens comme un organe sensible aux stimulations en provenance de l'environnement, indispensable à la perception du milieu. Ce sont les yeux, les oreilles, la langue, le nez, la peau.

De nombreux récepteurs sensoriels (structure localisée dans un organe des sens qui détecte les stimuli, chaque récepteur sensoriel est spécifique d'un stimulus) informent l'organisme de son état interne aussi bien que de ce qui se passe dans l'environnement.

Lorsqu'un aliment (stimulus) entre en contact avec les récepteurs sensoriels d'un être humain, l'influx nerveux engendré se propage jusqu'au système nerveux central. Ce phénomène est appelé sensation (**DEPLEDT, 1998**).

Selon **MAC LEOD (2007)**, l'olfaction et le goût, souvent réunis sous le terme de chimioréception, fonctionnent très exactement comme tous les autres sens ; les seules différences se situent au niveau des récepteurs qui équipent les cellules sensorielles. Les goûts et les odeurs que nous percevons dépendent autant de notre génome que des molécules odorantes ou sapides qui nous stimulent.

3-1-L'audition

HARLE (2009) rappelle que 11% des informations reçues par le cerveau viennent des oreilles. Les oreilles sont les organes de l'audition et de l'équilibration. Elles sont situées de chaque côté du visage. L'audition c'est la perception des sons. Elle est assurée par l'oreille externe (Figure 07), moyenne et interne ainsi que par le système nerveux.

L'audition c'est une fonction qui permet au sens de l'ouïe de s'exercer (**DERANSART, 2008**).

HUI (1993) explique que les vibrations sonores portées par l'air provoquent des palpitations du tympan. Les vibrations sont transmises à l'oreille interne par l'intermédiaire des osselets. C'est dans l'oreille interne que se trouve le système transducteur proprement dit constitué par les cellules réceptrices ciliées de la cochlée qui transformera l'onde électrique. L'homme peut percevoir des stimuli sonores dont la fréquence est comprise entre 30 et 15000 Hz mais la gamme la plus sensible est de 500 à 4000 Hz.

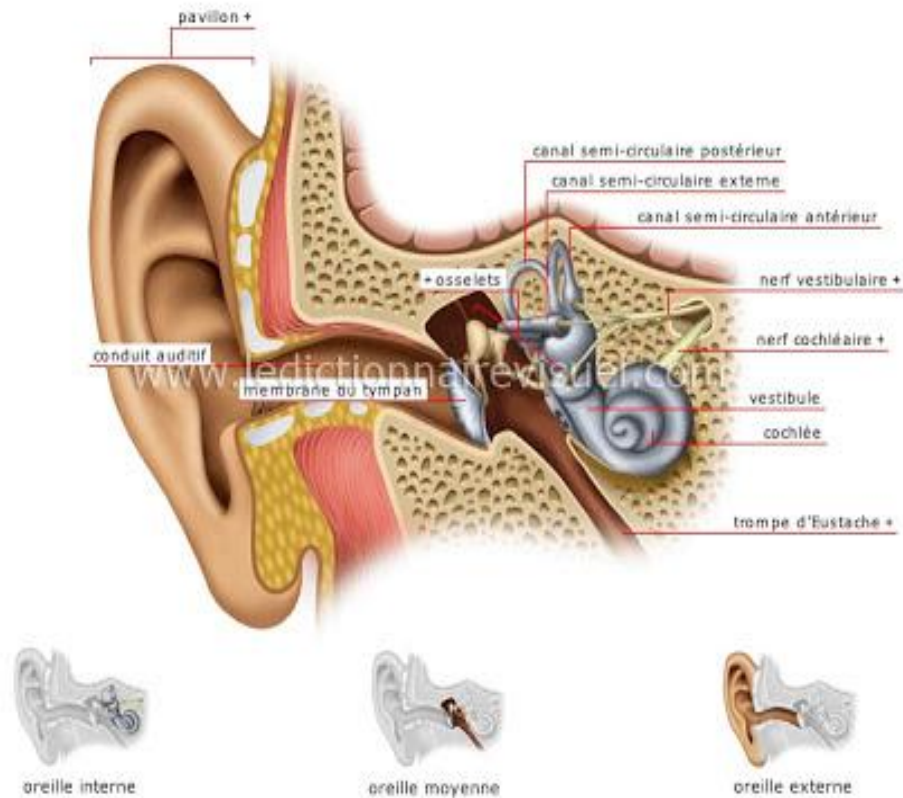


Figure 07: Coupe de l'oreille humaine (INTELLEGO, 2008).

3-2-La vision

C'est le système sensoriel qui entre en jeu le premier et qui sera à l'origine d'une certaine attente vis –à- vis du produit. La vision est très importante dans l'acte d'achat (**LESPINASSE et al., 2002**).

PERRIN (2008) indique que la lumière extérieure issue de l'objet est examinée et recueillie par l'œil qui la concentre sur la rétine. La rétine est recouverte de cellules en bâtonnets, sensibles à l'intensité lumineuse, et de cônes, sensibles à la couleur. Les cônes contiennent trois types de pigments les rendant plus sensibles à trois zones de longueur d'ondes de la lumière (420 nm, 530 nm et 560 nm) et permettant ainsi de couvrir la gamme des longueurs d'onde du visible, d'environ 380 à 780nm. L'arrivée des photons transforme le pigment sensible en générant un signal électrique qui est amplifié et concentré dans les fibres du nerf optique (Figure 08).

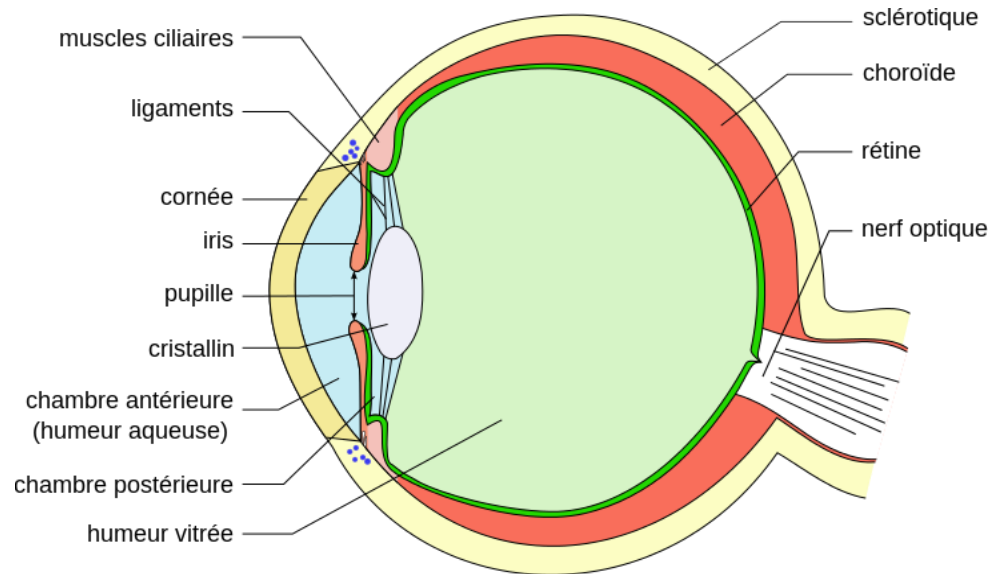


Figure 08: Coupe horizontale schématique de l'œil (DAUVILLIERS, 2008).

3-3-La somesthésie

La sensibilité générale ou somesthésie correspond en fait à quatre modalités : tact, froid, chaud, douleur. Au sens large on peut y rattacher la kinesthésie, ainsi que la mécanoreception viscérale ou vasculaire (PUIOL, 2005).

D'après PERRIN (2008), les sensations somesthésiques correspondent aux sensations perçues par la peau (Figure 09), les muscles, les tendons, les articulations. Elles se traduisent par la sensibilité thermique (température), les sensibilités tactile et kinesthésique, résultant de contraintes mécaniques (élasticité, dureté, rugosité, etc).

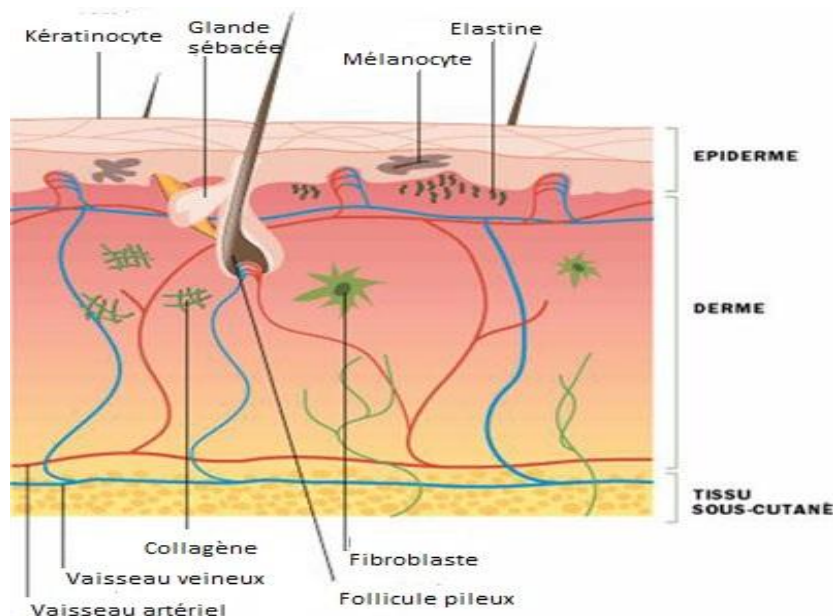


Figure 09: Coupe de la peau (INTELLEGO, 2008).

3-4-La gustation

La saveur est définie comme étant la sensation perçue par l'organe gustatif lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles (AFNOR, 1992).

FROLOFF *et al.* (1996) rapportent que ces substances sont des molécules chimiques en solution dans la salive. Traditionnellement, on parle de quatre saveurs élémentaires : sucré, salé, acide et amer. Plus récemment, la saveur umami a été ajoutée à ces quatre saveurs : elle correspond à la sensation engendrée par le glutamate de sodium. Cependant, l'accumulation des données physiologiques et psychophysiques semble suggérer que même si ces classes générales existent, le système est plus complexe, comme ont pu par exemple le montrer (Figure 10).

La gustation est un sens relativement peu étudié par rapport à l'autre. Le goût est une sensation multimodale que l'on ne peut pas bien comprendre sans en identifier les composantes. Chez l'homme, la mesure de la sensibilité se fait souvent par la mesure non pas de la concentration détectée mais de la prévalence de la reconnaissance d'un stimulus et sa nomination correcte (FAURION, 2004).

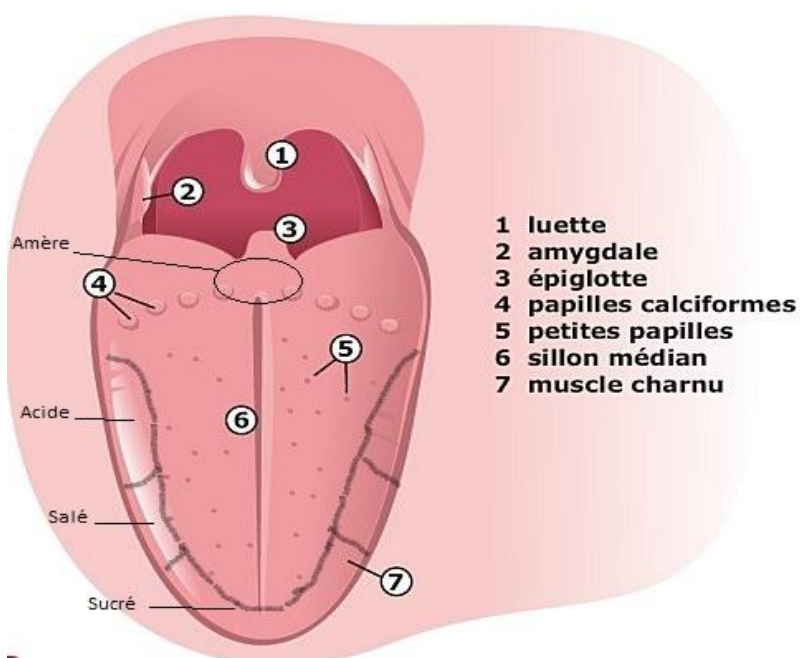


Figure 10: Zones gustatives de la langue (HARLE, 2009).

3-5-L'olfaction

D'après MOISSEFF (2007), de nos cinq sens, il est le premier à se développer dans le ventre maternel. Tout aussi important que la vue ou l'ouïe, le sens de l'odorat nous influence quotidiennement sans que nous en soyons toujours conscients. Pourtant, cet organe, 1 000 fois plus sensible que le goût, est de moins en moins sollicité par l'homme.

Les molécules odorantes doivent être volatiles pour pouvoir atteindre l'épithélium olfactif mais elles doivent également être hydrosolubles pour pouvoir atteindre les récepteurs des cils qui baignent dans le mucus (**MOZELL, 1970**).

Après la pénétration dans les fosses nasales, les molécules odorantes se dispersent dans le mucus (fine couche de glaire recouvrant la muqueuse des fosses nasales), puis vont se fixer sur les récepteurs des cils (Figure 11). Cela déclenche une stimulation nerveuse puis un message qui sera transmis par l'intermédiaire des voies nerveuses olfactives jusqu'au cerveau, au niveau des lobes temporaux (**VULGARIS, 2010**).

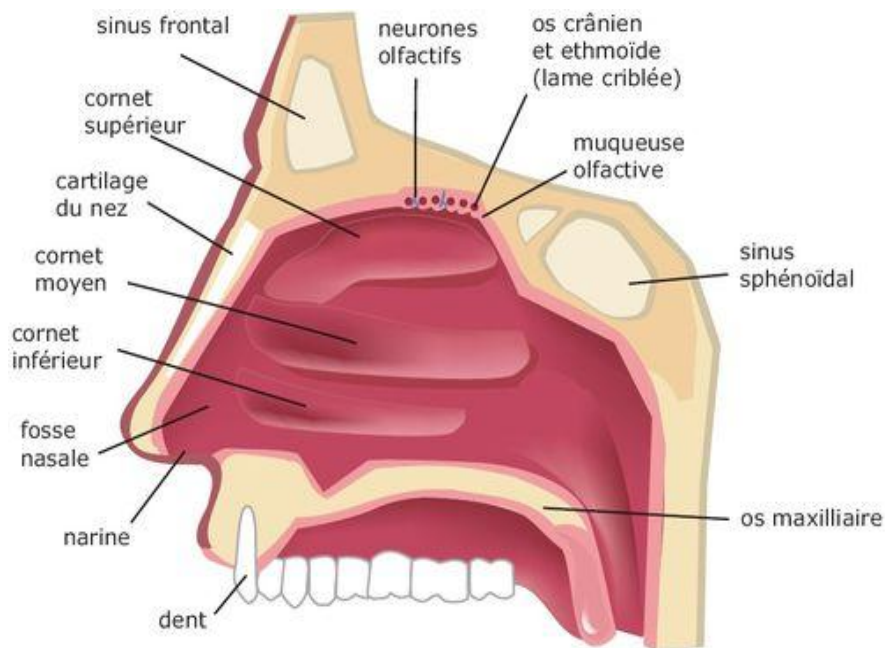


Figure 11 : Le nez (HARLE, 2009).

Partie II : Partie expérimentale
Chapitre 1 : Matériel et méthodes

I . L'objectif

Notre travail consiste à étudier l'effet de réchauffement par micro-ondes sur les qualités physico-chimiques et organoleptiques du lait cru et du lait pasteurisé conditionné.

II . Lieu de travail

Le travail expérimental a été réalisé au niveau du laboratoire de la laiterie BELHARMI El hadj (Coopérative El Fath, route d'Oran, Mazagran, Mostaganem).

III. Préparation des échantillons des laits

1. Lait cru

Le lait est prélevé sur des vaches *Prim 'Halstein* noirs dont :

- L'atelier de l'élevage c'est la ferme BELHARMI El hadj (Coopérative El Fath, Route d'Oran, Mazagran, Mostaganem).
- La distance entre le laboratoire et la ferme est de 200m.
- La superficie de l'étable est de 4390 m² dont : 890 m² bâtie et 3500 m² non bâtie.

Le cheptel de la ferme est composé de :

- 14 vaches
- 01 taureau (male reproducteur).
- Chaque animal est élevé séparément aux autres dans un bâtiment spécifique.

Les prélèvements du lait cru sont réalisés à des périodes différentes dans des conditions hygiéniques réalisés par les travailleurs de la ferme.

Prélèvements	Date	Heure	Echantillons
1 ^{er}	09/07/2020	09 :05	Un lait de mélange de vache
2 ^{ème}	11/07/2020	09 :00	

Tableau N°10 : Les prélèvements de lait cru.

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

2. Lait pasteurisé conditionné

Les prélèvements des échantillons de lait pasteurisé conditionné ont été faits au hasard, transportés dans une glacière pour éviter l'exposition des échantillons à des températures élevées, ensuite les échantillons sont conservés immédiatement dans un réfrigérateur à une température de 4°C. Un sachet est destiné pour les analyses physico-chimiques et l'autre pour l'évaluation sensorielle.

Les prélèvements du lait pasteurisé conditionné sont réalisés à des périodes différentes.

Prélèvements	Date	Heure
1 ^{er}	09/07/2020	10 :10
2 ^{eme}	11/07/2020	10 :15

Tableau N°11 : Les prélèvements de lait pasteurisé conditionné.

Chaque type de lait a été divisé en quatre échantillons : un échantillon témoin et les trois autres échantillons ont été exposés à différents intervalles de chauffage 20, 30 et 40 secondes aux micro-ondes.

- Température du lait (cru, LPC) avant chauffage : 08°C
- Température du lait (cru, LPC) après chauffage 20 secs, 30 secs et 40 secs respectivement : 36°C, 41°C et 46°C.

IV. Analyse et contrôle de lait cru, lait pasteurisé conditionné

Cette étude comprend les étapes décrites dans la figure suivante :

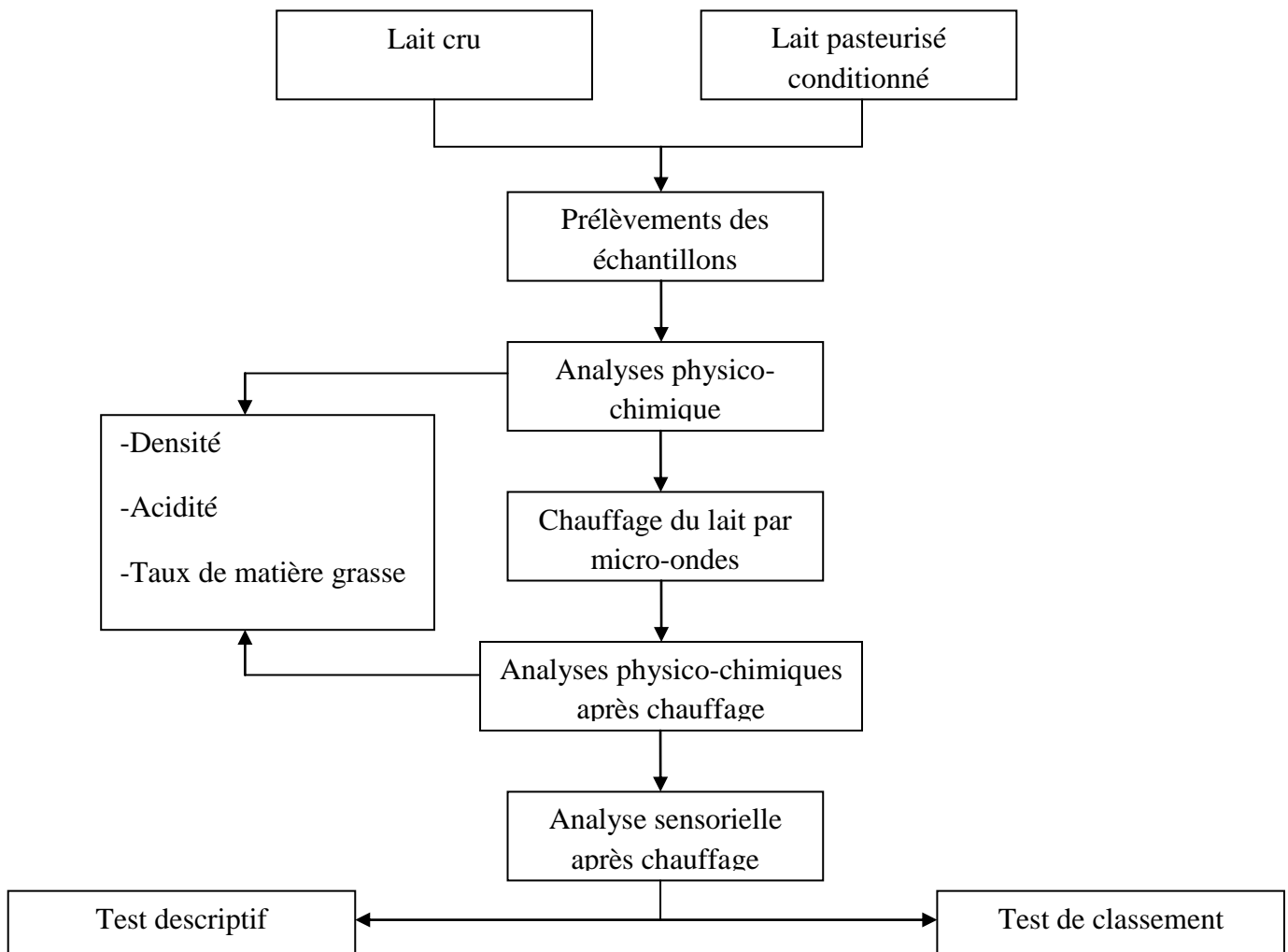


Figure N°12 : Principales étapes de l'étude.

A. Analyses physico-chimiques

1. Matériel de prélèvement

Une glacière contenant deux à trois outres de CO₂ pour le transport des échantillons.

2. Matériel de laboratoire

- Eprouvette, bécher, pipettes (10 ml, 11 ml), pro-pipette
- Thermo-lactodensimètre
- Butyromètre
- Centrifugeuse.

3. Produits chimiques et réactifs

- Phénolphtaléine
- La soude (N/9)
- Acide sulfurique
- Alcool isoamylique.

4. Méthodes d'analyse

a) Mesure de la densité

La densité du lait est le rapport des masses volumiques du lait et de l'eau à 20°C et à la même pression. Elle est mesurée par un lactodensimètre, renfermant un thermomètre et une table de correction, gradué en 0,0005 unités étalonné par rapport à l'eau, à $\pm 20^\circ\text{C}$.

- ✓ Si la température du lait de la mesure est supérieure à 20°C, la densité doit-être augmentée de 0,0002 par degré au-dessus de 20°C.
- ✓ Si la température du lait au moment de la mesure est inférieure à 20°C, la densité lue doit-être diminuée de 0,0002 par degré au-dessous de 20°C.

b) Mesure de l'acidité titrable

L'acidité titrable 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 de l'indicateur coloré (phénolphtaléine) qui sont ajoutées à 10 ml d'échantillon de lait à analyser (cru ou reconstitué).

Le titrage est réalisé avec une solution de soude (N/9) jusqu'au virage de la couleur blanche en rose pale. A ce moment, on note le volume de la soude écoulee et les résultats sont exprimés en degré Dornic ($^\circ\text{D}$).

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

Où V_{NaOH} est le volume écoulee pour titrer 10 ml de lait, et $1^\circ\text{D} = 0,1 \text{ g/L}$ d'acide lactique.

c) Mesure de taux de matière grasse

La méthode de GERBER est valable seulement pour les laits frais. Les constituants du lait autres que la matière grasse sont dissous par l'acide sulfurique et grasse à la force centrifuge et l'ajout d'une petite quantité d'alcool isoamylique ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$) qui dissout la matière grasse, cette dernière se sépare et monte au sommet du butyromètre. (R. ABOUTAYEB, 2018).

B. Analyses sensorielles

L'objectif de l'évaluation sensorielle c'est de connaître si le lait chauffé par micro-ondes présente les meilleures caractéristiques organoleptiques (couleur, odeur et goût) par un jury de dégustation.

1. Matériels utilisés

- Micro-ondes
- 240 gobelets en plastique pour les échantillons de lait cru et reconstitué
- Des gobelets d'eau, pour neutraliser les goûts

- Des bocaux en verre pour le réchauffement du lait
- Fiches d'évaluation sensorielle
- Marqueur.

2. Test descriptif

Les tests descriptifs sont comparables aux tests de notation d'intensité, si ce n'est que les dégustateurs notent l'intensité sur un certain nombre de caractéristiques de l'échantillon plutôt que sur une seule.

3. Test de classement

L'épreuve de classement consiste à présenter une série de produits et à demander au sujet de classer ces produits par ordre d'intensité ou de degré selon un critère donné.

Le test de classement : classement de quatre échantillons (04 échantillons pour le lait cru, 04 échantillons de lait pasteurisé conditionné), trois échantillons sont exposés à différents intervalles de temps aux micro-ondes, le quatrième comme témoin.

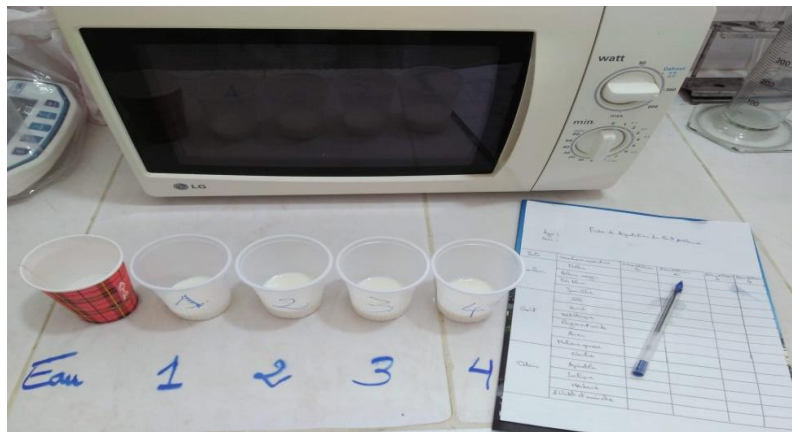


Figure N°13 : Poste de dégustation.

Le jury de dégustation

Un groupe d'évaluation sensorielle est ensemble d'individus ou sujets requis pour effectuer des évaluations sensorielles.

Nous avons composé un jury hétérogène de 30 sujets de différentes catégories d'âge (travailleurs de laiterie et de la ferme, des livreurs, visiteurs de la laiterie).

- Les sujets ne souffrent d'aucune maladie.
- Les sujets sont informés d'éviter l'utilisation des produits fortement odorants tel que les parfums.
- Les sujets ne doivent pas fumer, ni manger une demi-heure précédant l'évaluation sensorielle.

Présentation des échantillons

Pour le premier lait (témoin) l'échantillon est versé directement dans les gobelets étiquetés, alors que les échantillons 2, 3 et 4 sont exposés à différents intervalles dans le micro-onde, et nous avons suivi les étapes suivantes :

- Verser la quantité du lait cru dans un bécher en verre propre
- Introduire le bécher en fonction du type de la répartition des ondes
 - Fermer la porte.
- Programmer la température et le temps de chauffage
- Mettre en service
- Signal de fin de chauffage
- Ouvrir la porte et retirer le mets
- Verser le lait chauffé dans un bocal en verre, nous avons utilisé 4 bocaux codés 1, 2, 3 et 4.
 - Les mêmes étapes sont répétées pour le lait pasteurisé conditionné.

Le déroulement de l'essai

L'évaluation a été faite au niveau de la laiterie BELHARMI Hadj.

Des précautions ont été prises pour que les sujets ne soient pas influencés par les facteurs extérieurs :

- Absence d'odeurs étrangères.
- Température et hygrométrie constantes.
- Lumière uniforme.
- L'heure à laquelle se déroulent les essais se situe entre 10 heures et 12 heures pour le classement de laits (après 30 min de réchauffement).

Pour les deux tests nous avons suivis les étapes suivantes :

- Etiqueter les gobelets de façon anonyme et neutre, 1, 2, 3 et 4 afin d'éviter toute connotation de classement selon les préférences.
- La table de dégustation est muni de :
 - ✓ Un verre d'eau pour le rinçage de la bouche pendant la dégustation
 - ✓ Quatre gobelets codés avec le numéro 1, 2, 3 et 4
 - ✓ Une fiche d'évaluation sensorielle et un stylo.

Chapitre 2 : Résultats et discussion

Résultats et discussion

A. Résultats des analyses physicochimiques de lait chauffé par micro-ondes

Dans cette partie nous présentons des essais ayant porté sur l'effet de réchauffement par micro-ondes sur la qualité physico-chimique du lait cru et lait pasteurisé conditionné.

a. Lait cru

La densité

Prélèvement \ Réchauffement	1	2
Avant	1033	1033,6
20 secs	1029,6	1029,6
30 secs	1028,7	1028,8
40 secs	1028,5	1028,7

Tableau N°12 : La densité du lait cru avant et après réchauffement.

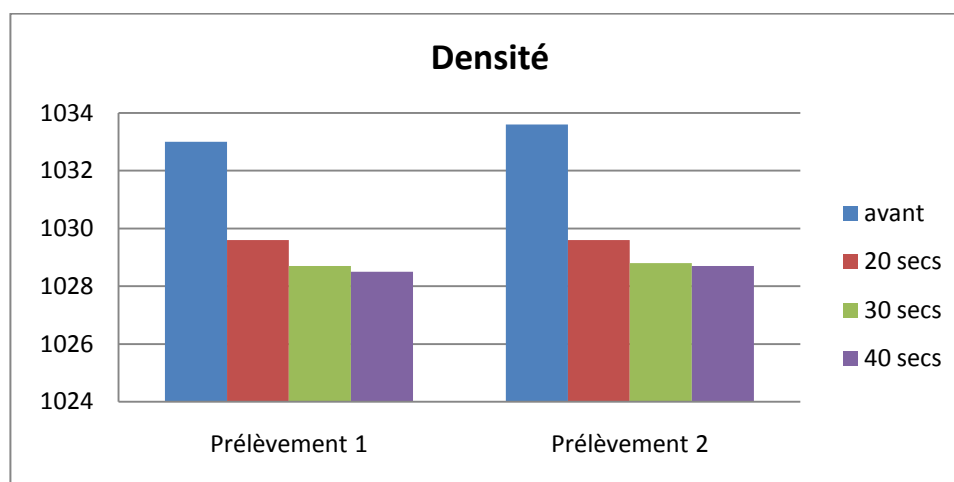


Figure N°14: Densité du lait cru avant et après réchauffement.

L'acidité

Nous avons observé que l'acidité est entre 17° et 17,8°D avant réchauffement dans les 2 prélèvements. Ensuite elle a connu une augmentation après réchauffement jusqu'à 18,5°D.

Prélèvement \ Réchauffement	1	2
	Avant	17,8
20 secs	18	17,5
30 secs	18	17,5
40 secs	18,5	18,5

Tableau N°13 : Acidité du lait cru avant et après réchauffement (°D).

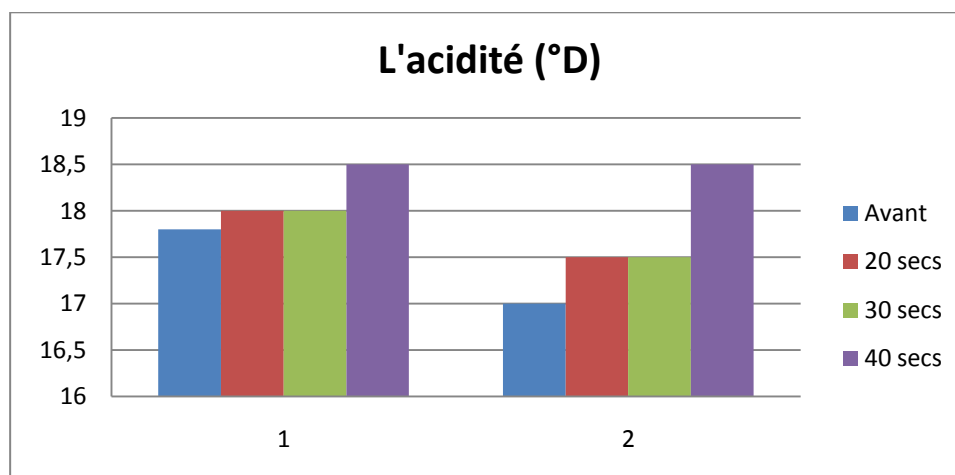


Figure N° 15 : L'acidité du lait cru avant et après réchauffement (°D).

Matière grasse

Prélèvement \ Réchauffement	1	2
	Avant	35
20 secs	34,5	35,5
30 secs	34,4	35
40 secs	34,4	34,5

Tableau N°14 : Taux butyreux du lait cru avant et après réchauffement (g/L).

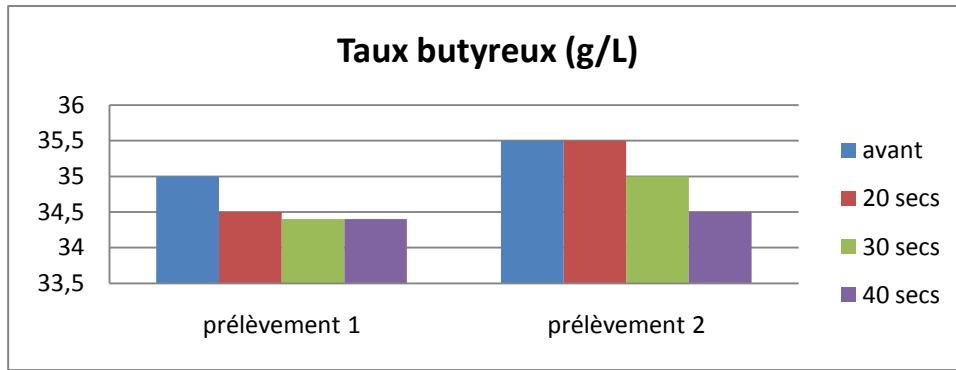


Figure N°16 : Taux butyreux du lait cru avant et après réchauffement (g/L).

b. Lait pasteurisé conditionné

La densité

Prélèvement \ Réchauffement	1	2
Avant	1032,5	1032,5
20 secs	1030,1	1030,1
30 secs	1028,5	1029
40 secs	1028,4	1028,5

Tableau N°15 : La densité du LPC avant et après réchauffement.

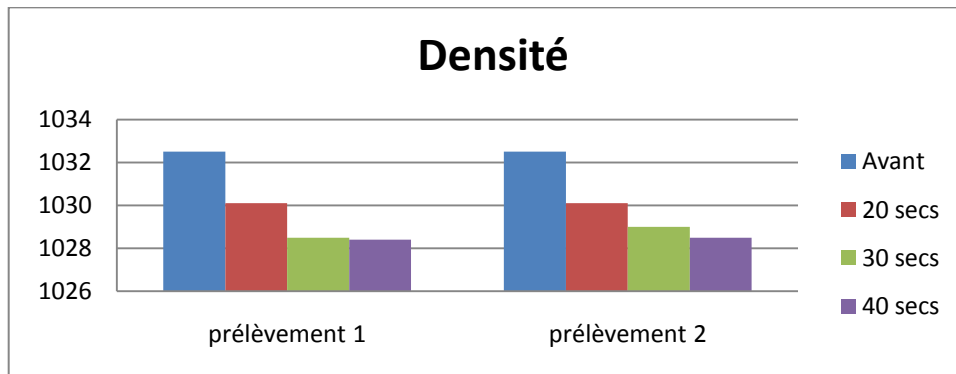


Figure N°17 : La densité du LPC avant et après réchauffement.

L'acidité

Prélèvement \ Réchauffement	1	2
Avant	16	16
20 secs	16	16
30 secs	16,5	17
40 secs	17,5	17,5

Tableau N° 16: L'acidité du LCP avant et après réchauffement (°D).

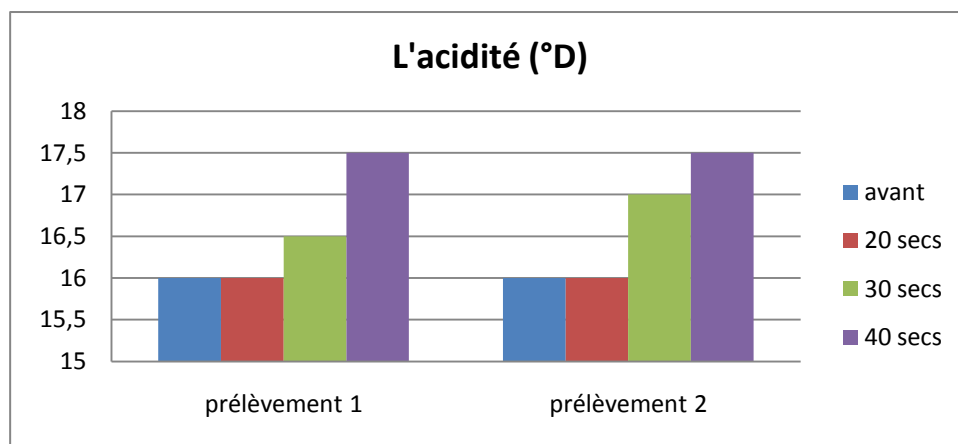


Figure N°18 : L'acidité du LCP avant et après réchauffement (°D).

Matière grasse

Prélèvement \ Réchauffement	1	2
Avant	15,5	15,5
20 secs	15,5	15
30 secs	15,3	15
40 secs	14,9	14,9

Tableau N°17 : Taux butyreux du LCP avant et après réchauffement (g/L).

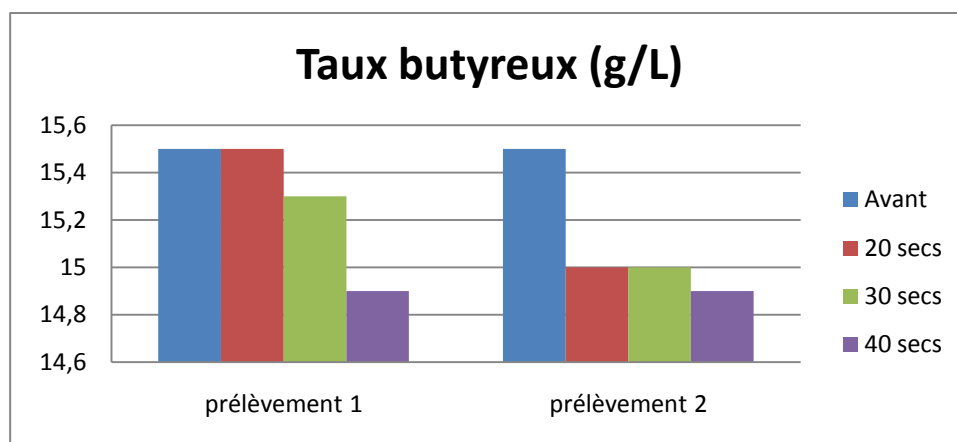


Figure N°19 : Taux butyreux du LCP avant et après réchauffement (g/L).

Discussion des résultats des analyses physico-chimiques des laits

D'après les résultats obtenus, on a remarqué que la densité et le taux de matière grasse des deux types de lait ont diminué d'une façon significative après le traitement thermique par micro-ondes en revanche l'acidité a augmenté après le réchauffement.

Les densités du lait cru obtenues après réchauffement varient entre 1028,5 et 1029,6. Ces valeurs ne sont pas en conformité à la réglementation algérienne (1030/ 1034). (**JORA, 2017**). Pour le lait demi-écrémé, il convient de mesurer la densité à 30°C pour que les matières grasses soient à l'état liquide, car autrement, à l'état solide, les matières grasses ont une densité supérieure et variable. Retenons aussi que s'il y a présence d'air dans le lait, la densité sera plus faible.

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

Les lipides du lait peuvent subir des modifications chimiques et physiques au cours de la transformation et de stockage, telles 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'acides thiobarbiturique et de peroxyde) pour le lait traité par micro-ondes. 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. Rus, 2009**).

Les valeurs de l'acidité titrable obtenues de lait pasteurisé conditionné sont entre 16°D et 17,5°D. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes ainsi à la norme **AFNOR (2011)**, fixée entre 16 et 18°D.

L'évolution de l'acidité des échantillons des laits 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.

B. Résultats des analyses sensorielles de lait chauffé par micro-ondes

1. Résultats sensorielles descriptifs quantifiés de lait chauffé par micro-ondes

L'analyse sensorielle descriptive quantifiée est une approche du profil organoleptique des produits laitiers. C'est un outil de clarification des relations entre le langage et les perceptions (GRANES et coll., 2009).

Dans cette étude, l'analyse sensorielle descriptive quantifiée a permis de décrire et de différencier les quatre échantillons de lait mis à des différents intervalles de temps aux micro-ondes. Cette méthode a permis aussi de caractériser les points communs de ces laits.

a. Lait cru

Couleur

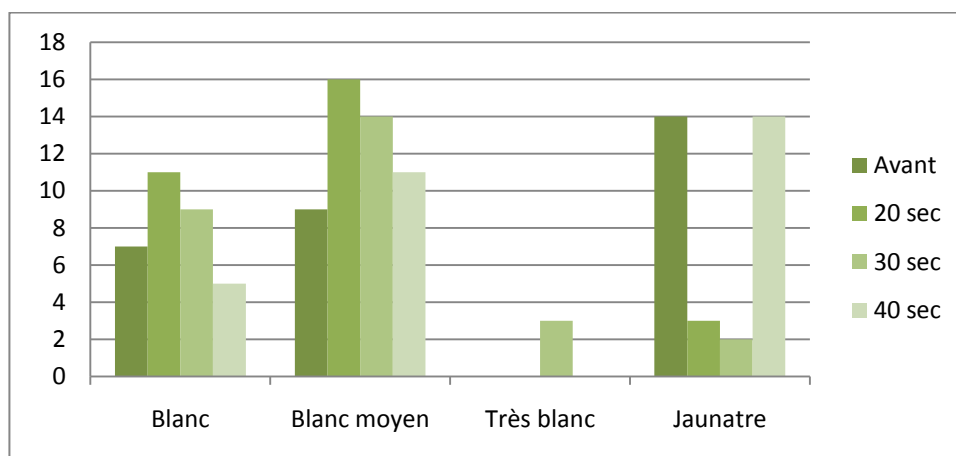


Figure N° 20: Profils sensoriels (couleur) de lait cru chauffé par micro-ondes.

La figure 20 montre que le profil sensoriel des quatre laits exposés à différents intervalles de temps aux micro-ondes : de 20,30 et 40 secs. Les sujets ont décrit la couleur blanc, blanc moyen, très blanc et jaunâtre de ces laits à l'aide de 30 descripteurs, la majorité des dégustateurs décrivent la couleur jaunâtre pour les échantillons 1 et 4 et la couleur blanc moyen pour les échantillons 2 et 3 de lait. Avant le réchauffement du lait, 14 dégustateurs décrivent la couleur jaunâtre, aucun dégustateur n'a décrit la couleur très blanc, alors que 7 et 9 dégustateurs décrivent respectivement la couleur blanc et blanc moyen.

Après réchauffement pendant 20, 30 et 40 secs on remarque que le choix des dégustateurs pour la couleur jaunâtre a changé, il y'a une diminution de choix de cette couleur pour les échantillons 2 et 3 puis une augmentation pour l'échantillon 4 et une préférence de sélection de la couleur blanc moyen par les dégustateurs.

Odeur

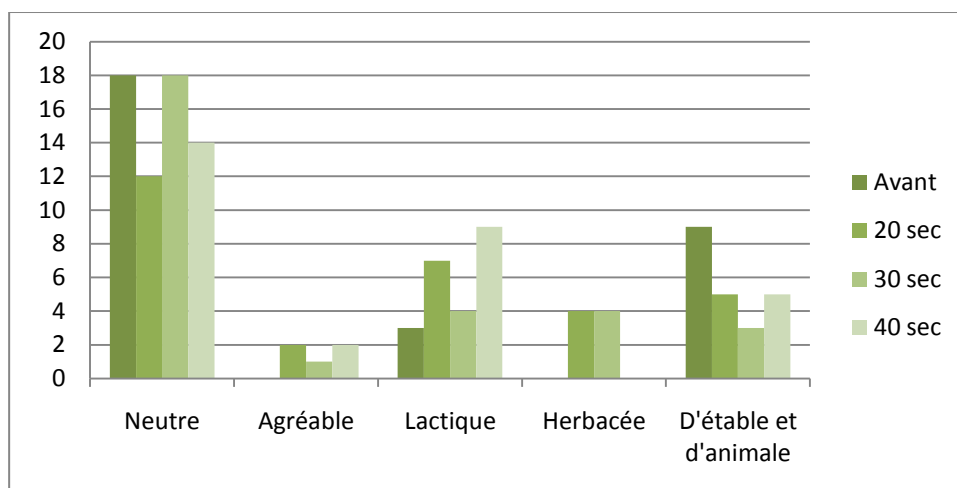


Figure N° 21 : profils sensoriels (odeur) de lait cru chauffé par micro-ondes.

L'analyse sensorielle descriptive quantifiée de lait chauffé aux micro-ondes met en évidence des odeurs différentes (**figure 21**). Les sujets ont décrit l'odeur neutre, agréable, lactique, herbacée et l'odeur d'étable et animal de ces laits à l'aide de 30 descripteurs, alors que la majorité des dégustateurs décrivent l'odeur neutre pour les quatre échantillons de lait.

Après chauffage, les profils sensoriels de la majorité des laits sont modifiés et nous notons l'augmentation de l'intensité de certains descripteurs et la diminution d'autres descripteurs. On peut dire que le réchauffement change les caractéristiques organoleptiques du lait. **VIERLING (2003)** rapporte que le lait bouilli est au niveau organoleptique de qualité moindre. Lors du chauffage du lait, les acides cétoniques et hydroxylés naturels sont convertis respectivement en méthyle-cétones et en lactones, qui modifient les propriétés organoleptiques du lait (**FAO, 2010**).

Goût

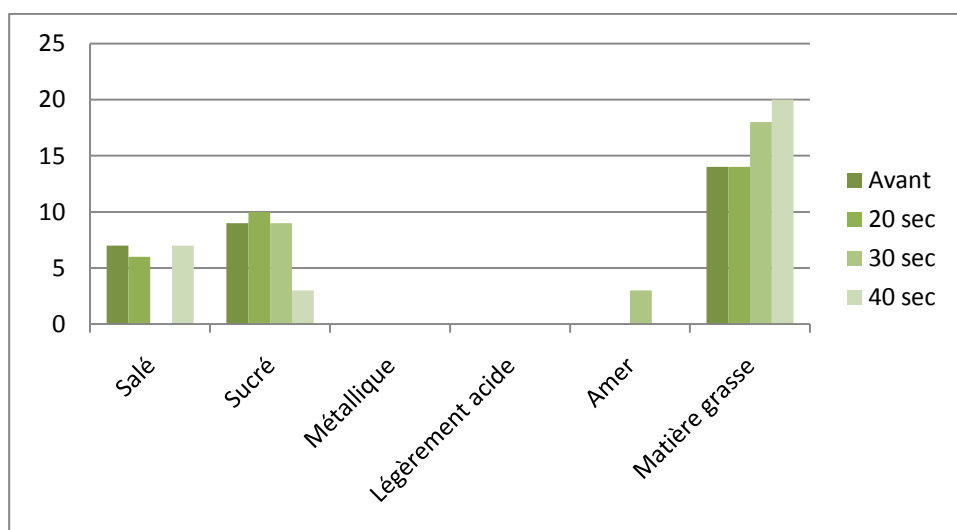


Figure N° 22 : Profils sensoriels (goût) de lait cru chauffé par micro-ondes.

L'analyse sensorielle descriptive quantifiée de lait cru chauffé aux micro-ondes met en évidence des goûts différents (**figure 22**). Les sujets ont décrit le goût salé, sucré, métallique, légèrement acide, amer et le goût de matière grasse de ces laits à l'aide de 30 descripteurs, la majorité des dégustateurs décrivent le goût de matière grasse pour les quatre échantillons de lait, surtout le lait chauffé pendant 40secs, il a un nombre de dégustateurs plus élevé que les autres (20 panelistes).

Aussi nous avons remarqué qu'aucun dégustateur n'a décrit le goût métallique et légèrement acide.

a. Lait pasteurisé conditionné

Couleur

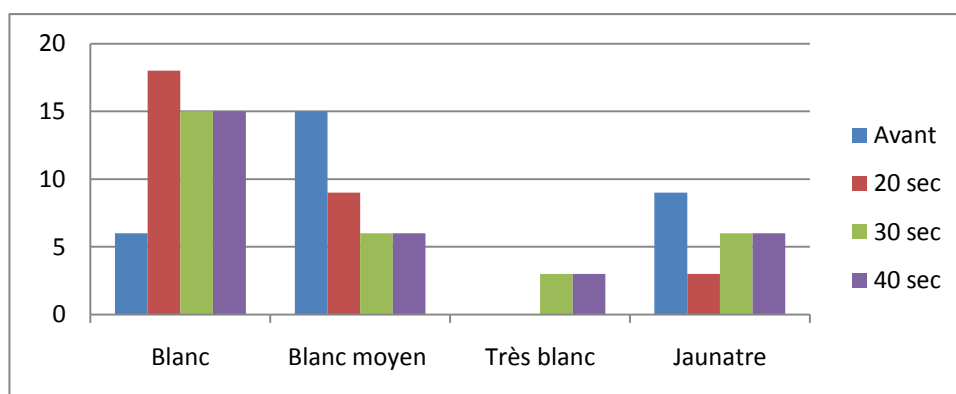


Figure N° 23 : Profils sensoriels (couleur) de lait pasteurisé conditionné chauffé par micro-ondes.

La figure 23 montre que le profil sensoriel des quatre laits exposés à différents intervalles de temps aux micro-ondes : de 20,30 et 40 secs. Les sujets ont décrit la couleur blanc, blanc moyen, très blanc et jaunâtre de ces laits à l'aide de 30 descripteurs, la majorité des dégustateurs décrivent la couleur blanc pour les échantillons 2,3 et 4 de lait.

Avant le chauffage du lait 15 dégustateurs décrivent la couleur blanc moyen, aucun dégustateur n'a décrit la couleur très blanc, alors que 6 et 9 dégustateurs décrivent respectivement la couleur blanc et jaunâtre. Après le réchauffement pendant 20, 30 et 40 secs on remarque que le choix des dégustateurs pour la couleur blanc moyen a changé, il y'a une diminution de choix de cette couleur et une préférence de sélection de la couleur blanc par les dégustateurs.

Odeur

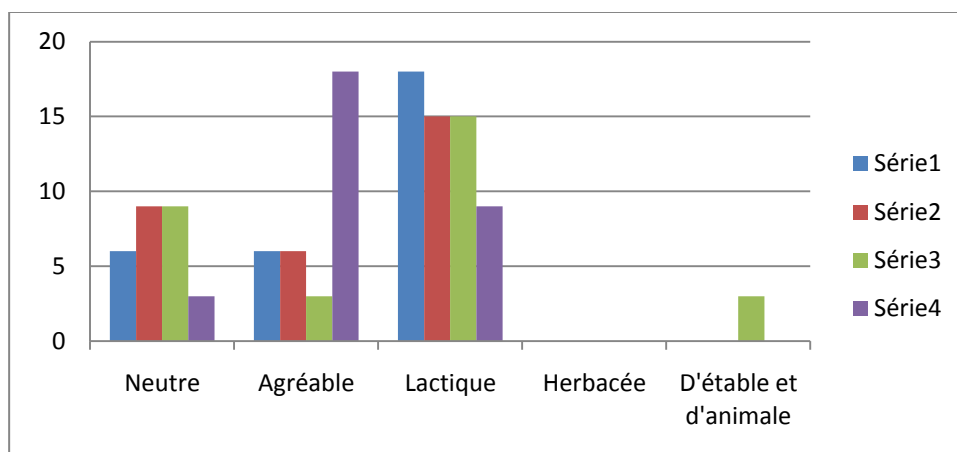


Figure N° 24 : Profils sensoriels (odeur) de lait pasteurisé conditionné chauffé par micro-ondes.

L'analyse sensorielle descriptive quantifiée de lait chauffé aux micro-ondes met en évidence des odeurs différentes (**figure 24**). Les sujets ont décrit l'odeur neutre, agréable, lactique, herbacée et l'odeur d'étable et animal de ces laits à l'aide de 30 descripteurs, alors que la majorité des dégustateurs décrivent l'odeur lactique pour les trois premiers échantillons de lait, pour le 4eme échantillon on remarque que le choix du goût agréable est plus élevé.

Après réchauffement, les profils sensoriels de la majorité des laits sont modifiés et nous notons l'augmentation de l'intensité de certains descripteurs et la diminution d'autres descripteurs.

Aussi nous avons remarqué qu'aucun dégustateur n'a décrit l'odeur herbacée.

Goût

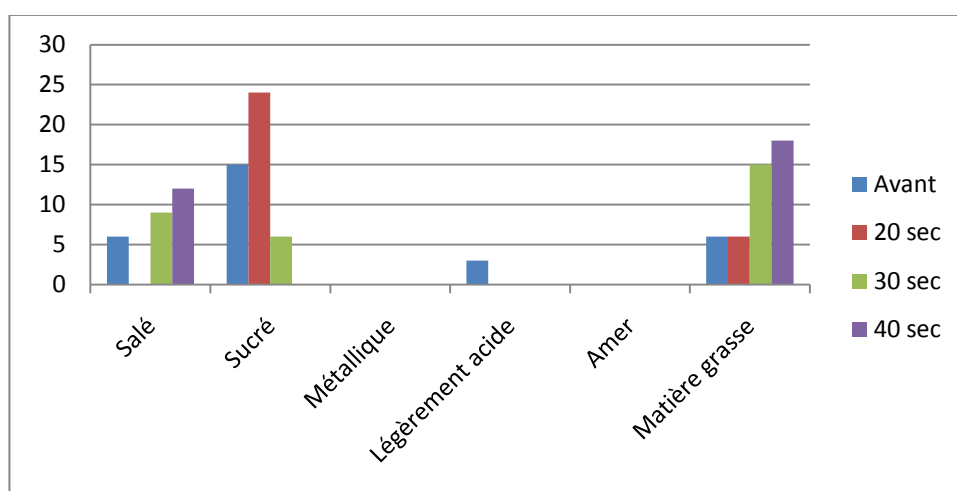


Figure N° 25 : Profils sensoriels (goût) de lait pasteurisé conditionné chauffé par micro-ondes.

L'analyse sensorielle descriptive quantifiée de lait cru chauffé aux micro-ondes met en évidence des goûts différents (**figure 25**). Les sujets ont décrit le goût salé, sucré, métallique, légèrement acide, amer et le goût de matière grasse de ces laits à l'aide de 30 descripteurs, la majorité des dégustateurs décrivent le goût sucré pour les échantillons 1 et 2 et le goût de matière grasse pour les échantillons 3 et 4 de lait pasteurisé conditionné, surtout le lait chauffé pendant 20 secs a un nombre de dégustateurs plus élevé que les autres (24 panelistes).

Aussi nous avons remarqué qu'aucun dégustateur n'a décrit le goût métallique et amer.

2. Résultats de classement

a. Lait cru

La durée de chauffage	Classement des laits	Nombre de dégustateurs (30)
Avant	4	02
20 secs	3	06
30 secs	2	09
40 secs	1	13

Tableau N°18 : Classement de choix des dégustateurs de lait cru.

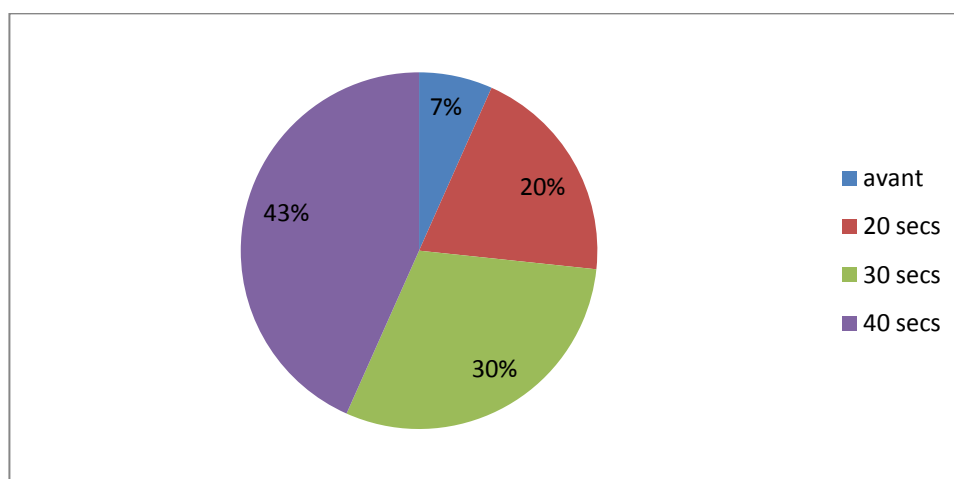


Figure N° 26 : Les pourcentages des choix des dégustateurs de lait cru chauffé par micro-ondes.

Le classement des quatre échantillons de lait cru exposés à différents intervalles de 20, 30 et 40 secs aux micro-ondes, par le jury de dégustation est illustré dans la figure, la majorité des sujets ont choisi le lait qui a chauffé pendant 40 secs comme le lait présentant les meilleures caractéristiques organoleptiques où il se classe le 1^{er} avec une somme des rangs égale à 13 (43%), en deuxième classe vient le lait qui a chauffé pendant 30 secs avec une somme des rangs égale à 09 (30%), en troisième classe vient le lait qui a été exposé pendant 20 secs aux micro-ondes, et en dernière classe le lait qui n'a pas été exposé aux micro-ondes avec un minimum de somme des rangs égale à 2 (7%).

b. Lait pasteurisé conditionné

La durée de chauffage	Classement des laits	Nombre de dégustateurs (30)
Avant	2	08
20 secs	3	05
30 secs	4	03
40 secs	1	14

Tableau N°19 : Classement de choix de dégustateurs de lait pasteurisé conditionné.

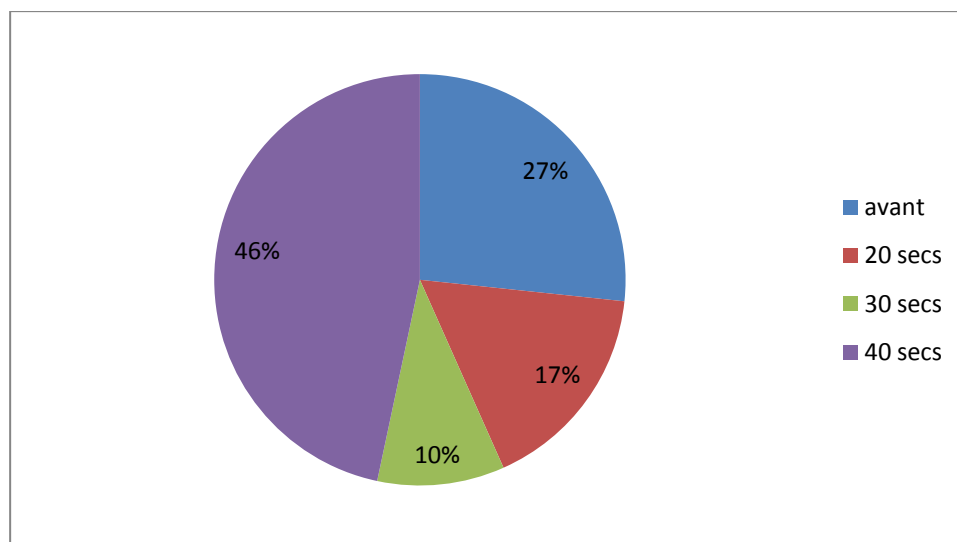


Figure N° 27 : Les pourcentages des choix des dégustateurs de LPC chauffé par micro-ondes.

Le classement des quatre échantillons de lait pasteurisé conditionné exposés à différents intervalles de 20, 30 et 40 secs aux micro-ondes, par le jury de dégustation est illustré dans la figure, la majorité des sujets ont choisi le lait qui a chauffé pendant 40 secs comme le lait présentant les meilleures caractéristiques organoleptiques où il se classe le 1^{er} avec une somme des rangs égale à 14 (46%), en deuxième classe vient le lait qui n'a pas été chauffé aux micro-ondes avec une somme des rangs égale à 08 (27%), en troisième classe vient le lait qui a été exposé pendant 20 secs aux micro-ondes, et en dernière classe le lait qui a été exposé aux micro-ondes pendant 30 secs avec une somme des rangs égale à 03 (10%).

Conclusion

Le lait reste parmi les produits alimentaires très attractifs par ses apports nutritionnels et organoleptiques. Ce produit est influencé par les différents traitements thermiques.

Le traitement par micro-ondes est un traitement relativement rapide, le but de cette expérimentation était d'étudier l'effet de réchauffement par micro-ondes sur les propriétés physico-chimiques et organoleptiques du lait cru et du lait pasteurisé conditionné.

Les analyses physico-chimiques et organoleptiques réalisées sur les différents échantillons de lait permettent d'évaluer les différences entre les durées de réchauffement où nous avons obtenu une diminution de la densité et du taux butyreux après 40secs du réchauffement par micro-ondes et une augmentation de l'acidité.

En effet, les profils sensoriels de la majorité des laits sont modifiés après réchauffement, on peut dire que le réchauffement par micro-ondes change les caractéristiques organoleptiques du lait. Nous notons l'augmentation de l'intensité de certains descripteurs et la diminution d'autres descripteurs.

Les résultats confirment l'influence de réchauffement par micro-ondes sur la qualité physico-chimique et organoleptique des laits cru et pasteurisé conditionné (LPC).

Toutefois, ce genre d'étude s'avère insuffisante. 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, des minéraux et des protéines, apparition des composés néoformés, afin de bien connaître l'utilisation de cet appareil.

Références bibliographiques

A

ABOUTAYEB R., (2009) Technologie du lait et dérivés laitiers <http://www.azaquar.com>.

AFNOR, (1980). Lait et produits laitiers : méthodes d'analyses. Recueil des normes françaises, 1^{ère} édition, lait, 80, 503-515

AFNOR.,(1992) ISO 5492 Analyse sensorielle - Vocabulaire. In Analyse sensorielle (pp 9-30). Paris

AFNOR, (2011). Contrôle de la qualité des produits laitiers_ analyses physiques et chimiques, 3^{ème} édition. 321p.

Ahmed Belhalili A., Barkache N., Ziadi A., 2014. Evaluation de la qualité du lait cru et transformé au cours de la conservation. Mémoire de Master. Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'Univers. Université 08 Mai 1945 Guelma. 77 pages.

AMELLAL R., (1995) La filière lait en Algérie -entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance Département Economie Rurale, INA El Harrach, Alger (Algérie) :231(238 pages).

AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H., (2002) Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 (600 pages).

Anonyme, 2014. Pasteurized and Raw Milk, French - Number 03

B

Badinand F., 1994. Maîtrise du taux cellulaire du lait. Rec. Méd. Vêt.. N°170

Bakhouche L., Boumaza A., 2011. Le suivi de la qualité du lait et ses dérivés et application de la méthode HACCP au niveau de la laiterie Edough (ANNABA). Mémoire de master .Université 08 Mai Guelma. 118 pages.

Boulassel S., Guechi Z., 2011. Fabrication du lait pasteurisé conditionné et du lait reconstitué conditionné SAFIA. Mémoire de fin d'étude en biologie. Université 08 Mai 1945. Guelma. 50 pages.

BRUNNER J.,(1981) Cow milk proteins: twenty five years of progress. J dairy Sci, 1981,64 : 1038-1054. In POUGHEON S., Contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 31(102 pages).

BYLUND G., (1995) Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86 , Lund ,Sweden : 18- 23-381(436 pages).

C

CHAMBON., (2010) Organes des sens et système nerveux, <http://www.chambon.ac-versailles.fr>

Codex Alimentarius, 1999. Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPEENNE., (2008) Règlement (CE) n°273/2008 de la commission du 5 mars 2008 portant modalités du Conseil en ce qui concerne les méthodes à utiliser pour l'analyse et l'évaluation de la qualité du lait et des produits laitiers. <Http://www.EUR-Lex 32008R0273-FR.mht>.

Curet S. (2008) : Traitements micro-ondes et transferts de chaleur en milieu multiphasique. Ecole doctorale Sciences pour l'ingénieur, géosciences, architecture. Nantes.196p

D

DAUVILLIERS Y., (2008) Neurobiologie et physiologie sensorielle-Généralité sur les organes des sens, Faculté de Médecine Montpellier-Nîmes , <http://www.med.univ-montpe.fr>

DEBRY G., (2001) Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 21 (566 pages).

DEPLEDT F., (1998) Evaluation sensorielle In PERRIN L ., Contribution méthodologique à l'analyse sensorielle du vin, Thèse CIFRE présentée à AGROCAMPUS RENNES pour obtenir le grade de Docteur de l'ENSAR, <http://lib.bioinf.pl/Files thèses/thesis-39-pdf>.

DERANSART C., (2008) L'audition, mede TICE PCEM1, Faculté Médecine de Grenoble (UJF) <http://www.medaticegrenoble.fr>

E

Elmecherfi K., (2013). Evaluation de l'immunoréactivité et l'allergénicité des lactoprotéines bovines après hydrolyse enzymatique combinée à un traitement microondes. Faculté des sciences département de biologie. Université d'Oran.

F

F. Pop and M. Rus, 2009. Carpathian journal of food science and technology I (1). 17-24.

FAO. (2007).Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. <http://www.fao.org/docrep.T4280F.html>

FAO., (2010) Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine- Laites de consommation <http://www.horizon.documentation.ird.fr>

FAURION M., (2004) Physiologie sensorielle à l'usage des industries agro-alimentaire, Tec et Doc, Lavoisier:130 (319 pages).

FAVIER J.C., (1985) Composition du lait de vache-Laits de consommation, <http://www.horizon.documentation.fr>

FRANWORTH E. et MAINVILLE I. (2010) Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe. <http://www.dos.transf.edwa.pdf>.

FREDOT E., (2005) Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier:10-14 (397 pages).

FREDOT E., (2006) Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier: 25 (397 pages).

FROLOFF N., FAURION A., et MAC LEOD P., (1996) Multiple human taste receptor sites-a molecular modeling Approach, Chemical Senses, 21 (4), 425-445.

G

GAUCHERON F., (2004) Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier:783 (922 pages).

Gundavarapu S. (1995). Evaluation of microbiological safety of shrimp cooked in a microwave oven. Journal of Food Protection 58 (7): 742-747

H

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

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

HARLE J., (2009) Les organes des sens, <http://app-asap.oner-blog.com>.

Himoud H., Mouffok S., Rouabeh R., 2009. Contribution à l'étude physicochimique et bactériologique du lait pasteurisé conditionné des deux laiteries « SAFIA » et «Edough ». Mémoire d'ingénieur en biologie. Université de 08 Mai 1945, Guelma. 48 pages.

HODEN P., et COULON H., (1991) Composition chimique du lait, [http:// www.2.vet.lyon.fr](http://www.2.vet.lyon.fr)

HUI Y.H., (1993) Dairy science and technology handbook 1-Principales and proprties, Wiley-VCH, Inc.Originally published as ISBN 1 -56081 -078-5 USA: 165 (1383p).

I

Idrissi Kaitouni S., 2011. Suivi de la stabilité du mouillage du lait cru au niveau de la collecte. Projet de fin d'études des techniques d'analyse chimique et contrôle de qualité. Université sidi Mohamed ben Abdellah. 30 pages.

INTELLEGO ., (2008) La peau et la toucher <http://www.intellego.fr/soutien – scolaire-3ème /aide-scolair-svt/la-peauet –le-toucher/26475>.

J

Jasim Ahmed and Hosahalli S. Ramaswamy (2007) .Handbook of Food Preservation, Second Edition 2007 by Taylor & Francis Group, LLC.p 693-694 .pp1088

JEAN C., et DIJON C., (1993) Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.

JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G., (2008) Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1-3-13-14-17 (185 pages).

JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G., (2007) Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier : 17 (456 pages).

JENSEN R., (1995) Handbook of milk composition-General description of milks,Academic Press,Inc:3 (919 pages)

JORA, 2017. Journal officiel de la république algérienne (2017). N°69.

L

Lakehal M. et Zekri S., 2010. Approche d'une étude comparative du lait des trois laiteries du Nord-Est Algérien. Mémoire de master. Université 08 Mai 1945. Guelma. 62 pages.

LAS., (2011) Le Laboratoire d'Analyse Sensorielle d'Ambatobe-Le laboratoire d'analyse sensorielle pour vos industries agroalimentaire et cosmétique, Direction des recherches technologiques FOFIFA BP 14444,Ambatobe ,Antananarivo 101,<http://www.galys-evaluation sensorielle.fr>.

LESPINASSE N., SCANDELLA D., VAYSSE P. et NAVEZ B., (2002) Mémento évaluation sensorielle des fruits et légumes frais, Editions centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, ISBN, Paris: 13 (143p).

M

MAC LEOD P., (2007) Des molécules au comportement -les mécanismes de l'olfaction e du goût <http://www.agrobioscience.org>.

MAC LEOD P., et SAUVAGEO F.,(1986) Bases neurophysiologiques de l'évaluation sensorielle des produits alimentaires, Les cahiers de l'ENSBANA n°5: 3 (165 pages).

Mahieu H., 1985. Modification du lait après collecte.

Marie C., 2013. Lait cru ou pasteurisé, entre tradition et hygiène, Futura-Sciences, <http://www.futurasciences.com>

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.

Mathieu J., 1998. Initiation à la physicochimie du lait. Guide technologique des IAA. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 220 pages

MATHIEU J.,(1999) Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).

MITTAINE J., (1980) Les laits autres que le lait de vache, [http://whqlibdoc.who.int/monograph/ who mono](http://whqlibdoc.who.int/monograph/who_mono).

MOISSEEFF M., (2007) Le phénomène olfactive –Quand les odeurs nous mènent par le bout du nez? <http://www.agrobioscience.org>

MOZELL M.M., (1970) Evidence for a chromatographic model of olfaction -Journal of General Physiology, 56, 46- 63.

N

Naouale A., 2001. Microbiologie alimentaire. Université de Mentouri Constantine. Ed. Ben-Aknoun. Alger. 200 pages

Neville M.C et Jensen R.G., 1995. The physical properties of human and bovine milks In: Handbook of milk composition-General description of milks. Academic Press. 919 pages.

Nóbrega, J.A., Trevizan, L.C., Araújo, G.C.L., Nogueira, A.R.A., 2002. Focusedmicrowaveassisted strategies for sample preparation. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 57, 1855-1876

O

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

P

PERRIN L., (2008) Contribution méthodologique à l'analyse sensorielle du vin, Thèse CIFRE présentée à AGROCAMPUS RENNES pour obtenir le grade de Docteur de l'ENSAR, http://lib.bioinf.pl/Files_theses/thesis-39-pdf.

POUGHEON S., (2001) Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 34 (102 pages).

POUGHEON S .et GOURSAUD J., (2001) Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRY G., Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).

PUIOL R., (2005) Somesthésie-Neurosciences, Faculté de Médecine Montpellier-Nîmes
<http://www.yopdf.en>

R

Reumont P., 2009. <http://www.medisport.be>

Rheotest M., 2010. Rhéomètre et viscosimètre à capillaire des produits alimentaires et aromatisants ; <http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf>

ROUDAUT H. et LEFRANCQ E., (2005) Alimentation théorique - L'évaluation sensorielle un outil pour le contrôle de la qualité des produits alimentaires, Doin, France
<http://www.saveurdelannee.com/>

S

SEMMA. M, 2002. Journal of Health science 48: 7-13.

Sieber R, Eberhard P, Gallmann P (1996). Heat treatment of milk in domestic microwave ovens. International Dairy journal, 6:231-246

STOLL W., (2003) Vaches laitières -L'alimentation influence la composition du lait , vol 9 ,
<http://www.db-admin.ch/fr/publication/en/docs/2612.pdf>

T

THAPON J.L., (2005) Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: 14(77 pages).

Toureau V., Bagieu V. et Bastard A.M., 2004. Une priorité pour la recherche : la qualité de nos aliments. Les recherches sur la qualité du fromage. INRA.

Tria S. et Nasri N., 2003. Etude de la qualité du lait pasteurisé – Hammada SoukAhras. Mémoire du DEUA en chimie industrielle, Université 08 Mai 1945, Guelma

V

Veisseyre R., 1979. Technologie du lait : constitution, collecte, traitement et transformation du lait. 3ème édition. Ed. La maison rustique. Paris. 714 pages

Vierling E., 2003. Aliment et boisson : Filière et produit. 2ème édition. doin éditeur, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine. 270 pages

VIGNOLA C.L., (2002) Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN: 29-34 (600 pages).

VIGNOLA, C. (2002). Science et technologie du lait : la fraction de technologie laitière de la transformation du lait. Ed école polytechnique de Montréal. 154-175 p

VULGARIS., (2010) Olfaction-définition, <http://www.vulgaris-medical.com>

Annexes

Annexe 01

Méthode de GERBER pour déterminer l'acidité dornic

Principe :

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

Annexe 02

Université ABD ELHAMID IBN BADIS Mostaganem

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département d'Agronomie

Fiche de dégustation du lait (cru/ LPC)

NOM et PRENOM :

SEXE :

AGE :

FONCTION :

Tests	Sensations ressenties	Echantillon1	Echantillon2	Echantillon3	Echantillon4
Couleur	Blanc				
	Blanc moyen				
	Très blanc				
	Jaunâtre				
Goût	Salé				
	Sucré				
	Métallique				
	Légèrement acide				
	Amer				
	Matière grasse				
Odeur	Neutre				
	Agréable				
	Lactique				
	Herbacée				
	D'étable et animale				

- Nous avons demandés aux pénalistes de cocher la couleur, le goût et l'odeur afin d'apprécier la qualité des produits servis selon les critères des laits.
- Pour l'impression finale en bouche, choisissez-vous l'échantillon préférable parmi les quatre échantillons.

Odeur et goût : avec un test olfactif et gustatif, en goûter une quantité de chaque échantillon pour apprécier le niveau d'acceptabilité de l'odeur et le goût des produits par les consommateurs.

Couleur : les panélistes doivent déterminer directement la couleur de chaque échantillon de lait, la lecture est faite visuellement.