



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



Université Des Frères Mentouri-Constantine 1

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté Des Sciences de La Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري – قسنطينة

Département : Biologie Animale

قسم : بيولوجيا الحيوان .

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Immunologie Moléculaire et cellulaire

Intitulé :

Etude comparative de la composition physico-chimique du lait bovin et camelin cru / fermenté et leurs effet sur la réaction allergique chez les souris.

Présenté et soutenu par :

Le : 24 Septembre 2020

BOUHOUIA KHAWLA

RAMDANE MAROUA

Jury d'évaluation :

Président du jury : TEBBANI Fethi

MCB Université Constantine 1

Rapporteur : ELOUAR Ibtissem

MCA Université Constantine 1

Examineur : HADDAD Souad

MAA Université Constantine 1

*Année universitaire  
2019-2020*

# **Remerciements**

*On remercie, en premier lieu, Dieu pour le courage, la patience et la santé qu'il nous a donné pour suivre nos études.*

*Nous profonde gratitude va à **M<sup>elle</sup> Elouar Ibtissem** pour avoir accepté de nous encadrer, ses conseils, sa compétence, sa disponibilité, sa confiance et surtout sa gentillesse pour les connaissances qu'il nous a apportées, pour sa plus grande patience face à tous nos problèmes et pour ses conseils précieux.*

*Nous vifs remerciement aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en jugeant notre travail :*

**M<sup>r</sup> Tebbani Feth**

*D'avoir accepté de présider le jury.*

**M<sup>me</sup> HADDAD Souad**

*D'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Au chef de département de Biologie Animale **M<sup>r</sup> Maddaci Ibrahim** pour son aide, ça gentillesse et son soutien total.*

*Nos respects aux responsables de l'animalerie du département de Biologie Animale, **M<sup>r</sup> Bahri Laid** et **M<sup>r</sup> Yasser** pour leur aide et patience.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde respect Aux responsables du laboratoire de Food Testing and Analysis Lab au niveau du CRBT, surtout **M<sup>r</sup> Lachlah Hatem** de nous avoir accepté au sein de leur unité et pour son aide précieux, sa patience et son esprit d'équipe.*

*Merci également aux **M<sup>elle</sup> Mounia, M<sup>elle</sup> Samia** et **M<sup>r</sup> Ibrahim** pour leurs aides, disponibilités et leurs gentillesse et collaboration.*

*Nos vifs remerciements vont aussi à toute l'équipe de formation d'immunologie durant notre parcours d'étude.*

*Un grand merci à notre collègue **M<sup>r</sup> Gaci Kamel** pour son aide et ses conseils.*

*Nos vifs remerciements vont aux **M<sup>r</sup> Mokhtari Med Badreddine** et **M<sup>elle</sup> Zaghina Ibtissem** pour leurs générosités et leurs aides précieux.*

*Enfin nous remercions également à travers ce travail, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

**MAROUA & KHAWLA**

## *Dédicace*

*Grace à Dieu, qui m'a tracé la route, et m'a donné le pouvoir et le courage de continuer jusqu'à la fin.*

*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail A tous ceux qui me sont chers :*

*A la lumière de ma vie, mes très chères parents :*

*Mon père **Ahcene** pour son amour et ses sacrifices sans limites.*

*Ma mère **Malika** pour son amour et son soutien moral.*

*A ma belle cousine **Hanane** pour son support précieux dès le début de mes études.*

*A mon cher époux **Djaloul** qui m'a encouragé sans relâche.*

*A mon binôme unique **Khawla** merci pour tout.*

**MAROUA**

## *Dédicace*

*"Louange à Dieu de nous avoir éclairé sur le droit chemin de nous avoir accordé la connaissance de la science"*

*À Toute Ma Famille,  
À Mes Collègues Et Mes Amies  
À Toute Personne Qui M'aime  
À Toute Personne Que J'aime  
À Tous Ceux Qui Cherchent Le Savoir*

***KHAWLA***

# SOMMAIRE

## LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

### LISTE DES ABREVIATIONS

<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>Chapitre I : L'allergie Alimentaire</b>	3
I. Définition	3
1. Allergie Alimentaire	3
2. Les trophallergènes	3
3. L'allergie aux protéines du lait de vache	3
3.1. Allergie à la caséine	4
II. L'intolérance alimentaire	4
III. La physiopathologie	4
1. Immunologie du tube digestive	4
2. La barrière intestinale	5
3. Mécanisme	7
3.1. La sensibilisation	8
3.2. Phase de déclenchement	9
IV. Manifestation clinique	12
<b>Chapitre II : Le lait bovin et le lait camelin</b>	13
I. Définition et caractéristiques du lait	13
II. Composition chimique du lait bovin et camelin	13
1. L'eau	14
2. Les glucides	14
3. La matière grasse	14
4. Les matières azotées totales	14
4.1. Matière azotée protéique	14
4.1.1. Les protéines insolubles (les caséines)	14
4.1.2. Les protéines solubles (Protéines du lactosérum) :	15
4.2. Matière azotée non protéique	16
5. Les sels minéraux	16
6. Les vitamines	17
7. Les enzymes	17
III. Propriétés thérapeutiques du lait camelin	17
<b>PARTIE EXPERIMENTALE</b>	
<b>I. Analyses physico-chimiques</b>	18
1. Matériel Biologique	18

2. Mesure du pH	18
3. Détermination de l'acidité Doronic	19
4. Analyse de la composition du lait	20
5. Détermination de la teneur en lactose titrable	21
6. Extraction des protéines du lait bovin et camelin	22
<b>II. Induction de l'intolérance à la caséine du lait chez les souris</b>	25
1. Les animaux	25
2. Traitement des animaux.	25
2.1.1 <sup>ère</sup> phase de sensibilisation	25
2.2.2 <sup>ème</sup> phase d'induction de la réaction allergique	26
3. Evaluation de la réaction allergique	26
4. Test cutané / Prick Test	27
<b>RESULTATS</b>	
1. PH du lait	28
2. L'acidité dronic du lait	28
3. Analyse par le Milkoscan™	29
3.1.La matière grasse	29
3.2.La matière protéique	29
3.3.Le lactose	30
3.4.L'extrait sec total	30
3.5.L'extrait sec dégraissé	31
3.6.Le point de congélation	31
4. Le lactose titrable	32
5. Test cutané / Prick Test	32
6. Les stades de la réaction allergique	33
<b>DISCUSSION</b>	34
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b>	39

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

## RESUME

# LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

<b>Figure 1</b>	Structure de GALT.	5
<b>Figure 2</b>	Prise en charge des antigènes alimentaires présents dans la lumière intestinale et leur présentation au système immunitaire associée à la muqueuse intestinale.	7
<b>Figure 3</b>	Capture, présentation de la trophallergène et différenciation des LT en Th2.	8
<b>Figure 4</b>	Activation des lymphocytes B et fixation des IgE sur les récepteurs FcεR des mastocytes.	8
<b>Figure 5</b>	Dégranulation des mastocytes.	9
<b>Figure 6</b>	Signalisation intracellulaire via le FcεRI aboutissant à la dégranulation des mastocytes et des basophiles.	9
<b>Figure 7</b>	Structure d'une micelle stable de caséine.	15
<b>Figure 8</b>	Mesure du Ph.	18
<b>Figure 9</b>	Détermination de l'acidité Dornic.	19
<b>Figure 10</b>	Fonctionnement de l'analyseur MilkoScan™ Minor 6.	20
<b>Figure 11</b>	L'apparition d'une couleur rouge brique.	22
<b>Figure 12</b>	Dialyse contre l'eau distillée.	23
<b>Figure 13</b>	Protocole d'isolement des caséines et des protéines du lactosérum à partir du lait bovin et camelin.	24
<b>Figure 14</b>	Injection par voie intrapéritonéale.	25
<b>Figure 15</b>	Gavage et prise de température.	26
<b>Figure 16</b>	PH du lait bovin comparé à celle de lait camelin.	28
<b>Figure 17</b>	L'acidité Dornic du lait bovin comparée à celle de lait camelin.	28
<b>Figure 18</b>	La teneur en matière grasse du lait bovin comparé à celle de lait camelin.	29
<b>Figure 19</b>	La teneur en matière protéique du lait bovin comparé à celle du lait camelin.	29
<b>Figure 20</b>	La teneur en lactose du lait bovin comparé à celle de lait camelin.	30



<b>Figure 21</b>	La teneur en extrait sec total du lait bovin comparé à celle du lait camelin.	30
<b>Figure 22</b>	La teneur en extrait sec dégraissé du lait bovin comparé à celle de lait camelin.	31
<b>Figure 23</b>	Le point de congélation du lait bovin comparé à celle de lait camelin.	31
<b>Figure 24</b>	La teneur en lactose du lait bovin comparée à celle de lait camelin.	32
<b>Figure 25</b>	Le résultat du Prick Test positif et négatif sur les souris immunisées et les souris non immunisées.	33
<b>Tableau 1</b>	Molécules libérées par les mastocytes lors de leur activation.	10
<b>Tableau 2</b>	Stade de la réaction allergique.	33
<b>Tableau 3</b>	Composition moyenne des caséines du lait camelin et bovin.	39

## LISTE DES ABREVIATIONS

AA	Allergie Alimentaire
APLV	Allergie aux protéines du lait de vache
C °	Degré celsius
CMH	Complexe Majeur d'Histocomptabilité
Cn	Caséine
Cn- $\alpha_{S1}$	Caséine- $\alpha_{S1}$
Cn- $\alpha_{S2}$	Caséine- $\alpha_{S2}$
Cn- $\beta$	Caséine- $\beta$
Cn- $\kappa$	Caséine- $\kappa$
CPA	Cellule Présentatrice d'antigène
D°	Degré dornic
ESD	Extrait Sec dégraissé
EST	Extrait Sec Totale
Fc $\epsilon$ -RI	Récepteur de haute affinité pour les IgE
g	gramme
G / ml	Gramme par millilitre
GALT	Gut Associated lymphoid Tissue
GM-CSF	Granulocyte Macrophage- Colony Stimulating Factor
Ig	Immunoglobuline
IL	Interleukine
KDa	Kilo dalton
Lact	Lactose
LTh	Lymphocyte Thymus Helper
MG	Matière grasse
min	Minute
MP	Matière protéique
PBS	Phosphate Buffered Saline
pH	Potentiel Hydrométrique
pHi	PH isoélectrique
SPD	Freezing Point Depression
TNF	Tumornecrosis Factor
$\beta$ -Lg	$\beta$ -Lactoglobuline
$\mu$ l	Microlitre

# *Introduction*

### 1. Introduction

L'hypersensibilité alimentaire allergique est une réponse immunitaire spécifique inappropriée contre des molécules ou particules non infectieuses, ou exacerbées face à un antigène donné, entraînant souvent des dommages tissulaires (ESPINOSA et CHILLET, 2010). L'incidence de l'allergie alimentaire est en constante augmentation, dont 1 à 10 % de la population générale dans les sociétés industrialisées serait concerné par l'allergie alimentaire et pose un problème important de santé public. Différentes raisons sont à évoquer : la consommation de nouveaux produits et l'évolution des technologies alimentaires...etc. (KHAYATH et de BLAY ,2017 ; BREUX ,2013). L'une des allergies alimentaire la plus fréquente est l'allergie aux protéines du lait de vache (APLV) (DUARTE et *al.*, 2008) .

Le lait occupe une place importante dans la ration alimentaire de la population mondiale ; En Algérie également les besoins en lait et produits laitiers sont considérables avec une consommation moyenne de 110 litres de lait par habitant et par an, estimée à 115 litres en 2010, l'Algérie est le plus important consommateur de lait dans le Maghreb (GHAOUES, 2011). En effet, ce produit est irremplaçable pour les nourrissons, et aussi vital pour les autres tranches d'âge, du fait de son apport important en nutriments de base (protides, lipides et glucides) et sa richesse en éléments minéraux, notamment le calcium et en vitamines (AMELLAL, 1995).

En outre, les produits laitiers fermentés sont les meilleurs véhicules alimentaire pour la consommation des probiotiques (DUPONT ,2002 ; PRIOULT et *al.* , 2003 ; AMROUCHE et *al.* ,2006), le marché mondial de ces produits se développe de plus en plus pour répondre aux besoins d'un public à l'écoute de sa forme et de sa santé face à l'émergence grandissante des phénomènes allergiques (PRIOULT et *al.* , 2003 ; COLLADO et *al.* , 2007).

Le lait de vache est le plus consommé dans le monde et sa vertu nutritive est connue depuis l'antiquité. En l'absence d'allaitement maternel, les repas lactés infantiles à base de protéines de lait de vache constituent le premier aliment ingéré par le bébé, en raison de ses propriétés qui peuvent couvrir les besoins nutritionnels des nouveau-nés. Cependant, la particularité de ses protéines fait de lui un produit pouvant

être à l'origine de réactions allergiques chez les sujets prédisposés (BAIXES ,2006 ; MERZOUK ,2012).

Le lait camelin qui n'a pas encore connu une popularité à l'échelle nationale mais qui représente une source alimentaire primordiale pour les nomades et les populations des régions désertiques qui le consomment surtout à l'état cru (SIBOUKEUR, 2007). Il est très souvent consommé après transformation (lait fermenté) (KATINAN et *al.* , 2012 ; BEZZALLA et GOUTTAYA ,2013) . Il contient tous les nutriments essentiels et sa composition est proche à celle du lait de vache (ATTIA et *al.* ,2013).

Le terme de caséine désigne un mélange hétérogène de protéines phosphorylées de petite taille, spécifiques du lait. La richesse de ces protéines en acides aspartique et glutamique, et en ions phosphates donne un caractère acide à ce complexe protéique (JOUAN ,2002). Elle est l'allergène majeur des protéines du lait et la cause dans la majorité des allergies alimentaires IgE-dépendantes persistantes aux protéines du lait de vache (DOCENA et *al.* , 1996 ; VILAIN ,2010)

Cependant, l'objectif de notre travail est de comparer l'effet allergique de lait bovin et camelin et aussi d'étudier l'impact de la fermentation par un probiotique sur le pouvoir allergique de ces types de lait.

Le travail comporte plusieurs parties d'abord nous procédons à la caractérisation physico-chimique des différents types de lait crus ou fermentés, ensuite nous développons un modèle d'allergie à la caséine chez la souris et finalement nous observons l'effet de la consommation des laits fermentés sur les souris allergiques.

*Synthèse*  
*Bibliographique*

## 2. Synthèse bibliographique

### Chapitre I : L'allergie Alimentaire.

#### I. Définition

##### 1. Allergie Alimentaire

L'allergie alimentaire représente l'ensemble des manifestations cliniques survenant lors de l'ingestion d'un aliment. Elle est déclenchée par une réaction immunitaire dirigée contre un allergène alimentaire (trophallergène) (NANCEY *et al.*, 2005). Cette réaction se fait suite à une sensibilisation préalable contre le même trophallergène. Elle peut être médiée par les IgE ou indépendante des IgE.

Les réactions dépendantes des IgE sont souvent cutanées, alors que celle indépendantes des IgE affectent plutôt le tractus gastro-intestinal (NANCEY *et al.*, 2003 ; RANCE *et al.*, 2008).

##### 2. Les trophallergènes

Ce sont des allergènes alimentaires, se présentant dans plusieurs aliments tels que les œufs les poissons et le lait de vache.....ect.

En générale les trophallergènes sont des glycoprotéines de masse moléculaire de 7 à 10 KDa avec un point isoélectrique acide (MONERET *et al.*, 2006).

La plupart du temps ces allergènes sont inoffensifs et bien tolérés. Chez certaines personnes, ils seront considérés comme néfastes par le système immunitaire et feront, par conséquent, intervenir des mécanismes immunologiques (JAFFUL, 2001).

##### 3. L'allergie aux protéines du lait de vache

L'APLV est une réaction à médiation immunologique aux protéines du lait de vache qui peut impliquer le tractus gastro-intestinal, la peau, les voies respiratoires ou plusieurs systèmes (anaphylaxie systémique) (SAMI et BAHNA, 2002). Sa prévalence en Algérie a été estimée de 3,6% en 2015 (BOUGHELLOUTA *et al.*, 2015).

L'allergène majeur du lait de vache est la  $\beta$ -lactoglobuline mais la caséine et l'albumine sont aussi des protéines lactées potentiellement allergisantes (TEISSIER et MADET, 2004).

### 3.1 Allergie à la caséine

Le lait de vache est composé d'environ 30 protéines différentes, dont les caséines constituent environ 80% (WROBLEWSKA et *al.*, 2003 ), ces protéines ne peuvent pas traverser la paroi intestinale, mais suite à une altération de cette paroi la caséine passe dans le sang et cause des réactions immunologiques.

Cependant, les expériences ont montré que la caséine  $\alpha$ S1 est la protéine principale responsable de l'induction des réactions allergiques (SCHULMEISTER et *al.*, 2009). Cependant, la distribution des épitopes sur les caséines  $\alpha$ S2 et  $\beta$  ont été caractérisées mais les données sur leurs effets allergéniques sont rares (CHATCHATEE et *al.*, 2001 ; LIN et *al.*, 2009).

## II. L'intolérance alimentaire

Les réactions adverses lors de l'ingestion d'aliments peuvent être classées en réactions toxiques et non toxiques, ces dernières pouvant être divisées en réactions d'hypersensibilités immunes (allergies alimentaires) et non immunes (intolérance) (LEFEVRE et *al.*, 2017 ).

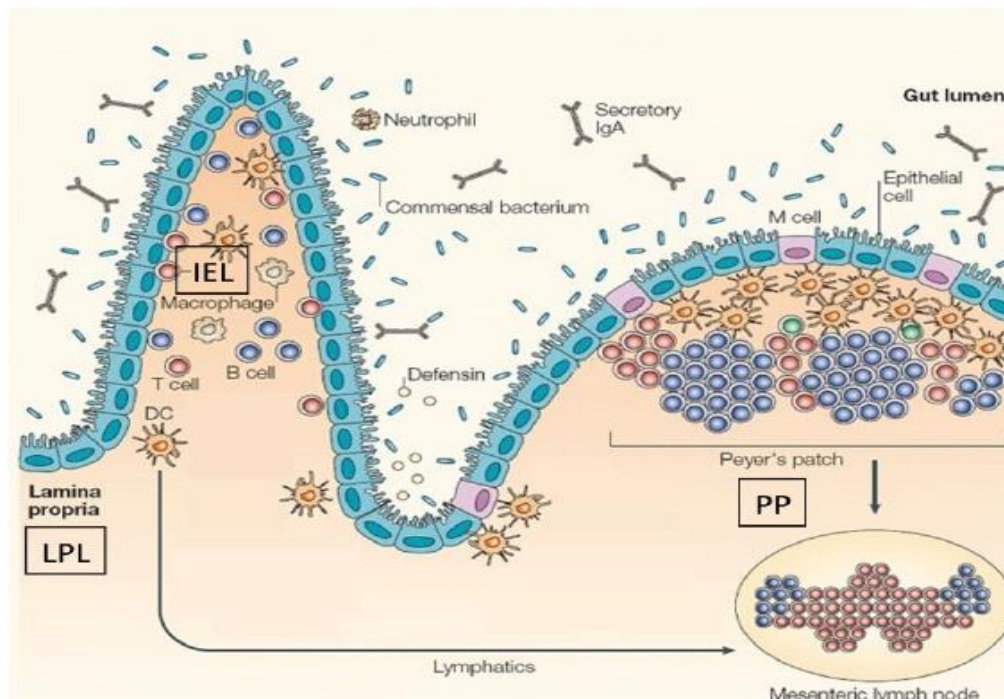
L'intolérance survient après l'ingestion d'un aliment, sans intervenir des mécanismes immuno-allergiques (CARINE et *al.*, 2002) ; l'intolérance peut être des perturbations du fonctionnement des enzymes du système gastro-intestinal ou des effets pharmacologiques de certains constituants du bol alimentaire (MONERET et KANNY, 1993)



### III. La physiopathologie

#### 1. Immunologie du tube digestif

Le système immunitaire intestinal est désigné sous le terme de GALT (Gut Associated Lymphoid Tissue). Il rassemble les cellules lymphocytaires du tube digestif et comporte trois éléments : les plaques de Peyer, les lymphocytes intra-épithéliaux et les lymphocytes de la *Lamina propria* (MORIN, 2012). (**Fig. 1**)



**Figure.1. Structure de GALT.** Les villosités (à gauche) sont composées d'une couche de cellules épithéliales contenant des lymphocytes intra-épithéliaux (IEL), et d'un tissu appelé lamina propria dans lequel circulent les lymphocytes de la lamina propria (LPL). Les plaques de Peyer (à droite) sont composées principalement de cellules immunitaires. Dans la couche de cellules épithéliales des plaques de Peyer (PP) se trouvent des cellules M. (selon FAUSTINE, 2016)

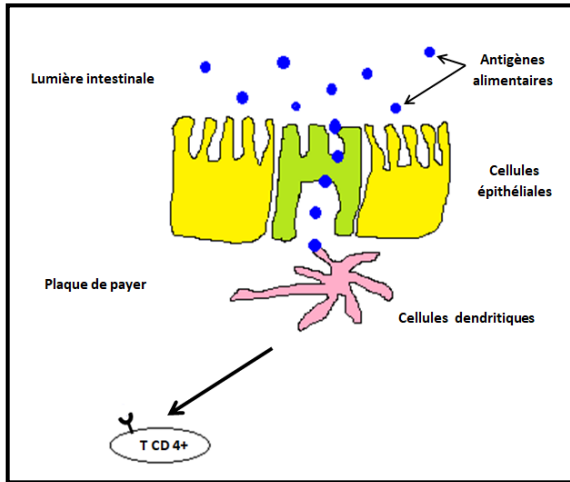
#### 2. La barrière intestinale

Les antigènes alimentaires ont 3 voies d'entrée pour traverser la barrière intestinale et rencontrer le système immunitaire :

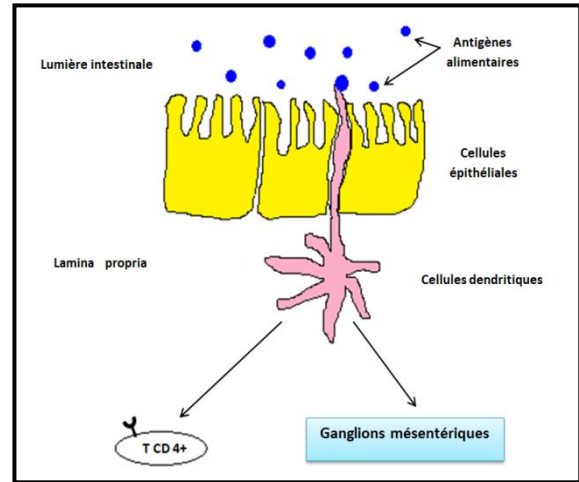
- **La voie 1 :** des cellules épithéliales particulières appelées les cellules Microfold M. Ces cellules permettent le passage trans-muqueux des macromolécules, des pathogènes ou des particules présents dans la lumière intestinale, et les délivrent

aux cellules dendritiques et macrophages sous-jacents (*Fig. 2*). Ce transport spécifique par les cellules M serait une étape clé dans l'induction d'une réponse locale et systémique spécifique (NEUTRA, 1998). Différentes populations de cellules dendritiques ont été identifiées dans la lamina propria et au niveau des plaques de Peyer. Ces cellules activent spécifiquement les lymphocytes Th présents dans les plaques de Peyer (IWASAKI et KELSALL, 2000 ; ZHAO et *al.*, 2002).

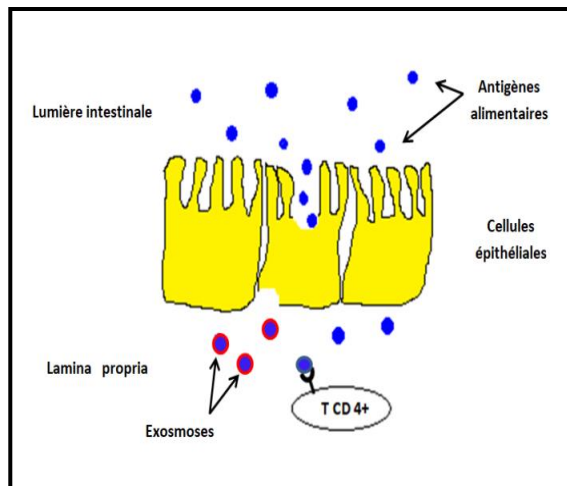
- **La voie 2 :** des cellules dendritiques dispersées le long de l'intestin, au sein de la lamina propria, sont responsables de la surveillance et de l'échantillonnage permanent des antigènes solubles présents dans la lumière intestinale (*Fig. 2*) et de leur transport au niveau des ganglions mésentériques qui drainent la sous-muqueuse intestinale. Une réponse immunitaire spécifique est alors induite (WORBS, 2006).
- **La voie 3 :** en plus de leur rôle dans l'absorption des nutriments, les entérocytes sont capables de phagocyter des antigènes alimentaires et les présenter aux cellules T intra-épithéliales (*Fig. 2*). L'intensité et l'efficacité de cette présentation sont dépendants du niveau d'activation des entérocytes et serait particulièrement élevées lors des réactions inflammatoires intestinales. Cependant, l'activation des lymphocytes T naïfs par ces cellules épithéliales reste incertaine, et de nombreuses études restent à mener pour caractériser le type de réponse induite lors d'une présentation antigénique par ces cellules, tolérance, inflammation ou suppression (HERSHBERG et MAYER, 2000). En parallèle de ce rôle de présentation d'antigènes, les cellules épithéliales intestinales produisent des vésicules portant des peptides exogènes en association avec les molécules du CMH de classe II. Ces vésicules appelées exosomes, interagissent préférentiellement avec les cellules dendritiques de la lamina propria, et potentialisent leur capacité de présentation antigénique aux cellules T. Bien que le type de réponse induite ne soit pas décrit, ces exosomes constitueraient un lien très important entre les antigènes de la lumière intestinale et les cellules immunitaires de la lamina propria (VAN NIEL et *al.*, 2003).



**Voie 1 : transport par les cellules M**



**Voie 2 : contact direct par les cellules dendritiques**



**Voie 3 : endocytose des antigènes par les cellules épithéliales**

**Figure.2.** Prise en charge des antigènes alimentaires présents dans la lumière intestinale et leur présentation au système immunitaire associé à la muqueuse intestinale. (Selon BLANC, 2008)

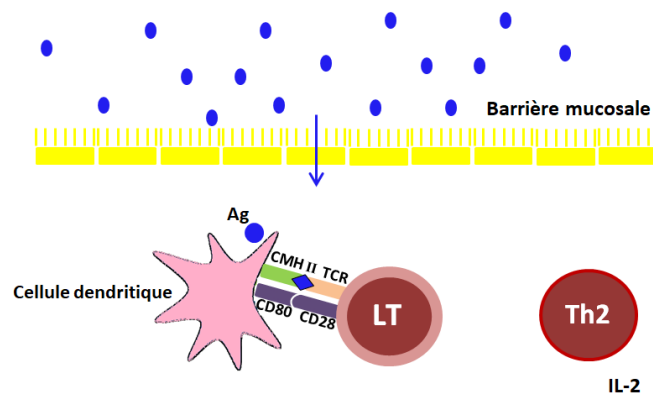
### 3. Mécanisme

La réponse immunitaire au cours des allergies alimentaires se déroule en deux phases. La première **phase de sensibilisation** aura lieu durant les premiers contacts avec le trophallergène tandis que la deuxième **phase de déclenchement** commence lors du second contact avec le même allergène (LAFITEDUPONT, 2011).

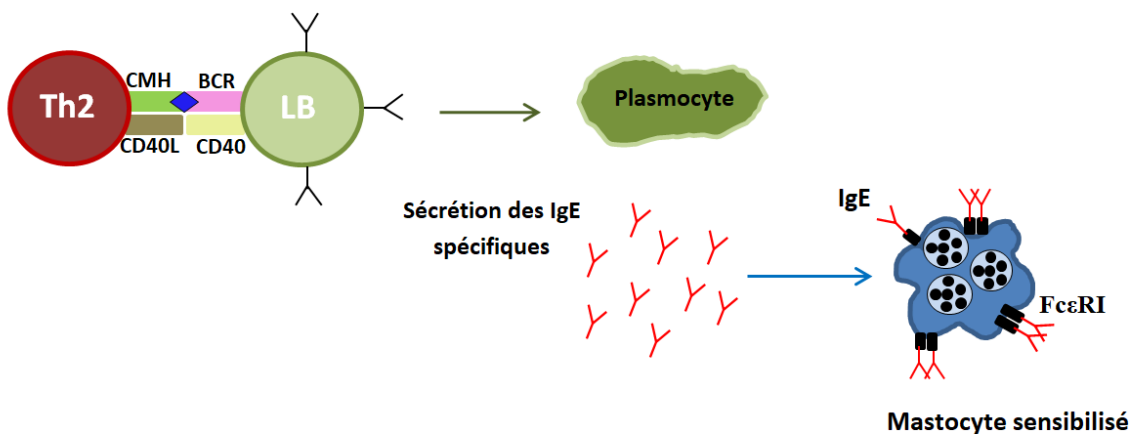
### 3.1. La sensibilisation

Cette phase est caractérisée par le passage du trophallergène à travers la barrière mucoale ou il sera capté, dégradé et présenté aux lymphocytes Th par les cellules dendritiques du lamina propria (ESPINOSA et CHILLET, 2006 ; ROMMEL , 2012).

L'activation des lymphocytes TCD4<sup>+</sup> permet la mise en place d'une réaction Th2 caractérisée par une forte sécrétion d'IL-4 (ESPINOSA et CHILLET, 2006) (Fig. 3) et une activation des LB. Ces dernières produisent les IgE qui vont se fixer sur les récepteurs Fcε-RI (récepteurs de forte affinité) des mastocytes et des basophiles (METIOUI, 2017 ; VAN WIJK et KNIPPELS, 2007) (Fig.3. 4).



**Figure 3.** Capture, présentation de la trophallergène et différenciation des LT en Th2. (Schéma de synthèse)



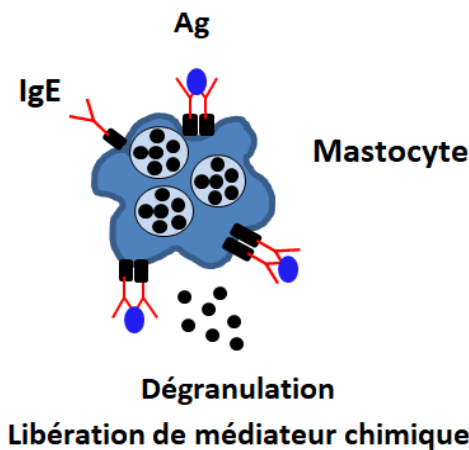
**Figure 4.** Activation des lymphocytes B et fixation des IgE sur les récepteurs FcεR des mastocytes. (Schéma de synthèse)

Cette première étape, muette cliniquement, prépare l'organisme à réagir de façon immédiate lors d'un second contact avec l'allergène (BLANC, 2008).

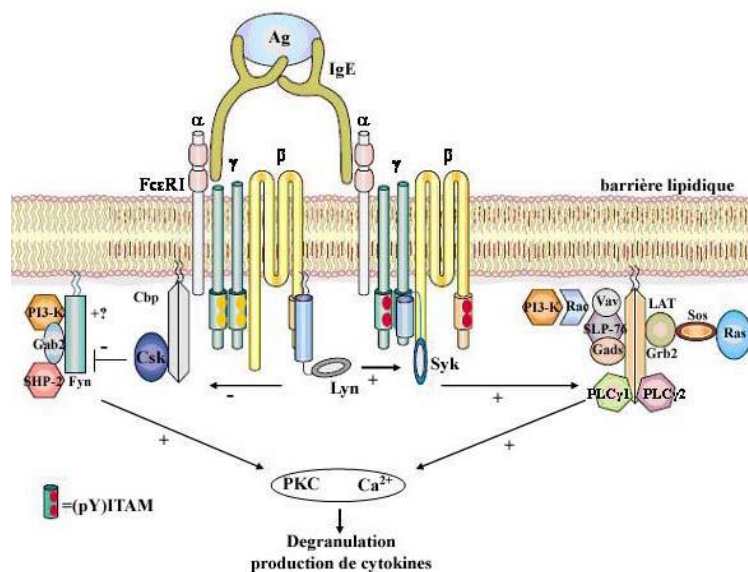
## 3.2. Phase de déclenchement

### 3.2.1. Pontage des récepteurs Fcε-R et dé-granulation des cellules effectrices

Lors d'une seconde introduction de l'allergène dans l'organisme, Il sera reconnu par les IgE spécifiques liées aux cellules effectrices par le FcεRI. Le pontage des IgE par l'allergène multivalent (impliquant plusieurs épitopes différents) entraîne l'agrégation des FcεRI et provoque la phosphorylation des résidus tyrosines présents dans les motifs ITAM des récepteurs. Il en résulte, le recrutement de d'autres effecteurs intracellulaires et la mise en place de multiples cascades de signalisation aboutissant à la dé-granulation et à la synthèse et la sécrétion de médiateurs pharmacologiques (*Tab.1*) (*Fig. 5, 6*).



**Figure 5.** Dégranulation des mastocytes. (Schéma de synthèse)



**Figure 6.** Signalisation intracellulaire via le FcεRI aboutissant à la dé-granulation des mastocytes et basophiles. (selon BLANK et RIVERA , 2004)

**Tableau.1.** Molécules libérées par les mastocytes lors de leur activation (selon JANEWAY, 2008)

Classe de produits	Exemples	Effets biologiques
<b>Enzyme</b>	Tryptase, Chymase, Cathepsine G, Carboxypeptidase	Remodelage de la matrice du tissu conjonctif
<b>Médiateur toxique</b>	Histamine, Héparine	Défense antiparasitaire Augmentation de la perméabilité vasculaire Contraction des muscles lisses
<b>Cytokine</b>	IL-4, IL-13	Stimulation de la réponse des lymphocytes Th2
	IL-3, IL-5, GM-CSF	Augmentation de la production et de l'activation des éosinophiles
	TNF $\alpha$	Favorise l'inflammation, stimule la production des cytokines par de nombreux types cellulaires
<b>Chimiokine</b>	CCL3	Effet chimiotactique : attire les monocytes, macrophages et neutrophiles
<b>Médiateurs lipidiques</b>	Prostaglandines D2, E2 Leucotriènes B4, C4	Contraction des muscles lisses Augmentation de la perméabilité vasculaire Augmentation de la sécrétion de mucus
	Facteurs Activateurs des Plaquettes (PAF)	Recrute les leucocytes Amplifie la production des médiateurs lipidiques Active les neutrophiles, les éosinophiles et les plaquettes

Lors du déclenchement de la réaction allergique, on distingue deux phases. L'une est très rapide, spasmogène, due principalement aux effets immédiats de l'histamine. La seconde phase, tardive dépendante de médiateurs lipidiques, de facteurs chimiotactiques et de cytokines produits par les mastocytes et les basophiles (BLANC, 2008).

### 3.2.1.1. Phase précoce

L'histamine agit principalement à travers son récepteur H1 et entraîne la dilatation des vaisseaux sanguins, l'augmentation de la perméabilité vasculaire et la contraction des muscles lisses. Des médiateurs néoformés dérivés du métabolisme de l'acide Arachidonique sont également sécrétés comme la prostaglandine D2 (PGD2) et le leucotriène C4 (LTC4). Ces médiateurs stimulent la contraction prolongée des muscles lisses, augmentent la perméabilité vasculaire et jouent un rôle dans le chimiotactisme des cellules inflammatoires (BLANC, 2008).

### 3.2.1.2. Phase tardive

La phase précoce est souvent suivie par une phase tardive qui se met en place dans les deux à huit heures suivant la dé-granulation, et qui persiste pendant au moins un à deux jours.

Cette phase correspond à une réponse inflammatoire déclenchée par les médiateurs TNF- $\alpha$ , IL-4, IL-3, GM-CSF, IL-5, IL-6, IL-8, IL-16 et CCL3 libérés par les mastocytes et les basophiles (LORENTZ *et al.*, 2000).

Certains de ces médiateurs possèdent une activité chimiotactique qui va favoriser le recrutement d'éosinophiles, de neutrophiles, de monocytes et de lymphocytes au site de l'inflammation. Les cellules recrutées libèrent alors des protéases provoquant des lésions tissulaires.

Par ailleurs, la réaction est exacerbée par l'IL-4 qui active les cellules Th2, entraînant la production supplémentaire de cytokines. La réponse IgE peut également être amplifiée par les basophiles, les mastocytes et les éosinophiles. Lorsqu'ils sont activés par l'allergène ces granulocytes expriment le ligand CD40 et sécrètent l'IL-4 pour provoquer la commutation de classe des lymphocytes B et former des centres germinatifs au sein du foyer inflammatoire (CHVATCKO *et al.*, 1996).

### IV. Manifestation clinique :

**1. Manifestation digestifs** : les symptômes les plus fréquents sont : les nausées, les vomissements, les diarrhées et les douleurs abdominales (BIDAT , 2006).

**2. Manifestation respiratoires** : les allergies alimentaires sont souvent accompagnées de difficultés respiratoires, rhino-conjonctivite, bronchite et otite (FATTORUSSO et RITTER ,2004).

**3. Manifestation cutanée** : les dermatites atopiques sont plus fréquentes chez les sujets atteints d'allergies alimentaires, d'autres signes moins fréquents comme l'urticaire et l'angio-oedème au niveau du visage, sur les lèvres et sur les paupières (PERIN , 1998).



### Chapitre II : Le lait bovin et le lait camelin.

#### I. Définition et caractéristiques du lait :

Le lait est le produit de sécrétions des glandes mammaires des mammifères comme la vache et la chamelle, il est destiné à l'alimentation de jeune animal naissant. Ce produit est également présent dans l'alimentation humaine et comme matière première dans la transformation industrielle.

Le lait est un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté, d'une saveur douceâtre et d'un PH légèrement acide proche de la neutralité variant entre 6.6 à 6.8 (PIEN, 1975). Cet aliment est composée d'une émulsion de matière grasse, une suspension de matière protéique caséuse, du lactose, des sels minéraux, des protéines solubles et des traces d'éléments divers (MATHIEU, 1997).

#### II. Composition chimique du lait bovin et camelin :

Le lait est une bonne source de nutriments importante pour la croissance (GURMESSA et MELAKU, 2012). La composition physico-chimique du lait varie en fonction de nombreux facteurs zoologiques et d'élevage tels que l'espèce, la race, le stade de lactation, les conditions environnementales et l'alimentation (CAROLI et *al.*, 2009 ; KALAÇ et SAMKOVA, 2010).

Le lait est un milieu hétérogène dans lequel quatre phases distinctes coexistent :

- Une phase aqueuse (lactosérum) qui contient les constituants solubles (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux et azote non protéique).
- Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelles.
- Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constitué de globules gras et de vitamines liposolubles (A et D).

- Une phase gazeuse composée d'O<sub>2</sub>, d'azote et de CO<sub>2</sub> dissous représentant environ 5% du volume du lait. (FREDOT, 2006).

### **1. L'eau :**

L'eau est le principal constituant du lait elle existe sous deux formes : l'eau extra micellaire (90% de l'eau totale) renferme la totalité des constituants solubles et l'eau intra micellaire (10% de l'eau totale) dont une partie est liée aux caséines alors que la deuxième partie joue le rôle de solvant (MATHIEU, 1998 ; MAHAUT, 2003).

### **2. Les glucides :**

Le lactose est le glucide prédominant et le constituant le plus stable du lait (ROCA-FERNANDEZ ,2014), il intervient dans le processus de fermentation. Le lait peut contenir d'autres glucides comme le glucose et le galactose mais à des faibles quantités.

### **3. La matière grasse :**

La matière grasse du lait est formée principalement de globules gras constitués essentiellement de triglycérides (98%). La membrane du globule gras enveloppe la goutte lipidique. Elle confère au globule gras le caractère hydrophile chargé négativement tout en assurant une émulsion stable (JENSEN et *al.*,1995 ; JEANT et *al.*, 2008).

### **4. Les matières azotées totales :**

La matière azotée du lait est divisée en deux parties : la matière azotée protéique et la matière azotée non protéique.

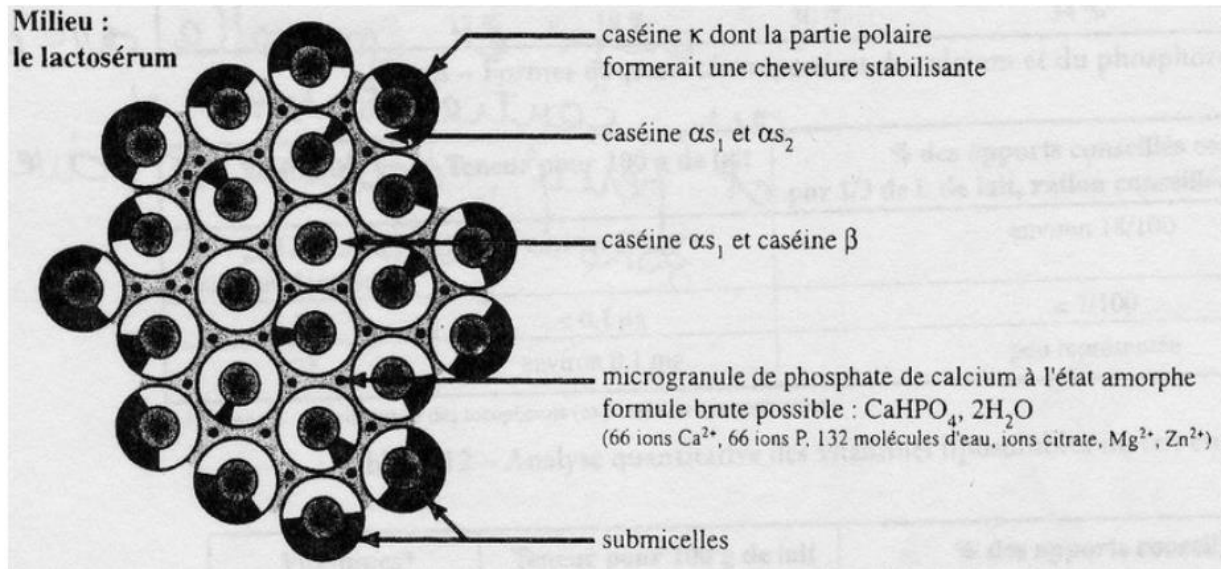
#### **4.1.Matière azotée protéique**

Les protéines azotées regroupent : les protéines insolubles et les protéines solubles sériques.

##### **4.1.1. Les protéines insolubles (les caséines) :**

Les caséines sont les protéines les plus abondantes dans le lait (80%) ; il en existe quatre types :  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  et  $\kappa$ . Ces différentes caséines s'associent entre elles à l'aide de

composés salins dont les principaux sont le calcium et le phosphore pour former les micelles de caséines (**Fig.7**). Ces dernières sont des particules sphériques ayant des diamètres variant selon l'origine du lait. Elles sont de l'ordre de 90 à 120 nm pour le lait bovin et 280 à 550 nm de diamètre pour le lait camelin (BORNANZ *et al.*, 2009).



**Figure.7.** Structure d'une micelle stable de caséine (selon ONO et OBATA, 1989)

### 4.1.2. Les protéines solubles (Protéines du lactosérum) :

Les protéines du lactosérum représentent environ 20% des protéines totales (WALSTRA *et al.*, 2006) et renferme :

#### 4.1.2.1. L' $\alpha$ -lactalbumine :

C'est une protéine de 123 résidus d'acides aminés et a une masse moléculaire de 14,6 KDa jouant un rôle important dans la synthèse de lactose (BEG *et al.*, 1985 ; AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010). L' $\alpha$ -lactalbumine est également la principale protéine soluble du lait camelin (OCHIRKHUYAG *et al.*, 1998).

#### 4.1.2.2. La $\beta$ -lactoglobuline :

La  $\beta$ -lactoglobuline est une protéine de 18,2 KDa. C'est la principale protéine soluble du lait bovin, elle est totalement absente dans le lait camelin et le lait humain (MERIN *et al.*, 2001 ; KAPPELER *et al.*, 2003 ; LALEYE *et al.*, 2008 ; EL AGAMY *et al.*, 2009 ; OMAR *et al.*, 2016).

### 4.1.2.3. Le sérum-albumine :

La sérum-albumine existe à des concentrations quasi-similaires dans les laits bovins et camélins. Cette protéine a une masse moléculaire de 66 et 66,4 KDa dans le lait camelin et le lait bovin, respectivement (HINZ *et al.*, 2012 ; OMAR *et al.*, 2016).

### 4.1.2.4. 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).

### 4.1.2.5. Protéoses-peptones :

C'est un groupe hétérogène de molécules issu de la protéolyse par la plasmine de la caséine  $\beta$  (DEBREY, 2001).

## 4.2. Matière azotée non protéique :

Ce sont des composés à poids moléculaire faible appartenant à plusieurs familles chimiques, le plus important est l'urée, on trouve aussi des acides aminés libres, des peptides et des bases organiques (MIETTON *et al.*, 1994). La teneur du lait en composés azotés est d'environ 10% dans le lait camelin alors qu'elle est seulement 5 à 6% dans le lait bovin.

## 5. Les sels minéraux :

Les sels minéraux présents dans le lait camelin sont aussi diversifiés que ceux rencontrés dans le lait bovin. La composition du lait camelin en macroéléments (Ca, Mg, P, Na, et K) est relativement similaire à celui du lait bovin. Par ailleurs, les taux des oligo-éléments (Zn, Fe, Cu...) sont beaucoup plus élevés dans le lait camelin (PARK *et* HAENLEIN, 2006 ; MAL *et* PATHAK, 2010).

## 6. Les vitamines :

Le lait camelin contient des taux faibles en vitamines A, E, B1, B2, B3, B4, B6, B5 (acides pantothénique), B9 (acide folique), B12 (cyanocobalamine) et des teneurs

plus élevées en niacine et en vitamine C que le lait bovin (SAWAYA et *al.*,1984 ;MEHAIA,1994).

### **7. Les enzymes :**

Ce sont des substances organiques de nature protidique, elles agissent comme catalyseurs dans la réaction biochimique. Plus de 60 enzymes principales ont été isolées du lait ou dont l'activité a été déterminée. La moitié d'entre elles sont des hydrolases (lipase, plasmine, lysozyme) (BLANC, 1982 ; POUGHEON, 2001).

### **III. Propriétés thérapeutiques du lait camelin:**

Le lait camelin est apprécié traditionnellement pour sa propriété anti-infectieuse, anti-cancéreuse, antidiabétique. Il est récemment suggéré comme aliment alternatif pour les enfants allergiques au lait bovin (KONUSPAYEVA ,2007).

*Partie*  
*expérimentale*

### 3. Partie expérimentale

#### I. Analyses physico-chimiques

Le présent travail a été réalisé au sein du laboratoire *de Food Testing and Analysis Lab* au niveau du *CRBT* pendant 15 jours et le Laboratoire 14 , Département de Biologie appliqué, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université des frères Mentouri Constantine -1-, pendant 15 jours durant la période de Février 2020.

#### 1. Matériel Biologique:

- **Lait de vache :**

Le lait de vache est obtenu d'une ferme au nord de la région d'Aïn- senyour relevant de la wilaya de Souk-Ahras.

- **Lait de chamelle :**

Le lait de chamelle est obtenu de la ferme El-Moubarak de la Wilaya d' El oued.

#### 2. Mesure du pH du lait bovin et du lait camelin :

L'acidité ionique du lait est mesurée à l'aide d'un PH mètre. Elle donne une information sur l'état de conservation vis-à-vis aux altérations probables par les germes lactiques (*Fig. 8*).

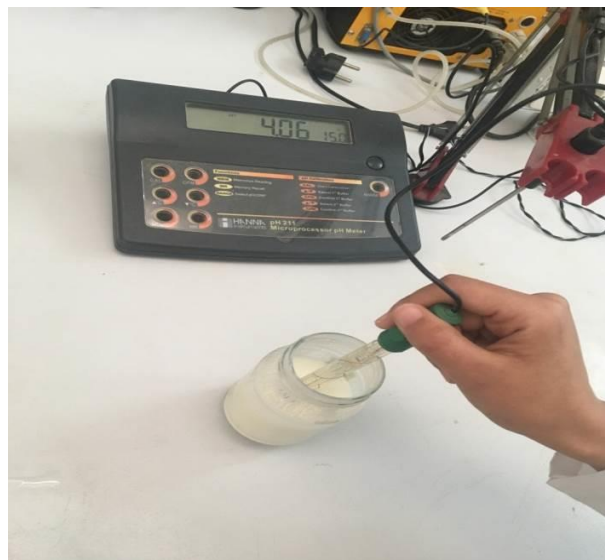


Figure 8 : Mesure du Ph

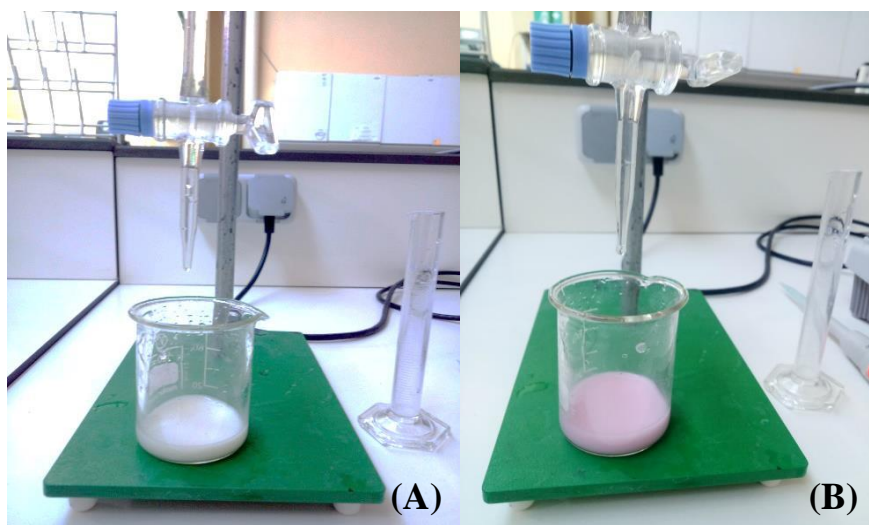
### 3. Détermination de l'acidité Dornic du lait bovin et du lait camelin :

#### 1. Principe

L'acidité titrable du lait représente la quantité d'acide lactique libérée par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries lactiques. On exprime couramment l'acidité du lait en degrés dornic ( $1^{\circ} D = 0,1 \text{ g d'acide lactique par litre de lait}$ ) ou en grammes d'acide lactique par litre du lait (AFNOR, 1985). Il s'agit du titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium (soude) de titre N/9 en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

#### 2. Mode opératoire :

- Introduire dans un bécher 10 ml de lait puis ajouter 0,3 ml de la solution de phénolphtaléine à 1%.
- Titrer avec la solution NaOH à l'aide d'une burette en agitant jusqu'à l'obtention d'une couleur rose pâle qui persiste pendant une dizaine de secondes (*Fig. 9*).
- Lire sur la colonne graduée le nombre de ml utilisés, ceci donne l'acidité du lait en degré Dornic.



**Figure 9** : Détermination de l'acidité Dornic

(A) : avant le virage du couleur

(B) : l'apparition de la couleur rose pâle



### 4. Analyse de la composition du lait:

Le MilkoScan <sup>TM</sup> Minor 6 est un appareil simple, rapide et sûr pour l'analyse du lait et de la crème ; il permet de déterminer la composition en six paramètres avec un seul échantillon : matière grasse (MG), matière protéique (MP), lactose (Lact), extrait sec total (EST), extrait sec dégraissé (ESD) et de préciser leur point de congélation (FPD) (*Fig. 10*).

- L'EST du lait est le produit résultant de la dessiccation du lait par évaporation d'une certaine quantité d'eau du lait.
- L'ESD du lait est exprimé par la différence entre la matière sèche totale et la matière grasse.
- FPD du lait est mesuré pour déterminer si le lait est additionné d'eau.

L'analyse se fait sur une quantité de 8 ml de lait chauffé au bain marie à 42 C°.



**Figure 10 :** Fonctionnement de l'analyseur MilkoScan <sup>TM</sup> Minor 6

### 5. Détermination de la teneur en lactose du lait

#### 1. Principe

Le lactose est dosé selon la méthode de Bertrand, 1993. C'est une méthode titrimétrique basée sur la réaction à chaud d'une solution de liqueur de Fehling qui renferme des ions  $\text{Cu}^{2+}$  de couleur bleu en milieu basique.

A chaud en présence d'une substance réductrice, la liqueur de Fehling donne un précipité rouge brique. Le dosage est réalisé sur le filtrat, après défécation au ferrocyanure de zinc.

Pour l'étalonnage de la liqueur de Fehling nous avons utilisé une solution de lactose de concentration connue.

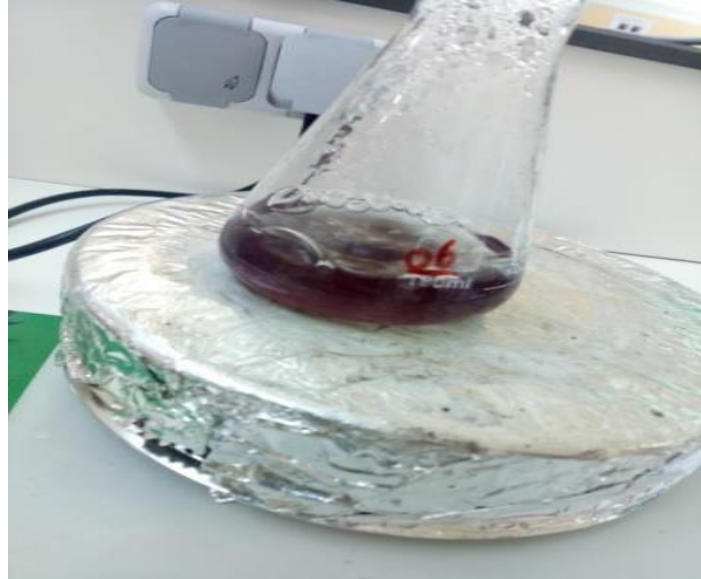
#### 2. Mode opératoire :

##### a) Défécation :

Dans une fiole jaugée on introduit successivement 5 ml de lait et 0,4 ml de solution d'hexacyanoferrate II de potassium. Après agitation, on ajoute 0,4 ml de solution d'acétate de zinc et 0,4 ml d'eau distillée. Après précipitation, le culot est laissé à reposer pendant 15 min puis filtré. Le filtrat (solution S) est ensuite introduit dans une burette.

##### b) Réduction de la liqueur de Fehling :

Dans un erlenmeyer on mélange 10 ml de solution cuivrique avec 10 ml de solution tartro-alcaline. Le mélange est ensuite porté à ébullition et verser goutte à goutte, à l'aide d'une burette, sur le filtrat (solution S) jusqu'à l'apparition d'un précipité rouge brique (*Fig. II*). Le volume additionné  $V_2$  est mesurée sur la burette.



**Figure 11** : l'apparition d'une couleur rouge brique

### c) Etalonnage de liqueur de Fehling :

La concentration de lactose inconnue  $C_2$ , est donnée par la relation suivante :

$$C_2 = (C_1 \times V_1 / V_2) ; \text{ où :}$$

$V_2$  est le volume total de burette

$C_1$  est la concentration de l'étalon connue (lactose) = 0,5 g/100 ml

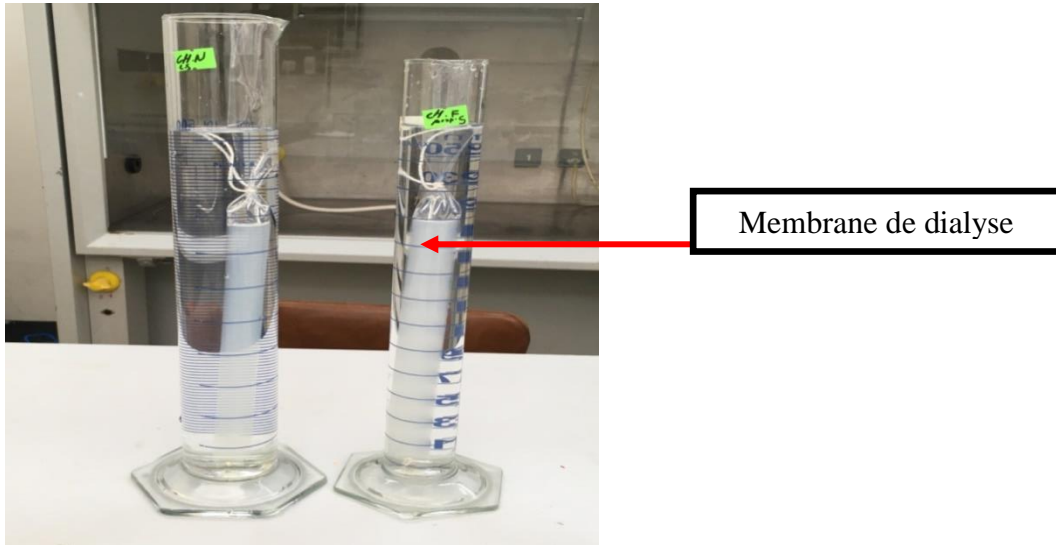
$V_1$  correspond au volume de chute de la burette

## 6. Extraction des protéines du lait bovin et camelin :

L'isolement des protéines s'effectue par l'écémage du lait entier, puis la séparation des grands groupes de protéines (caséines et protéines sériques) suivie d'une dialyse qui consiste à débarrasser les échantillons des molécules dont la taille est très petite ( lactose, sels minéraux, composés azotés non protéiques).

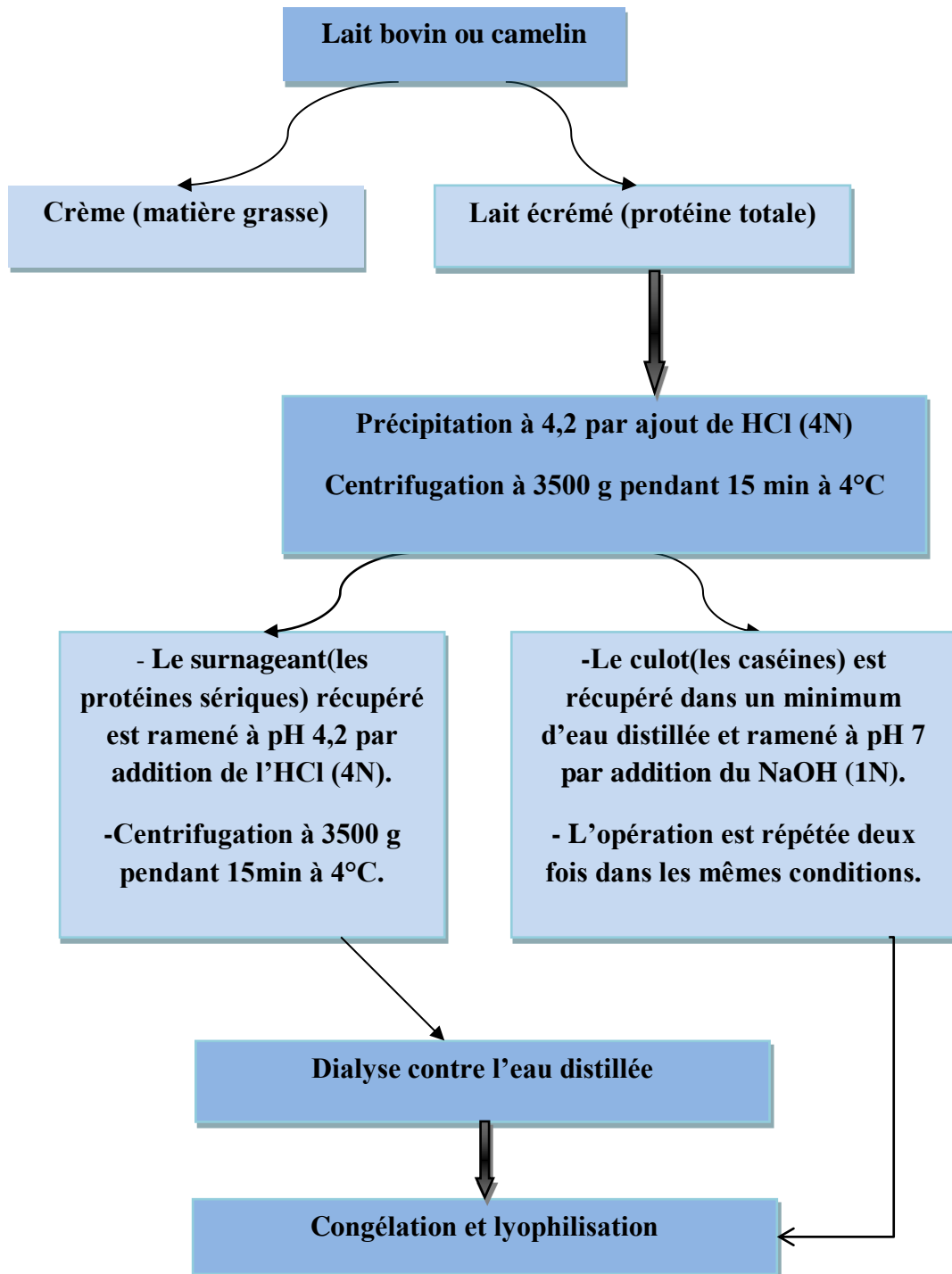
Les protéines sériques obtenues sont dialysés contre l'eau distillée pendant 48 heures à 4°C en utilisant des membranes de dialyse (**Fig. 12**) ; l'eau de contre dialyse est changé deux fois par jour.

Après dialyse, les solutions de protéines obtenues sont étalées en fines couches dans des boîtes de pétri, congelées à  $-20^{\circ}\text{C}$  puis lyophilisées. Les protéines sont ainsi récupérées sous forme de poudre et conservées. Les étapes sont récapitulées dans la (Fig. 13).



**Figure 12 :** Dialyse contre l'eau distillée

## Partie Expérimentale



**Figure 13 :** Protocole d'isolement des caséines et des protéines du lactosérum à partir du lait bovin et camelin

## II. Induction de l'intolérance à la caséine du lait chez les souris

### 1. Les animaux

Dans ce travail, nous avons utilisé 40 souris femelles *Mus Musculus* ayant un poids moyen de 30 g. Les animaux provenant de l'animalerie du département de biologie animale, faculté des sciences de la nature et de la vie, université Frères Mentouri Constantine 1. Les animaux sont maintenus dans des boîtes en plastique, à température  $22^{\circ}\text{C} \pm 1$ , un cycle 12 nuit/12 jour et un accès libre à l'eau et la nourriture.

### 2. Traitement des animaux

Le développement d'un modèle d'allergie à la caséine chez les souris a été réalisé en 2 phases :

#### 2.1. 1<sup>ère</sup> phase de sensibilisation

Au cours de cette phase les animaux sont divisés en deux lots :

**Lot 1 : contrôle :** les souris reçoivent une injection intrapéritonéale de 0,5 ml PBS à 0,9%.

**Lot 2 : Souris immunisées.** Les souris reçoivent 3 injections intrapéritonéales de 5  $\mu\text{g}$  de caséine à raison d'une dose par semaine.



**Figure .14.** Injection par voie intrapéritonéale.

### 2.2. 2<sup>ème</sup> phase d'induction de la réaction allergique

Les animaux sont répartis en 9 lots comme le suivant :

- **1<sup>er</sup> Lot (LC)** : un lot contrôle qui reçoit quotidiennement 1 ml de l'eau par voie orale.
- **2<sup>ème</sup> Lot (Vn<sup>+</sup>)** : les souris de ce lot reçoivent 1 ml le lait bovin normal.
- **3<sup>ème</sup> Lot (Vf<sup>+</sup>)** : les souris de ce lot reçoivent 1 ml le lait bovin fermenté.
- **4<sup>ème</sup> Lot (Cn<sup>+</sup>)** : les souris de ce lot reçoivent 1 ml du lait camelin normal.
- **5<sup>ème</sup> Lot (Cf<sup>+</sup>)** : les souris de ce lot reçoivent 1 ml le lait camelin fermenté.
- **6<sup>ème</sup> Lot (Vn<sup>-</sup>)** : les souris de ce lot reçoivent 1 ml du lait bovin normal.
- **7<sup>ème</sup> Lot (Vf<sup>-</sup>)** : les souris de ce lot reçoivent 1 ml le lait bovin fermenté.
- **8<sup>ème</sup> Lot (Cn<sup>-</sup>)** : les souris de ce lot reçoivent 1 ml le lait camelin normal.
- **9<sup>ème</sup> Lot (Cf<sup>-</sup>)** : les souris de ce lot reçoivent 1 ml le lait camelin fermenté.

La répartition des lots pour chaque échantillon de lait est effectuée en deux lots, le lait normal ou fermenté (**n<sup>+</sup>** ou **f<sup>+</sup>**) pour les lots immunisée et (**n<sup>-</sup>** ou **f<sup>-</sup>**) pour les lots non immunisée.

Tous ces lots ont reçu les différents types de lait par voie orale (gavage) et ils ont été traités pour une période de 6 jours.

### 3. Evaluation de la réaction allergique

L'évaluation de la réaction allergique se fait après chaque gavage (durant la 2<sup>ème</sup> phase). Les souris restent sous observation durant les 60 minutes qui suivent le gavage afin de déterminer les symptômes suivants : soit de nature cutanée, gastro-intestinaux ou même respiratoire (*Fig. 15*).



**Figure 15. Gavage et prise de température**

### 4. Test cutané / Prick Test :

Les tests cutanés, aussi appelés prick test, visent à mettre l'allergène au contact de la peau afin de déceler les IgE tissulaires. Ils sont réalisés avec des extraits purifiés d'allergènes, Ce dernier est introduit à l'aide d'une lancette dans l'épiderme (AVERTY, 2017).

Dans notre étude nous avons utilisé la caséine extraite par la méthode décrit précédemment. Les résultats sont observés au bout de 10-15 minutes.



*Résultats*

## 4. Résultats

### 4.1. pH du lait

Les résultats obtenus à partir du PH mètre (*Fig.16*) montrent que le lait de vache et le lait de chamelle ont un pH similaire. La fermentation par le probiotique diminue le pH dans les deux types de lait.

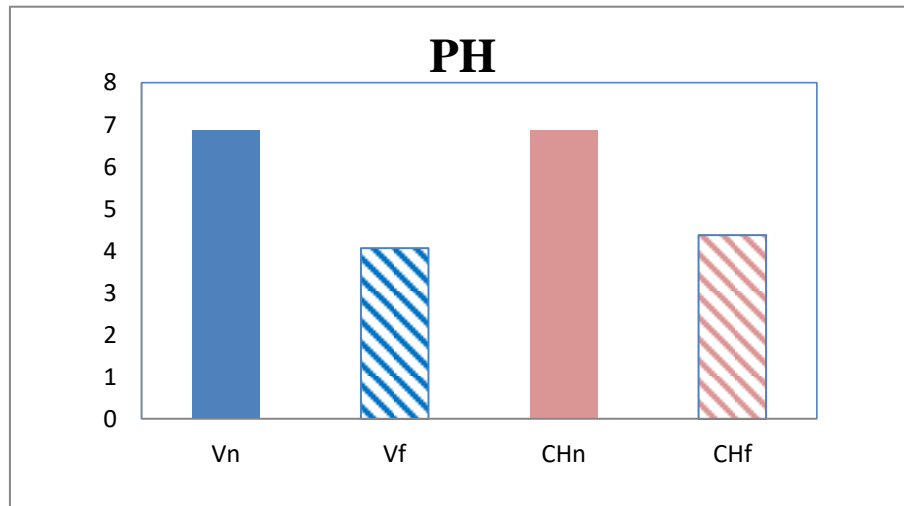


Figure.16. pH des différents types de lait

### 4.2. L'acidité dornic du lait

Les résultats de la (*Fig.17*) indiquent que la quantité d'acide lactique dans le lait de vache est plus élevée par rapport à celle du lait de camelin. Cependant, la fermentation par le probiotique augmente l'acidité des deux types de lait.

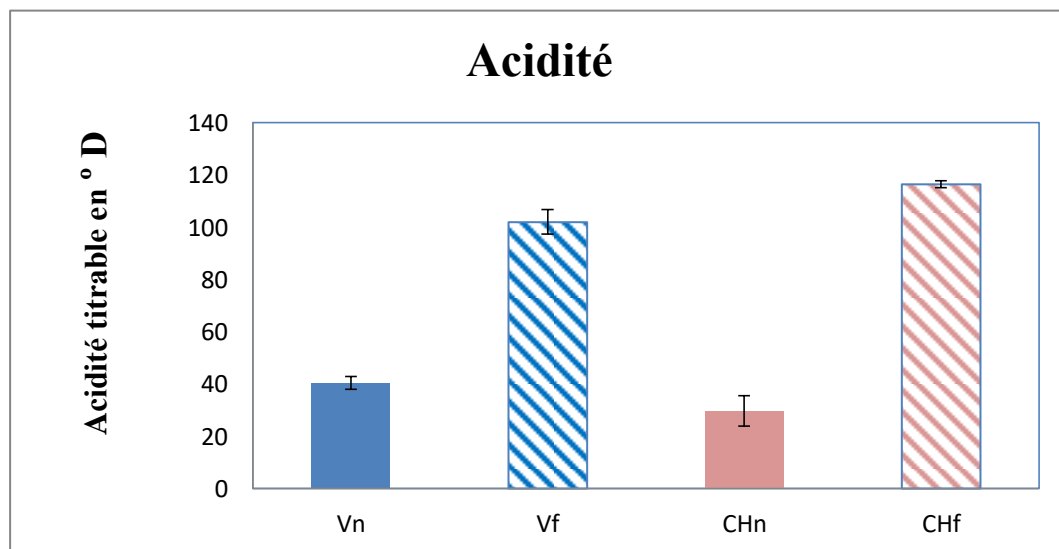
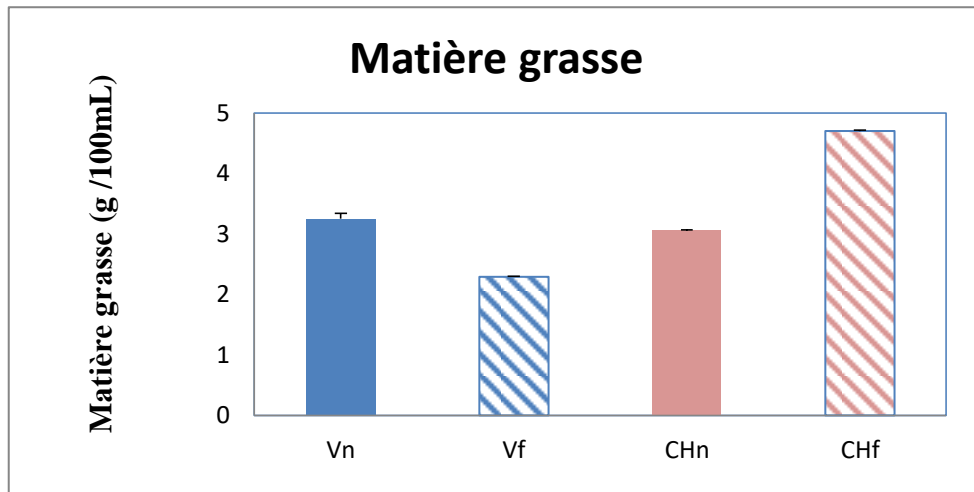


Figure .17. L'acidité Dornic du lait des différents types de lait

## 4.3. L'analyse par le Milkoscan™ :

### 4.3.1. La matière grasse :

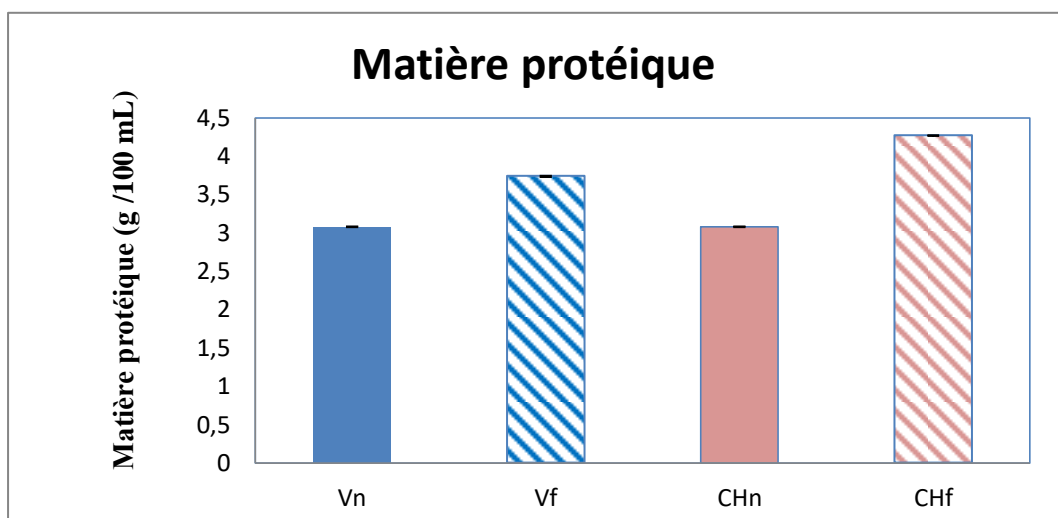
Les résultats obtenus à partir du Milkoscan (*Fig.18*) montrent que le lait de vache et le lait de chamelle contiennent des quantités comparables de matière grasse. La fermentation par le probiotique diminue la matière grasse dans le lait de vache alors qu'elle l'augmente dans le lait de chamelle.



**Figure.18.** Teneur en matière grasse des différents types de lait

### 4.3.2. La matière protéique :

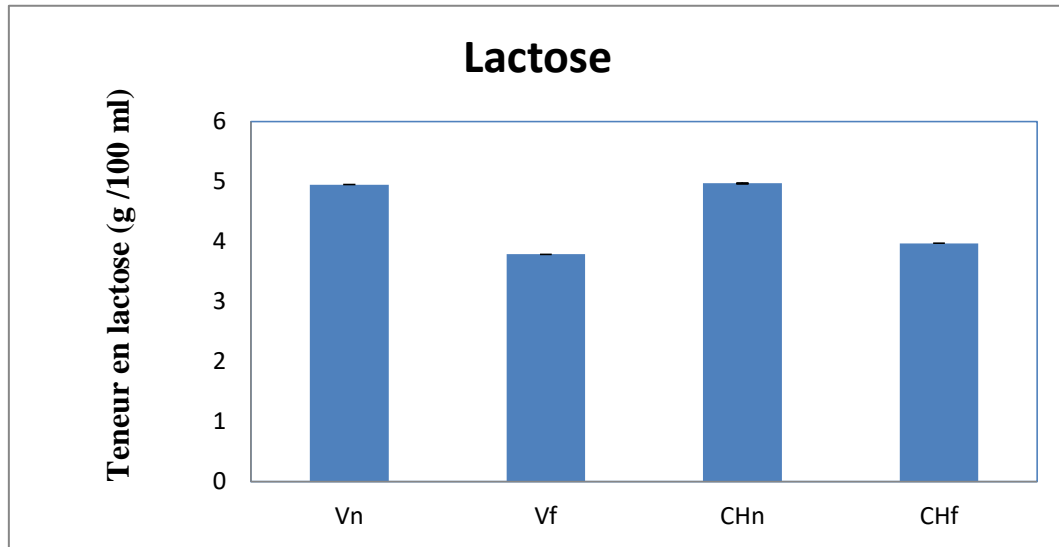
La (*Fig.19*) montre que le lait de vache et de chamelle contiennent des quantités similaires de matière protéique. La fermentation du lait augmente la teneur en matière protéique des deux types de lait avec un effet plus important dans le lait de chamelle.



**Figure.19.** La teneur en matière protéique du lait bovin comparée à celle du lait camelin

### 4.3.3. Le lactose :

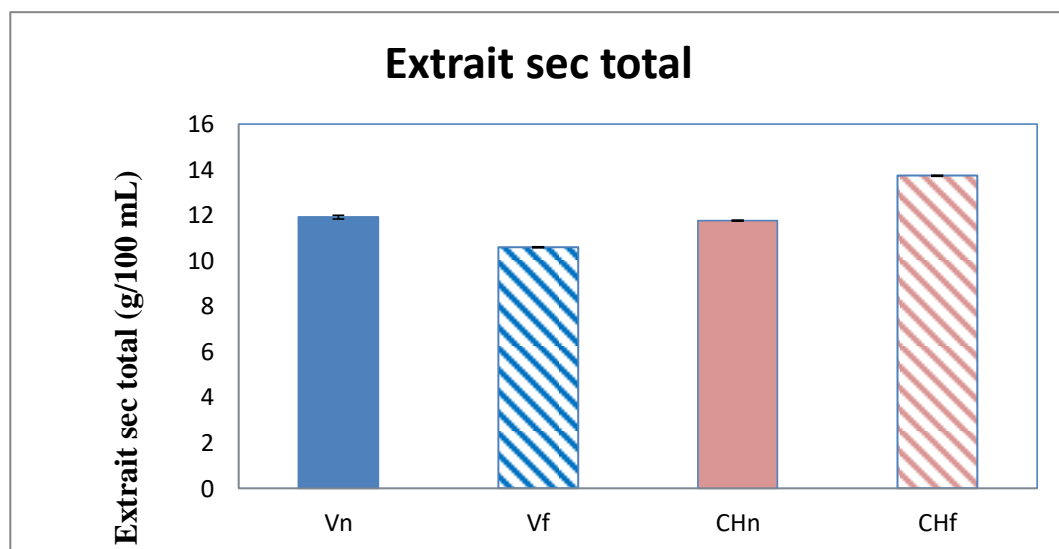
Les résultats du Milkoscan (*Fig.20*) montrent que la teneur en lactose est similaire dans le lait bovin et camelin. La fermentation par le probiotique diminue le lactose dans les deux types de lait.



**Figure.20.** Teneur en lactose analysée par le MilkoScan de tous les types de lait

### 4.3.4. L'extrait sec total :

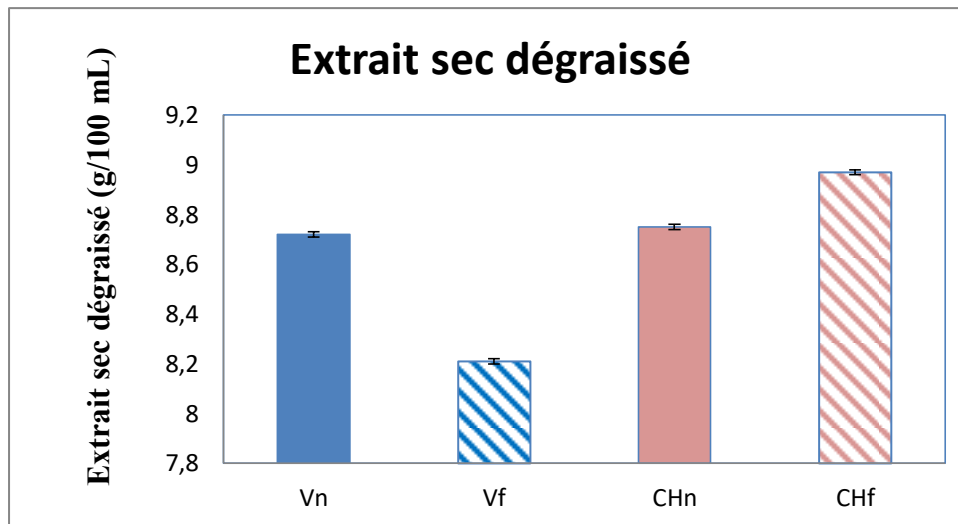
Les résultats (*Fig.21*) montrent que le lait de vache et le lait de chamelle contiennent des quantités comparables d'extrait sec total. La fermentation par le probiotique diminue l'extrait sec total dans le lait bovin alors qu'elle l'augmente dans le lait camelin.



**Figure.21.** La teneur en extrait sec total des différents types de lait

### 4.3.5. L'extrait sec dégraissé :

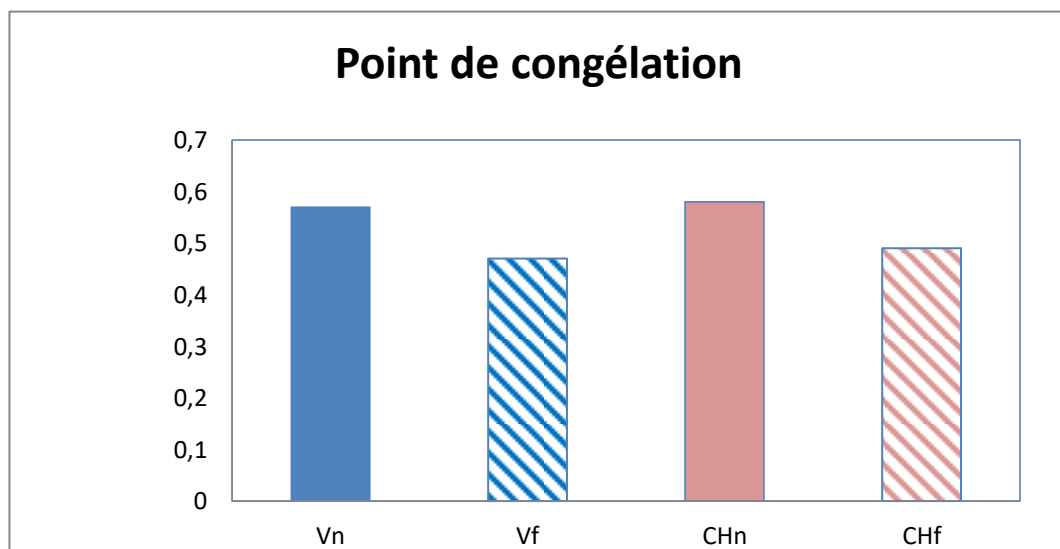
Les valeurs du Milkoscan (*Fig.22*) indiquent que le taux d'extrait sec dégraissé est comparable dans les deux types de lait. La fermentation par le probiotique entraîne une diminution de l'extrait sec dégraissé dans le lait de vache et une augmentation de cet extrait dans le lait chamelle.



**Figure .22.** La teneur en extrait sec dégraissé des différents types de lait

### 4.3.6. Le point de congélation :

Le point de congélation des deux types de lait est similaire, il est de l'ordre de  $0.57^{\circ}$  pour le lait de vache et  $0.58^{\circ}$  pour le lait de chamelle (*Fig.23*). La fermentation par le probiotique diminue le point de congélation dans les deux types de lait.



**Figure .23.** Le point de congélation des différents types de lait

### 4.4. La teneur en lactose :

La teneur en lactose mesurée par la méthode de titration est similaire dans les deux types de lait. La fermentation entraîne une diminution de la teneur en lactose. La diminution de lactose est importante dans le lait de chamelle (*Fig.24*).

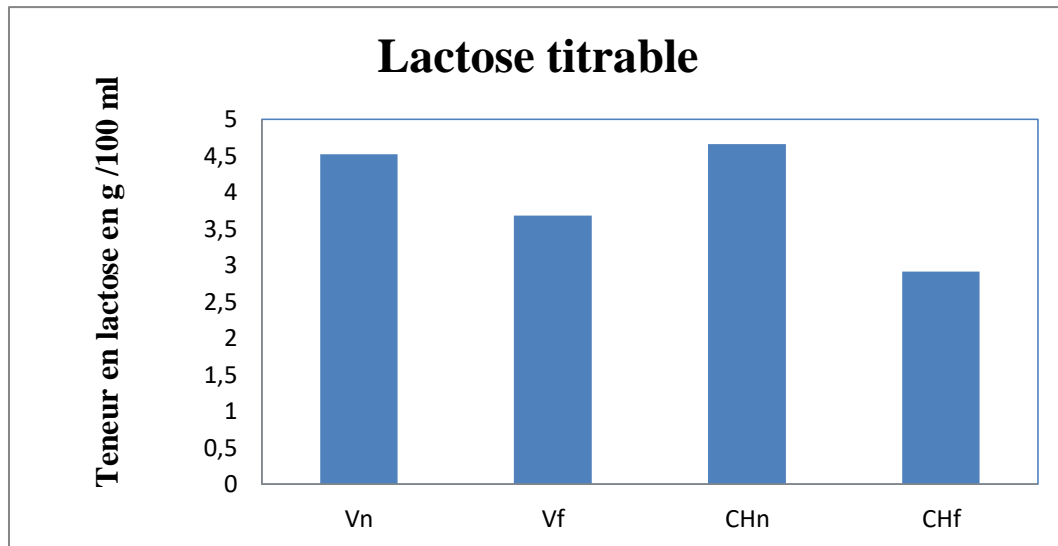
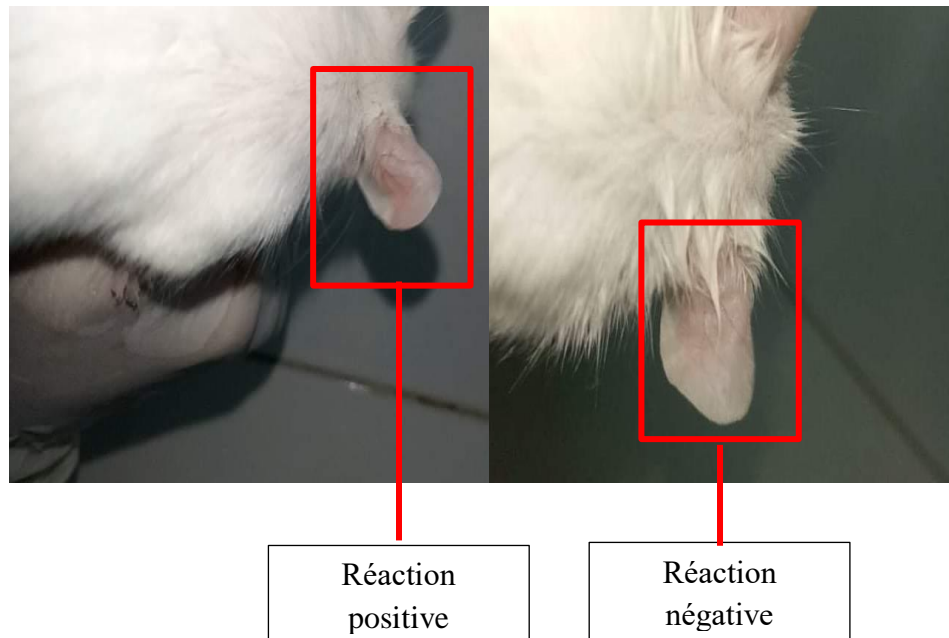


Figure.24. Teneur en lactose mesurée manuellement dans tous les types de lait

### 4.5. Test cutané / Prick Test

L'application de la solution de caséine sur l'oreille de souris montre l'apparition d'une rougeur témoignant le développement d'une réponse immunitaire (*Fig.25*), dans les groupes immunisés qui ont reçu soit le lait bovin cru/ fermenté ainsi que le lait camelin cru /fermenté.



**Figure.25.** Rougeur au niveau de l'oreille suite à une stimulation à la caséine  
(Prick Test positif)

#### 4.6. Les stades de la réaction allergique

Afin de déterminer les scores allergiques nous avons procédé à la stimulation de la réponse allergique chez les souris (phase effectrice) et nous avons observé les signes cliniques après 1, 3 et 6 jours de la phase de sensibilisation. L'analyse des résultats montre que les souris recevant le lait de vache (normale ou fermenté) présentent des symptômes de score 1 et 4 après 1 et 3 jours de stimulation. Cependant, les souris recevant le lait de chamelle présente un score de l'ordre de 3 après 3 jours d'administration du lait. Après le 6<sup>ème</sup> jour les souris arrivent au dernier stade lors de la stimulation avec les deux types de lait.

**Tableau .2.** Stade de la réaction allergique.

Durée de traitement (jours)	Vache	chamelle	vache fermenté	chamelle fermenté
1	1	0	1	0
3	4	3	4	3
6	4	4	4	4

*Discussion*



### 5. Discussion

#### 5.1. PH du lait bovin et du lait camelin

Dans notre expérimentation les valeurs moyennes du pH du lait de bovin et camelin sont similaires. Elles sont de l'ordre de 6,86 et 6,58 pour le lait bovin et camelin respectivement. Les valeurs du pH relevées dans notre étude s'accordent avec celles rapportées par d'autres auteurs. En effet, GAUCHER *et al.*, 2008 et KHASKHELI *et al.*, 2005 ont enregistré des pH de l'ordre de 6,8 et 6,77 pour le lait bovin et camelin respectivement. Il est important de signaler que le pH n'est pas une valeur constante, elle varie au cours du cycle de lactation mais aussi sous l'influence de l'alimentation. (GAUCHER *et al.*, 2008).

Lors de la fermentation par le probiotique le pH diminue dans les deux types de lait. Cette diminution est expliquée par l'hydrolyse du lactose en glucose et galactose ; le glucose sera ensuite fermenté pour produire des composés acides. La génération des composés acides entraîne un abaissement du pH. (AMIOT ET LAPOINTE- VIGNOLE ,2002)

#### 5.2. L'acidité Dornic du lait bovin et du lait camelin

Nos résultats montrent que l'acidité titrable du lait bovin (40,33 D°) est plus élevée que celle rapportée par SBOUI *et al.*, 2009 (17,2 °D) ; (29,67 D°) pour le lait camelin est aussi supérieur à celle rapporté par GHENNAM *et al.*, 2007(14.66 ° D). Il est important de préciser que le lait camelin est caractérisé par un effet tampon plus élevé par rapport au lait bovin (KAMOUN et RAMET, 1989) ceci explique l'absence de relation directe entre le pH et l'acidité titrable. La variation de l'acidité est généralement due à la variation de l'alimentation des animaux et aux conditions environnementales (ABU-TARBOUSH ,1998).

L'acidité titrable du lait indique la teneur en acide lactique formé à partir du lactose hydrolysé par le probiotique utilisé (BADAOUI ,2000).

### 5.3. L'analyse par le Milkoscan™

#### 5.3.1. Matière grasse :

La teneur en matière grasse du lait bovin obtenue (3,25 g/100 ml) est proche au résultat rapporté par SBOUI et al ., 2009 (3,75 g/100 ml),.

La teneur en matière grasse du lait camelin obtenue (3,06 g/100 ml) est aussi proche au résultat trouvé par certains auteurs tels que SIBOUKEUR, 2007 (2,8 g/100 ml). La variabilité de la teneur en matière grasse dépend des conditions climatiques et de l'alimentation (KAMOUN, 1994; LABOUI et al .,2009).

La diminution de la matière grasse du lait bovin (2,29 g/100 ml) après la fermentation est due à la sécrétion des enzymes lipolytiques par le probiotique, et qui hydrolysent les lipides et en particulier les triglycérides en acides gras et en glycérol (HAMZA et ALLOUI, 2017).

Le lait est homogénéisé afin de réduire la taille des globules gras, cette opération est indispensable pour éviter la remontée des matières grasse pendant la fermentation, elle confère un aspect plus blanc au lait. Donc l'augmentation de la matière grasse du lait camelin (4,70 g/100 ml) après la fermentation par le probiotique est due à une homogénéisation faible ou absente (BEAL et SODINI, 2003 ; LUQUET et CORRIEU, 2005).

#### 5.3.2. Matière protéique :

Le résultat obtenu de la teneur en matière protéique du lait bovin est inférieur à celui rapporté par HADDADIN et al ., 2007; tandis que celui du lait camelin enregistré dans notre étude est proche au résultat retrouvé par SIBOUKEUR ,2005 (3,56 g/100 ml). La teneur en matière protéique varie en fonction des variations climatiques saisonnières, il a été observé que le taux des protéiques dans le lait augmente en saison pluviale (WANGOH ,1997 ; ZELEKE ,2007). En outre, les taux les plus élevés de la teneur protéique sont notés en début de lactation (KAMAL et al., 2007 ; ZELEKE, 2007 ; KONUSPAYEVA et al .,2009).

Par ailleurs, la production de l'acide lactique au cours de la fermentation entraîne la chute du pH. Lorsque celui-ci atteint la valeur seuil de 4,6 pour le lait bovin et 4,3 pour le lait camelin ces valeurs correspondent au point isoélectrique de la caséine, la coagulation se déclenche suite à l'agrégation et la précipitation des micelles de caséines

(ZBIKOWSKA et al., 2004); ce qui explique l'augmentation de la teneur en matière protéique du lait bovin (3,74 g/100 ml) et camelin (4,27 g/100 ml) après la fermentation par le probiotique.

### 5.3.3. Lactose

Les résultats obtenus de la teneur en lactose du lait de bovin est égale à (4,95 g/100ml), alors que celle du lait camelin est de (4,97 g/100ml). Les valeurs sont proches de celles présentés par ATTIA et al., 2001 et SBOUIE et al., 2009 qui ont enregistré 4,74 g/100ml (pour les deux types de lait). La teneur en lactose varie non seulement selon l'origine animale du lait mais aussi du stade de lactation et de l'état d'hydratation (CHETHOUNA, 2011).

Lors de la fermentation par le probiotique on trouve que les valeurs du lactose diminue dans le lait bovin et camelin (3,79 ; 3,97 g/ 100 ml respectivement). Elle résulte de la transformation du lactose en acides organiques (MONTEL et al., 2005).

### 5.3.4. L'extrait sec total :

Les résultats obtenus de la teneur en extrait sec total du lait bovin et lait camelin (11,92 g/100 ml; 11,76 g/100 ml respectivement) sont proches aux résultats trouvés par les auteurs SABOUI et al., 2009 et SIBOUKEUR, 2007 qui ont reporté 11,94 g/100 ml et 11,31 g/100 ml respectivement.

Plusieurs auteures ont montré que la variation de la teneur en extrait sec total dépend du stade de lactation (BENGOUMI et al., 1994 ; KHASKHELI et al., 2005), la qualité de l'eau et sa quantité disponible pour les animaux (KHASKHELI et al., 2005).

D'autre part, la teneur en extrait sec total du lait bovin fermenté (10,59 g/100 ml) et du lait camelin fermenté (13,74 g/100 ml) est dépendante de la variation de la matière grasse.

### 5.3.5. L'extrait sec dégraissé :

Les résultats obtenus de la teneur en extrait sec dégraissé du lait bovin et lait camelin (8,72 g/100ml) ; (8,75 g/100ml) sont proches aux résultats rapportés par Park et HEINLEIN, 2006 (8,65 g/100ml) et IQBAL et *al.*, 2001 (9 g/100ml) respectivement. La teneur en extrait sec dégraissé du lait bovin fermenté (8,21 g/100ml) et du lait camelin fermenté (8,97 g/100ml) est dépendante de la variation de la matière grasse.

### 5.3.6. Point de congélation :

Le point de congélation obtenu du lait bovin (-0,57°C) est supérieur à celui trouvé par DEBOUZ et *al.*, 2014 (-0,558°C) ; ainsi le point de congélation obtenu du lait camelin (-0,58°C) est aussi supérieur à celui trouvé par DEBOUZ et *al.*, 2014 (-0,555°C).

PARK et HAENLEIN, 2006 ont mentionnée que la haute teneur en lactose peut contribuer à la diminution de point de congélation ; donc l'augmentation de point de congélation du lait bovin (- 0,47°C) et camelin (- 0,49°C) après la fermentation par le probiotique est suite à l'hydrolyse du lactose.

## 5.4. Test cutané

Les tests cutanés à lecture immédiate représentent la première étape du diagnostic allergologique. Ils sont réalisés par prick-test, une technique simple, rapide et très spécifique. Une goutte d'allergène (dans notre études c'est la caséine) est déposée sur la peau, puis une piqûre est réalisée (BIDAT ,2009).

Pour démontrer la présence d'un allergène avec ses IgE spécifiques fixées sur les mastocytes, un test allergénique cutané provoque leur pontage qui libère des médiateurs vaso-actifs dont le principal est l'histamine. Ils entraînent en quelques minutes une réaction locale, elle-même rapidement labile, appelée triade de Lewis qui associe œdème, érythème et prurit. Cette réaction clinique n'est cependant pas spécifique d'une allergie IgE car elle peut être déclenchée par des mécanismes indépendants des IgE, en particulier pharmacologiques (BOURRAIN ,2009).

### 5.5. Les stades de la réaction allergique

Le but de cette partie consiste à étudier l'effet de la réponse allergique contre la caséine chez les souris immunisées et traitées par les deux types de lait bovin et camelin cru et fermenté.

Dans cette étude l'observation des symptômes provoqués par l'introduction du lait de vache correspond à une réponse allergique positive (Stade 1) dès le premier jour de la stimulation. Par contre les lots qui ont reçu le lait camelin ne présentent aucun symptômes (Stade 0). La présence des différences notables de la composition protéique du lait camelin avec celle du lait bovin peut expliquer le potentiel allergénique réduit du lait de camelin (**Tab.4**). En effet, les caséines du lait de chamelle présentent une faible homologie avec celle des caséines bovines, alors que la  $\beta$ -lactoglobuline, principale protéine allergisante du lait bovin, est complètement absente dans le lait camelin (FARAH, 1998 ; FIOCCHI *et al*, 2010).

Nos résultats montrent également que l'introduction de la caséine le 3<sup>ème</sup> jour de la phase de stimulation montre une évolution rapide de la réaction allergique chez les souris traitées avec le lait bovin. Ces animaux passent au dernier stade allergique (stade 4). Cependant, les souris traitées par le lait camelin présentent moins de complications et sont au stade 3. Ces dernières n'arrivent au stade 4 qu'après 6 jours.

D'une manière générale, les protéines du lait camelin semblent avoir un potentiel antigénique très faible voire nul, ceci a été noté par différentes études où des anticorps monoclonaux ont réagi avec les protéines laitières des différentes espèces (vache, brebis, chèvre, bufflesse) et n'ont pas réagi avec celles du lait camelin. (RESTANI *et al*, 2002 ; EL-AGAMY *et al*, 2009)

## Discussion

**Tableau 3 :** Composition moyenne des caséines du lait de chamelle et du lait de vache

Paramètres	Cn- $\alpha_{s1}$		Cn- $\alpha_{s2}$		Cn- $\beta$		Cn- $\kappa$		Références
	CH	V	CH	V	CH	V	CH	V	
<b>Concentration</b> (g.L <sup>-1</sup> )	5	12	2,2	3	15	10	0,8	3,5	KAPPELER et al., (1998,2003) EIGEL et al., (1984)
<b>Proportion dans les caséines totales(%)</b>	22	40	9,5	10	65	45	3,5	13	FARRELL et al., (2004) AL-AGAMY, (2006) AL-HAJ ET AL-KANHAL, (2010) SHUIEP et al., (2013)
<b>Résidus acides aminés</b>	207	199	178	207	217	209	162	169	KAPPELER et al., (1998) TAUZIN et al., (2002) FARRELL et al., (2004)
<b>Masse moléculaire(KDa)</b>	207	199	178	207	217	209	162	169	KAPPELER et al., (1998) TAUZIN et al., (2002) FARRELL et al., (2004) MICINSKI et al., (2013)
<b>Similitude de structure (%)</b>	207	199	178	207	217	209	162	169	KAPPELER et al., (1998)

*Conclusion*

*Et*

*Perspectives*

### Conclusion :

L'objectif de ce travail est de réaliser une étude comparative entre le pouvoir allergique du lait bovin et camelin. Mais aussi, d'étudier l'effet de la fermentation par un probiotique sur ce pouvoir. Nous avons également réalisé un modèle d'allergie à la caséine chez les souris sur lequel nous avons testé les différents types de lait.

Les résultats obtenus ont montré :

- ✓ Sur le plan physico-chimique on a constaté que :
  - Le lait bovin est plus riche en matière grasse, extrait sec total et acide lactique que le lait camelin.
  - Le lait bovin présente une quantité similaire de matière protéique, lactose, extrait sec dégraissé ; et possède le même pH et point de congélation que le lait camelin.
  
- ✓ La fermentation par le probiotique a permis de :
  - Réduire le taux de lactose et le point de congélation pour le lait bovin et camelin.
  - Augmenter le taux de matière protéique et l'acide lactique et le pH pour le lait bovin et camelin.
  - Diminuer la teneur en matière grasse, extrait sec total et extrait sec dégraissé pour le lait bovin seulement.
  - Augmenter la teneur en matière grasse, extrait sec total et extrait sec dégraissé pour le lait camelin seulement.
  
- ✓ Le Prick test a révélé :
  - Une bonne réactivité cutanée à la caséine chez toutes les souris immunisées qui avaient reçu soit le lait bovin normal/fermenté ou bien le lait camelin normal/fermenté.
  
- ✓ La réaction allergique été développée comme le suivant :
  - Les souris immunisées et traitées par le lait bovin normal/fermenté sont les premiers qui présentent des symptômes du 1<sup>er</sup> stade dès le premier jour, la réaction allergique chez ces animaux évolue rapidement



pour attendre le stade 4 au 3<sup>ème</sup> jour. Les souris immunisées et traitées par le lait camelin normal/fermenté commencent à présenter des symptômes du stade 3 à partir du 3<sup>ème</sup> jour.

Néanmoins, il est intéressant de poursuivre ce travail, ainsi de nombreuses perspectives peuvent être retirées :

- ✚ Analyse de la qualité microbiologique du lait bovin cru/fermenté et du lait camelin cru/fermenté.
- ✚ Etude du profil électrophorétique des protéines du lait bovin cru/fermenté et du lait camelin cru/fermenté.
- ✚ Comparaison de l'effet de la fermentation à l'air ambiant, par voie acide ou par voie enzymatique sur la qualité physico-chimique et microbiologique du lait bovin cru/fermenté et du lait camelin cru/fermenté.
- ✚ Tester le pouvoir allergique du lait de vache et camelin sur un modèle d'allergie au lactose.

*Références*

*Bibliographiques*

### A.

- **Abu-Taraboush H. M., AL-Dagal, M. M., et AL-Royli, M. A.** Growth, viability, and proteolytic activity of Bifidobacteria in whole camel milk. *Journal of Dairy Science*, 1998, vol. 81, no 2: 354-361.
- **Al-Agamy E.I.** Handbook of non-bovine mammals. In : Park Y.W. (Ed.), camel milk (*1<sup>st</sup> edition, chapter 6*). Iowa , USA : Wiley-Blackwell, 2006. p: 297-344.
- **Al-Agamy E.I., Nawar M., Shamsia S.M., Awad S., &Haenlein G.F.W.** Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children? *Small Ruminant Research*, 2009.82,1 :1-6.
- **Al-Haj O.A., & Al-Kanhhal H.A.** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk. *International Dairy Journal*, 2010. 20:811-821.
- **Amellal R.** La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. In : Allaya M. (ed.). *Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000*. Montpellier: CIHEAM, 1995 : 229-38.
- **Amrouche T., Boutin Y., Prioult G., et al.** Effects of bifidobacterial cytoplasm, cell wall and exopolysaccharide on mouse lymphocyte proliferation and cytokine production. *International Dairy Journal*, 2006, vol. 16, no 1: 70-80.
- **Attia H, Felfoul I Et Mohamed A** .Encrassement des Echangeurs Thermiques par du Lait de Chamelle, Laboratoire Analyses Alimentaires, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Route de Soukra B.P.W. 3038, Sfax – Tunisie, 2013.
- **Attia, H., Kherouatou, N., EtDhouib, A.** Dromedary milk lactic acid fermentation: microbiological and rheological characteristics. *Journal of industrial Microbiology and biotechnology*, 2001, vol. 26, no 5: 263-270.

### B:

- **Badaoui, D.** Contribution à la connaissance du lait de chamelle: Essai de caractérisation des protéines par Electrophorèse sur Gel de Poly-Acrylamide (PAGE). Mémoire d'Ingénieur, sciences agronomiques, Université d'Ouargla, 2000.
- **Baixes A.** L'allergie aux protéines du lait de vache chez le nourrisson : la place du pharmacien d'officine dans la prévention primaire et secondaire. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de Nantes, France, 2006 :14-68.
- **Beal, C. et Sodini I.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *In Technique de l'ingénieur, traité Agroalimentaire*, 2003, F6, 315pp 2-16.
- **Beg O.U., Bahr-Lindström H.V., Zaidi Z.H., & Jörnvall H.** The primary structure of  $\alpha$ -lactalbumin from camel milk. *European Journal of Biochemistry*, 1985.147:233-239.
- **Benveniste J.** Hypersensibilité immédiate .CHARPIN (ed), *Allergologie, Flammarion-Médecine- Sciences*, Paris ,1986 : 73-92.
- **Bidat E.** Allergie alimentaire de l'enfant. *Arch .Pédiat*, 2006. 13 : 1349-1353.
- **Bidat, E.** Bilan allergologique d'allergie alimentaire. *Archives de pédiatrie*, 2009, vol. 16, no 1 :65-72.
- **Blanc B.** Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. *International Dairy Journal*, 1982.62 :350-395.
- **Blanc, F** .Développement d'un modèle cellulaire de déclenchement de la réaction allergique .thèse de doctorat, institut de sciences et industrie du vivant et de L'environnement, Paris, France, 2008 :267.
- **Blank U., Rivera J.** The ins and outs of ige-dependent mast-cell exocytosis. *Trends in Immunology*, 2004. 25:266-273.
- **Bornaz S., Sahli A., Attalah A., & Attia H.** Physicochemical characteristics and renneting properties of camel's milk: A comparison with goats', ewes' and cows' milks. *International Journal of Dairy Technology*, 2009.62:505-513.

- **Boughellout H ., Benatallah L ., Zidoune M.N.** Prévalence de l'allergie aux protéines du lait de vache chez des enfants âgés de moins de 3 ans de la ville de Constantine (Algérie). *Revue française d'allergologie*, 2015. 55 : 288–292.
- **Bourrain, J.-L.** Méthodologie des tests à lecture immédiate. In : *Annales de dermatologie et de vénéréologie*. Elsevier Masson, 2009 :. 661-667.
- **Breux B.** L'allergie alimentaire de la petite enfance à l'adolescence : cas de l'allergie aux protéines du lait de vache. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de Lille, France, 2013 : 1-63.

## C:

- **Carine D ., Sebastien L.V, Ambroise M.** Allergie alimentaire : état de lieu et proposition d'orientation. AFSSA, 2002.8:18-22.
- **Caroli A.M., Chessa S., & Erhardt G.** Invited review :Milk protein polymorphisms in cattle: Effect on animal breeding and human nutrition. *Journal of Dairy Science*, 2009. 92: 5335-5352.
- **Chatchatee P., Jarvinen KM., Bardina L., Beyer K., Sampson HA J.** *Allergy Clin. Immunol* , 2001.107 : 379–383.
- **Benmohamed C.** Etude qualitative du lait de chamelle conduite selon deux systèmes d'élevage; l'extensif et le semi intensif. Thèse de doctorat. Université KASDI MERBAH Ouargla, 2019.
- **Chethouna F, et al.** Etude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologiques du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. Thèse de doctorat. 2011.
- **Chvatchko Y., Koscovilbois MH., Herren S., Lefort J, Bonnefoy JY.** Germinal Center Formation and local immunoglobulin E (IgE) production in the lung after an airway antigenic challenge. *Journal of Experimental Medicine* , 1996.184:2353-2360.
- **Collado M.C et Hernández M.** Identification and differentiation of Lactobacillus, Streptococcus and Bifidobacterium species in fermented milk products with bifidobacteria. *Microbiological research*, 2007:86-92.

D:

- **Debouz A., Guerguer L., Hamid Oudjana A., HadjSeydAek.** Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa. *Revue ElWahat pour les recherches et les études*, vol.7n°2,2014 : 10-17.
- **DebryG.** Lait, nutrition et santé, *Tec et Doc*, Paris, 2001. 21:566 pages.
- **Docena, G. H., Fernandez, R., Chirido, F. G., et al.** Identification of casein as the major allergenic and antigenic protein of cow's milk. *Allergy*, 1996, vol. 51, no 6 : 412-416.
- **Duarte M.C.,Costa A., Santos A.S., et al .**Allergy to Goat's and Sheep's Milk without Allergy to Cow's Milk *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2008, vol. 121, no 2:187.
- **Dupont C.** Probiotiques et prébiotiques. *Médecine thérapeutique/Pédiatrie*, 2002, vol. 5, no 1 : 49-53.

E:

- **Eigel W.N., Butler J.E., Ernstrom C.A., Harwalkar V.R., Jenness R., & Whitney R. McL.** Nomenclature of proteins of cows's milk : Fifth revision 1. *Journal of Dairy Science*, 1984. 67:1599-1631.
- **Espinosa E et Chillet .**Immunologie. *Edition Ellipses* .Paris, 2006 :432

F:

- **Farah Z.** Composition and characteristics of camel milk; review. *J DairyRes* 1993:603–26.
- **Farrell H.M.J.R., Jimenez-Flores R., Bleck G.T., Brown E.M., Butler J.E., Cremar L.K., Hicks C.L., Hollar C.M., Ng-Kwai-Hang K.F., &Swaisgood H.E.** Nomenclature of the proteins of cow'smilk ---SixthRevision. *Journal of Dairy Science*, 2004.87:1641-1674.

- **Fattorusso V., Ritter O.** Vademecum clinique : du diagnostic au traitement. *Masson Ed .17ème Edition ,2004 : 1981.*
- **Faustine B.** Immunothérapie de l'allergie alimentaire et études des mécanismes immunologiques associés, 2016.
- **Faye B. Konuspayeva G. MessadS ,et al.** Discriminant milk components of Bactrian camel (*Camelusbactrianus*), dromedary (*Camelusdromedarius*) and hybrids. *Dairy Science & Technology*, 2008, vol. 88, no 6, p. 607-617.
- **FAYE B. TRESSOL J.C,** et al. Composition minérale du lait de chamelle du Sud Marocain. *In : Atelier. CIRAD*, 1994.
- **FIOCCHI, Alessandro, BROZEK, Jan, SCHÜNEMANN, Holger,** et al. World Allergy Organization (WAO) diagnosis and rationale for action against cow's milk allergy (DRACMA) guidelines. *World Allergy Organization Journal*, 2010, vol. 3, no 4 : 57-161.
- **Fredot E.** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnels de la diététique, *Tec et Doc, Lavoisier*, 2006 :397

## G:

- **Gaucher I.** Caractéristiques de la micelle des caséines et stabilité des laits: de la collecte des laits crus au stockage des laits UHT. . Thèse de doctorat. Rennes, Agrocampus Ouest. 2007
- **Ghaoues S.** Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'Est Algérien. Mémoire du Magister en sciences alimentaires. I.N.A.T.A.A. Université Mentouri. Constantine,2011.
- **Gouttaya A Et Bezzalla F.** Etude de la qualité microbiologique du lait camelin collecté localement en mi- lactation. Thèse de doctorat ,2013.
- **Gurmessa J., &Melaku A.**Effect of lactation stage, pregnancy, parity and age on yield and major components of raw milk in bred cross Holstein Friesian cows. *Journal of Dairy and Food science*, 2012. 7:146-149.

### H:

- **Haddadin M. S. Y., Gammoh S. I.** and Robinson R. K. Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. *Journal of Dairy Research, International Journal of Genitics and Molecular Biology*, 1(2): 52-58. *J. DairyTech.*, 64 : 471-474,2007.
- **Hamza, N. Et Alloui R.** Etude des paramètres physicochimiques et biochimiques et analyse des profils protéiques de laits additionnés de grains de Kéfir. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine 1, 2017.
- **HershbergRM., Mayer LF.** Antigen processing and presentation by intestinal epithelial cells –polarity and complexity. *Immunol Today*, 2000.21:123–8.
- **Hinz K., O’Conner P.M., Huppertz T., Ross R.P., & Kelly A.L.** Comparaison of the principal proteins in bovine, caprine, buffalo , equine and camel milk. *Journal of Dairy Research*, 2012. 79:185-191.

### I:

- **Iqbal A., Gill R. A., Younas M.**Milk composition of Pakistani camel (*Camelusdromedarius*) kept under station/farmer’s conditions. *Emirate Journal of Food and Agriculture*,2001, 13: 7-10.
- **Iwasaki A ., Kelsall BL.** Localization of distinct Peyer’s patch dendritic cell subsets and their recruitment by chemokines macrophage inflammatory protein (MIP)-3alpha, MIP-3beta, and secondary lymphoid organ chemokine, 2000.191:1381–94.

### J:

- **Jaffuel D., Demoly P., Bousquet J.** Les allergies alimentaires. *Revue Française d’Allergologie et d’Immunologie Clinique*, 2001;41 (2):169-18.
- **Janeway, C. A.,P., Walport, M. &Shlomchik, M. J.** *Immunobiologie.* (De Boeck Supérieur) , 2003.
- **Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P Et Brule G.** Les produits laitiers ,2<sup>ème</sup> édition, *Tec et Doc, Lavoisier*, 2008. 1-3-13-14-17 (185 pages).



- **Jensen R.G.** Handbook of milk composition. *Academic Press*, San Diego, London, 1995. 947 p.
- **Jouan P.** Lactoprotéines et lactopeptides, propriétés biologiques. *Paris : INRA*, 2002 : 127.

## K.

- **KalačP., etSamkováE.** The effects of feeding various Forgas on fatty acid composition of bovin milk fat:a review.*Czech Journal of Animal Science*, 2010. 55:521-537.
- **Kamal, A. M., Salama, O. A., Et El Saied, K. M.** Changes in amino acids profile of camel milk protein during the early lactation. 2007.
- **Kamoun, M. Et Ramet, J. P.** Conservation et transformation du lait de dromadaire. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires*, 1989, vol. 6: 229-231.
- **Kamoun, M.** Le lait de dromadaire: production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. *Options méditerranéennes, Séries séminaires*, 1995, vol. 13 :81-103.
- **Kappler S., Farah Z., &Puhan Z.** 5'-Flanking regions of camel milk genes are highly similar to homologue regions of other species and can be divided into two distinct groups. *Journal of Dairy Science*, 2003. 86:498-508.
- **Kappler S., Farah Z., &Puhan Z.** Sequence analysis of *Camelusdromedarius* milk caseins. *Journal of Dairy Research*, 1998.65: 209-222.
- **Katinan C. R., Aw, S., Chatigre K. O., et al.** Assessment of chemical and microbiological quality of home-made fermented milk produced and consumed in Yamoussoukro town, Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci*, 2012, vol. 55: 4020-4027.
- **Khaskheli, M., Arain, M. A., Chaudhry, S., et al.** Physico-chemical quality of camel milk. *Journal of Agriculture and Social Sciences*, 2005, vol. 2 : 164-166.
- **Khayath N Et Blay F.** Chapter 1. In allergie alimentaire, 2017 : 3-11.

- **KonuspayevaG** . Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (*Camelusbacterianus* ,*Camelusdromedarius* et hybrides) au Kazakhstan, Thèse en Science des aliments , université Montpellier II, France, 2007.

### L:

- **Labiou H. Elmoualdi L .Benzakour A, et al.** Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 2009, vol. 148 : 7-16.
- **Lafitedupont A.** Les différents laits et leur complexité. Les protéines du lait de vache : aspect nutritionnel et allergie alimentaire. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de Limoges, France, 2011 : 42-121.
- **Laleye L.C., Jobe B., &Wasesa A.A.H.** Comparative study on heat stability and functionality of camel and bovine whey proteins. *Journal of Dairy Science*, 2008.91: 4527-4534.
- **Lapointe-Vignola, Carole.** Science et technologie du lait: transformation du lait. *Presses inter Polytechnique*, 2002.
- **LefèvreS ., Astie C ., Kanny G** . Histamine intolerance or false food allergy with histamine mechanism. *Revue française d'allergologie*, 2017. 57 :24–34.
- **Lifrani A.** Etude du risque allergique à différentes protéines alimentaires : Mise au point de modèle de souris allergiques à l'arachide, à l'albumine à la caséine et à la colle de poisson. *L'Institut National Agronomique, Paris-Grignon*, 2006 : 123.
- **Lin J., Bardina L., Shreffler WG, Andreae DA, Ge Y., Wang J., Bruni FM, Fu Z., Han Y., Sampson HA** *Clin. Immunol*, 2009. 24: 315–322.
- **Lorentz A.,Schwengberg S.,Sellge G.,Manns RP., Bischoff SC.** Human intestinal mast cells are capable of producing different cytokine profiles: Role of IgE receptor cross-linking and IL-4. *Journal of Immunology*, 2000.164:43-48.

- **Luquet F. M. Et Carrieu G.**Bactéries lactiques et probiotique. *Collection science et techniques agroalimentaires. Tec et Doc*, 2005, p 273.

### M:

- **Mahaut M., Jeantet R., Brule G.** Initiation à la technologie fromagère. *Techniques et Documentation-Lavoisier*, Paris, 2003. 194 p.
- **Mal G., Pathak K.M.L.** Camel milk and camel products. *Smv's dairy year book*, 2010.7:97-103.
- **Mathieu J.** Initiation à la physicochimie du lait. *Techniques et Documentation-Lavoisier*, Paris, 1998. 220 p.
- **Mehaia M.A.** Vitamin C and riboflavin content in camel milk, effect of heat treatment. *Food Chemistry*, 1994.50 (2):153-155.
- **Merin U., Bernstein S., Bloch-Damti A., Yagil R., Van Creveld C., Lindner P., & Gollop N.** A comparative study of milk serum proteins in camel (camelusdromedarius ) and bovine colostrum. *Livestock Production Science*, 2001 .67: 297-301.
- **Merzouk A.** Etude d'une formule infantile à base de protéines hydrolysées de riz. Mémoire de Magister, Université d'OranEs-Sénia, Algérie ,2012 : 1-37.
- **Metioui S.** Allergie aux protéines lait de vache. Tlemcen, Université Abou BekrBelkaid .thèse doctorat, 2016 :31-31
- **Micińsk J., Kowalski I.M., zwierzchowski G., Szarek J., Pierożyński B., Zablock E.** Characteristics of cow's milk proteins including allergenic properties and methods for its reduction. *Polish Annals of Medicine*, 2013.20:69-76.
- **Mietton B., Dermazeau M., Deroissart H., Weber F.** Transformation du lait en fromage : bactérie lactique. *Lorica*, 1994. 614p.
- **Moneret – Vautrin D-A ., Kanny G et Morissetm .** Les allergies alimentaires de l'enfant et d'adultes. *Edition Masson, Paris*, 2006 : 155.

- **Moneret-Vautrin D.A., Kanny G.** Pseudo-allergic reactions to food: non-immunological food intolerance. *In: Recent advances in clinical nutrition. Great Britain: Smith Gordon, 1993:143–51.*
- **Montel M.C, Béranger C, et Bonnemaire J.** Les fermentations au service des produits de terroir. *Editions Quae, 2005.*
- **Morin S.** Influence de la présence de la composition du microbiote intestinale sur le développement et la prévention des allergies alimentaires. Thèse de doctorat. Université Paris V René Descartes, France, 2012 : 40-45.

### N:

- **Nancey S., André F., André C.** Les manifestations digestives de l'allergie. In : Vervloet D, Magnan A, eds. *Traité d'allergologie. Médecine-Science, 2003 : 683-93.*
- **Neutra M.** Current concepts in mucosal immunity. V. Role of M cells in transepithelial transport of antigens and pathogens to the mucosal immune system. *Am J Physiol, 1998.37:785–91.*

### O:

- **Ochirkhuyag B., Chobert J-M., Dalgalarondo M., Choiset Y., & Haertle T.** Characterization of whey proteins from Mongolian Yak, Khainak, and Bactrian camel. *Journal of Food Biochemistry, 1998. 22:105-124.*
- **Omar A., Harbourne N., & Oruna-Concha M-J.** Quantification of major camel milk proteins by capillary electrophoresis. *International Dairy Journal, 2016.58 :31-35.*
- **Ono T et Obata T.** A model for the assembly of bovine casein micelles from F2 and F3 subunits. *Journal of Dairy Research, 1989. 56:453-61.*

### P:

- **Park W. Y., Haenlein G. F. W.** Handbook of milk of non-bovine mammals. *Blackwell Publishing, USA*, 2006.
- **Paupe J., Scheinman P., De Blic J.** Allergologie Pédiatrique .2<sup>ème</sup> édition .*Paris.1994*
- **Perin L.F.** Allergologie pratique.3<sup>ème</sup> Edition. *Masson Ed* ,1998 : 196.
- **Pien J.** Physicochimie du lait. *Tech lait*, 1975. 841 :13-149, 844 :21-23.
- **Pougheon S.** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse doctorat d'état en médecine vétérinaire, Université Paul Sabatier de Toulouse, France, 2001.
- **Prioult G, Fliss I etPecquet S.** Effect of probiotic bacteria on induction and maintenance of oral tolerance to  $\beta$ -lactoglobulin in gnotobiotic mice. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*, 2003, vol. 10, no 5: 787-792.

### R:

- **Rancé F., Deschildre A., Dutau G.** Definition of terms used with food allergy in children. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique* 48 ,2008 : 73-90.
- **Restani P. Beretta B. Fiocchi A, et al.** Cross-reactivity between mammalian proteins. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 2002, vol. 89, no 6:11-15.
- **Roca-Fernandez A .I.** Animal factors condition milk performance and quality of grazing dairy cows. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 2014. 4(1) :1-20.
- **Rommel S.** Hypersensibilités alimentaires allergiques chez l'enfant : diagnostic, traitement et conseils du pharmacien. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de Limoges, France ,2012: 14-76.

**S:**

- **Sami L., Bahna MD.** Allergie du lait de vache contre intolérance au lait de vache. *Annals of allergy, asthma&immunology*, 2002 .89(06) :56-60.
- **Sawaya W.N., Khalil J.K., Al-Shalhat A. And Al-Mohammad H.** Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *Journal of Food Science*, 1984.49: 744-747.
- **Sboui, Amel, Khorchani, Touhami, Djegham, Mongi, et al.** Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. *Afrique science: revue internationale des sciences et technologie*, 2009, vol. 5, no 2.
- **Schulmeister U., Hochwallner H., Swoboda I., Focke-Tejkl M., Geller B., Nystrand M., Harlin A., Thalhamer J., Scheiblhofer S., Keller W., Niggemann B., Quirce S., Ebner C., Mari A., Pauli G., Herz U., Valenta R., Spitzauer S. J.** *Immunol.* 2009.182: 7019–7029.
- **Shuiep E.S., Giambra I.J., El-Zubeir I.E.M., & Erhardt G.** Biochemical and molecular characterization of polymorphisms of  $\alpha_{s1}$ -casein in Sudanese camel (*Camelus dromedarius*) milk. *International Dairy Journal*, 2013.28:88-93.
- **Siboukeur O.** Etude du lait camelin collecté localement: caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Université INA El-Harrach Alger Algérie, 2007.
- **Stéphane N., Driffa M., Sabine R., Françoise A., et al.** L'allergie alimentaire et digestive chez l'adulte. *Gastroentérologie Clinique et Biologique* Vol 29, N° 3, mars 2005 : 255-265.

**T:**

- **Tauzin J., Miclo L., & Guillard J.L.** Angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides from tryptic hydrolysate of bovine  $\alpha_{s2}$ -casein. *FEBS Letters*, 2002.531 :369-374.

- **Teissier T., Madet N.** Les allergies alimentaires : cas d'allergie aux céréales, paris, université de paris Val de marne, mémoire maitrise, 2004 :16-6.
- **Thapon J.L.** Science et technologie du lait ,Agrocampus-Rennes , France, 2005:77.

### V:

- **Van Niel G., Mallegol J., Bevilacqua C., Candalh C., Brugière S., Tomaskovic- Crook E., et al.** Intestinal epithelial exosomes carry MHC class II/ peptides able to inform the immune system in mice ,2003.52:1690–7.
- **Van Wijk F and KnippelsL.** Initiating mechanisms of food allergy: Oral tolerance versus allergic sensitization. *Biomed. Pharma other*, 2007. 61:8–20.
- **Vilain A-C.** Qu'est-ce que le lait ? *Revue française d'allergologie*, 2010, vol. 50, n° 3 : 124-127.

### W:

- **Walstra P., Wouters J.T.M. et Geurts T.J.** *Dairy Science and Technology* , 2<sup>nd</sup>eden , CRC Press , Boca Raton , FL, 2006.
- **WangohJ.** Chemical and technological properties of camel (*Camelusdromedarius*) milk. 1997. Thèse de doctorat. ETH Zurich.
- **Wróblewska ., B . Jedrychowski, L. E.** ect of technological modification on the immune-reactive properties of cow milk proteins. *AlergiaAstmaImmunol*, 2003. 8: 157–164.
- **Worbs T., Bode U., Yan S., Hoffmann MW., Hintzen G., Bernhardt G., et al.** Oral tolerance originates in the intestinal immune system and relies on antigen carriage by dendritic cells, 2006.203:519–27.

### Z:

- **Zbikowska A., Szerszunowicz I., et Smyk B.** Effect of pH on the composition and surface hydrophobicity of proteins forming the gel matrix during enzymatic coagulation of heated milk reconstituted from nonfat dry milk. *Milchwissenschaft*, 2004, vol. 59, no 7-8: 417-420.
- **Zelege Z. M.** Non-genetic factors affecting milk yield and milk composition of traditionally managed camels (*Camelus dromedarius*) in Eastern Ethiopia. *Parity*, 2007, vol. 1: 97.
- **Zhao X ., Sato A ., la Cruz CS ., Linehan M ., Luegering A ., Kucharzik T ., et al.** CCL9 is secreted by the follicle associated epithelium and recruits dome region Peyer's patch CD11b+ dendritic cells. *J Immunol* , 2000.171: 2797–803.



## **Résumé :**

Le lait est une denrée ancienne, utilisé par l'homme depuis la préhistoire. Il est indispensable à la survie de nouveau-né et donc de toute l'espèce. L'allergie aux protéines du lait de vache est une réaction immunologique vis-à-vis une ou plusieurs protéines du lait, elle est de type IgE médiée ou non, et se manifeste par des symptômes variés. L'objectif de ce travail est de comparer le pouvoir allergique du lait bovin et camelin et aussi d'étudier l'impact d'une fermentation par un probiotique sur le pouvoir allergique de ces types de lait. La partie expérimentale est divisée en plusieurs parties, la première consiste à l'étude de la composition physico-chimique de lait bovin et camelin crus et fermentés. La deuxième partie concerne le développement d'un modèle d'allergie à la caséine chez les souris et la dernière partie est consacrée à la comparaison du pouvoir allergiques des différents types de lait. Les résultats obtenus montrent que la caractérisation physico-chimique de différents types du lait a montré que la matière grasse, l'extrait sec total et l'acidité dronic sont plus élevés dans le lait bovin cru que dans le lait camelin cru. De plus la fermentation par le probiotique a permis de diminuer le taux de lactose, le point de congélation et d'augmenter la matière protéique, l'acidité dronic et le pH pour les deux types de lait bovin et camelin. Le prick test a révélé une bonne réactivité cutanée à la caséine chez toutes les souris immunisées qui avaient reçu le lait bovin cru/fermenté ou bien le lait camelin cru/fermenté. Les souris immunisées et traités par le lait bovin cru/fermenté commencent à présenter des symptômes dès le 1<sup>er</sup> jour, alors que chez les souris immunisées et traités par le lait camelin cru/fermenté les symptômes n'apparaissent qu'à partir du 3<sup>ème</sup> jour. Bien que, les protéines du lait camelin ont provoqué une réaction allergique chez les souris mais ils restent moins intenses que celles du lait bovin.

**Mots clé :** allergie, protéines du lait, caséine, lait bovin, lait camelin, probiotique.

## **Abstract:**

Milk is an ancient commodity, used by man since prehistoric times. It is essential for the survival of newborns and therefore for the survival of the entire species. An allergy to cow's milk proteins is an immunological reaction to one or several milk proteins, it is of the IgE type, mediated or not, and manifests itself through various symptoms. The aim of this work is to compare the allergic reaction of bovine and camel milk and also to study the impact of fermentation by a probiotic on the allergic reaction of these types of milk. The experimental part is divided into several parts; the first is to study the physico-chemical composition of raw and fermented bovine and camel milk. The second part concerns the development of a model of casein allergy in mice and the last part is devoted to compare the allergic reaction of different types of milk. The results obtained show that the physico-chemical characterisation of different types of milk showed that fat, total dry extract and dronic acidity are higher in raw bovine milk than in raw camel milk. Moreover, the fermentation with the probiotic made it possible to decrease the lactose level, the freezing point and to increase the protein matter, the dronic acidity and the pH for both types of bovine and camel milk. The prick test revealed good skin reactivity to casein in all immunised mice that had received raw/fermented bovine milk or raw/fermented camel milk. Mice immunised and treated with raw/fermented bovine milk began to show symptoms from day 1, whereas in mice immunised and treated with raw/fermented camel milk symptoms did not appear until day 3. Although the proteins in camel milk caused an allergic reaction in the mice, they remain less intense than those in bovine milk.

**Keywords:** allergy, milk proteins, casein, cow's milk, camel milk, probiotic.

## المخلص :

يعتبر الحليب من اقدم الاطعمة المستعملة من قبل الانسان منذ عصور ما قبل التاريخ . وهو طعام اساسي لحياة الرضع و هذا يجعل منه اساسيا لحياة جميع الكائنات . حساسية بروتينات حليب البقر ( APLV ) تعتبر رد فعل مناعي لنوع او عدة انواع من البروتينات الموجودة في الحليب , و كما يمكن ان تتميز بالأجسام المضادة Ige او لا , و تتجلى في عدة أعراض مختلفة . الهدف من هذا العمل هو مقارنة ردة الفعل التحسسي بين كل من حليب البقر و الابل و ايضا دراسة تأثير التخمير ( Fermentation ) على ردة الفعل التحسسية. الجانب التطبيقي من هذا العمل ينقسم لعدة اجزاء اولهم , دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لحليب البقر و الابل ,اما الجزء الثاني يتعلق بتطوير نموذج من الفئران يعاني من حساسية الكازين (Caséine), و في الاخر مقارنة بين ردود الفعل التحسسية لمختلف انواع الحليب المستعملة . أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الخصائص الفيزيوكيميائية لجميع انواع الحليب أن المادة الدسمة والمستخلص الجاف الكلي وحمض الدرونك أعلى في حليب البقر الخام منها في حليب الإبل الخام. بالإضافة إلى ذلك ، أدى التخمير باستخدام المعينات الحيوية ( Probiotique ) إلى خفض مستوى اللاكتوز ونقطة التجمد وزيادة محتوى البروتين وحمض الدرونك ودرجة الحموضة لكلا النوعين من حليب البقر وحليب الإبل. كما كشف اختبار وخز الجلد ( Le prick test ) عن تفاعل جلدي جيد معالكازين (Caséine) عند جميع الفئران المحسنة والتي تلقت حليب البقر خام / مخمر أو حليب الإبل خام / مخمر, كما لاحظنا بداية ظهور الاعراض على الفئران التي تلقت حليب البقرخام / مخمر ابتداء من اليوم الأول ، بينما الفئران التي تلقت حليب الإبل الخام / المخمر لا تظهر عليها الاعراض حتى اليوم الثالث. على الرغم من أن البروتينات الموجودة في حليب الإبل تسببت في رد فعل تحسسي لدى الفئران إلا أنها تظل أقل شدة من تلك الموجودة في حليب البقر.

**الكلمات المفتاحية:** الحساسية ، بروتينات الحليب ، الكازين ، حليب البقر ، حليب الإبل ، المعينات الحيوية

**Nom et Prénom : BOUHOUIA KHAWLA**

**Encadreur : ELOUAR Ibtissem**

**Nom et Prénom : RAMDANE MAROUA**

**intitulé** : Etude comparative de la composition physico-chimique du lait bovin et camelin cru / fermenté et leurs effet sur la réaction allergique chez les souris.

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en Immunologie Moléculaire et cellulaire

**Résumé** :

Le lait est une denrée ancienne, utilisé par l'homme depuis la préhistoire. Il est indispensable à la survie de nouveau-né et donc de toute l'espèce. L'allergie aux protéines du lait de vache est une réaction immunologique vis-à-vis une ou plusieurs protéines du lait, elle est de type IgE médiée ou non, et se manifeste par des symptômes variés. L'objectif de ce travail est de comparer le pouvoir allergique du lait bovin et camelin et aussi d'étudier l'impact d'une fermentation par un probiotique sur le pouvoir allergique de ces types de lait. La partie expérimentale est divisée en plusieurs parties, la première consiste à l'étude de la composition physico-chimique de lait bovin et camelin crus et fermentés. La deuxième partie concerne le développement d'un modèle d'allergie à la caséine chez les souris et la dernière partie est consacrée à la comparaison du pouvoir allergiques des différents types de lait. Les résultats obtenus montrent que la caractérisation physico-chimique de différents types du lait a montré que la matière grasse, l'extrait sec total et l'acidité dronic sont plus élevés dans le lait bovin cru que dans le lait camelin cru. De plus la fermentation par le probiotique a permis de diminuer le taux de lactose, le point de congélation et d'augmenter la matière protéique, l'acidité dronic et le pH pour les deux types de lait bovin et camelin. Le prick test a révélé une bonne réactivité cutanée à la caséine chez toutes les souris immunisées qui avaient reçu le lait bovin cru/fermenté ou bien le lait camelin cru/fermenté. Les souris immunisées et traités par le lait bovin cru/fermenté commencent à présenter des symptômes dès le 1<sup>er</sup> jour, alors que chez les souris immunisées et traités par le lait camelin cru/fermenté les symptômes n'apparaissent qu'à partir du 3<sup>ème</sup> jour. Bien que, les protéines du lait camelin ont provoqué une réaction allergique chez les souris mais ils restent moins intenses que celles du lait bovin.

**Mots clés** : allergie, protéines du lait, caséine, lait bovin, lait camelin, probiotique.

**Laboratoire de recherche, service, CHU, hôpital militaire, Laboratoire (faculté) :**

Laboratoire de Food Testing and Analysis Lab au niveau du CRBT, laboratoire 14 département de biologie appliqué, l'animalerie.

**Jury d'évaluation :**

**Président du jury :** **TEBBANI Fethi**

**MCB Université Constantine 1**

**Rapporteur :** **ELOUAR Ibtissem**

**MCA Université Constantine 1**

**Examineur :** **HADDAD Souad**

**MAA Université Constantine 1**

**Date de soutenance : 24 Septembre 2020**