

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI OUZOU**

**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES**



**DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES**

**Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Science Alimentaire**

**Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité**

## *Thème*

**Caractérisation et effet de traitement thermique sur les  
caractéristiques physico-chimiques du lait de dromadaire  
comparativement au lait de vache**

**Présenté par:**

- **Si Bachir Zina**
- **Zerkani Souad**

**Devant le jury :**

- |                       |                      |            |              |
|-----------------------|----------------------|------------|--------------|
| • <b>Président :</b>  | <b>Mme ALLANE T.</b> | <b>MCB</b> | <b>UMMTO</b> |
| • <b>Examineur:</b>   | <b>Mme REMANE Y.</b> | <b>MCB</b> | <b>UMMTO</b> |
| • <b>Encadrante :</b> | <b>Mme ADDAR L.</b>  | <b>MCB</b> | <b>UMMTO</b> |

**Année universitaire : 2022/2023**

## *Remerciements*

*Nous rendons grâce au Dieu de nous avoir donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.*

*Nos plus profonds et sincères remerciements et le grand respect vont à notre encadrante Dr. ADDAR L, d'avoir proposé ce sujet si intéressant et avoir accepté de nous encadrer et de nous orienter tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Nos vifs remerciements sont adressés aussi aux membres de jury Mme. ALLANE T. et Mme. REMANE Y. de nous avoir honoré par leur présence et d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Notre gratitude et nos chaleureux remerciements s'adressent également à nos parents et à nos familles.*

*Un grand et spécial remerciement à tous les membres de notre promo et à nos enseignants et le personnel de département des Sciences biologiques et agronomiques pour leurs soutiens et leurs aides.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de loin ou de près pour l'élaboration de ce travail.*

## *Dédicace*

*Je remercie tout d'abord, Allah, le tout puissant et clément de m'avoir  
aidé à réaliser ce travail !*

*A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un  
magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans  
ce travail toute ma reconnaissance !*

*A toi mon cher frère Ghiles et mes cousins Ahmed et Sofiane !!*

*A vous mes chères sœurs : Amel et Lila !*

*A toi ma chère copine Saliha, qui m'a toujours encouragé et soutenu dans les  
moments les plus durs, je te souhaite une vie pleine de bonheur !*

*A tous les membres de laboratoire de l'université Mouloud Mammeri qui nous  
ont apporté leur soutien !!*

*A vous notre encadrante Dr.ADDAR.L. qui nous a orienté tout le long de ce  
travail.*

*A ma chère binôme Zina Si Bachir. Ma sœur de cœur, pour les moments de  
bonheur passés ensemble.*

*A tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste  
travail merci infiniment !!!!!!!!*

*Souad*

## *Dédicace*

*Je remercie tout d'abord, Allah, le tout puissant et clément de m'avoir  
aidé à réaliser ce travail !*

*A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un  
magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans  
ce travail toute ma reconnaissance !*

*A toi mon cher frère Yacine !*

*A toi ma chère sœur : Malak !*

*A toi ma chère copine Yasmine, qui m'a toujours encouragé et soutenu dans les  
moments les plus durs, je te souhaite une vie pleine de bonheur !*

*A tous les membres de l'laboratoire de l'université Mouloud Mammeri qui nous  
ont apporté leur soutien !!*

*A vous notre encadrante Dr. ADDAR.L. qui nous a orienté tout le long de ce  
travail.*

*A ma chère binôme Souad Zerkani. Ma sœur de cœur, pour les moments de  
bonheur passés ensemble.*

*A tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste  
travail merci infiniment !!!!!!!!!*

*Zina*

# Sommaire

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Résumé**

**Introduction générale.....01**

## **I/ Synthèse bibliographique**

1.1. Aperçu sur le dromadaire.....03

1.2. Aperçu sur le Bovin .....05

1.3. Caractéristiques du lait de chamelle comparativement au lait de vache .....07

    1.3.1. Caractéristiques organoleptiques .....07

    1.3.2. Caractéristiques physico-chimiques et composition globale .....07

1.4. Valeur nutritionnelle du lait de chamelle .....13

1.5. Vertus thérapeutiques du lait de chamelle .....15

1.6. Aptitude technologique du lait de chamelle .....16

1.8. Facteurs influençant les caractéristiques physico-chimiques et la composition du lait ...17

1.9. Traitement thermique du lait .....18

## **II/ Matériels & méthodes**

2.1. Matériels.....21

2.1.1. Appareillage .....21

2.1.2. Petits matériels .....21

2.1.3. Produits chimiques et réactifs .....21

2.1.4. Matériel biologique.....21

2.1.4.1. Echantillons de lait.....21

2.2. Méthodes d'analyse.....22

2.2.1. Mesure du pH.....23

2.2.2. Détermination de l'acidité Dornic .....23

2.2.3. Détermination de l'extrait sec total, extrait sec dégraissé et matière grasse .....23

2.2.4. Détermination de taux de cendre .....23

2.2.5. Détermination de la teneur en vitamine C .....24

2.2.6. Détermination de la teneur en lactose .....24

2.2.7. Détermination de la teneur en protéines .....24

2.3. Analyse statistique.....	24
-------------------------------	----

### **III/ Résultats & discussion**

#### **3.1. Caractéristiques physico-chimiques des lait camelin et bovin cru.....26**

3.1.1. Mesure de pH.....	26
--------------------------	----

3.1.2. Mesure de l'acidité Dornic.....	27
--	----

3.3.3. Teneur en extrait sec total.....	27
---	----

3.3.4. Teneur en extrait sec dégraissé.....	28
---	----

3.3.5. Teneur en matière grasse.....	28
--------------------------------------	----

3.3.6. Teneur en cendres.....	29
-------------------------------	----

3.3.7. Teneur en vitamine C.....	29
----------------------------------	----

3.3.8. Teneur en lactose.....	30
-------------------------------	----

3.3.9. Teneur en protéines.....	31
---------------------------------	----

#### **3.2. Effet de traitement thermique (ébullition) sur les caractéristiques physico-chimiques des laits camelin et bovin .....31**

3.2.1. Mesure de pH.....	31
--------------------------	----

3.2.2. Mesure de l'acidité Dornic.....	32
--	----

3.2.3. Teneur en extrait sec total.....	33
---	----

3.2.4. Teneur en extrait sec dégraissé.....	33
---	----

3.2.5. Teneur en matière grasse .....	34
---------------------------------------	----

3.2.6. Teneur en cendres.....	34
-------------------------------	----

3.2.7. Teneur en vitamine C.....	36
----------------------------------	----

3.2.8. Teneur en lactose.....	37
-------------------------------	----

3.2.9. Teneur en protéines.....	37
---------------------------------	----

#### **Conclusion générale.....39**

#### **Références bibliographiques.....42**

#### **Annexes**

## *Liste des abréviations*

- **AFNOR** : Association française de normalisation
- **AOAC** : Association des chimistes analytiques officiels
- **AGS** : Acides gras saturés
- **AGI** : Acides gras insaturés
- **$\alpha$ -La**:  $\alpha$ -lactalbumine
- **$\alpha$ S-CN**: Caséine  $\alpha$ S
- **$\beta$ -CN**: Caséine  $\beta$
- **$\beta$ -La**:  $\beta$ -Lactoglobuline
- **BSA** : Albumine sérique bovin
- **CN** : Caséine
- **CSA**: Albumine Sérique Camelin
- **DLC**: Date Limite de Consommation
- **D°**: Degré Dornic
- **ESD** : Extrait Sec Dégraissé
- **EST** : Extrait Sec Total
- **FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
- **HTST** : High Température Short Time
- **Ig**: Immunoglobulines
- **IgE** : Immunoglobuline E
- **$\kappa$ -CN**:  $\kappa$ -caséine
- **LF** : Lactoferrine
- **LZ** : Lysozyme
- **MG** : Matière Grasse
- **PP3**: 3 Protéose-Peptide
- **pH** : potentiel d'hydrogène

### *Liste des figures*

<b>Figure</b>	<b>Titres</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Évolution du cheptel camelin en Algérie en tête durant la période (2000-2021)	<b>04</b>
<b>2</b>	Évolution du cheptel bovin en Algérie en tête durant la période (2000-2021)	<b>06</b>
<b>3</b>	Diagramme de la démarche expérimentale	<b>22</b>
<b>4</b>	pH des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique	<b>31</b>
<b>5</b>	Acidité des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique	<b>32</b>
<b>6</b>	Teneur en extrait sec total des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique	<b>33</b>
<b>7</b>	Teneur en extrait sec dégraissé des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique	<b>34</b>
<b>8</b>	Teneur en matière grasse des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique	<b>34</b>
<b>9</b>	Teneur en cendres des laits cameline et bovin avant et après le traitement thermique	<b>35</b>
<b>10</b>	Teneur en vitamine C des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique	<b>36</b>
<b>11</b>	Teneur en lactose des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique	<b>37</b>
<b>12</b>	Teneur en protéines des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique	<b>38</b>

### *Liste des tableaux*

<b>Tableau</b>	<b>Titres</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Composition physico-chimiques et biochimique du lait camelin en comparaison avec le lait bovin	<b>08</b>
<b>II</b>	La concentration moyenne des protéines du lait camelin en comparaison avec le lait bovin	<b>11</b>
<b>III</b>	La teneur en minéraux du lait camelin en comparaison avec le lait bovin	<b>12</b>
<b>IV</b>	La teneur en vitamines hydrosolubles et liposoluble du lait camelin en comparaison avec le lait bovin	<b>13</b>
<b>V</b>	Comparaison de la composition physico-chimiques des laits camelin et bovin	<b>26</b>

## Résumé

L'objectif du présent travail vise à une meilleure connaissance de la qualité physico-chimique du lait de chamelle afin de mieux le valoriser. Dans ce cadre, nous nous sommes intéressés, tout d'abord, à une caractérisation physico-chimique du lait de chamelle, ensuite, à l'effet de traitement thermique, à savoir l'ébullition à 100 °C de 2 à 3 min, sur les différentes caractéristiques physico-chimiques en comparaison avec le lait de vache.

Les analyses physico-chimiques ont porté sur plusieurs paramètres, notamment le pH, l'acidité titrable, la teneur en extrait sec total, en extrait sec dégraissé, en lactose, en matière grasse, en vitamine C, en cendres ainsi que la teneur en protéines totale.

Les résultats obtenus ont montré que la composition du lait de chamelle analysé est analogue à celle de lait de vache, néanmoins, elle se singularise par une teneur trois fois élevée en vit C ( $61,19 \pm 6,47$  mg/l), une teneur légèrement élevée en lactose ( $53,72 \pm 3,45$  g/l) et un apport appréciable en protéine ( $29,27 \pm 0,69$  g/l).

Concernant l'effet de l'ébullition, les résultats ont montré que la teneur en vitamine C, en extrait sec dégraissé, en matière grasse et en lactose de lait de chamelle et l'extrait sec dégraissé seulement pour le lait de vache sont les principaux composants qui sont affecté par le traitement thermique, cependant, les autres paramètres ne montrent aucune différence significative pour les deux laits.

En effet, le lait de chamelle est une source de nutriments intéressante, mais sa qualité physicochimique est encore peu connue. Cette étude pourrait donc contribuer à mieux valoriser cette ressource alimentaire.

**Mots clés :** lait camelin, lait bovin, qualité physico-chimique, traitement thermique.

## **Abstract**

The aim of the present work is to gain a better understanding of the physicochemical quality of camel milk in order to enhance its value. In this context, we were interested, firstly, in the physicochemical characterization of camel milk, and secondly, in the effect of heat treatment, boiling at 100 °C for 2 to 3 min, on the various physicochemical characteristics in comparison with cow's milk.

The physicochemical analyses covered several parameters, including pH, titratable acidity, total dry extract, defatted dry extract, lactose, fat, vitamin C, ash and total protein content.

The results obtained showed that the composition of the camel milk analyzed was similar to that of cow's milk, although it was characterized by a three-fold increase in vitamin C content ( $61.19 \pm 6.47$  mg/l), a slightly higher lactose content ( $53.72 \pm 3.45$  g/l) and a significant protein contribution ( $29.27 \pm 0.69$  g/l).

Concerning the effect of boiling, the results showed that the vitamin C, fat-free dry extract, fat content and lactose content of camel milk, and fat-free dry extract only for cow's milk, were the main components affected by heat treatment. However, the other parameters showed no significant difference for the two milks.

Camel milk is an interesting source of nutrients, but its physicochemical quality is still poorly understood. This study could therefore contribute to making better use of this food resource.

**Keywords:** camel milk, bovine milk, physicochemical quality, heat treatment.

---

*INTRODUCTION*

*GÉNÉRALE*

---

## **Introduction**

Le lait constitue l'aliment de base de tous les nouveau-nés appartenant au groupe des mammifères. Il est donc indispensable à la survie du nourrisson, mais il est aussi un aliment de choix dans notre société et dans de nombreux autres pays du monde. En effet, il possède une grande valeur nutritionnelle et il est une source de protéine de bon marché.

En Algérie, la consommation de lait par an et par habitant ne cesse d'augmenter, annuellement l'équivalent de 5 milliards de litres de lait sont consommés, ce qui correspond à une moyenne située entre 145 et 150 litres/hab/an. Tandis que la production locale avoisine les 3,5 milliards de litres (Demmad, 2021). Cette demande massive et croissante d'une part et l'insuffisance de la production laitière locale d'autre part, place l'Algérie au second rang mondial en matière d'importation de la poudre de lait avec un chiffre d'affaires 1,5 milliard de dollars/an (Demmad, 2021).

Cependant, malgré ces coûts élevés, l'Algérie continue de dépendre des importations de lait plutôt que de valoriser les autres sources laitières telles que les laits de brebis, de chèvre et de chamelle, qui sont souvent marginalisées.

Un pays comme l'Algérie avec un Sahara qui couvre près de 90 % de sa superficie est un milieu très favorable pour l'élevage camelin qui supporte les conditions climatiques difficiles, mais également produit un lait de haute qualité.

Ces dernières années, le lait de chamelle a suscité un intérêt croissant de la part des scientifiques en raison de sa valeur nutritionnelle et de ses vertus thérapeutiques potentielles. Plusieurs études ont été menées pour caractériser les propriétés du lait de chamelle et évaluer ses effets sur la santé (Boughellout et *al.*, 2016).

Comparativement au lait de vache, le lait de chamelle se singularise par sa teneur élevée en vitamine C qui est trois à cinq fois plus grande que celle du lait de vache (Stahl et *al.* 2006 ; Farah et *al.*, 1992). De plus, il est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anticancéreuses (Magjeed, 2005), anti-diabétique (Agrawal et *al.* 2007) et anti-hypertensive (El-Agamy et *al.* 2009).

De surcroît, le lait de chamelle est doté d'une haute teneur en agents antimicrobiens, lié à sa richesse en lysozyme, lactoperoxydase, lactoferrine et en bactériocines produites par les bactéries lactiques (El-Agamy et *al.* 2009). Cette composition particulière lui permet de garder sa stabilité pendant 5 jours à 30 °C, alors que le lait de vache est complètement déstabilisé

après 48 heures à la même température (Yagil et *al.* 1984 ; Al-Haj et Al-Kanhal, 2010). De ce fait, le traitement thermique n'est pas indispensable si tous les dromadaires du troupeau sont en bonne santé, mais généralement les consommateurs, par mesure de sécurité font l'ébullition qui consiste à faire bouillir le lait pendant 2 à 3 min.

Dans le but de contribuer à avoir une meilleure connaissance de la qualité physico-chimique et nutritionnelle du lait de chamelle, nous avons ciblé la caractérisation physico-chimique de ce lait à l'état cru et suite à un traitement thermique par l'ébullition à 100 °C pendant 2 à 3 min en comparaison avec lait de vache.

---

SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE

---

## **I. Synthèse bibliographique**

### **1.1. Aperçu sur le dromadaire**

Le dromadaire occupe une place prépondérante dans la vie économique et sociale des communautés sahariennes et steppiques, il revêt une importance particulière du fait qu'il évolue dans des milieux où l'existence d'autres alternatives d'élevages seraient aléatoires et onéreuses (Senoussi et *al.*, 2017). Cet élevage suscite donc une activité socio-économique intéressante vu qu'il représente un atout incontestable dans la sécurité alimentaire des régions désertiques et arides (Meguelatti et *al.*, 2018).

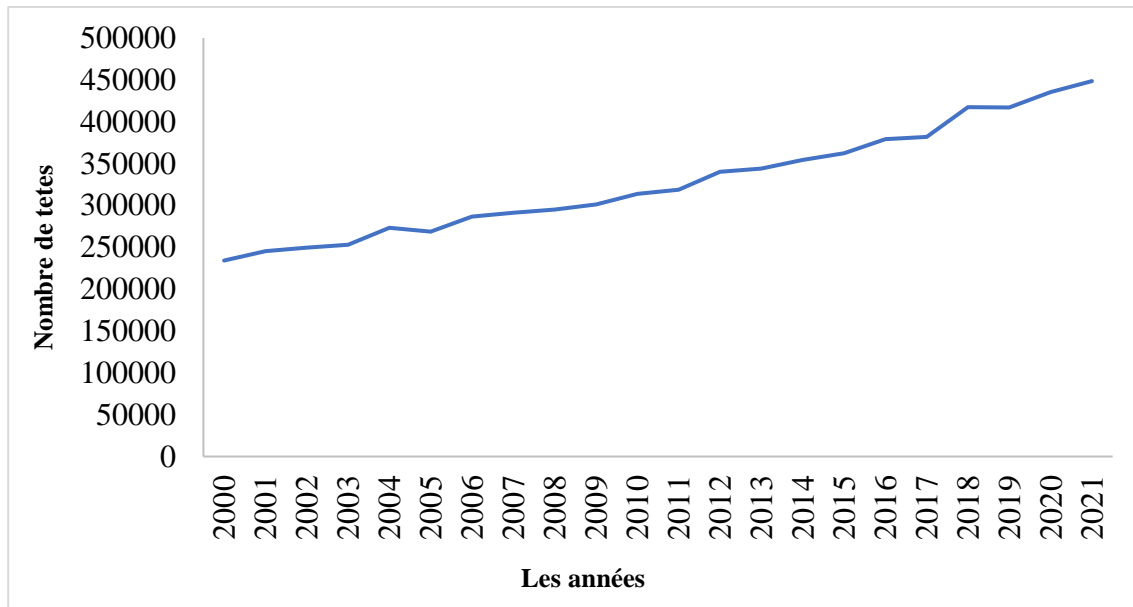
Le nom « dromadaire » dérive du terme grecque « dromados » qui veut dire course. Il est donné à l'espèce de chameau à une seule bosse, appartenant au genre *Camelus* de la famille des Camélidés et dont le nom scientifique est *Camelus dromedarius* (Sibokeur, 2007).

La famille des camélidés ne comprend que deux genres : *Camelus* et *Lama* dont le genre *Camelus* occupe les régions désertiques de l'Ancien Monde (Afrique, Asie et Europe) alors que le genre *Lama* est spécifique des déserts d'altitude du Nouveau Monde (Medjour, 2014).

Les dromadaires sont élevés dans les régions tropicales et subtropicales arides et semi-arides d'Afrique et d'Asie (Karray et *al.*, Ollivon, 2004), où l'effectif mondiale a dépassé 39295752 têtes en 2021 (FAO, 2023).

En Algérie, selon les statistiques de la FAO (2023), une forte progression de réserve en camélidés est enregistrée durant ces deux dernières décennies partant de 234170 têtes en 2000 à 448546 têtes en 2021 (Figure 1).

Les populations du cheptel camelin algérien se distinguent par des critères phénotypiques et socio- géographique. Généralement, les critères de classification utilisés sont : la couleur, la taille, la conformation, le pelage, l'origine géographique et leur utilisation (Cherifi et *al.*, 2013 ; Belkhir et *al.*, 2013 ; Harek et *al.*, 2022). Cependant, très peu de travaux sont menés sur l'étude génétique pour soutenir les critères de classification phénotypique (Cherifi et *al.*, 2017 ; Harek et *al.*, 2017). D'ailleurs, la caractérisation des ressources génétiques animales a suscité un intérêt considérable ces dernières années (Cherifi et *al.*, 2013).



**Figure 1:** Évolution du cheptel camelin en Algérie durant la période (2000 – 2021) selon FAOSTAT (2023).

Selon Ben Aissa (1989) et Harek et *al.* (2017), les différentes races rencontrées en Algérie se sont : le Chaambi, le Saharaoui, l'Ouled Sidi Cheikh, l'Ait Khebbach, le Chameau de la Steppe, le Targui ou race des Touaregs du Nord, l'Ajjer, le Chameau de l'Aftouh et le Reguibi.

Dans les conditions difficiles des zones arides, aucune espèce animale ne produit autant de lait que la chamelle. La quantité de lait produite par la chamelle dépasse celle de la vache soumise aux mêmes conditions climatiques (Faye, 1997 rapporté par Bara et Mohomodou, 2020).

La production journalière moyenne semble se situer au voisinage de 2 à 6 litres en élevage extensif traditionnel, contre 12 à 20 en élevage plus intensif (Ramet, 1993). La durée de lactation varie généralement entre 12 et 18 mois, et la production de lait diminue au cours des derniers mois de lactation jusqu'à 2 à 3 litres (Ben Aissa, 1989). Cette production varie d'une région à une autre, en fonction de la race, de l'individu, et de l'alimentation, etc.

En Algérie, la production de lait de chamelle est encore peu développée et n'est pas considérée comme une activité économique importante et leur lait est principalement utilisé pour l'autoconsommation (Chethouna, 2011).

## **1.2. Aperçu sur le bovin**

L'élevage bovin joue un rôle important dans l'économie agricole algérienne, il contribue à la couverture des besoins nationaux en protéines animales par la production laitière et la production de la viande rouge, mais aussi à la création d'emplois en milieu rural. Il constitue donc une source de rentabilité pour les producteurs et les agriculteurs.

La vache a toujours été et continue d'être la ressource préférentielle et principale du lait. Ce dernier constitue un produit de base dans le modèle de consommation algérien (Senoussi *et al.*, 2010), mais malgré ça la spécialisation en élevage bovin reste toujours peu pratiquée (Mouffouk, 2007).

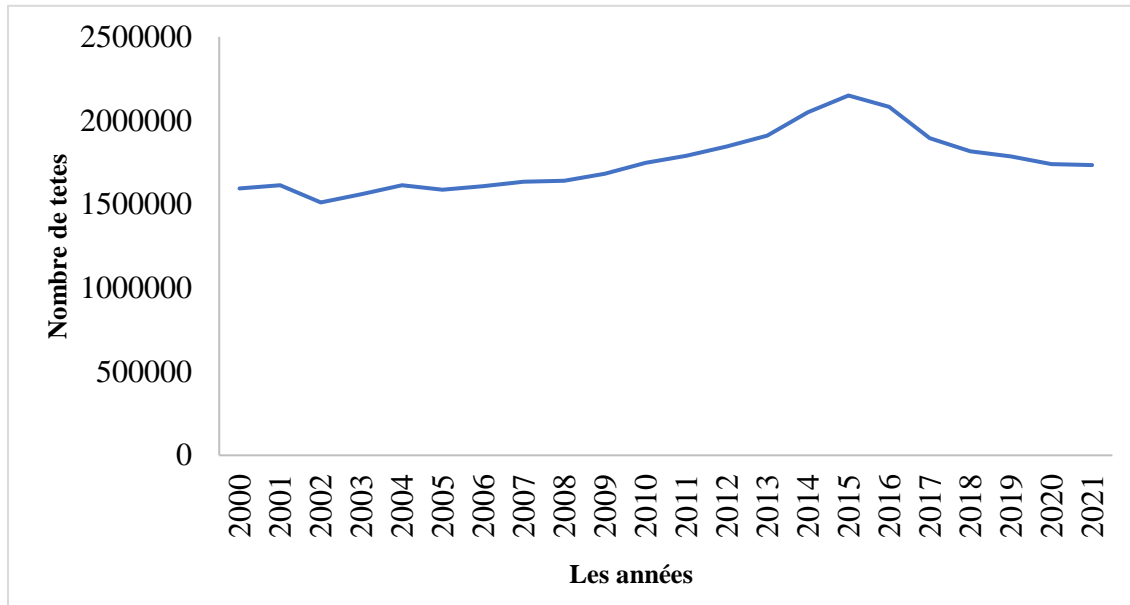
D'ailleurs, la consommation de lait est de 145 à 150 litres par habitant et par an, ce qui représente une demande totale d'environ 3 milliards de litres. Cependant, l'élevage laitier en Algérie est caractérisé par des pratiques et des systèmes de production largement extensifs, ainsi que par l'utilisation de vaches à faible potentiel génétique et de cultures fourragères peu développées. En conséquence, la production nationale ne satisfait qu'environ 40% de ces besoins, le reste étant couvert par des importations, qui ont atteint près de 750 millions de dollars en 2005 (Kadi, 2007).

Trois pays dominent aujourd'hui le marché mondial des productions animales en termes de volumes produits et de croissance de la production : la Chine, le Brésil et l'Inde. Selon les données de la FAO, en 2021 l'effectif bovin mondial était de 1 529 295 983 têtes, dont la Chine, le Brésil et l'Inde représentaient respectivement 99 millions, 217 millions et 304 millions de têtes.

En Algérie, l'élevage bovin demeure concentré dans le nord du pays où les précipitations sont plus abondantes, avec une moyenne de 400 mm de pluie par an. Cette spécialisation des zones agroécologiques en matière d'élevage est confirmée par les travaux de Nedjraoui (2003). En effet, on retrouve dans les régions nord du pays environ 80 % de l'effectif bovin avec 59 % à l'Est, 14 % à l'Ouest et 22 % au centre (Senoussi *et al.*, 2010).

L'effectif de cheptel bovin en Algérie a augmenté en 2015, cette augmentation durant cette période est due à l'importation par l'état des vaches et la mise en place des subventions de lait. Ceci a encouragé beaucoup de personnes à faire de l'élevage bovin laitier.

Cependant, à partir de 2015 le cheptel bovin nationale a connu une régression importante où les effectifs ont passés de 2149549 têtes en 2015 à 1734476 têtes en 2021, et cela est due aux conditions climatiques défavorables (FAO, 2023).



**Figure 2 :** Évolution du cheptel bovin en Algérie durant la période (2000 – 2021) selon FAOSTAT (2023).

La production laitière bovine diffère selon le mode d'élevage, pour le système semi-intensif les rendements peuvent atteindre jusqu'à 15 litres par jour en saison pluvieuse du fait d'une plus grande disponibilité d'aliments fourragers, et ne dépassent pas 8 litres en saison sèche. Globalement, les rendements moyens annuels dans ce système tournent autour de 2 700 litres. Alors que pour le système extensif les rendements journaliers ne dépassent pas 6 litres pratiquement pendant toute l'année, en raison d'un système alimentaire déficient (Amellal, 1995).

Selon Feliachi (2003), le bovin local appartiendrait à un seul et même groupe dénommé Brune de l'Atlas qui regroupe des populations différentes phénotypiquement. On distingue principalement : la Guelmoise, la Cheurfa, la Setifienne, la Chelifienne. On trouve aussi des races importées nommées Bovin Laitier Moderne et les produits de croisement dit Bovin Laitier Amélioré.

### **1.3. Caractéristiques de lait de chamelle comparativement au lait de vache**

#### **1.3.1. Caractéristiques organoleptiques**

Le lait de chamelle est de couleur blanc mat, le goût est un peu salé avec un aspect plus visqueux que le lait de vache, qui est de couleur jaunâtre. Ces caractéristiques et surtout le goût diffère selon l'alimentation des animaux et la disponibilité en eau. L'ingestion de fourrages comme la luzerne, donne un goût sucré, certaines plantes halophytes le rendent salé (Farah et Bachman, 1987).

#### **1.3.2. Caractéristiques physico-chimiques et composition**

##### **1.3.2.1. Caractéristiques physico-chimiques**

Le lait de chamelle cru a un potentiel d'hydrogène (pH) compris entre 6,57 et 6,97 (Kula et Dechasa, 2016), il est un peu acide que le lait de vache d'une valeur de 6,70 (Tableau I) (Sboui *et al.*, 2015).

L'acidité Dornic témoigne de l'état de fraîcheur du lait et de sa richesse relative en caséines, en phosphates, en citrate, en hydrogéo-carbonate et en lactates (Siboukeur, 2011). Elle est autour de 15 degrés Dornic (D°) pour le lait de chamelle (Ghennam *et al.*, 2007 ; Alloui-Lambarkia *et al.*, 2007 ; Bouzid et Labidi, 2016 et Learoussy *et al.*, 2020) et entre 16 à 18 D° pour le lait de vache ainsi que d'autres valeurs un peu plus élevées sont indiquées dans le tableau I.

La densité moyenne de lait de chamelle est de l'ordre de  $1.030 \pm 0.00$  qui est légèrement supérieur à celle déterminée pour le lait bovin  $1,028 \pm 0,00$ . La densité dépend de la teneur en matière sèche, en matière grasse, de la température et du régime alimentaire de l'animal (Debouz *et al.*, 2014).

La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné que la perception de la qualité par le consommateur est étroitement liée aux propriétés rhéologiques du lait, y compris la viscosité (Rheoteste, 2010). La viscosité du lait de chamelle à 20° C est de 1,72 mPa.s, tandis que pour le lait de vache sous les mêmes conditions est de 2,04 mPa.s (Omar *et al.*, 2010). Cette différence est probablement due au diamètre des micelles de caséines qui est relativement plus large dans le lait de chamelle (Kherouatou *et al.*, 2003).

Selon les données fournies par Otmane *al.* (2022), la conductivité du lait de chamelle est de l'ordre de  $16,60 \pm 0,016$  mS/cm, tandis que celle du lait de vache est de  $10,34 \pm 0,002$  mS/cm. Cela indique que la conductivité du lait de chamelle est en effet supérieure à celle du lait de vache.

Le lait de chamelle a un point de congélation qui varie de  $-0.57$  à  $-0.61$  °C, qui est inférieur à celui de lait de vache ( $-0.51$  à  $-0.56$ °C) (Park et Haenlein,2006).

Ces différents paramètres peuvent varier en fonction de nombreux facteurs tels que le rang et le stade de lactation, la race, le type d'élevage, la saison de lactation. Cependant, l'alimentation reste le facteur le plus déterminant (Ramet, 1993 ; Mehaia *et al.*,1995 ; Wangoh *et al.*, 1998 et Siboukeur, 2007).

La propriété la plus importante du lait de chamelle est qu'il peut être conservé plus longtemps que le lait de vache lorsqu'il est réfrigéré. Même avec la chaleur du désert, il ne s'abîme pas très vite et reste assez stable à température ambiante, ce qui lui confère une durée de conservation relativement plus longue (Hassen, 2020).

**Tableau I :** Caractéristiques physico-chimiques et composition du lait camelin en comparaison avec le lait bovin (Sboui *et al.*, 2016).

	<b>Paramètres</b>	<b>Lait camelin</b>	<b>Lait bovin</b>
Caractéristiques physico-chimiques	pH	6,50±0,12	6,70±0,012
	Acidité (D°)	17,25±1,035	17,12±0,64
Composition	Protéines (g/l)	34,15±3,11	32,5±1,06
	Lactose(g/l)	42,78±2,36	40,2±1,35
	Extrait sec total (g/l)	119,44±15,34	104,88±14,37
	Matière grasse (g/l)	22±3,11	32,5±9,12
	Cendres(g/l)	7,5±1,75	6,67±1,76

### **1.3.2.2. Composition globale**

La composition du lait est caractérisée par une grande complexité dans la nature et la teneur de ses composants qui sont particulièrement adaptés aux besoins nutritionnels nécessaire pour la croissance et le développement du jeune animal (Hamidi, 2015). Parmi les principaux composants qui sont présents dans tous les types de lait, on trouve : l'eau, le lactose, la matière grasse, les minéraux, les protéines et les vitamines

- **L'eau**

L'eau est le composant le plus important du lait. La présence d'un dipôle et de double électron libre lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substitutions polaires telle que les glucides, les minéraux et une solution colloïde avec les protéines (Vignola, 2002). Sa teneur dans le lait de vache est 87,7% (Camus et Rigourd, 2017).

L'eau est un facteur crucial pour la composition du lait de chamelle, comme l'ont montré des études telles que celle menée par Patel *et al.* (2016). La teneur en eau du lait dépend directement de l'apport hydrique de la chamelle, qui atteint son maximum pendant la période de sécheresse.

Il a été démontré qu'un régime riche en eau donne un lait ayant un taux de 86% d'eau. En revanche, dans un régime déficient en eau (en période de sécheresse), la teneur en eau du lait s'élève à 90%. Cette dilution du lait en période de sécheresse pourrait être un mécanisme d'adaptation particulier, permettant de couvrir les besoins des chamelons en eau durant cette période difficile (Mahboub, 2009 ; Basem et Fahmy, 2015 et Si Ahmed Zennia,2015).

- **Les Glucides**

Le lactose est le principal glucide présent dans le lait, il joue un rôle nutritionnel particulier et intervient également comme élément de fermentabilité (FAO, 1995).

Le lait de chamelle est connu pour avoir une teneur en lactose relativement constante, qui oscille entre 48 et 50 g/l contre 45 et 50g/l pour le lait de vache (FAO, 1995). Cependant, la saveur du lait de chamelle peut varier en fonction de la concentration de lactose (Farah, 1993; Ramet, 1993 et Kula et Dechasa, 2016). Des études ont montré que la nature de la végétation consommée

par les chameaux dans les régions désertiques peut être un facteur important de variation des teneurs en lactose (Kula et Dechasa,2016).

- **L'extrait sec**

L'extrait sec est l'ensemble des substances présentes dans le lait à l'exclusion de l'eau (Alais, 1984). Il se présente en deux formes : l'extrait sec total (EST) et l'extrait sec dégraissé (ESD).

Gassem et Abu-Tarboush (2000) ont rapporté que la teneur moyenne de l'EST du lait camelin (119g/l) est légèrement inférieur à celle du lait bovin (123g/l), d'autres valeurs sont rapportées dans le tableau I.

- **Les protéines**

Les protéines sont considérées comme le principal composant du lait, ce qui a un impact important sur sa valeur nutritionnelle et son aptitude technologique (Gizachew *et al.*, 2014). Le lait de chamelle est considéré comme une bonne source de protéines pour les personnes vivant dans les régions désertiques du monde, en particulier dans certains pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient (Benmeziane, 2021). La teneur en protéines du lait camelin et bovin est indiqué dans le tableau I, ils se répartissent en deux principaux groupes : caséines (CN) et les protéines de lactosérum (PS).

La caséine est la protéine majoritaire du lait, elle représente 80% des protéines totales de lait de vache (FAO, 2010) et entre 52 à 87% pour le lait de chamelle (Mehaia *et al.*,1995 et Khaskheli *et al.*,2005).

Le lait de chamelle se distingue du lait de vache par sa composition en caséine, qui diffère quantitativement et qualitativement. Les micelles de caséine dans le lait de chamelle ont un diamètre moyen (300 nm) plus grand que celles du lait de vache (180 nm), ce qui peut limiter la coagulation du lait (Farah et Bachman, 1987 ; Farah et Ruegg, 1989 ; Ramet, 2001).

On distingue quatre principales fractions de caséines :  $\alpha$ s1- CN,  $\alpha$ s2-CN,  $\beta$ -CN et  $\kappa$ -CN, leurs proportions est indiqués dans le tableau II.

Les protéines de lactosérum représentent 20 à 25% de protéines totales bovine et cameline. En revanche, contrairement au lait de vache, le lait de chamelle ne contient pas de  $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -La), qui est le principal allergène chez les nourrissons (El-Hatmi *et al.*,2006). Cette particularité rend le lait de chamelle un alternatif pour les personnes allergiques aux protéines de lait de vache. De plus, l'absence de  $\beta$ -La dans le lait de chameau le rend similaire au lait maternel humain, ce qui

en fait un substitut potentiel pour les nouveau-nés qui ne peuvent pas être allaités (El-Hatmi *et al.*, 2006 et Siboukeur, 2007).

Parmi, les protéines de lactosérum, on distingue aussi l' $\alpha$ -lactalbumine ( $\alpha$ -la), l'albumine sérique camelin (CSA), les Immunoglobulines (Ig), le composant 3 des protéose-peptones (PP3), la lactoferrine (LF) et la lysozyme (LZ) (Girardet *et al.*, 2000 ; Merin *et al.*, 2001 ; El-Hatmi *et al.*, 2006 et Siboukeur 2007).

**Tableau II** : La teneur moyenne des protéines (mg/100g) du lait camelin en comparaison avec le lait bovin (Kappeler *et al.*, 2003 et Benkerroum, 2008)

Protéines	lait camelin	lait bovin
$\alpha$ 1-caséine	5000	12000
$\alpha$ 2-caséine	2200	3000
$\beta$ -caséine	15000	10000
$\kappa$ -caséine	800	3500
$\alpha$ -lactalbumine	3500	1260
$\beta$ -lactoglobuline	00	3500
Lactophorine (PP3)	950	300
Lactoferrine	95	140
Lactoperoxydase	–	30
Lysozyme	0,6-6,5	0,05-0,21

- **La matière grasse**

La matière grasse (MG) se présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0.1 à 10  $\mu$ m et elle est essentiellement constituée de triglycérides (98%). La matière grasse du lait de vache représente la moitié de l'apport énergétique du lait et elle est constituée de 65% des acides gras saturés (AGS) et de 35% des acides gras insaturés (AGI) (Jeantet *et al.*, 2008).

Le lait de chamelle est en moyenne plus faible en MG que le lait de vache (Tableau I). Cependant, les globules gras du lait de chamelle sont de très petites tailles (1,2 à 4,2  $\mu$  de diamètre) et restent donc en suspension même après 24 heures de repos, contrairement au lait de vache dans

lequel ces globules constituent une couche grasse en surface au bout de quelques heures. Par ailleurs, la matière grasse du lait de chamelle apparaît liée aux protéines, tout ceci explique la difficulté à baratter le lait de chamelle pour en extraire le beurre (Chethouna, 2011).

De plus, la quantité des acides palmitique, stéarique, oléique et myristique est plus importante dans le lait de chamelle que dans le lait de vache. Ces caractéristiques incitent à confirmer le rôle du lait de chamelle pour la santé du chamelon et des nomades (Hamidi, 2015).

- **Les minéraux**

Les sels minéraux présents dans le lait de chamelle sont aussi diversifiés que ceux rencontrés dans le lait de vache, on distingue des macro-éléments tels que le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium, et des oligo-éléments tels que le fer, le cuivre et le zinc. Bien que la composition en macro-éléments soit relativement similaire à celle du lait de vache, le lait de chamelle se caractérise par des taux plus élevés en oligo-éléments (Tableau III).

Le lait de chamelle est également une source importante de chlorure en raison des fourrages broutés par le dromadaire, tel que l’Atriplex et l’Acacia, qui contiennent habituellement une forte teneur en sel (Al Haj et Al Kanhal, 2010).

**Tableau III :** La teneur en minéraux (mg/100g) du lait camelin en comparaison avec le lait bovin (Barlowska *et al.*,2011 et Medhammar *et al.*,2012)

Minéraux	Lait camelin	Lait bovin
<b>Ca</b>	105-157	112-123
<b>P</b>	58-104	59-119
<b>K</b>	124-179	106-163
<b>Mg</b>	8-16	7-12
<b>Na</b>	36-73	58
<b>Cl</b>	132-0,07	100-119
<b>Fe</b>	0,37	0,03-0,1
<b>Zn</b>	0,19-0,6	0,3-0,55
<b>Cu</b>	0,01-0,19	0,01-0,08

- **Les vitamines**

Le lait de chamelle est une source riche en vitamines (Tableau IV), notamment en vitamine C et en niacine (B3), qui sont présentes en plus grande quantité que dans le lait de vache (Kula ,2016). Cette caractéristique est particulièrement intéressante pour les populations locales vivant dans des environnements où l'apport en ces vitamines est limité ou absent. Le lait de chamelle peut donc contribuer à répondre aux besoins nutritionnels de ces populations (Mathieu *et al.*,2000).

En ce qui concerne le lait de vache, il est une source importante de vitamines du groupe B (B1, B2, B6), de vitamine K et d'acide folique (Sboui *et al.*,2016). Il contient également de la riboflavine et de l'acide pantothénique, qui sont bénéfiques pour la croissance de divers micro-organismes (FAO, 1995).

**Tableau IV** : La teneur en vitamines du lait camelin en comparaison avec le lait bovin (Sboui *et al.*, 2016)

<b>Vitamines</b>	<b>Lait camelin</b>	<b>Lait bovin</b>
<b>C</b>	169,73±5,12	25,64±2,35
<b>B3</b>	391,2±3,38	165,6±4,34
<b>B6</b>	1,19±0,81	6,76±2,22
<b>B2</b>	7,85±3,45	11,34±1
<b>B1</b>	1,54±3,45	1,84±0,87
<b>Acide folique</b>	0,69±0,43	15,52±3,32
<b>A</b>	18,6±1,97	7,26±0,65
<b>E</b>	27,6±2,07	33,48±2,17
<b>K</b>	20,84±1,23	64,9±3,12
<b>D</b>	15,6±2,01	1,78±0,99

### **1.3. Valeur nutritionnelle du lait de chamelle**

Le lait de chamelle constitue depuis des temps très lointains, la principale source alimentaire pour les peuples nomades qui le consomment habituellement à l'état cru ou fermenté. Il est considéré comme l'aliment de base pendant toute l'année, dans la plupart des zones pastorales sahariennes (Sbouï *et al.*, 2016).

De plus, il est considéré comme l'une des sources alimentaires les plus précieuses en raison de sa valeur nutritive et de ses propriétés médicinales. Comparativement, au lait de vache, le lait de chamelle contient de faibles quantités en matières grasses et en lactose, ce qui le rend plus facilement digestible pour les personnes souffrant d'intolérance au lactose. De plus, le lait de chamelle est riche en nutriments essentiels tels que le potassium, le fer et la vitamine C, qui sont importants pour maintenir une bonne santé (Al Achraq *et al.* , 2015).

Selon les données nutritionnelles, 14 tasses de lait de chamelle peuvent couvrir les besoins énergétiques quotidiens d'un adulte moyen, soit environ 2 200 à 2 300 kcal. Cependant, il est important de noter que la consommation de grandes quantités de lait de chamelle peut ne pas être pratique ou souhaitable pour certaines personnes en raison de son goût distinctif et de son coût élevé.

En termes de protéines, 8 tasses de lait de chamelle peuvent fournir les besoins quotidiens en protéines d'une personne adulte. Les protéines sont essentielles pour la croissance et la réparation des tissus corporels, ainsi que pour la production d'enzymes et d'hormones.

Le lait de chamelle est également une source riche en minéraux tels que le calcium et le phosphore. Les besoins quotidiens minimums en calcium et en phosphore sont respectivement de 800 mg, ce qui peut être facilement obtenu avec 2,5 et 4 tasses de lait de chamelle. Le calcium est important pour la santé des os et des dents, tandis que le phosphore est essentiel pour la formation de l'ADN et la production d'énergie dans les cellules.

En outre, le lait de chamelle est très riche en oligoéléments (Cu, Fe, Zn, Ni, Mn) qui jouent un rôle important dans la structure des protéines du lait et affectent ainsi sa qualité nutritive, ces derniers peuvent agir aussi comme catalyseurs de certaines réactions biochimiques.

La valeur nutritionnelle de ce lait est attribuée aussi à sa teneur élevée en acide acétique et propionique qui jouent un rôle dans la conservation et la stabilité de ce lait sous les conditions climatiques du désert (Senoussi, 2011).

Le lait de chamelle est un aliment de haute valeur nutritive, ce qui appelle à un déploiement d'effort sérieux et considérable pour que le lait camelin et ses produits dérivés font objet de valorisation.

### **1.5. Vertus thérapeutiques de lait de chamelle**

Actuellement, la valeur du lait de chamelle a augmenté dans le monde entier en raison de sa grande valeur thérapeutique pour la santé humaine.

Des études ont confirmé que la composition du lait de chamelle est unique en termes de facteurs antioxydants, des activités antibactérienne, antivirale, antifongique et antitumorale par sa richesse en diverses protéines protectrices (lysozyme, lactoferrine, lactoperoxydase, immunoglobulines (Ig) ainsi que d'effet hypoglycémique (Al-Juboori *et al.*, 2013).

La protéine du lait appelée  $\beta$ -lactoglobuline présente dans le lait de vache et de jument est responsable des allergies chez l'Homme. Cependant, le lait de chamelle est dépourvu de cette protéine d'où il peut être comme alternative pour ces sujets.

La  $\beta$ -caséine présente dans le lait de vache provoque également hypersensibilité chez l'Homme. En revanche, le lait de chamelle contient de la  $\beta$ -caséine, mais sa structure présente des différences phylogénétiques qui pourraient être responsables de la non-reconnaissance des protéines de lait de chamelle par les Immunoglobulines E (IgE) et les anticorps monoclonaux circulants. Les enfants souffrant d'allergies alimentaires sévères ont vu leur état s'améliorer rapidement en consommant le le lait de chamelle (Vinod *et al.*, 2021).

Le lait de chamelle est reconnu comme étant bénéfique pour les personnes souffrant de diabète car il contient des protéines de type insuline ( $58,67 \pm 2,01$  UL). Selon des études publiées dans la revue scientifique "*Journal of Diabetes Research*", les protéines de type insuline présentes dans le lait de chamelle ont une activité biologique similaire à celle de l'insuline humaine, ce qui peut aider à réguler la glycémie chez les personnes atteintes de diabète.

Cette protéine insuline passe rapidement de l'estomac dans les voies digestives, ce qui fait que les protéines réparatrices de tissus dans le lait de chamelle agissent comme un remède à l'augmentation de glucose dans le sang et l'urine causée par un manque d'insuline (Hassani *et al.*, 2022).

De plus, de récentes études ont montré que la consommation quotidienne de lait de chamelle avait un effet significatif dans l'amélioration du comportement chez les enfants atteints de l'autisme (Wernery *et al.*, 2012; Al-Ayadhi et Elamin, 2013; Al-Ayadhi *et al.*, 2015 et Hamzawy *et al.*, 2018).

Par ailleurs, la faible teneur en  $\beta$ -caséine, l'absence de  $\beta$ -lactoglobuline et la présence de protéines protectrices font que le lait de chamelle maintient le système immunitaire et le développement du cerveau (Galali *et al.*, 2019).

Le lait camelin aide à restaurer les traitements antimoraux par ses effets anti-génotoxiques et anticytotoxiques grâce à l'inhibition des érythrocytes polychromatiques micronucléés, et améliore l'indice mitotique des cellules de la moelle osseuse. La lactoferrine du lait de chamelle, déjà décrite pour son effet bactériostatique, peut également pénétrer dans les cellules et fonctionner comme un facteur de transcription, activant ainsi la transcription de séquences d'ADN spécifiques. La lactoferrine a donc un potentiel dans le traitement des tumeurs en bloquant la prolifération des cellules tumorales (Abrhaley *et al.*, 2018).

Le lait de chamelle a aussi un effet dermatologique grâce à la présence d'acides  $\alpha$ -hydroxylés connus pour repulper la peau et lisser les ridules et qui aident à éliminer la couche cornée externe de cellules mortes sur la peau en aidant à décomposer les sucres, qui sont utilisés pour maintenir les cellules de la peau ensemble. Cela aide à révéler de nouvelles cellules, plus élastiques et plus claires. En plus, les liposomes présents dans le lait de chamelle sont applicables à un ingrédient cosmétique potentiel pour améliorer l'effet anti-âge (Kula, 2016).

### **1.6. Aptitudes technologiques de lait de chamelle**

La plupart des tentatives de fabrication du fromage à partir du lait de chamelle ont révélé de grandes difficultés à obtenir la coagulation du lait (Farah, 2011). Comparativement au lait de vache, le lait de chamelle a des particularités qui limitent sa transformation (Kamoun, 1990).

Seuls quelques rares fromages sont fabriqués par séparation des protéines du lait préalablement insolubilisées par acidification, le fromage obtenu se présente sous forme d'une pâte humide présentant les caractéristiques des fromages frais, il s'agit d'un produit altérable en raison de sa forte teneur en eau (Gast *et al.*, 1969 ; Yagil, 1982).

Il a été constaté que l'acidification du lait de dromadaire, réalisée soit par voie fermentaire, soit par voie exogène, était plus lente que pour le lait de vache. Ces différences traduisent un effet tampon propre du milieu résultant de sa composition minérale et protéique particulière (Kamoun et Ramet, 1989). Sa matière grasse est difficile à séparer par écrémage. Ceci est dû à la faible taille des globules gras et à leur composition particulière en acide gras (Farah et Rüegg, 1991 ; Kamoun, 1995).

Le lait de chamelle est pauvre en composants fromagers, ce qui rend difficile la transformation en fromage. De plus, son équilibre minéral particulier amplifie cette inaptitude. Cependant, des adaptations technologiques peuvent être mises en place pour corriger ces problèmes et permettre la transformation de ce lait en produits laitiers avec des rendements et des qualités organoleptiques satisfaisants (Kamoun, 1990 ; 1995). On peut citer à titre d'exemple les adaptations suivantes :

- La fabrication du yoghourt et pour renforcer le gel, le lait de chamelle est corrigé par un apport de caséinates de poudre de lait de vache (Kamoun, 1995) ou de brebis (Ramet, 1994) ;
- L'adjonction de phosphate de calcium pour le rétablissement de l'équilibre minéral (Kamoun, 1995) ;
- L'utilisation des extraits d'enzymes gastriques de dromadaires et de la pepsine (Boudjenah *et al.*, 2012 et Mahboub *et al.*, 2012) ainsi que plusieurs produits peuvent être dérivés de ce lait comme le beurre, la crème glacée, la poudre de lait etc.

### **1.8. Les facteurs influençant les caractéristiques physico-chimiques et la composition du lait**

La composition du lait est variable elle dépend bien entendu du génotype de la femelle laitière (race, espèce) mais l'âge, la saison, le stade de lactation, l'alimentation sont des facteurs qui peuvent avoir des effets importants sur la composition du lait (Pougheon et Goursaud, 2001).

- **Variabilité génétique entre individus**

Les facteurs génétiques agissent davantage sur la composition chimique du lait que sur la quantité produite (Kaouche-Adjlane, 2019).

Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée (Pougheon et Goursaud, 2001).

- **Rang de lactation**

La production laitière augmente avec le rang de lactation (Butler, 2005), qui est un facteur de variation majeur de la composition chimique du lait (Kaouche-Adjlane, 2019).

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), elles chutent jusqu'à un minimum au 2<sup>ème</sup> mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (Pougheon et Goursaud, 2001).

- **Âge ou numéro de lactation**

Selon Pougheon et Goursaud (2001), on peut considérer que l'effet de l'âge est très faible sur les quatre premières lactations.

Le vieillissement de l'animal provoque un appauvrissement de son lait, ainsi la teneur du lait en matière sèche tend à diminuer. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle (Mahieu, 1985).

- **L'alimentation**

Selon Pougheon et Goursaud en 2001, les quantités des aliments ingérés par l'animal ainsi que leur nature affectent directement sur le lait quantitativement et qualitativement.

L'alimentation peut avoir un impact significatif sur la qualité et la quantité de lait qu'elles produisent. Bien que l'alimentation ne soit pas le principal facteur de variation du lait, elle peut être modifiée par l'éleveur pour améliorer la production laitière et la qualité du lait.

Une réduction soudaine et importante de l'alimentation peut entraîner une diminution significative de la quantité de lait produite, ainsi qu'une baisse variable du taux de protéines dans

le lait. Cependant, la mobilisation des graisses corporelles des vaches peut entraîner une augmentation importante du taux de matière grasse butyrique dans le lait, associée à une modification de la composition en acides gras (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues).

- **Le climat et la période de l'année**

La composition chimique du lait varie au cours de l'année. Une fois éliminés les effets du stade de lactation et de l'alimentation, les taux butyreux et protéique apparaissent les plus faibles en été et plus élevés en hiver (Coulon *et al.*, 1991). Et cela est confirmé par Bony *et al.* (2005) qui a apporté que les laits les plus riches sont produits en hiver.

### 1.9. Traitement thermique de lait

Le traitement thermique dans l'industrie laitière est une opération unitaire primordiale pour assurer la stabilité du lait durant la conservation et garantir sa sécurité alimentaire. En effet, le lait est un milieu périssable à cause de sa composition qui favorise la croissance des microorganismes. Différents traitements thermiques peuvent d'être appliqué à savoir,

➤ **Pasteurisation** : La pasteurisation est un traitement thermique à des températures comprises entre 60 et 100°C ayant pour but de détruire la totalité des micro-organismes pathogènes non sporulés et de réduire significativement la flore végétative présente dans un produit. C'est un procédé de conservation limité pour lequel le produit doit être conditionné hermétiquement (avec ou sans atmosphère modifiée ou sous vide) et réfrigéré (le produit pasteurisé peut être en effet conservé à + 4°C de quelques jours à quelques semaines) (Chillet, 2011). On distingue trois types de ce traitement :

- ❖ **Pasteurisation basse (62-65°C/30min)** : elle n'est réalisable qu'en batch et est abandonnée en laiterie (Romain *et al.*, 2008).

- ❖ **Pasteurisation haute (71-72°C/15-40s) ou HTST (high temperature short time)** : elle est réservée aux laits de bonne qualité hygiénique. Au plan organoleptique et nutritionnel, la pasteurisation haute n'a que peu d'effets. La date limite de consommation (DLC) des laits ayant subi une pasteurisation haute est 7 jours après conditionnement (bouteille en verre ou en carton, polyéthylène ou aluminium) (Romain *et al.*, 2008).

- ❖ **Flash pasteurisation (85-90°C/1-2s)** : elle est pratiquée sur les laits crus de qualité moyenne. Elle permet de détruire les bactéries pathogènes et les enzymes (la phosphatase et la peroxydase) qui peuvent altérer la qualité des aliments (Romain *et al* ,2008).
  
- **Stérilisation** : est un traitement thermique à des températures supérieures à 100°C, visant à détruire les enzymes, les micro-organismes dans leurs formes végétatives et sporulées et leurs toxines thermosensibles, assurant ainsi la stabilité à température ambiante des produits. Ce traitement doit être appliqué aux denrées dont le pH est supérieur ou égal à 4,5 (Jean, 2020).
  
- **L'ébullition** : est un processus de chauffage du lait à une température élevée (100°C), assure la destruction des microbes et une meilleure conservation. Quand le lait commence à bouillir, à 100°C, les bulles de vapeur d'eau remontent à la surface, mais au lieu de s'échapper comme quand on chauffe de l'eau, elles restent bloquées par la pellicule de peau. Celle-ci finit par monter jusqu'à ce que l'air déborde et dans notre étude c'est ce type de traitement qu'on a utilisé.

---

MATÉRIELS ET  
MÉTHODES

---

## **II. Matériels et méthodes**

Ce travail est effectué au niveau de laboratoire physico-chimique de département des Sciences Alimentaires, faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université de Tizi-Ouzou.

### **2.1. Matériels**

#### **2.1.1. Appareillages**

- Centrifugeuse
- Etuve (Memmert)
- Agitateurs magnétiques de paillasse (Raypa)
- Plaque chauffante
- pH-mètre (Hanna)
- Balance analytique avec une précision de 0,01mg (Sartorius, modèle ABT 220-5DM, Allemagne)
- Dessiccateur
- Spectrophotomètre
- Four à moufles

#### **2.1.2. Petits matériels**

Micropipettes, pipettes graduées, béchers, erlenmeyers, fioles jaugées, papiers filtre, eppendorfs, tubes à hémolyse, burettes, éprouvettes, entonnoirs, cuves, creusés en verre, spatules...etc.

#### **2.1.3. Produits chimiques et réactifs**

Acide sulfurique (d/20)=1,83), acide ascorbique, acide acétique glacial (99 à 100%), éthanol, eau distillée, Sulfate de cuivre II hydraté ( $\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$ ) à 4% 5 P/V, solution d'hexacyanoferrate II de potassium hydraté, solution d'acétate de Zinc hydraté, tartrate double de sodium et de potassium ( $\text{Na K} (\text{H}_4\text{C}_4\text{O}_6), 4\text{H}_2\text{O}$ ), hydroxyde de sodium (NaOH), carbonate de sodium anhydre ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$ )(0.32g/100 ml), sel de sodium du 2-6-DCPIP, bicarbonate de sodium, phénolphtaléine, Folin-Ciocalteu, BSA, lactose.

### 2.1.4. Matériels biologiques

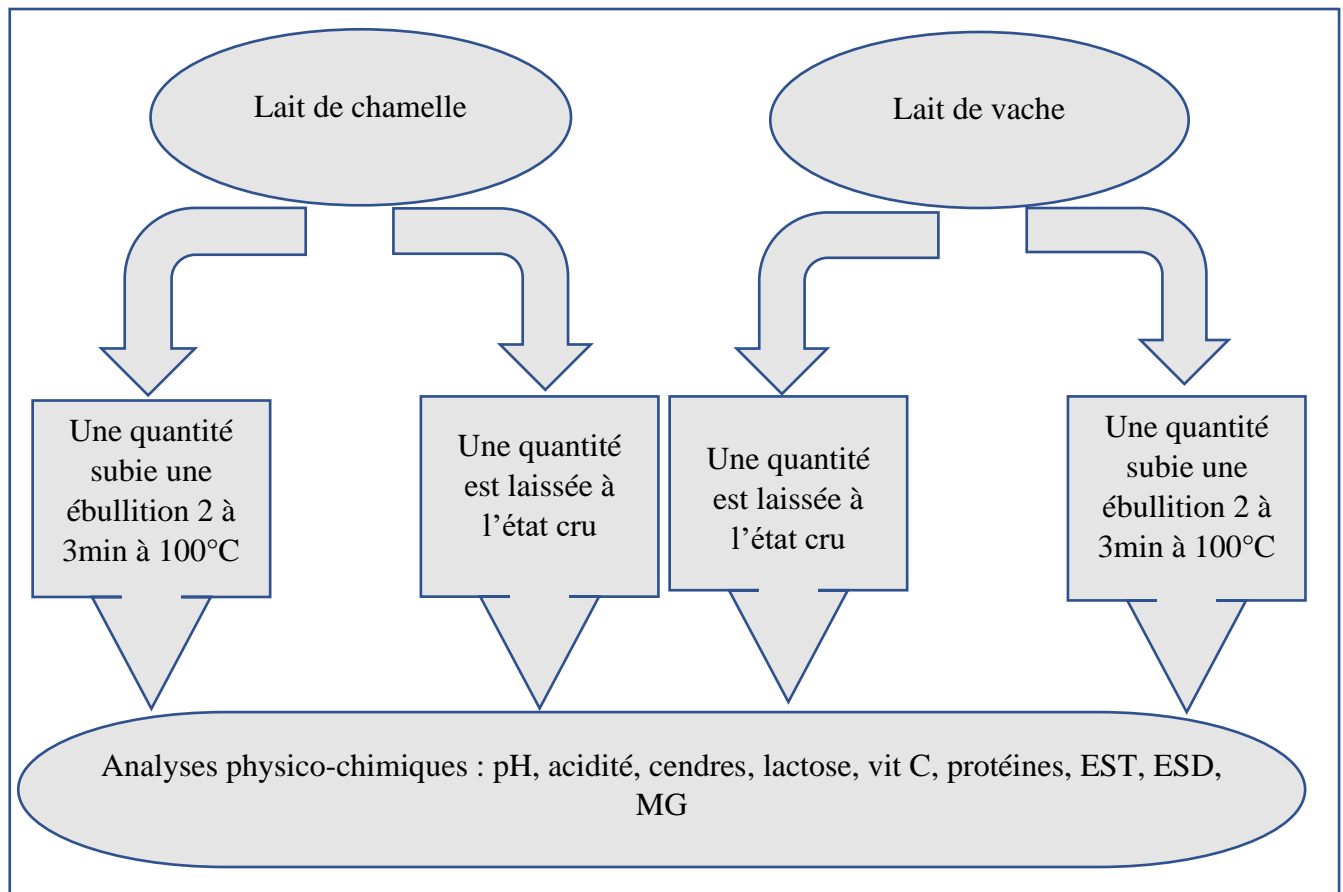
#### 2.1.4.1. Échantillon de lait

Le lait de chamelle utilisé dans le cadre de cette étude est issu de petit mélange provient des chamelles saines (*Camelus dromedarius*) de la population *Sahraoui* vivant en élevage extensif dans des parcours naturels de la région de M'sila. Parallèlement, du lait collecté de vaches saines vivant en élevage semi-intensif de la même région a été utilisé à titre comparatif. Les échantillons de lait sont conservés à 4 °C et transportés ainsi au laboratoire où ils sont analysés.

Ce travail a pour objectif la caractérisation physico-chimique du lait de chamelle cru comparativement à celui de lait de vache et l'évaluation de l'effet de traitement thermique, en particulier l'ébullition à 100°C pendant 2 à 3 min sur les différents paramètres des deux laits.

### 2.2. Méthodes

La démarche expérimentale suivie est récapitulée dans la Figure 3.



**Figure 3 :** Diagramme de la démarche expérimentale

### **2.2.2. Mesure de pH**

La mesure de pH est effectuée à une température du lait de +20 °C à l'arrivée des échantillons au laboratoire, la valeur du pH est lue directement sur le pH-mètre préalablement étalonné après immersion de son électrode dans l'échantillon à analyser.

### **2.2.3. Détermination de l'acidité Dornic**

L'acidité Dornic est réalisée selon la Norme Française 04-206 (Janvier 1969) qui consiste à neutraliser l'acide lactique contenant dans l'échantillon à l'aide d'une solution alcaline en présence de phénolphtaléine comme un indicateur coloré.

10 ml du lait additionné de 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine (1% dans l'alcool à 95%) sont titrés par une solution de soude (NaOH, N/9) jusqu'au virage au rose. La coloration rose doit persister au moins 10 secondes et le volume versé est noté.

L'acidité Dornic est équivalente au dixième de volume en ml de soude versé pour avoir le virage de l'indicateur.

### **2.2.4. Détermination des teneurs en extrait sec total (EST), en extrait sec dégraissé (ESD) et en matière grasse (MG)**

La méthode de dosage mise en œuvre est celle décrite par la norme FIL-21, (1962). Son principe repose sur une dessiccation d'une quantité (3 ml) du lait entier (pour EST) et du lait écrémé (pour ESD) par évaporation à l'étuve à une température de  $100 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 2h jusqu'à l'obtention d'un poids stable (Annexe 2)

#### **Estimation de la MG**

La matière grasse est déterminée selon cette formule :  $\text{MG (g/l)} = \text{EST (g/l)} - \text{ESD (g/l)}$

### **2.2.5. Détermination de la teneur en cendres**

La teneur en cendres se réfère à la quantité totale de résidus de minéraux obtenus après l'incinération de matières organiques. Cette teneur est déterminée selon la méthode officielle AOAC, 2000. Le protocole de cette méthode est indiqué dans l'annexe 3.

### **2.2.6. Détermination de la teneur en vitamine C**

Le dosage de la vitamine C est effectué par titrimétrie en utilisant la solution de 2-6-dichlorophenol-indophénol (2-6-DCPIP) de couleur bleu selon la méthode de dosage décrite par Audigie *et al.* (1978).

En milieu acide, le 2-6-DCPIP oxyde la vitamine C et donne une coloration rose pâle. Les étapes expérimentales sont décrites dans l'annexe 4. L'étalonnage de la solution de 2-6-DCPIP est réalisé par une solution étalon de la vitamine C de concentration 0,04 g/l.

### **2.2.7. Détermination de la teneur en lactose**

La teneur en lactose est déterminée en suivant le protocole décrit par Audigie *et al.* (1978), qui est basé sur la réduction à chaud d'une solution cupro-alcaline (liqueur de Fehling).

En premier lieu, une défécation est réalisée en ajoutant au lait des solutions d'hexacyanoferrate de potassium et d'acétate de zinc. Par la suite, une titration de liqueur de Fehling est effectuée par la solution obtenue de la 1<sup>ère</sup> étape. L'étalonnage de la solution de Fehling est fait par une solution étalon de lactose de concentration 5g/l (Annexe 5).

### **2.2.8. Détermination de la teneur en protéines par la méthode de Lowry *et al.* (1951)**

Le taux des protéines dans le lait est estimé par un dosage spectrophotométrique en utilisant la méthode de Lowry *et al.* (1951) (Annexe 6).

Cette méthode consiste en une réaction d'oxydo-réduction d'une part, entre le réactif phosphotungstomolybdique et les acides aminés tyrosine et tryptophane des protéines et d'autre part, à un degré moindre ceux de la cystéine et histidine. Le développement de la coloration se fait au moyen d'un traitement par une solution alcaline (NaOH) contenant du cuivre (CuSO<sub>4</sub>). L'intensité de la coloration développée est mesurée à 750 nm et elle est proportionnelle à la concentration en protéines (Guillou *et al.*, 1976).

La teneur en protéine est déterminée en se référant à une courbe étalon en utilisant l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine de référence.

## **3.3. Analyse statistique**

Les résultats ont été exprimés en moyenne  $\pm$  écart-type pour trois répétitions. L'analyse statistique est réalisée au moyen de logiciel Graph Pad Prism 9.00, en utilisant le test de variance ANOVA. La différence est considérée significative pour un  $p < 0,05$ .

---

RÉSULTATS ET  
DISCUSSION

---

**III. Résultats et discussion****3.1. Caractérisation physico-chimique des laits camelin et bovin cru**

Les valeurs des différents paramètres physico-chimiques sont récapitulées dans le tableau V.

**Tableau V** : Comparaison des caractéristiques physico-chimique des laits camelin et bovin

<b>Paramètres</b>	<b>Lait de chamelle</b>	<b>Lait de vache</b>
<b>pH</b>	6,63 ± 0,12	6,9 ± 0,11
<b>Acidité</b>	15,84 ± 1,4	14,36 ± 0,7
<b>Extrait sec totale (g/l)</b>	104 ± 1*	141,11 ± 2,17
<b>Extrait sec dégraissé (g/l)</b>	61,67 ± 1*	100,22 ± 0,77
<b>Matière grasse (g/l)</b>	42,33 ± 1	42,17 ± 2,59
<b>Cendres (g/l)</b>	5,25 ± 1,79	7,33 ± 0,38
<b>Vitamine C (mg/l)</b>	61,19 ± 6,47*	21,19 ± 0,55
<b>Lactose (g/l)</b>	53,72 ± 3,45*	41,70 ± 1,39
<b>Protéines (g/l)</b>	29,27 ± 0,69	30,23 ± 3,19

\* : différence significative ( $p < 0,05$ ).

**3.1.1. Mesure du pH**

La valeur moyenne de pH de lait de chamelle cru analysé est égale à 6,63±0,12 (Tableau V). Cette valeur est comparable à celle de lait de vache (6,90±0,11), dont aucune différence significative n'est enregistrée.

Cette valeur que nous avons relevé dans la présente étude est similaire à celles annoncées par plusieurs auteurs tels que, Shamsia (2009) avec 6,64±0,05, Kula (2016) 6,5 , El-Loly (2009) 6,55-6,87 , Al Juboori *et al.*(2013) 6,67±0.059 , Abdulqadir (2019) 6,2 et Bornaz *et al.*(2009) avec 6,53. Cependant, des valeurs légèrement élevées sont évoqués par Siboukeur (2007) et Arroum *et al.*(2015) avec 6,31±0,15 et Bengoumi (2015) entre 6,55 et 6,65.

Le pH ainsi que le goût du lait peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau (Gorban et Izzeldin 1997). Saley (1998) estime que la teneur relativement élevée en vitamine C du lait de chamelle serait à l'origine du pH bas. Par ailleurs, le pH bas du lait camelin peut être attribué à la forte concentration en acide gras volatils (Yagil, 1985).

### 3.1.2 Mesure de l'acidité

Le lait de chamelle cru présente une acidité titrable moyenne de l'ordre de  $15,84 \pm 1,40$  D° (Tableau V) qui paraît similaire à celle de lait de vache ( $14,36 \pm 0,70$  D°) (différence non significative).

Cette valeur se rapproche des résultats trouvés par Kamoun (1994) et Ghennam *et al.* (2007) avec  $15,6$  D°, Alloui-Lombarkia *et al.* (2007) et Learoussy *et al.* (2020)  $15,12$  D°, Bouzid et Labidi, (2016)  $15,30$  D° et plus faible par rapport à celles signalés par Siboukeur (2007)  $18,2$  D° et Karaman *et al.* (2022) avec  $19$  D°.

L'acidité du lait peut être attribuée à des substances acides (caséine, vitamine C, acides organiques, phosphate). L'augmentation de l'acidité est un indicateur de la qualité de conservation du lait et le résultat d'un développement conséquent de la flore lactique (Boumendjel *et al.*, 2019).

En outre, l'alimentation des animaux, les conditions environnementales, la période de lactation, les conditions hygiéniques lors de la traite, ainsi que la flore microbienne totale et son activité métabolique ont une influence sur l'acidité Dornic du lait (Taybi *et al.*, 2014 ; Bachtarzi *et al.*, 2015).

### 3.1.3. Teneur en extrait sec total

Selon le tableau V, la teneur en extrait sec total pour le lait camelin est de  $104 \pm 1$  g/l qui est significativement inférieure à celle du lait bovin ( $141,11 \pm 2,17$  g/l). Les résultats obtenus pour le lait camelin se rapprochent de ceux rapportés par Alloui *et al.* (2007)  $109,20$  g/l et par Siboukeur O et Siboukeur A (2012)  $113,11 \pm 10,58$  g/l en Algérie.

Le lait de chamelle est connu pour avoir une teneur en extrait sec total plus faible que celle des laits d'autres espèces animales. Cette caractéristique a été mise en évidence dans une étude menée par Ramet (1994).

Plusieurs auteurs ont montré que la variation de la teneur en extrait sec total était due à divers facteurs tels que la qualité de l'eau et sa quantité disponible pour les animaux (Khaskhali *et al.*, 2005). En effet, durant la période d'été la teneur en eau du lait augmente et donc sa teneur en extrait sec total diminue davantage sous l'effet du stress hydrique. Haddadin *et al.* (2008) ont trouvé que le taux d'extrait sec total atteignait son maximum en mi-hiver et son minimum en été.

De même, Yagil et Etzion (1980) avaient montré bien que le passage d'un régime hydraté à un régime pauvre en eau fait chuter très sensiblement le taux d'extrait sec total de  $14,3\%$  à  $8,8$

%. Ce phénomène est naturel, car il permet d'assurer la survie du chamelon et de lui fournir un produit de valeur nutritive suffisante et une quantité importante d'eau en période de sécheresse.

La teneur en extrait sec total du lait varie également en fonction du stade de lactation (Khaskhali et *al.*, 2005), des facteurs saisonniers, de l'environnement, du rang de lactation et du nombre de vêlages (Yagil, 1982 ; Khaskhali et *al.*, 2005). Des variabilités génétiques et l'effet de l'origine géographique sur la composition du lait de chamelle ont été également rapportés ( Ereifej et *al.*, 2011 ; Konupsayeva et *al.*, 2009).

### 3.1.4. Teneur en extrait sec dégraissé

La teneur en extrait sec dégraissé (Tableau V) est de  $61,67 \pm 1$  g/l pour le lait camelin qui est inférieur comparativement au lait bovin ( $100,22 \pm 0,77$  g/l) où une différence est très hautement significative est enregistrée.

Ces résultats sont inférieurs aux résultats de Debouz et *al.* (2014)  $102,43 \pm 0,46$  g/l dans la wilaya de Ghardaïa et aux résultats de Ould-Moustapha et Ould Hamadi (2016) 86,9 g/l en Rosso en Mauritanie.

Coubronne et *al.* (1980) ont affirmé que la nature et la qualité de l'alimentation des animaux d'élevage a un impact significatif sur la composition du lait qu'ils produisent. Plus précisément, une ration pauvre peut réduire le taux d'ESD.

### 3.1.5. Teneur en matière grasse

D'après les résultats représentés dans le tableau V, la teneur en MG du lait camelin est de  $42,33 \pm 1$  g/l qui est légèrement supérieure à celle du lait bovin qui présente une teneur de  $42,17 \pm 2,59$  g/l sans enregistrer une différence significative.

En analysant les données rapportées par la littérature, nous remarquons une fluctuation des teneurs en MG : 25 à 35 g/l en Jordanie (Haddadin et *al.*, 2007) ;  $22 \pm 1,414$  g/l (Sbouï et *al.*, 2015) et 20 à 55 g/l (Jemmali et *al.*, 2016) en Tunisie ; 32,7 g/l en Algérie (Hadeï et *al.*, 2018).

Khaskhali et *al.* (2005) ont constaté que ces variations sont relatives à l'état d'hydratation de l'animal et à son alimentation. Cependant, d'autres facteurs tels que la saison, le stade de lactation et le nombre de mise bas peuvent également avoir un impact sur les taux de matières grasses dans le lait (Benmezian et Derraji, 2021).

### 3.1.6. Teneur en cendres

La teneur en cendres de lait de chamelle analysé est de  $5,27 \pm 1,79$ g/l (Tableau V). Elle apparaît légèrement faible comparativement à celle du lait de vache ( $7,33 \pm 0,38$ g/l) (Différences non significatives).

Cette valeur de lait camelin est néanmoins inférieure à celles rapportées par d'autres auteurs à savoir, Alloui-Lambarkia *et al.* (2007) 6,79g/l en Algérie, Kouniba *et al.* (2005) 8,30g/l au Maroc, El-Hatmi *et al.* (2006) 10,5g/l en Tunisie, Dalilio (1989) 8,83g/l au Mauritanie et Sawaya *et al.* (1984) 7,9g/l en Arabie Saoudite.

La teneur en cendres du lait camelin est influencée par plusieurs facteurs, notamment la disponibilité en eau et le stade de lactation. Selon une étude menée par Yagil (1985), la privation d'eau peut entraîner une diminution de la teneur en cendres du lait camelin. Cette observation peut s'expliquer par le fait que la privation d'eau peut réduire la quantité de minéraux présents dans le lait.

D'autre part, la teneur en cendres du lait camelin peut également varier en fonction du stade de lactation et des quantités de lait produites, comme l'a montré Farah (1993). En effet, la composition du lait camelin peut varier au cours de la lactation, avec une augmentation de la teneur en matières grasses et une diminution de la teneur en protéines et en minéraux au fur à mesure que la lactation progresse.

### 3.1.7. Teneur en vitamine C

Selon le tableau V, la teneur en vitamine C de lait de chamelle cru est de  $61,19 \pm 6,47$  mg/l, elle est trois fois plus élevée que la valeur mesurée pour le lait de vache cru ( $21,19 \pm 0,55$  mg/l). Ces résultats montrent la richesse du lait camelin en vitamine C, ce qui était signalé (Farah *et al.*, 1992 ; Stahl *et al.*, 2006 ; Sibokeur, 2007) et le lait maternel (Vikas *et al.*, 2018). Les différences enregistrées sont très hautement significatives ( $P < 0.0001$ ).

Pour le lait de chamelle, les résultats obtenus sont inférieurs par rapport à ceux évoqués par Sboui *et al.* (2016) en Tunisie ( $169,73 \pm 5,12$  mg/l), Ahmed *et al.* (2017) ( $184 \pm 21,1$  mg/l) à Khartoum. Mais bien supérieurs aux résultats de Farah *et al.* (1992) (37,4 mg/l), Baidar Khan *et al.* (2001) (58,2 mg/l), Sibokeur (2007) (41,40 mg/l) et Shamsia (2009) (46 mg/l).

Notons que, l'alimentation joue un rôle majeur, il est remarqué des teneurs élevées en vit C dans le cas d'une alimentation contenant de la luzerne (Konupsayeva *et al.*, 2003). Par ailleurs,

d'autres facteurs comme le mode d'élevage, la race et le stade de lactation ont aussi un impact significatif sur la teneur en vit C (Konuspayeva et *al.*, 2011).

### 3.1.8. Teneur en Lactose

D'après les résultats représentés dans tableau V, la teneur en lactose de lait de chamelle est de  $53,72 \pm 3,45$  g/l qui est supérieur par rapport à celle du lait de vache ( $41,70 \pm 1,39$  g/l), avec une différence significative.

Les taux en lactose enregistrés pour le lait camelin dans la présente étude sont proches de ceux rapportés par Ellouze et Kamoun (1989), Attia et *al.* (2001), Sboui et *al.* (2009) en Tunisie qui sont de 47 à 54 g/l. D'autres auteurs, dont la majorité entre eux ont enregistré des teneurs bien inférieures comme Sibokeur, 2007 ( $43,87 \pm 3,10$  g/l), Alloui et *al.*, 2007 (34,20 g/l) au Sahara et ( $42,69 \pm 2,58$  g/l) dans la steppe, Chethouna, 2011 ( $40,8 \pm 1,30$  g/l), Sboui et *al.*, 2016 ( $42,78 \pm 2,36$  g/l). Par contre, Kamal et *al.* (2007) en Egypte et Haddane et Ouchene (2022) en Algérie ont déclaré des taux plus élevés ( $58,5$  g/l –  $56$  g/l) respectivement.

La teneur en lactose dans le lait camelin varie en fonction de la race, de stade de lactation (Kamal et *al.*, 2007) où les teneurs sont faibles à la naissance, puis augmentent durant les premières 24 heures et restent invariables de premier mois jusqu'à la fin de lactation (Ramet, 2001).

Par ailleurs, une grande variation pourrait être due au fait que les chameaux broutent souvent des plantes halophytes comme *Atriplex*, *Acacia*...ect, mais également selon la disponibilité en eau, d'où, un régime déshydraté diminue le taux de ce sucre, cette variabilité constitue une spécificité du lait camelin (Alloui et *al.*, 2007).

### 3.1.9. Teneur en protéines

L'analyse des résultats figurant dans le tableau V, montre que les teneurs en protéines sont similaires entre les deux lait (différences non significatives  $p=0,9601$ ), avec  $29,27 \pm 0,69$ g/l pour le lait camelin et  $30,23 \pm 3,19$ g/l pour le lait bovin respectivement.

La valeur de lait de chamelle enregistré est comparable à celle obtenus par Mehaia et *al.* (1995)  $29,1$ g/l , Kamoun,(1995)  $27,6 \pm 1,1$  g/l, Sboui et *al.*(2015)  $26,83 \pm 1,64$ g/l et Attia et *al.*(2001)  $30,8$ g/l. Cependant, il semble inférieur à celle rapporté par Seboui et *al.* (2009) et Kamal et *al.*(2007)  $34,15$ g/l, Shamsia,(2009)  $34,6$ g/l, Mohamed et *al.*(1989)  $34,01$ g/l, Siboukeur,(2008)  $35,68 \pm 5,64$ g/l, Arroum et *al.*(2015hq)  $37,35 \pm 0,07$ g/l et Kamoun,(1994)  $34,3 \pm 4,4$ g/l. En revanche, des valeurs plus faibles ont été avancées par Ellouze et Kamoun,(1989)  $22,26$ g/l, Gnan et *al.*

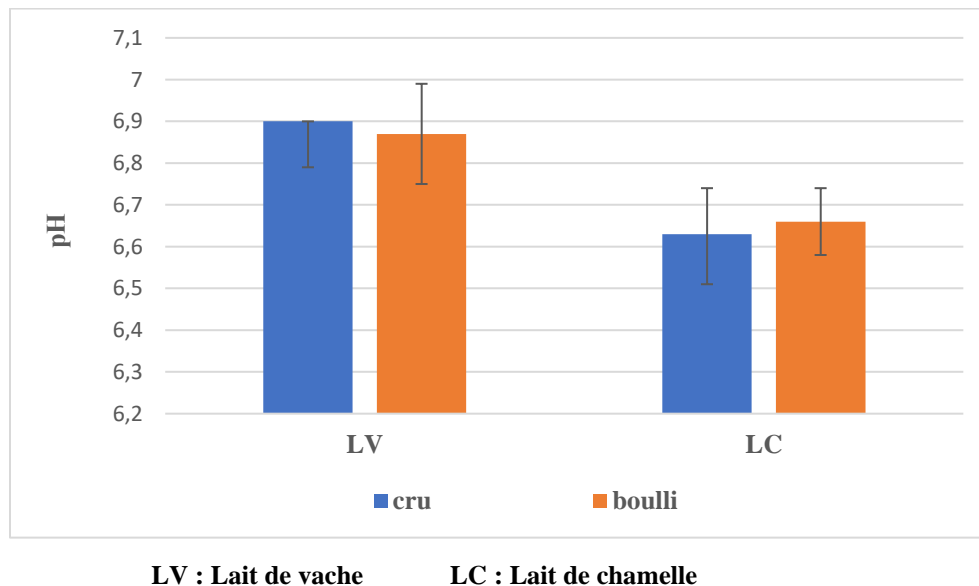
(1994) 21,5g/l et Khaskheli *et al.*(2005) 25,4g/l, ainsi que des valeurs plus élevées sont données par Sanayei *et al.*(2015) avec 46g/l.

Concernant la variation de la teneur en protéine, Konuspayva *et al.* (2008), Abbas *et al.* (2013) et Sanayei *et al.* (2015) ont rapporté que celle-ci est affectée par des facteurs environnementaux tels que l'alimentation, le climat, la saison et le stade de lactation.

### 3.2. Effet de traitement thermique (ébullition) sur les caractéristiques physico-chimiques des laits camelin et bovin

#### 3.2.1. Mesure de pH

Après le traitement thermique (Figure 4), on constate une légère augmentation non significative du pH du lait camelin ( $6,66 \pm 0,08$ ) par rapport au lait cru ( $6,63 \pm 0,12$ ), ceci est probablement due à la réduction de la charge microbienne sous l'effet de la température, ce qui entraîne l'abaissement de la production d'acide lactique par ces bactéries (Chethouna, 2011), par contre une légère diminution non significative est constatée pour le lait bovin ( $6,87 \pm 0,12$  vs  $6,9 \pm 0,11$ g/l).

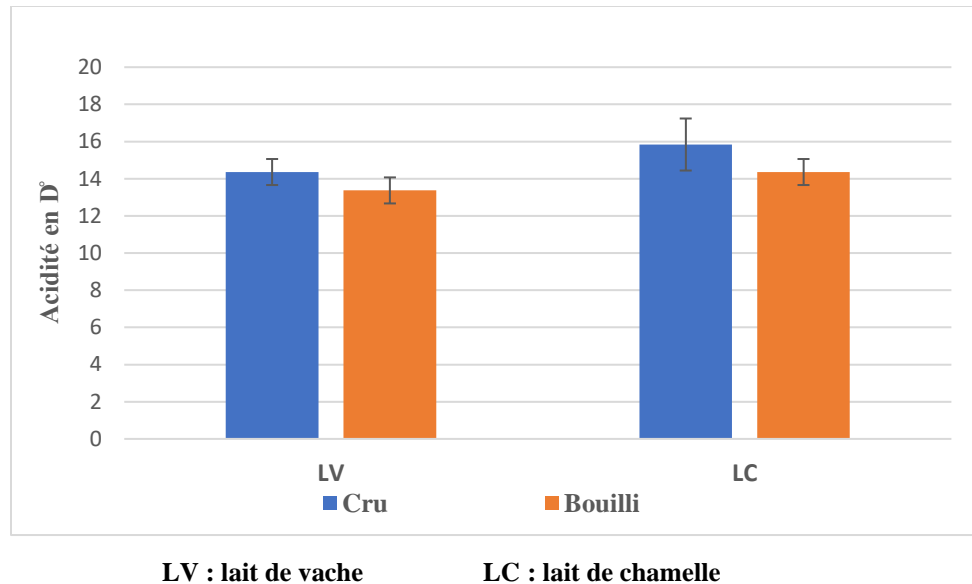


**Figure 4:** pH des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique.

Ces résultats montrent une stabilité de pH vis-à-vis le traitement thermique pour les deux laits, ce qui est en accord avec les travaux de Sboui *et al.* (2015) qui ont rapporté aucun effet significatif de l'ébullition sur la variation du pH sur le lait camelin et bovin du sud tunisien.

### 3.2.2. Mesure de l'acidité Dornic

La figure 5 montre que le traitement thermique a un effet non significatif sur l'acidité titrable des laits, néanmoins une légère diminution est remarquée comparativement au lait cru (14,36±0,70 D° et 13,37±0,70 D°) pour le lait camelin et le lait bovin respectivement. Cette diminution est probablement due à la réduction d'une partie de la flore microbienne sous l'effet de la température.

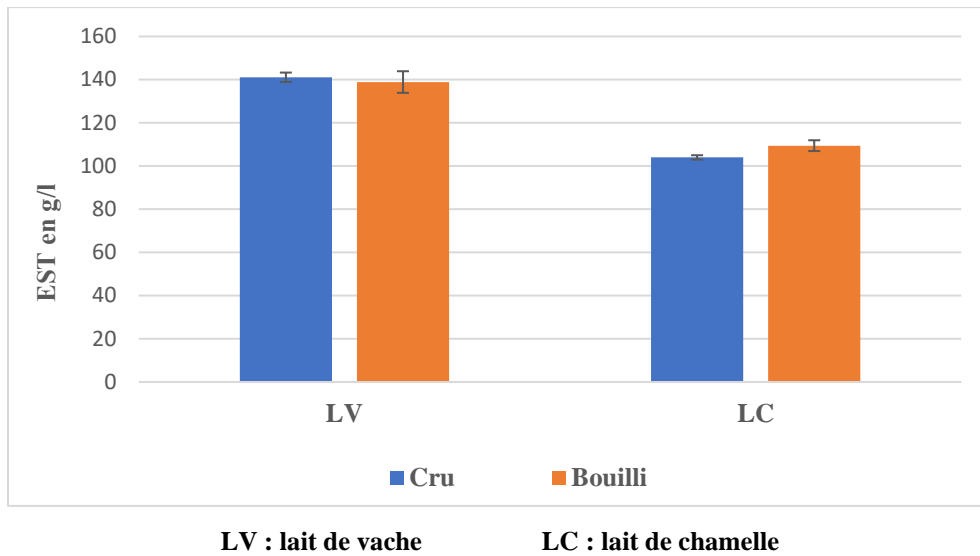


**Figure 5:** L'acidité Dornic des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique.

Nos résultats concordent avec les résultats de Sboui *et al.* (2015) qui n'ont constaté aucune différence significative de l'ébullition sur l'acidité des laits étudiés (bovin et camelin) par contre, ils ont signalé un effet significatif de la pasteurisation sur l'acidité du lait bovin.

### 3.2.3. Teneur en extrait sec total

A partir de l'histogramme (Figure 6), on constate que l'ébullition du lait camelin a entraîné une augmentation non significative de la teneur en EST en comparaison avec le lait à l'état cru de 104 ± 1 g/l à 109,44 ± 2,5 g/l, contrairement au lait bovin qui a connu une diminution aussi non significative de la teneur en EST de 141,11 ± 2,17 g/l à 138,89 ± 5,01 g/l.

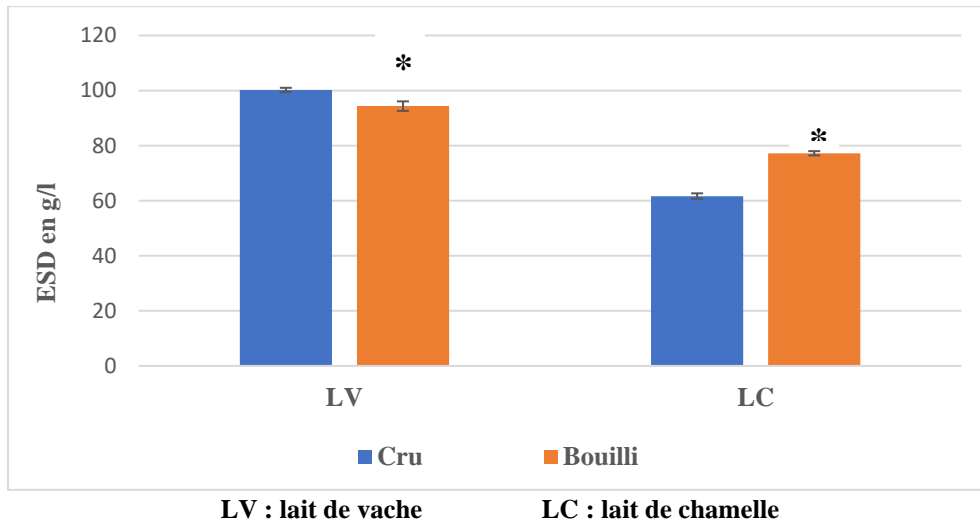


**Figure 6 :** Teneur en extrait sec total des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique.

Donc, on peut conclure que l'ébullition n'a aucun effet sur le taux de l'extrait sec total ce qui est confirmé par Sboui *et al.* (2015) et Aouachria (2020) dans leurs études.

### 3.2.4. Teneur en extrait sec dégraissé

Les résultats représentés dans la figure 7 montrent que le traitement thermique a entraîné une augmentation significative de la teneur en ESD de lait camelin en comparaison avec le lait cru de  $61,67 \pm 1$  g/l à  $77,22 \pm 0,77$  g/l, et cela revient à la diminution de la teneur en matière grasse après l'ébullition.



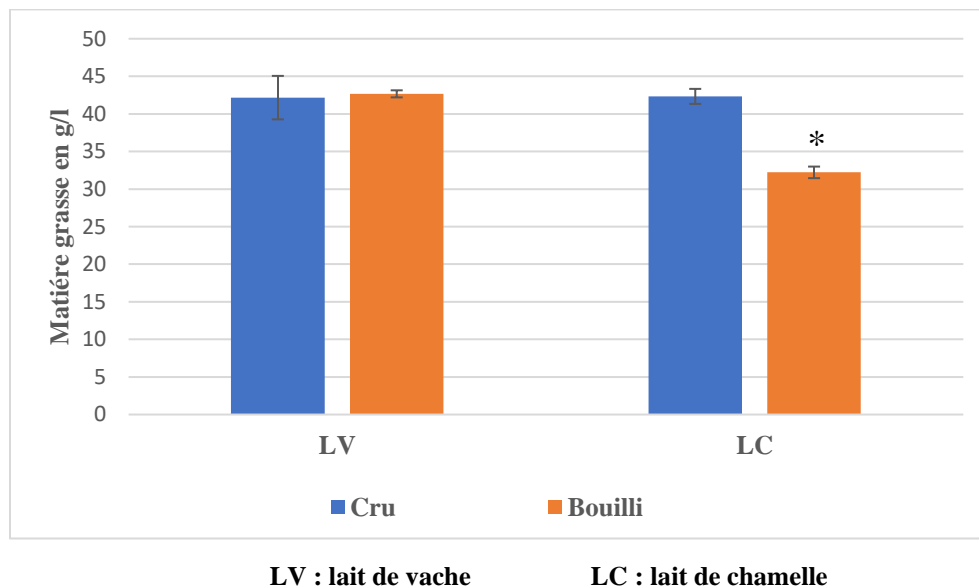
\* : différence significative ( $p < 0,05$ ).

**Figure 7 :** Teneur en extrait sec dégraissé des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique.

Contrairement, au lait bovin qui a révélé une légère diminution significative par rapport au lait à l'état cru de  $100,22 \pm 0,77$  g/l à  $94,33 \pm 1,73$  g/l à cause de l'augmentation de la matière grasse après ébullition. Selon nos recherches bibliographiques, il y'a pas de travaux concernant l'effet de l'ébullition sur la teneur en extrait sec dégraissé des deux laits.

### 3.2.5. Teneur en matière grasse

Les résultats obtenus (Figure 8) montrent une diminution significative de la teneur en MG pour le lait camelin, qui passe de  $42,33 \pm 1$  g/l à  $32,22 \pm 0,77$  g/l après ébullition. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Sboui *et al.* (2015). Par contre, aucun effet significatif n'est constaté pour le lait bovin.



\* : différence significative ( $p < 0,05$ ).

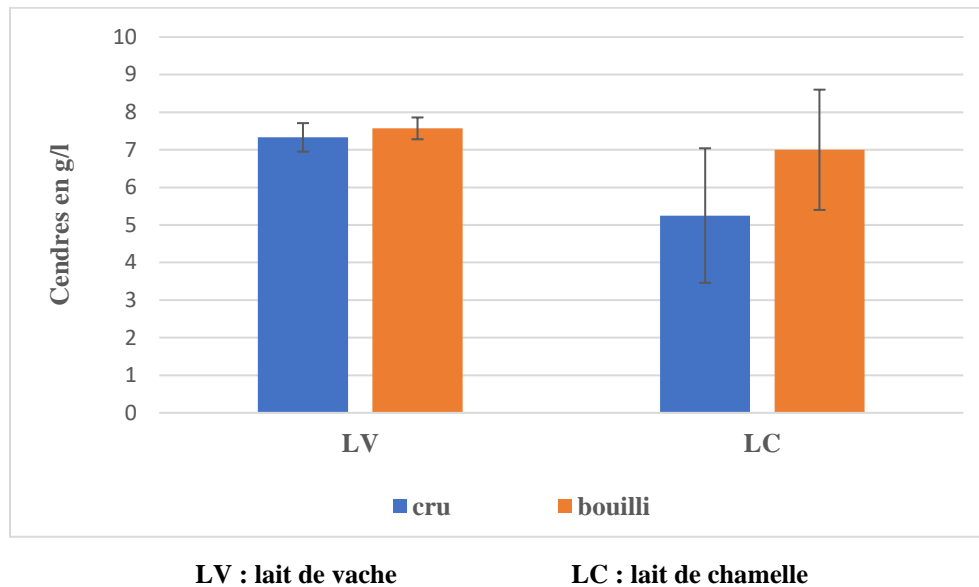
**Figure 8 :** Teneur en matière grasse des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique.

Cette diminution de la teneur en matière grasse pour le lait camelin peut être due à l'instabilité de certains acides gras à haute température, notamment la diminution de la concentration en acides linoléique et palmitoléique (Sboui, 2010).

### 3.2.6. Teneur en cendres

Selon les résultats de l'étude présentée dans la figure 9, le traitement thermique n'a pas eu d'effet significatif sur le taux de cendres du lait camelin et bovin, comparé au lait à l'état cru. Les

valeurs de cendres pour le lait camelin et bovin étaient respectivement de  $7,00 \pm 1,60$ g/l et  $7,57 \pm 0,29$ g/l après le traitement thermique, contre  $5,27 \pm 1,79$ g/l et  $7,33 \pm 0,38$ g/l pour le lait à l'état cru.



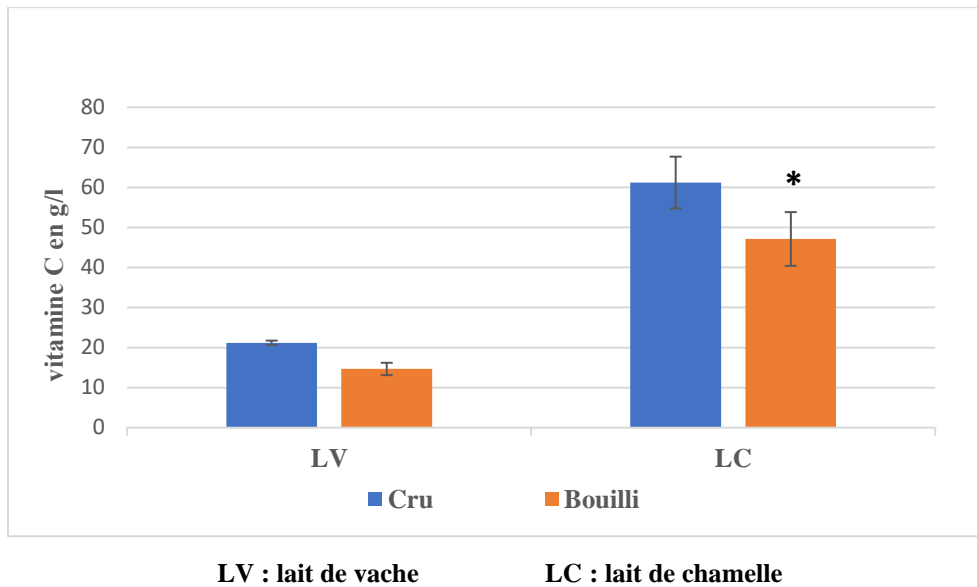
**Figure 9 :** Teneur en cendres des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Lund *et al.* (2021) qui ont constaté une augmentation significative du taux de cendres du lait camelin suite à l'ébullition, ainsi que sous effet de la pasteurisation (de  $6,8 \pm 0,096$ g/l à  $7,1 \pm 0,056$ g/l) (Hattem *et al.*,2011).

En ce qui concerne le lait bovin, une étude a montré une augmentation significative du taux de cendres après pasteurisation à  $63^{\circ}\text{C}$  (de  $7,16 \pm 0,81$ g/l à  $7,83 \pm 0,10$ g/l) en raison de l'évaporation d'eau sous l'effet de température ( Sboui *et al.*,2015).

### 3.2.7. Teneur en vitamine C

L'effet de traitement thermique sur les laits étudiés est représenté dans la figure 10, les résultats montrent que la teneur en vit C est diminuée de  $61,19 \pm 6,47$ mg/l à  $47,11 \pm 6,71$  mg/l et de  $21,19 \pm 0,55$  mg/l à  $14,66 \pm 1,54$  mg/l pour le lait de chamelle et de vache, respectivement.



\* : différence significative ( $p < 0,05$ ).

**Figure 10:** Teneur en vitamine C des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique.

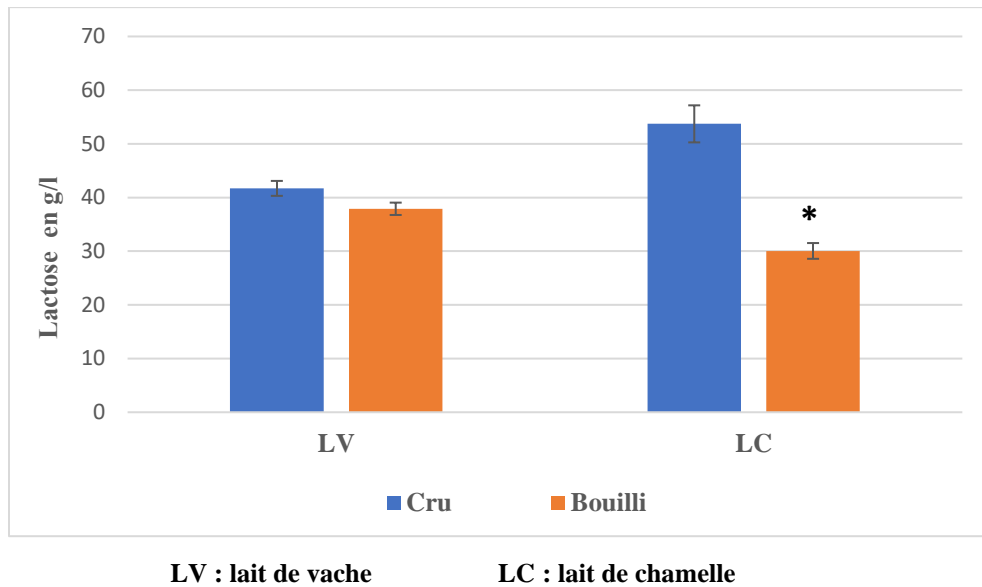
Une diminution significative est enregistrée pour le lait de chamelle, cette diminution est en accord avec la perte déclarée par Renner (1989) qui est de 10 à 25 % et par Mehaia (1994) qui est de 27% sous l'effet d'un traitement thermique à 63 °C/30 min et 15% sous l'effet d'un traitement thermique à 73 °C/15 s, par contre certains auteurs tel que Werney et *al.* (2005) ont trouvé des réductions minimales non significatives le cas du lait bovin.

Le traitement thermique a donc un effet négatif sur la vitamine C, du fait que cette vitamine est thermolabile (Faye et al., 2019).

### 3.2.8. Teneur en Lactose

Le lait de chamelle bouilli présente selon l'histogramme (Figure 11), une teneur moyenne en lactose de  $30,05 \pm 1,47$  g/l qui semble inférieure par rapport à celle de lait cru ( $53,72 \pm 3,45$  g/l) avec une différence significative. Contrairement au lait de chamelle, la teneur en lactose du lait de vache bouilli ne présente aucune différence significative.

Nos résultats sont contradictoires avec ceux de Lund et *al.* (2021) qui ont trouvé que le traitement thermique n'a aucun effet significatif sur la teneur en lactose de lait de chamelle.



\* : différence significative ( $p < 0,05$ ).

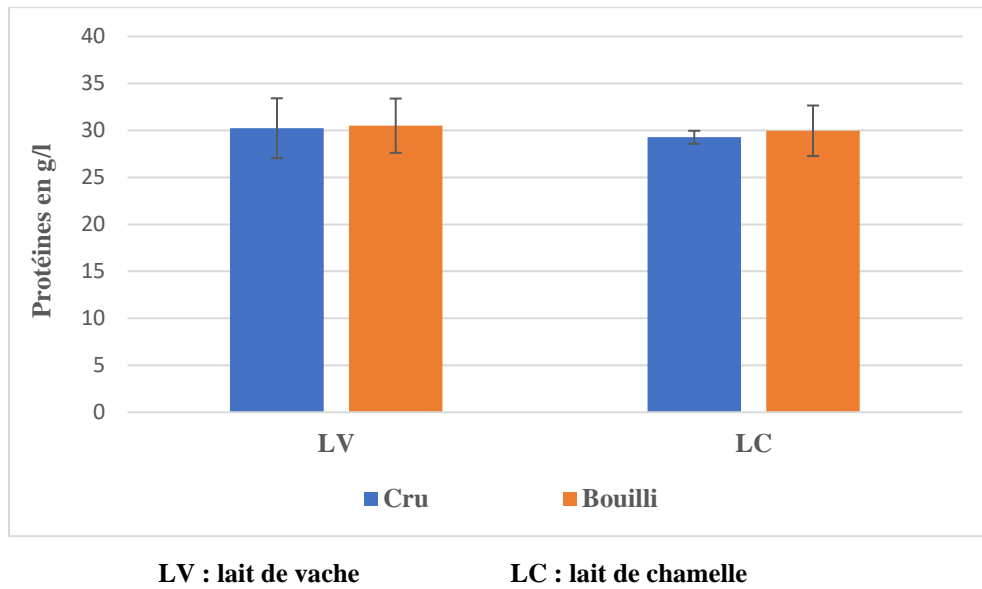
**Figure 11:** Teneur en lactose des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique.

Cette diminution pour le lait de chamelle peut être due à la réaction d'hydrolyse qui s'accélère par la chaleur et le temps de traitement. Plus le lait est chauffé longtemps, plus la quantité de lactose hydrolysé est importante.

### 3.2.9. Teneur en protéines

L'ébullition du lait camelin et bovin a affecté d'une façon non significative la teneur en protéines ( $29,96 \pm 2,69$ g/l et  $30,50 \pm 2,89$ g/l) en comparaison avec le lait à l'état cru ( $29,27 \pm 0,69$ g/l et  $30,23 \pm 2,69$ g/l), respectivement (Figure 12).

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Sboui *et al.*(2015) et Lund *et al.*(2021) qui n'ont constaté aucune différence significative de l'ébullition et de la pasteurisation ( $63^{\circ}$ ) sur les protéines du lait camelin. En revanche, Hattem *et al.*(2011) a constaté une variation significative de taux de protéines camelines sous l'effet de la pasteurisation à  $73^{\circ}$  ( de  $31 \pm 0,157$  à  $34 \pm 0,148$  g/l).



**Figure 12 :** Teneur en protéines des laits camelin et bovin avant et après le traitement thermique.

A la lumière des résultats obtenus, il semblerait que le lait de chamelle analysé soit de bonne qualité physico-chimique, que ce soit à l'état cru ou bouilli. Bien que certains composants aient subi des variations de teneur suite au traitement thermique appliqué, la qualité physico-chimique et la valeur nutritionnelle du lait restent satisfaisantes et répondent aux normes de qualité indiquées dans le Journal Officiel Algérien (2017) et par AFNOR (1986).

Les résultats de cette analyse confirment que le lait de chamelle est une source de nutriments de qualité pour les populations qui en dépendent. Il est important de continuer à étudier les propriétés nutritionnelles et les avantages pour la santé du lait de chamelle, afin de mieux comprendre son potentiel en tant que source alimentaire durable et nutritive.

---

# CONCLUSION

---

## **Conclusion**

Le lait de chamelle constitue une source alimentaire estimable pour les populations des régions arides et semi arides de notre pays, où les conditions environnementales sont difficiles pour d'autres espèces laitières. Ce lait en plus de sa haute valeur nutritionnelle, il est doté de vertus thérapeutiques, qui font actuellement l'objet d'investigations scientifiques de par le monde pour infirmer ou confirmer ses biens fondés.

Etant donné, l'intérêt que suscite ce lait, il nous a semblé nécessaire de contribuer à une étude comparative au lait bovin dont nous avons ciblé particulièrement l'analyse physico-chimique et biochimique et l'effet de traitement thermique, notamment l'ébullition sur la qualité physico-chimique et nutritionnelle de lait camelin.

Différents paramètres physico-chimiques sont mis en évidence, à savoir le pH , l'acidité titrable, l'extrait sec total , les cendres, la teneur en protéines , la vitamine C , et la teneur en lactose.

Les résultats obtenus pour le lait camelin cru montrent que ce lait présente globalement une composition similaire à son homologue bovin et donne en moyenne une teneur en protéines ( $29,27 \pm 0,69$  g/l), lactose ( $53,72 \pm 3,45$ g/l) , cendres ( $5,27 \pm 1,79$ g/l), l'extrait sec totale ( $104 \pm 1$ g/l) , matière grasse ( $42,33 \pm 1$ g/l), néanmoins, il se singularise par une teneur en vitamine C ( $61,19 \pm 6,47$ g/l) trois fois plus élevé que le lait de vache. Ces résultats confirment la bonne valeur nutritionnelle pour certains composants de ce lait.

Pour ce qui concerne l'effet de traitement thermique sur les différents paramètres physico-chimique des deux laits, on a constaté une diminution de la teneur en matière grasse (LC :  $32,22 \pm 0,77$ g/l), en vitamine C (LC :  $47,11 \pm 6,71$ g/l ; LV :  $14,66 \pm 1,54$ ) et en lactose ( LC :  $30,04 \pm 1,47$ g/l ; LV :  $37,90 \pm 1,15$  ) et qui est significative dans le cas du lait camelin. Par ailleurs une augmentation significative de la teneur l'extrait sec dégraissé est enregistré pour le lait camelin (de  $61,67 \pm 1$ g/l à  $77,22 \pm 0,77$  g/l ) contre une diminution significative pour le lait bovin ( $100,22 \pm 0,77$  à  $94,33 \pm 1,73$  g/l) . En revanche, aucun effet n'est enregistré pour le reste des paramètres.

Ces résultats montrent que l'ébullition a un impact sur certains composants des deux laits, cependant, ces variations n'altèrent pas la valeur nutritionnelle des laits.

Au vu des résultats obtenus avec les différentes analyses, on peut conclure que malgré les conditions hostiles, le dromadaire produit un lait de bonne qualité nutritionnelle. Néanmoins, ce travail préliminaire sur la qualité physico-chimique du lait de chamelle nécessite des investigations plus étendues et approfondies afin de mieux comprendre les propriétés de ce lait. Pour cela, il est recommandé d'élargir l'échantillonnage, d'étudier l'effet d'autres traitements thermiques et d'évaluer l'impact de différents facteurs, tels que l'alimentation, le mode d'élevage et les conditions environnementales sur la qualité physico-chimique et microbiologique. Ces informations pourraient être utiles pour améliorer la production et la qualité du lait de chamelle en Algérie d'où contribuer ainsi au développement durable de pays.

---

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

---

### Références bibliographiques

- **Abbas S., Ashraf H., Nazir A. & Sarfraz L. (2013).** Physical-chemical analysis and composition of camel milk. *International Research*, 2, 85-98.
- **Abdellahi O. M. & Sidi O. H. (2016).** Contribution à l'étude comparative des laits crus des chamelles provenant des Wilayas de Mauritanie destinés à la transformation. *Journal of Applied Biosciences*, 102, 9738-9744.
- **Abdulqadir A. (2019 ).** Lait de chamelle—Un résumé d'examen. *Journal des sciences animales et de la production animale*, 3( 1 ), 13 - 18 .
- **Abrhaley A. & Leta S. (2018).** Medicinal value of camel milk and meat. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 552-558.
- **Abu-Tarboush H. M., Al-Dagal M.M. & Al-Roylim A. (1998).** Growth, viability and proteolytic activity of Bifidobacteria in whole camel milk. *Journal Dairy Sciences*, 81, 354-361.
- **AFNOR.** Détermination de la matière sèche. NF VO4 207, In AFNOR (Ed.), *Recueil de normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyse.* Paris Normalisation.
- **Agrawal R. P., Budania S., Sharma P., Gupta R., Kochar D. K., Panwar R. B. & Sahani M. S. (2007).** Zero prevalence of diabetes in camel milk consuming Raica community of north-west Rajasthan, India. *Diabetes research and clinical practice*, 76(2), 290-296.
- **Ahmed M., Alhassan A. & Elobeid E. (2017).** Comparison of chemeical composition, major metals and vitamin C of camel. *International Journal of Advanced Research*, 5(3),712-717.
- **Al Haj O.A. & AL Kanhal H.A. (2010).** Aspects nutritionnels, technologiques et nutritionnels du lait de dromadaire. *Journal international des produits laitiers*, 20(12), 811-821.
- **Alais C. (1984).** Sciences du lait. Principes de techniques laitières. 3ème édition, édition Publicité France.
- **Al-Ayadhi L. Y. & Elamin N. E.(2013).** Camel milk as a potential therapy as an antioxidant in autism spectrum disorder. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*.

- **Al-Ayadhi L. Y., Halepoto D. M., Al-Dress A. M., Mitwali Y. & Zainah R. (2015).** Behavioral benefits of camel milk in subjects with autism spectrum disorder. *Journal of the College of Physicians and Surgeons*, 25, 819-823.
- **Al-Haj O.A. & Al-Kanhal H.A. (2010).** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk. *International Dairy Journal*, 20, 811–821.
- **Al-Juboori A. T., Mohammed M., Rashid J., Kurian J. & El Refaey S. (2013).** Nutritional and medicinal value of camel (*Camelus dromedarius*) milk. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 170, 221-232.
- **Alloui-Loumbarkia O., Ghennam E-H., Bacha A. & Abededdaim. (2007).** Caractéristiques physicochimique et biochimiques du lait de chamelle et séparation de ses protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 14, 108.
- **Amellal R. (1995).** La filière lait en Algérie : Entre l’objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. In : Les agricultures maghrébines à l’aube de l’an 2000. *Options Méditerranéennes, Série B, Etudes et Recherches*, 14, 229-238.
- **AOAC (2000).** Assn. des chimistes analytiques officiels .Lait . Dans : *Méthodes officielles d'analyse* . 17e éd . Gaithersburg, Maryland: AOAC.
- **Aouachria A. N. (2020).** Qualité hygiénique du lait de Chamelle ARBYA D’El OuED– Algérie-: Présentation de sa Fiche Technique POur l’ObtEntiOn Du labEl D’inDicatiOn GéOGraPhiquE Dans le cadre du projet CAMELMILK Grant Agreement: 1832 Ce projet s’ inscrit dans le cadre du programme PRIMA par l’union européenne. Mémoire de master en Sciences biologiques spécialité toxicologie, université de Echahid Hamma Lakhdar, El Oued.
- **Arroum S., Zmouli K., Gaddour A , Fguiri I., Ayen N. & Khorchqni T.(2015).** Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait camelin en fonction du mode d’élevage. *Options Méditerranéennes. Journal of new science, Agriculture ans biotechnology*, (4), 847-850.
- **Attia H., Kherouatou N. & Dhouib A. (2001).** Dromedary milk lactic acid fermentation: microbiological and rheological characteristics. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 26, 263-270.
- **Audigie C.L., Figarella J. & Zonstain F. (1978).** Manipulations d’Analyses Biochimiques. Doin editions, Paris.

- **Bachtarzi N., Amourche L . & Dehkal G. (2015).** Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien). *International Journal Innovation Science Reserch*, 17 ,34-42.
- **Barlowska J., Szwajowska M., Litwinczuk Z. & Krol J. (2011).** Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 291-302.
- **Basem G. & Fahmy A. (2015).** Fatty acids profile in the Camel. *Egyptian Journal of Chemistry and Environmental Health Egypt*, 1, 244-273.
- **Belkhir A. O., Chehma A. & Faye B. (2013).** Phenotypic variability of two principal Algerian camel's populations (Targui and Sahraoui). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(3), 231-237.
- **Ben- Aissa M. (1989).** Le dromadaire en Algérie. *Options Méditerranéennes – Série séminaires* (02), 19- 28.
- **Bengoumi M. & Faye B.(2015).** Production laitière cameline au Maghreb.
- **Benkerroum N. (2008).** Activité antimicrobienne du lysozyme avec un intérêt particulier pour le lait. *Journal africain de biotechnologie* , 7 (25).
- **Benmeziane–Derradji F. (2021).** Évaluation du lait de chamelle : composition brute - un aperçu scientifique. *Santé et production des animaux tropicaux* , 53 (2), 308.
- **Benyahia-Mostefaoui A. & Lamri-Senhadji M. (2020).** Lait de vache: Composition, bienfaits nutritionnels, biologiques et cardioprotecteurs. *Nutritional Santé*, 9(01), 1-8.
- **Bony J., Contamin V., Gousseff M., Metais J., Tillard E., Juanes X. & Decruyenaere V. (2005).** Facteurs de variation de la composition du lait à la Réunion. *INRAE Productions Animales*, 18(4), 255-263.
- **Bornaz S., Sahli A., Attalahi A. & Attia H. (2009).** Physicochemical characteristics and renneting properties of camels' milk: A comparison with goats', ewes' and cows' milks. *International Journal of Dairy Technology* 62(4), 505-515.
- **Boudjenah-Haroun Saliha (2012).** Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés; effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaires. *Revue des BioRessources*, 3 (1), 58-67.
- **Boughellout H., Choiset Y., Rabesona H., Chobert J. M., Haertle T. & Zidoune M. N. (2016).** Lait camelin: nouvelle source de protéines pour enfants allergiques aux protéines du lait de vache ? *Revue Française d'Allergologie*, 56(4), 344-348.

## Références bibliographiques

---

- **Boumendjel Lamiss., Ben Chabanne Asma., & Sahri Meryem. (2019).** Qualité bactériologique et physico-chimique du lait cru et impact sanitaire ,cas de la Wilaya de Guelma. Mémoire de master, Université 8 Mai 1945, Guelma.Algérie.
- **Bouzid A. & Labidi H. (2016).** Caractérisation physico-chimique et organoleptique du lait des espèces laitières dans la région du Souf (wilaya d'El Oued). Mémoire de master, Université Eshahid Hamma Lakhdar, El Oued. Algérie.
- **Butler W. R. (2005).** Relationships of negative energy balance with fertility. *Advances in dairy technology*, 17, 35-46.
- **Camus G. & Rigourd V. (2017).** L'allaitement maternel : Guide à l'usage Des professionnels, 1ere ed., *De Boeck Supérieur*, Nouvain-La-Neuve p 24.
- **Chathouna F. (2011).** Étude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologique du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. Mémoire de magister , Université Kasdi Merbah – Ouargla. Algérie.
- **Cherifi Y. A., Gaouar S. B. S., Guastamacchia R., El-Bahrawy K. A., Abushady A. M. A., Sharaf A. A. & Ciani E. (2017).** Weak genetic structure in northern African dromedary camels reflects their unique evolutionary history. *PLoS* , 12(1).
- **Cherifi Y. A., Gaouar S. B. S., Mousse N., Tab. & Aoul N., Saidi- Mektar N. (2013).** Study of camelina biodiversity in southwestern of Algeria. *Journal of Life Science*. 7(4), 416- 427.
- **Coubronne C. (1981).** Variations de quelques paramètres biochimiques du lait en relation avec l'alimentation des vaches laitières, étude dans deux élevages. Thèse de doctorat, École Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- **Coulon J. B. & Rémond B. (1991).** Réponses de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apports nutritifs. *INRAE Productions Animales*, 4(1), 57-65.
- **Debouz A. & Guerguer L. (2014).** Etude comparative de la qualité de vache et du lait de chamelle. *Revue ElWahat pour les recherches et les Etudes*, 7(2), 2014.
- **Debouz A. & AEK H. S. (2014).** Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa.
- **Demmad A.( 2021).** Développement de la filière lait : Contraintes et perspectives ». EL MOUDJAHID, économie n°17293.
- **Diallo B. (1989).** L'élevage du dromadaire en Mauritanie. *Options Méditerranéennes - Série Séminaires* (02), 29-32.

- **El-Agamy E. I., Nawar M., Shamsia S. M., Awad S. & Haenlein G. F. (2009).** Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children? *Small Ruminant Research*, 82(1), 1-6.
- **El-Hatmi H., Girard J.M., Gaillard J.L., Yahyaoui M.H. & Attia H. (2006).** Caractérisation des protéines de lactosérum du lait et du colostrum de chamelle (*Camelus dromedarius*). *Recherche sur les petits ruminants*, 70 (2), 267-271.
- **El-Loly M.M., Zaghoul A.H. & El-Sheikh M.M. (2009).** Caractéristiques physico-chimiques et biologiques du lait de chamelle. *Journal des sciences alimentaires et laitières*, 34 (4), 2981-2996.
- **Ellouze S. & Kamoun M. (1989).** Evolution de la composition du lait de dromadaire en fonction du stade de lactation. *Options Méd.*, 6, 307-323.
- **Ereifej k.I., Alu'datt M.H., Alkhalidy H.A., Alli I. & Rababah T. (2011).** Comparison and characterisation of fat and protein composition for camel milk from eight Jordanian locations. *Food Chemistry.*, 127 (1), 282-289.
- **FAO (2010).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Laits de consommation.
- **FAO (1995).** Le lait et produits laitiers dans la nutrition humaine, Italie.
- **Farah Z. & Bachman M.R. (1987).** Rennet coagulation properties of camel milk. *Milchwissenschaft*, 42, 689-692.
- **Farah Z. (1993).** Composition and characteristics of camel milk. *Journal of Dairy Research*, 60, 603-626.
- **Farah Z. (2011).** Camel milk. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Second Edition, 3, p. 512-517.
- **Farah Z. & Rüegg M.W. (1989).** The size distribution of casein micelles in camel milk. *Food Microstructure*, 8, 211-116.
- **Farah Z. & Rüegg M.W. (1991).** The creaming properties and size distribution of Fat globules in camel milk. *Journal Dairy Science*, 74, 2901-2904
- **Farah Z. (2004).** Milk. In Z. Farah, A. Fisher (Eds), Milk and meat from the camel. *Han book on products and processing*. P. 25-28. Zurich. Switzer-land. Swiss Federal Institute of Technology.
- **Farah Z., R., tenmaier R. & Atkins D. (1992).** Vitamin content of camel milk. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 62(1), 30-33.

- **Feliachi K. (2003).** Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales: Algérie Octobre 2003 commission nationale AnGR. *P/Point focal algérien pour les ressources génétiques. Direction Générale de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA).*
- **Galali Y. & Al-Dmoor H. M. (2019).** Miraculous properties of camel milk and perspective of modern science. *Journal of Family Medicine and Disease Prevention*, 5(1), 1-7.
- **Gassem M. A. & Abu-Tarboush H. M. (2000).** Lactic acid production by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* in camel's and cow's wheys. *Milchwissenschaft*, 55, 374-378.
- **Gast M., Mauboisj L. & Adda J. (1969).** Le lait et les produits laitiers en Ahaggar. *Centre Rech. Anthr. Prehist. Ethn.*
- **Ghennam E.H., Alloui-Lombarkia O. & Ghannam A. (2007).** Evolution de quelques caractères physico-chimiques et flore microbienne du lait de dromadaire conservé aux températures ambiante et de réfrigération. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 14, 109.
- **Girardet J. M., Saunier F., Gaillard J.L., Ramet J.P. & Humbert G., (2000).** Camel (*Camelus dromedarius*) milk PP3 : evidence for an insertion in the aminoterminal sequence of the camel milk whey protein. *Biochemical Cellular Biology*, 78, 19-26.
- **Gizachew A., Teha J., Birhanu T. & Nekemte E. (2014).** Review on medicinal and nutritional values of camel milk. *Nature and Science*, 12(12), 35-41.
- **Gnan S. O., Mohammed M. O., Shereha A. M. & Iwegbe A. O. (1994).** Fermentation ability of camel's milk. *Actes du Colloque :Dromadaires et chameaux animaux laitiers*, 24-26 octobre, Nouakchott, Mauritanie .
- **Gobran A.M.S.& Izzeldin O.M.(1997).** Mineral content of camel milk and colostrum. *Journal Dairy Technology*, 64, 471-474
- **Guillou H., Pelissier J. P. & Grappin R. (1976).** Méthodes de dosage des protéines du lait de vache. *Le Lait*, 66(2), 143-175.
- **Haddadin M. S. Y., Gammoh S. I. & Robinson R. K. (2007).** Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. *Journal of Dairy Research*, 75, 8-12.

- **Haddadin M.S.Y., Gammoh S.I. & Robinson R.K. (2008).** Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. *Journal of Dairy Research*, 75 (1).
- **Haddane N. & Ouchene H. (2022).** Analyses physicochimiques de lait de chamelle.
- **Hadef L., Aggad H., Hamad B. & Saied M. (2018).** Study of yield and composition of camel milk in Algeria. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 19 (1), 1 – 11.
- **Hamidi M.(2015).** Etudes des propriétés fonctionnelles et des aptitudes à la coagulation du lait de dromadaire par la couche de kaolin du gésier des poules . Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider- Biskra. Algérie.
- **Hamzawy M. A., El-Ghandour Y. B., Abdel-Aziem S. H. & Ali Z. H. (2018).** Leptin and camel milk abate oxidative stress status, genotoxicity induced in valproic acid rat model of autism. *International journal of immunopathology and pharmacology*, 32, 20-58.
- **Harek D., Ikhlef H., Bouhadad R., Sahel H., Djellout N. & Arbouche F. (2022).** Gene-driving management practices in the dromedary husbandry systems under arid climatic conditions in Algeria. *Pastoralism*, 12(1), 1-12.
- **Harek D., IKHLRF H., Bouhadad R., Sahel H., Cherifi Y., Djellout N. E. & Arbouche F. (2017).** Genetic diversity status of camel's resources (*Camelus Dromedarius*. Linnaeus,1758) in Algeria. *Genetics & Biodiversity Journal*, 1(1), 43-65.
- **Hassani MI., Saikia D. & Walia A. (2022).** Valeur nutritionnelle et thérapeutique du lait de chamelle. *International Journal of Advanced Research*, 8 (4), 1-5.
- **Hassen KA. (2020).** Review on nutritional, medicinal value of camel milk and its Public health importance. *International Journal on Integrated Education*, 3(12), 348-363.
- **Hattem H. E., Manal A. N., Hanna S. S. & Elham A. A. (2011).** A study on the effect of thermal treatment on composition and some properties of camel milk. *Slovak Journal of Animal Science*, 44(3), 97-102.
- **Hattem HE., Manal AN., Hanna SS. & Elham AA. (2011).** Une étude sur l'effet du traitement thermique sur la composition et certaines propriétés du lait de chamelle. *Journal slovaque des sciences animales* , 44 (3), 97-102.

- **Jean-Pierre (2020)**. Traitement thermique : la stérilisation et la pasteurisation. *Fiche technique* 43 avenue Raimond –BP 40050 42272 SAINT-PRIEST-EN-JAREZ CEDEX.
- **Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brulé G. (2008)**. Les produits laitiers. Technique et documentation, p 184. Paris.
- **Jemmali B., Ferchichi MA., Faye B., Kamoun M. (2016)**. Milk yield and modeling of lactation curves of Tunisian she-camel. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28 (3), 208–211.
- **Kadi S.A. (2007)**. Alimentation de la vache laitière : Etude dans quelques élevages d'Algérie, mémoire de magister, université Saad Dahleb de Blida, 102p.
- **Kamal A. M., Salam O. A. & El- Saied K. M. (2007)**. Changes in amino acids profile of camel milk protein during the early lactation. *International Journal of Dairy Science*, 2 (3), 226-234.
- **Kamoun M. (1990)**. La production de fromage à partir du lait de dromadaire. CIHEAMIAMM. Options méditerranéennes, Séries séminaires ,12, 119-124
- **Kamoun M. (1995)**. Le lait de dromadaire: production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. CIHEAM-IAMM. Options méditerranéennes, Séries séminaires. (13). P. 81-103.
- **Kamoun M. & Ramet J. P. (1989)**. Conservation et transformation du lait de dromadaire. CIHEAM-IAMM. *Options méditerranéennes*, Séries séminaires n° 6, p. 229-231.
- **Kamoun M. (1994)**. Evolution de la composition du lait de dromadaire durant la lactation Conséquences technologiques. *Actes du Colloque.Dromadaires et chameaux animaux laitiers*, 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- **Kanuspayeva G., Faye B. & Serikbaeva A. (2003)**. Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie centrale. Actes de l'Atelier International sur : "*Lait de chamelle pour l'Afrique*", 5-8 novembre, Niamey, Niger.
- **Kaouche-Adjlane S. (2019)**. Facteurs de variation qualitative et quantitative de la production laitière. *Revue Bibliographique. Revue Agriculture*, 10(1), 43 – 54.
- **Kappeler S., Farah Z. & Puhani Z. (2003)**. 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*, 86, 498-508.

- **Karaman A.d., Yildiz A.F., Ögüt S., Seçilmiş C.H. & Alvarez V. (2022).** Composition brute du lait cru de chamelle produit en Turquie. *Science et technologie alimentaires* , 42 , 59-82.
- **Karray N., Lopez C., Lesieur P. & Ollivon M. (2004).** Dromadary milk fat: Thermal and structural properties. 1 Crystalline forms obtained by slow cooling. *Le Lait*, 84 ( 4), 399- 416.
- **Khan B.B. & Iqbal A. (2001).** Production and composition of camel milk. Review. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 38, 64-68.
- **Khaskheli M., Arain M. A., Chaudhry S., Soomro A. H. & Qureshi T. A. (2005).** Physico-chemical quality of camel milk. *Journal of Agriculture and Social Sciences*, 2, 164-166.
- **Kherouatou N. Nasri M. & Attia H. (2003).** A study if the dromedary milk caséine, micollo ans its changes during acidification. *Brazilian Journal if Food Technology* ,6, 237-244.
- **Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G. (2009).** The composition of camel milk : a meta-analysis of the literature data, *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(2), 95-101.
- **Konuspayeva G., Lemarie E., Faye B., Loiseau G. & Mont. & D. (2008).** Fatty acid and cholesterol composition of camel's (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* and hybrids) milk in Kazakhstan. *Dairy Science and Technology*, 88, 327-340.
- **Konuspayeva G., Faye B. & Loiseau G. (2011).** Variability of vitamin C content in camel milk from Kazakhstan, 4, 63–69.
- **Kouniba A., Berrada M., Zahar M. & Bengoumi M. (2005).** Composition and heat stability of Moroccan camel milk, *Journal of Camel Practice and Research*, (12),105–110.
- **Kula J. (2016).** Valeurs médicinales du lait de chamelle. *International Journal Veterinary Science Research*, 2(1), 18-25.
- **Kula J. & Dechasa T. (2016).** Chemical Composition and Medicinal Values of Camel Milk. *International Journal of Research Studies in Biosciences* , 4 (4), 13-25.
- **Learoussy H.Y., Aly Y.D., Mohamed S.K., Brahim A.D. & Lotfi A. (2020).** Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de chamelle. *Proceeding des JIC2019-Proceeding of the JIC2019*, 2, 37-42.

- **Legesse A., Adamu F., Alamirew K. & Feyera T. (2017).** A Comparative Study on the Physicochemical Parameters of Milk of Camel, Cow and Goat in Somali Regional State, Ethiopia. *Chemical Sciences Journal* ,8(4), 1-5.
- **Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L. & Randall R. J. (1951).** Protein measurement with Folin phenol reagent. *Journal of Biochemistry*, 193, 265-275.
- **Lund A. K., Shah A. H., Khaskheli G. B., Malhi M. C., Jatoi A. S., Mangsi A. S. & Khaskheli A. A. (2021).** Effect of Heat Treatments on the Constituents of Camel Milk. *Pakistan Journal of Zoology*,1-3.
- **Magjeed N. A. (2005).** Corrective effect of milk camel on some cancer biomarkers in blood of rats intoxicated with aflatoxin B1. *Journal of Saudi Chemical Society*, 9(2), 253-263.
- **Mahboub N., Slimani N., Siboukeur O. et Mati A. (2012).** Effet de la conservation sur l'activité enzymatique des extraits coagulants issus de caillette de dromadaires âgés préparée sans muqueuse. *Revue des BioRessources*, (2)1, 8-20.
- **Mahboub N. (2009).** Contribution à l'amélioration de la fromageabilité du lait camelin : Etude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines (type présure). Thèse de Magister en sciences Biologiques. Université Kasdi Merbah, Ouargla. Algérie.
- **Mathieu J., (2000).** Initiation à la Physico-Chimie du Lait. *Technique et Documentation, 1ère Ed., Lavoisier*, p 220. Paris.
- **Medhammar E., Wijesinha-Bettoni R., Stadlmayr B., Nilsson E., Charrondiere U. R., Burlingame B. (2012).** Composition of milk from minor dairy animals and buffalo breeds: a biodiversity perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 445-474.
- **Medjour A. (2014).** Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques du lait collecté à partir de chamelles (*Camelus dromedarius*) conduites selon deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif). Mémoire de magister en Biologie Appliquée université Mohamed khider de Biskra. Algérie.
- **Meguelatti- Kanoun A., Saadaoui M., Kalli S., Kanoun M., Heguenin J., Benidorm M., Benmebarek A. (2018).** Localisation et distribution spatiotemporelle des effectifs de dromadaire en Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 30 (3), 1- 8.

## Références bibliographiques

---

- **Mehaia M. A., Hablas M. A., Abdel-Rahman K. M. . & El Mougny S. A. (1995).** Milk composition of Majaheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia. *Food Chemistry*, 52, 115-122.
- **Mehaia M. A. (1994).** Vitamin C and riboflavin content in camel's milk: effects of heat treatments. *Food chemistry*, 50(2), 153-155.
- **Merin U., Bernstein S., Bloch Damti A., Yagil R., Van Creveild C., Lindner P. & Gollop N., (2001).** A comparative study of milk serum proteins in camel (*Camelus dromedarius*) and bovine colostrums. *Livestock Production Science*, 67, 297-301.
- **Mohamed M. A. & Larsson-Raznikiewicz M. (1989).** Separation of a camel milk casein fraction and its relation to the coagulation properties of fresh milk. *Milchwissenschaft*, 44(5), 278-280.
- **Mouffok C. (2007).** Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animales en région semi-aride de Sétif. Thèse de magistère. Option Sciences animale. INA. Alger.
- **Nedjraoui D. (2003).** Profil fourrager. Algeria. FAO, Rome, Italy.
- **Omar A.A . & Hamad A.A. (2010).** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk. *International Dairy Journal*, 20, 811-8.
- **Otmane Rachedi Kh., Mouchira R. & Yahiaouia B. (2022).** Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques des différents laits crus (chamelle, chèvre et vache) de la région d'El-Oued et Bougous (Wilaya d'El-Tarf). *Revue des Sciences et de la Technologie* , 28 (2), 1-11.
- **Ouologuem B. & Moussa M. (2020).** Le dromadaire peut contribuer à la résilience au changement climatique. In: N'Diaye, I. Et al. (eds.) *Adaptation de l'Agriculture et de l'Élevage au Changement Climatique au Mali: Résultats et leçons apprises au Sahel*. Bamako, Mali: Institut d'Economie Rurale. Pp. 307-321.
- **Park Y.W., Zhang H., Zhang B. & Zhang L. (2006).** Mare milk, in Parket Haenlein (eds), *Handbook of milk of non-bovine mammals*, pp. 275-296. *Blackwell Publishing Professional*, 275-296. USA.
- **Patel AS, Patel SJ, Patel NR. & Chaudhary GV. (2016).** Importance du lait de chamelle - Un aliment laitier alternatif. *Journal of Livestock Science* , 7 (1), 19-25.
- **Pougheon S. & Goursaud J. (2001).** Le lait caractéristique physicochimiques In DEBRY G. *Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris*, 6, 566.

## Références bibliographiques

---

- **Ramet J. P. (1993).** La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromedarius*). Étude F.A.O., *Production et santé animales*, 113.
- **Ramet J. P. (2001).** The technology of making cheese from camel milk (*Camelus dromedarius*). *Animal Production and Health Paper*, 113. Rome, Italy: F.A.O.
- **Ramet J.P. (1994).** Les aspects scientifiques et technologiques particuliers de la fabrication de fromage au lait de dromadaire. Actes du Colloque : “Dromadaires et chameaux animaux laitiers”, 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- **Renner E. (1989).** Micronutrients in milk and milk-based food products. *London, Elsevier Applied Science*. 311.
- **Rheotest M. (2010).** Rhéomètre Rheotest ® RN et viscosimètre à capillaire Rheotest ®Lk–Produits alimentaires et aromatisants.
- **Rigourd V., Brahim I. D., Smii S., Razafimahefa H., Quetin F., Leroy E. & Serreau R. (2017).** Protocole d’administration de l’Uvestérol ADEC® au prématuré nourri au lait de femme enrichi. *Archives de Pédiatrie*, 24(2), 107-111.
- **Romain J.S., Croguennec M., Mahaut P. S & Gerard B. (2008).** Les produits laitiers 2<sup>e</sup> édition, © Lavoisier, paris. 183 pages. ISBN : 978-2-7430-1032-4.
- **Saidi Y.(2020).** Biodiversité de la microflore lactique du lait cru de dromadaire et évaluation de ses caractères technologiques. Thèse de Doctorat, Université Ahmed Ben Bella, Oran. Algérie.
- **Saley M. & Steinmetz P. (1998).** Approche quantitative de la production laitière destinée à la consommation humaine, répercussion sur la croissance du chamelon. Etude réalisée en milieu traditionnel sahélien. In Dromadaires et chameaux, animaux laitiers. *Actes du colloque de Nouakchott*, Mauritanie, 24-26 octobre 1994, Collection Colloques, CIRAD, Montpellier, France, 87-94.
- **Sanayei S., Jahadi M., Fazel M. & Janigorhan M. (2015).** Physico-Chemical Fox characteristics of raw milk of one-humped camel from Khur and Baiabanak in Isfahan province of Iran. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 5 (2), 67-72.
- **Sawaya W.N., Kalil J.K., AL-Shalhat A. & AL-Mohamed H. (1984).** Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *Journal Food Sciences*, 49, 744–747.
- **Sboui A., Arroum S., Hayek N., Mekrazi H. & Khorchani T. (2015).** Étude comparative de l’effet de la pasteurisation et de l’ébullition sur la composition physico chimique des laits camelins et bovins. *Journal of new sciences*, 5 (18), 6.

- **Sboui A., Khorchani T., Djegham M. & Belhadj O. (2009).** 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*, 5 (2), 293-304.
- **Sboui A. (2010).** Contribution à l'étude de l'activité antidiabétique du lait de chamelle, essai sur des chiens. Thèse de doctorat, Université Tunis Elmanar, Tunisie, p115.
- **Sboui A., Djegham M., Belhadj O. & Khorchani T. (2016).** Le lait de chamelle: qualités nutritives et effet sur les variations de la glycémie. In *Options Méditerranéennes. Series A: Mediterranean Seminars*, 115, 487-492.
- **Senoussi A., Brahim Z. & Beziou S. (2017).** Portée de l'élevage camelin en Algérie et perspectives de développement. *Revue des BioRessources*, 1(7), 29-38.
- **Senoussi C.(2011).** Les protéines sériques du lait camelin collecté dans trois régions du sud algérien : essais de séparation et caractérisation de la fraction protéose peptone. Mémoire de magister en Sciences Biologiques, option Biochimie Appliquée et Biotechnologies. Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.
- **Senoussi A., Haïli L. & Maïz H. A. B. (2010).** Situation de l'élevage bovin laitier dans la région de Guerrara (Sahara Septentrional Algérien). *Livestock Research for Rural Development*, 22(12), 2010.
- **Shamsia S.M. (2009).** Nutritional and therapeutic properties of camel and human milks. *International Journal of Genetics and Molecular Biology*, 1 (2), 52-58.
- **Si Ahmed Zennia S. (2015).** Isolement et séparation des protéines sériques du lait de chamelle : mise en évidence du phénomène de désamidation de l' $\alpha$ -Lactalbumine ; conséquences sur la stabilité structurale. Thèse de Doctorat, Université de Mouloud , Tizi-Ouzou. Algérie.
- **Siboukeur O.K. (2007).** Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctorat, Institut National agronomique, El- Harrach, Alger. Algérie.
- **Siboukeur O. (2008).** Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, INA El-Harrach – Alger.135p.
- **Siboukeur O. (2011).** Potentiel nutritif du lait collecté localement à partir de chamelle « Population Sahraoui » : un atout pour la sécurité alimentaire de la population locale. Laboratoire « Protection des Ecosystèmes en Zones A rides et Semi –arides, université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 66-74

## Références bibliographiques

---

- **Siboukeur A. & Siboukeur O. (2012).** Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle collecté localement en comparaison avec le lait bovin. *Annales des sciences et technologie*, 2(4), 102- 107.
- **Stahl T., Sallmann H. P., Duehlmeier R. & Wernery U. (2006).** Selected vitamins and fatty acid patterns in dromedary milk and colostrum. *Journal of camel practice and research*, 13(1), 53-57.
- **Taybi N. O., Arfaou A., Chebabe M., Alwashali E., Ouhssine M. & Fadli M. (2014).** Nutritional intake of milk, and dairy products consumed by students of the University Ibn Tofail, *biolifejournal*, 4(4),668-677
- **Veisseyre R. (1979).** Technologie du lait : reconstitution, récolte, traitement et transformation du lait. Ed : la maison Rustique. Paris. 709.
- **Vignola C, (2002).** Science et technologie du lait , transformation du lait . *Presses Internationales Polytechnique*, 3-75.
- **Vikas C., Ghattargi M.V., Suryavanshi S. K., Yogesh S. S. & Bharati S. M. (2018).** Need to explore camel milk as probiotics. *Current Science*, 3(114),425-426.
- **Vinod Bhatishwar D.C., Rai H. M., Hanuman L. N. & Maya J. (2021).** Camel Milk: The Natural Gift for Medicinal Uses for Humans-A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*,10(02), 2397-2407.
- **Wangoh J. (1997).** Chemical and Technological Properties of Camel (*Camelus dromedarius*) Milk. Diss. ETH Nr. 12295, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- **Wernery R., Joseph S., Johnson B., Jose S., Tesfamariam M., Ridao-Alonso M. & Wernery U. (2012).** Le lait de chamelle contre l'autisme - Un rapport préliminaire. *Journal of Camel Practice and Research* , 19 (2), 143-147.
- **Wernery U., Johnson B. & Abrahm A. (2005).** The effect of short-term heat treatment on vitamin C concentrations in camel milk. *Milchwissenschaft*, 60(3), 266-267.
- **Yagil R. (1982).** Camels and camel milk. *Animal Production and health paper*, collection, FAO, Rome, 26.
- **Yagil R. & Etzion Z. (1980).** Effect of drought condition on the quality of camel milk. *Journal of Dairy Research*, 47(2), 159-166.
- **Yagil R., Saran A. & Etzion Z. (1984).** Camels' milk: for drinking only. *Comparative biochemistry and physiology. A, Comparative physiology*, 78(2), 263-266.

---

# ANNEXES

---

**Annexe 1 : Les différentes espèces des camélidés**



*Camelus Dromedarius*



*Camelus bactrianus*



*Camelus bactrianus ferus*



*Le genre Lama*

**Annexe 2 : Détermination de la teneur en extrait sec totale (EST), extrait sec dégraissé (ESD)**

L'échantillon du lait doit être homogénéisé par agitation (s'il faut procéder au chauffage jusqu'à 40°C pour bien homogénéiser).

Peser la capsule à vide (noter  $m_0$ ), puis prendre à 20 °C 3 ml du lait et verser le dans chaque capsule. Sécher durant 2h à l'étuve puis faire sortir vers le dessiccateur. Après refroidissement repeser (noter  $m_2$ ) puis un deuxième séchage suivi d'un pesage est effectué.

La teneur (g/l) en extrait sec total du lait est calculée selon la formule :  $((M2 - M0) / V) \times 1000$

**Pour ESD :** on utilise- le lait écrémé

M0 : poids de la capsule vide,

M2 : poids de la capsule et de l'échantillon sec,

V : volume du lait (3 ml).

### **Annexe 3 : Détermination de la teneur en cendres**

Peser chaque creuset pour chaque échantillon du lait (noter W0), puis prendre 10 ml du lait et verser dans les creusets.

Introduire les creusets dans le four à mouffe réglé à 500-555 C° pendant 2 à 3h. Après refroidissement repeser une autre fois (noter W2).

La teneur en cendres du lait (g/l) est calculée selon la formule :  $((W2 - W0) / V) \times 1000$

- W0 : poids de creuset vide
- W2 : poids de creuset et de l'échantillon sec
- V : volume du lait (10ml)

### **Annexe 4: Détermination de la teneur en vitamine C par la méthode au 2-6- DCPIP**

#### **1-Solutions :**

#### **Solution de 2-6- dichlorophénol-indo-phénol à 0,05 g/l :**

- sel de sodium du 2-6-DCPIP .....0,05 g
- bicarbonate de sodium .....0,02 g
- eau distillée chaude .....300 ml
- eau distillée froide (qsp).....700 ml
- filtrer

#### **Solution d'acide ascorbique**

- acide ascorbique.....0,04 g
- eau distillée (qsp).....1000 ml

**2-mode opératoire :**

Dans un bécher de 10 ml, introduire :

- 1ml d'échantillon ;
- ajouter 200 µl d'acide acétique glacial (99 à 100 %), mélanger ;
- verser, goutte à goutte la solution de 2-6- DCPIP à l'aide d'une burette, jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante ;
- lire le volume sur la burette (chute de burette), soit V2 (ml)

**4- Etalonnage de la solution d'acide ascorbique**

L'étalonnage de la solution d'acide ascorbique est fait à l'aide d'une solution étalon de concentration connue C1 = 0,04 g/l. Elle correspond à une chute de burette V1 (ml).

**5- Expression des résultats**

La teneur en vitamine C (C2) est exprimée en mg/l, est donnée par la relation suivante :

$$C2 = (C1 \times V1 / V2) \times 1000$$

**Annexe 5 : Détermination de la teneur en lactose par la méthode de la liqueur de Fehling**

**1-Solutions :**

**Solution aqueuse d'hexacyanoferrate II de potassium hydraté :**

(K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>·3H<sub>2</sub>O).....150g  
eau distillée (qsp).....1000ml

**Solution aqueuse d'acétate de zinc hydraté :**

- (Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O).....300g  
- eau distillée (qsp).....1000ml

**Solution cuivrique :**

- sulfate de cuivre II hydraté ( $\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$ ) à 4% 5 P/V.....40g
- acide sulfurique ( $d(20) = 1,83$ ).....2ml
- eau distillée (qsp).....1000ml

**Solution tartro-alkaline :**

- tartre double de sodium et de potassium ( $\text{Na K}(\text{H}_4\text{C}_4\text{O}_6), 4\text{H}_2\text{O}$ ).....200g
- hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ).....150g
- eau distillée (qsp).....1000ml

**Solution étalon lactose :**

- lactose.....5g
- eau distillée (qsp).....1000ml

**2-mode opératoire :**

**Défécation :**

Dans une fiole jaugée de 50 ml, introduire successivement :

- 5ml de lait ;
- 0,4ml de solution d'hexacyanoferrate II de potassium, agiter ;
- 0,4ml de solution d'acétate de zinc, agiter ;
- compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée tout en mélangeant ;
- ajouter 0,4ml d'eau distillée pour tenir compte du volume du précipité, agiter ;
- laisser reposer 15min puis filtrer ;
- introduire ce filtre (solution S) dans une burette.

**Réduction de la liqueur de Fehling :**

Dans une fiole Erlen Meyer, introduire :

- 10ml de solution cuivrique ;

- 10ml de solution tartro-alcaline ;
- agiter et porter à ébullition ;
- verser ensuite goutte à goutte le filtrat (solution S) à l'aide d'une burette en maintenant à l'ébullition jusqu'à l'apparition d'un précipité rouge brique ;
- lire le volume sur la burette (chute de burette), soit V2 en ml.

**Etalonnage de liqueur de Fehling :**

L'étalonnage est fait à l'aide d'une solution étalon de lactose de concentration  $C1 = 5g/l$ . Elle correspond à une chute de burette V1 (ml).

**3- Expression des résultats**

La concentration en lactose inconnue C2, est donnée par la relation suivante :

$$C2 = (C1 \times V1 / V2) \times d$$

Où d est le coefficient de dilution.

**Annexe 6: Détermination de la teneur en protéines par la méthode de Lowry *et al.* (1951)**

**1.Préparation des solutions :**

- Solution alcaline A :  
Soude 0,1N.....500ml  
Carbonate de sodium anhydre ( $Na^2CO^3$ ).....10g
- Solution cuivrique B :  
Sulfate de cuivre ( $CuSO^4.5H^2O$ )(0.32g/100ml).....2ml  
Tartrate double de Na et de K (1g/100ml).....2ml
- Solution C :  
Solution A.....50ml  
Solution B.....
- Solution mère de BSA :  
BSA.....10mg  
Eau distillée.....100ml

## 2. Gamme étalon

A partir de la solution de BSA, des dilutions sont préparées suivant le tableau ci-dessous.

Concentration en BSA $\mu\text{g/mL}$	0	20	40	60	80	100
Solution mère de BSA ( $\mu\text{l}$ )	0	200	400	600	800	1000
Eau distillée ( $\mu\text{l}$ )	1000	800	600	400	200	0

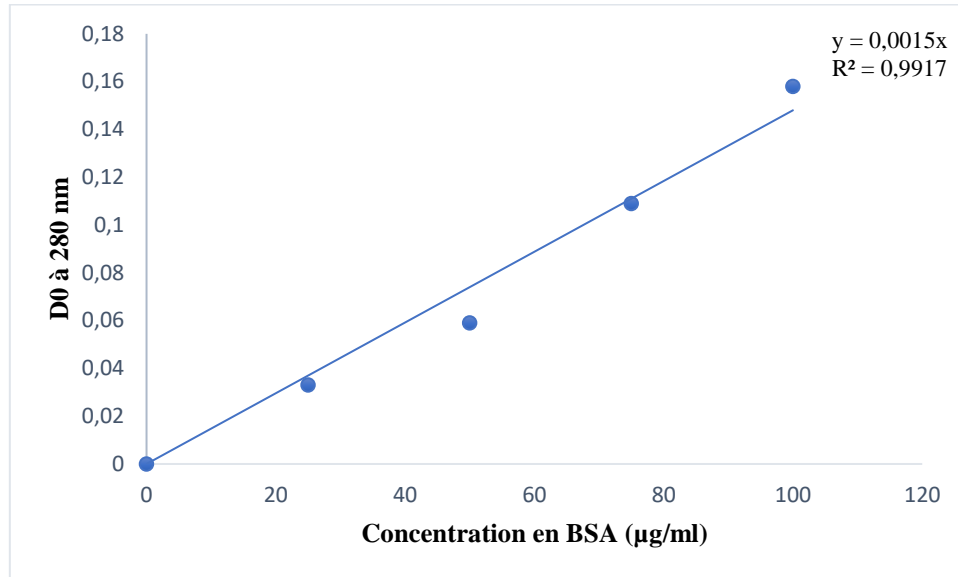
## 3. Méthode

- 1 mL d'échantillon contenant 100  $\mu\text{g}$  de protéine maximum et 25  $\mu\text{g}$  minimum ;
- ajouter 5 mL de solution C et mélanger ;
- laisser 10 mn à température ambiante ;
- ajouter 0.5 mL de réactif de Folin-Ciocalteu ;
- laisser 30mn à l'obscurité ;
- lire la DO à 750 nm.

## 4. Expression des résultats

La courbe étalon est tracée en portant sur l'axe des abscisses, les concentrations en BSA des dilutions (gamme étalon) (figure ) préalablement préparée et sur l'axe des ordonnées, les DO mesurées respectivement pour chaque dilution.

La concentration de la protéine inconnue X est déterminée en portant la valeur de la DO correspondante sur l'axe des ordonnées qui est ensuite projetée sur l'axe des abscisses.



**Figure :** Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de Lowry *et al.* (1951).

La BSA est utilisée comme protéine étalon.