

RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biochimie – Microbiologie
Filière : Sciences Biologiques
Option : Biochimie appliquée
Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme Master en Biochimie Appliquée
Thème

**Lait camelin: apport nutritionnel,
aptitudes à la transformation et
allégations de santé**

Présenté par :

BOUYACOUB Sonia
SAIGHI Lilia
SI YOUCEF Thanina

Membres du jury :

Mr MATI A	Professeur en Biochimie Appliquée à l'UMMTO	Encadreur
Mme ALMI-SEBBANE D.	Maitre de conférences classe B	Présidente
Mme SENOUSSI-GHEZALI C.	Maitre assistante A	Examinatrice

Promotion : 2021 /2022

Remerciements

Nous Remercions avant tout le Grand Dieu, qui nous a fait parcourir nos chemins avec des pas stables et beaucoup de patience.

Et parce que rien n'aurait pu se faire sans le soutien de ceux qui nous ont aidés, nous profitons de cet espace pour leur témoigner toute notre reconnaissance et nos plus sincères remerciements

*Nous tenons à remercier Monsieur **MATI A.**, Professeur en Biochimie Appliquée à l'université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou, pour avoir encadré et diriger ce travail du début à la fin, pour absolument toute l'aide qu'il a pu nous fournir, son soutien sans failles, un grand et infini merci à la personne sans qui ce travail n'aurait pas été le même, pour sa bienveillance et sa disponibilité, ses conseils et ses observations qui nous ont été d'une énorme utilité.*

*Nous remercions vivement, Mme **ALMI-SEBBANE D.**, Maître de conférences classe B de nous faire l'honneur d'être la présidente de notre jury et Mme **SENOUSSI-GHEZALI C.**, Maître assistante de classe A d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie,

Que je dédie ce travail:

A mes chers parents, pour l'éducation qu'ils m'ont donnée, tous les principes inculqués, l'amour et le soutien qu'ils ne cessent de m'apporter et en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont ils ont toujours su me combler, Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement, mon amour et mon affection

A l'âme de mes grands parents

A tous mes frères et sœurs

A tous mes amis

A tous ceux que j'aime et qui m'aime sans exception

A toutes les personnes qui ont croisés ma route et qui ont contribué à ce que je devienne quelqu'un de meilleur.

Thanina

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie,

Que je dédie ce travail:

A mes chers parents, pour l'éducation qu'ils m'ont donnée, tous les principes inculqués, l'amour et le soutien qu'ils ne cessent de m'apporter et en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont ils ont toujours su me combler, Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement, mon amour et mon affection

A mes grands-mères

A toutes mes sœurs

A toutes mes amies

A tous ceux que j'aime et qui m'aime sans exception

A toutes les personnes qui ont croisés ma route et qui ont contribué à ce que je devienne quelqu'un de meilleur.

Líliá

A toi, ma raison de vivre, YEMMA.

SONIA

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Introduction 01

I/ Le dromadaire et la production du lait

1.1. Aperçu sur le dromadaire	4
1.2. Effectif.....	4
1.3. Système d'élevage	7
1.4. Production du lait camelin.....	8
1.4.1. Dans le monde.....	8
1.4.2. En Algérie	9
1.4.3. Comparaison du rendement laitier camelin avec celui du reste des espèces laitières..	11
1.4.4. Les facteurs de variation de la production laitière.....	13
1.5. Aperçu sur la commercialisation.....	14

II/ Apport nutritionnel

2.1. Aperçu général sur le lait camelin	18
2.2. Composants du lait camelin	18
2.2.1. Protéines	20
2.2.1.1. Caséines	20
2.2.1.2. Protéines sériques	21
2.2.1.2.1. α -Lactalbumine	21
2.2.1.2.2. Lactoferrine	22
2.2.1.2.3. Lactoperoxydase	22
2.2.1.2.4. Immunoglobulines	23
2.2.1.2.5. Protéine de reconnaissance du peptidoglycane (PGRP)	23
2.2.1.2.6. Protéine acide du lactosérum (WAP)	23
2.2.1.2.7. Protéine basique du lactosérum camelin (CWBP)	23
2.2.1.2.8. Molécules immunitaires	24
2.2.2. Lipides	25
2.2.3. Eau	26
2.2.4. Vitamines et minéraux	27
2.2.5. Glucides	27
2.3. Les peptides biologiques	28

III/ Aptitude à la transformation

3.1. La coagulation du lait	31
-----------------------------------	----

3.2. Aptitude à la coagulation	31
3.2.1. Fermentation du lait	32
3.2.2. Bactéries lactiques	32
3.3. Les produits laitiers à base du lait camelin	33
3.3.1 Fromage	33
3.3.2 Crème glacée	34
3.3.3 Yaourt	35
3.3.4 Beurre	36
3.3.5 La poudre du lait	36
3.3.6 Lait pasteurisé et stérilisé.....	37
3.3.7 Agents moussants	37
3.3.8 Utilisation du lait de chamelle dans les sucreries	38
3.4. Transformation non alimentaire du lait de chamelle	38
3.5. La conservation du lait de chamelle	38

IV/ Allégations de santé

4.1. Diabète	41
4.2. Allergies	46
4.3. Maladie de Crohn	47
4.4. Tuberculose	48
4.5. Hépatites	48
4.6. Effet contre l'autisme	49
4.7. Effet anticancer	50
4.8. Effet anti-cholestérol	51
4.9. Activité antimicrobienne	52
4.10. Effets cosmétiques.....	54
Conclusion générale	56
Références bibliographiques	57

La liste des figures

N°	Intitulé	Page
01	Réserve en camélidés en Algérie pendant la dernière décennie (2010-2020).	05
02	Evolution du cheptel camelin pour la période 2016-2018.	06
03	Répartition du cheptel en Algérie pour l'année 2018.	07
04	Taux de production annuelle de lait camelin dans le monde pendant la période 2010-2018.	09
05	Taux de production annuelle de lait camelin en Algérie pendant la période 2010-2020.	10
06	Taux de production laitière cameline en Algérie comparés au reste du monde (2010-2020).	10
07	Proportions des laits des différentes espèces dans les 28 pays déclarant une production nationale du lait camelin (calculées d'après les données de productivité estimées ou déclarées par pays en 2019).	12
08	Les taux de production laitière cameline annuel à celles du restant du cheptel laitier en Algérie pendant une décennie (2010-2020).	13
09	Stratégies antidiabétiques et leurs cibles moléculaires.	44
10	Cibles moléculaires possibles du lait camelin dans le contexte du diabète.	45
11	Organigramme de l'approche expérimentale utilisée pour le fractionnement et profilage du lait camelin.	46

La liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
I	Evolution de l'effectif des cheptels par wilaya (en nombre de tête).	06
II	La quantification du cheptel camelin pendant la période de 2016-2018.	07
III	Récapitulation et comparaison des teneurs du lait camelin en nutriments d'après différentes publications.	19

La liste des abréviations

t	Tonne
Mt	Méga tonnes
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique
FAO	Food and Agriculture Organisation
κ -CN	Caséine- κ
β -CN	Caséine- β
CMP	Fragment caséinomacropéptide
α -CN	α -caséine
s	Seconde
LPS	Système lactoperoxydase
LAB	Bactéries lactiques
M.A.D.R	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
M.A.D.R.P	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche
DSA	Direction des services agricoles
ONS	Offices National des Statistiques
CDARS	Commissariat au Développement de l'Agriculture dans les Régions Sahariennes
ERG	Un massif de dunes dans le Sahara Algérien qui s'étend sur 78000 Km
R.E	Régime alimentaire de l'éleveur
R.P	Période de changement progressive
R.C.T	Période de corrections transitoires
R.F	Période de production finale
R.élevat	Période d'élévation de la production laitière
ITELV	Institut Technique des Elevages
EICMP	Emirates Industry for Camel Milk & Products
UAE	United Arab Emirates
USD	United states Dollars
UE	Union Européen
CE	La Commission Des Communautés Européennes
NAGase	N-acétyl-bêta-D-glucosamidase
IgG	Immunoglobuline G
IgA	Immunoglobuline A
α -LA	α -Lactalbumine
β -Lg	β -Lactoglobuline
Lf	Lactoferrine
IgE	Immunoglobuline E
Ser	Sérine
WAP	protéine acide du lactosérum
kDa	Kilo Dalton
CWBP	protéine basique du lactosérum camelin
Gln	Glutamine
Arg	Arginine
Gly	Glycine
GlyCAM-1	Molécule d'adhésion cellulaire dépendante de la glycosylation-1
Ca	Calcium

Zn	Zinc
Asn	Asparagine
Asp	Acide aspartique
Iso Asp	Isoaspartate
Fe ³⁺	Ion ferrique
PGRP	Protéine de reconnaissance du peptidoglycane
Ig	Immunoglobuline
BBB	Blood-Brain/Barrier
IgD	Immunoglobuline D
IgM	Immunoglobuline M
C	Carbone
CDR	Région de détermination complémentaire
LDL	cholestérol des lipoprotéines de basse densité
AG	Acides gras
AGPI	Acides gras polyinsaturés
MSCFA	Medium and short chain fatty acids
FA	Fatty acids
Na	Sodium
Fe	Fer
K	Potassium
Mn	Magnesium
Cu	Cuivre
hIR	Recepteur de l'insuline humain
ARN	Acide ribonucléique
SFA	Saturated fatty acids
LC	Lait camelin
IR	Recepteur de l'insuline
DPP-4	Dipeptidyl peptidase 4
GLP-1	Peptide glucagon like 1
MAP	Mycobactérie aviaire sous-espèce
VHC	virus de l'hépatite C
ADN	Acide désoxyribonucléique

Résumé :

Le lait camelin, est un produit de grande valeur nutritionnelle qui se rapproche du lait humain par certains de ses aspects mais qui se singularise par des caractéristiques, liées à ses paramètres physico-chimiques, sa composition et son comportement, qui sont autant de points abordés avec curiosité par bon nombre de scientifiques de par le monde.

Au cours de ces dernières décennies, il y a eu un intérêt grandissant pour le lait camelin, en raison des travaux qui ont mis en relief ses allégations de santé, notamment sa capacité à réduire le risque de survenue des maladies tels que le diabète, les perturbations cardiaques et certains types de cancer. Plus récemment encore, ce sont développés les ingrédients bioactifs qui, de par leurs activités biologiques et leurs propriétés fonctionnelles attirent de plus en plus l'attention des utilisateurs dans le domaine des industries agro-alimentaires, pharmaceutique, cosmétique et autres.

Aussi, dans le cadre de notre mémoire de fin d'études de Master en Biochimie Appliquée et, en vue d'avoir une idée assez précise sur l'importance de cette denrée alimentaire, nous nous sommes proposés de faire un état des connaissances bibliographiques sur le lait de dromadaire en nous intéressant de près aux volets de production liés à l'animal, à l'apport nutritionnel du lait en tant que matière alimentaire, à ses aptitudes à la transformation en produits dérivés et, enfin à l'ensemble des allégations de santé qui sont signalées çà et là par les laboratoires de recherche, qui consacrent leurs investigations à démontrer ou pas le bien-fondé de ce lait bien particulier.

Mots clés : Lait / Dromadaire / Apport nutritionnel / Aptitude technologiques /Allégations de santé.

Summary:

Camel milk, is a product of great nutritional value that is similar to human milk in some of its aspects, but is singled out by characteristics, related to its physicochemical parameters, its composition and its behaviour, which are all points addressed with curiosity by many scientists around the world.

In recent decades, there has been a growing interest in camel milk, due to the work that has highlighted its health claims, including its ability to reduce the risk of occurrence of diseases such as diabetes, heart disease and certain types of cancer. More recently, developments in the bioactive ingredients which, due to their biological activities and functional properties, are attracting more and more attention from users in the food, pharmaceutical, cosmetic and other industries.

Also, as part of our Master's thesis in Applied Biochemistry and, in order to have a fairly accurate idea on the importance of this food, we proposed to make a bibliographic state of knowledge on camel milk by focusing on the production aspects related to the animal, The nutritional contribution of milk as a food, its ability to be processed into by-products and, finally, all the health claims that are reported here and there by research laboratories, which devote their investigations to demonstrate or not the merits of this particular milk.

Key words: Milk / Dromedary / Nutritional gains / Technological disposition / Health allegations.

ملخص:

حليب الإبل هو منتج ذو قيمة غذائية كبيرة قريب من الحليب البشري في بعض جوانبه ولكنه مع ذلك يتميز بخصائص، تتعلق بخصائصه الفيزيائية والكيميائية وتكوينه وسلوكه، وهي كلها نقاط يتناولها بفضل العديد من العلماء حول العالم. خلال هذه العقود الأخيرة ، أصبح هناك اهتمام متزايد بحليب الإبل ، بسبب الأعمال التي سلطت الضوء على إدعاءات صحية تنسب إليه ، بما في ذلك قدرته على تقليل خطر الإصابة بأمراض مثل السكري واضطرابات القلب وأنواع معينة من السرطان. حتى و أن في الأونة الأخيرة ، وقعت تطورات في مجال المكونات النشطة بيولوجيا والتي ، بسبب أنشطتها البيولوجية وخصائصها الوظيفية ، تجذب انتباه المستخدمين بشكل متزايد في مجالات: الصناعات الغذائية، الزراعية ، ومستحضرات التجميل وغيرها من الصناعات. وكذلك ، كجزء من أطروحتنا النهائية للماجستير في الكيمياء الحيوية التطبيقية ، ومن أجل الحصول على فكرة دقيقة إلى حد ما عن أهمية هذا الطعام ، اقترحنا عمل ببيولوجيا في توقف فيه حال المعرفة حول حليب الإبل من خلال الاهتمام الوثيق بجوانب الإنتاج المتعلقة بالحيوان ، المدخول الغذائي لهذا الحليب كمادة غذائية ، وملاءمته للمعالجة في المنتجات المشتقة ، وأخيرا ، جميع الادعاءات الصحية التي يتم التصريح بها هنا وهناك من قبل مختبرات الأبحاث ، التي تركز تحقيقاتها لإثبات جودة هذا الحليب من عدمه.

الكلمات الافتتاحية: الجمل العربي / الحليب / المكاسب الغذائية / القابلية للتحويل الصناعي / مطالبة صحية.



Introduction générale

Introduction générale

Le lait est une nécessité dans la ration alimentaire de la population mondiale. Son apport intensif en nutriments basiques (protides, lipides, glucides) et sa richesse en éléments minéraux notamment le calcium et en vitamines, le rend indispensable pour les nourrissons, mais aussi un aliment vital pour les autres tranches d'âges.

Par cet effet, il faut savoir que la production mondiale du lait provient presque entièrement de : bovins, bufflonnes, chèvres, brebis et chamelles.

En revanche, bien que l'élevage de bovins puisse s'effectuer dans un large éventail d'environnements, d'autres espèces laitières permettent de produire du lait dans des environnements défavorables qui, souvent, ne peuvent pas supporter un autre type de production agricole. Chose remarquable et notable dans les régions sahariennes, où les camelins revêtent un intérêt particulier, car ils interviennent dans des milieux où l'existence d'autres alternatives d'élevage serait aléatoire et onéreuse.

Il est à noter que, le lait de chamelle et ses sous produits ont toujours été très estimés, chez les populations des zones rurales d'Afrique, d'Asie et du Moyen-Orient, où les températures sont élevées et les précipitations, faibles. Car en plus d'être un aliment de base, le lait de chamelle a même été traditionnellement utilisé chez ces populations, à des fins médicinales comme pour le traitement de la tuberculose, l'asthme, l'hydropisie et la jaunisse, et aurait une meilleure digestibilité et une meilleure valeur nutritionnelle que le lait bovin, ce qui en fait l'une des sources alternatives pour la consommation humaine.

Ainsi, on assiste depuis un peu plus de deux décennies à un intérêt croissant pour les productions camelines, qui se traduit notamment par une croissance rapide du troupeau de camelins dans plusieurs pays, notamment l'Algérie.

L'effet bénéfique sur la santé du lait de chamelle et de ses composants est un aspect important sur lequel repose l'utilisation et la formulation de divers produits à base de lait de chamelle. Dans des recherches plus récentes, le lait de chamelle a été noté pour de nombreux avantages pour la santé, par rapport au lait de vache, en raison de sa faible teneur en composés nocifs pour la santé, tels que les acides gras saturés, le lactose, les caséines, les éléments minéraux (sodium, potassium, fer, cuivre, zinc et magnésium), la vitamine C et sa richesse particulière en protéines protectrices (lactoferrine, lactoperoxydase, immunoglobulines et lysozyme). Ce lait est dépourvu de β -lactoglobuline, qui est une protéine allergisante. Il est également indiqué que le lait camelin contient un rapport protéines de lactosérum / caséine plus élevé que le lait de bovin, fournissant un caillé doux et facilement digestible dans le tractus gastro-intestinal.

Outre sa valeur nutritive, ce lait est connu depuis des temps très lointains pour ses « vertus thérapeutiques » où les nomades l'utilisaient pour lutter contre bon nombre de troubles digestifs, respiratoires, dermiques....etc, Ces aspects ont été repris ces derniers temps

par des chercheurs qui ont établi que ce lait, ou les peptides issus de ses protéines, ont un effet bénéfique sur la santé dans plusieurs domaines.

Aussi, à travers cette modeste contribution, nous nous sommes proposé de faire un état des lieux actualisé relatifs aux données bibliographiques se rapportant principalement aux points d'investigations suivants :

- les aspects économiques (dans le monde et dans notre pays) liés au cheptel de dromadaire et à la production de lait enregistrée ;
- l'apport nutritionnel de ce lait en mettant l'accent sur ses principales caractéristiques ;
- les aptitudes à la transformation de ce lait en produits dérivés ;

et, enfin aux allégations de santé en situant la part des faits vérifiés scientifiquement des autres spéculations qui sont véhiculées à et là sur cette matière d'intérêt.



**Le dromadaire et la
production du lait**

1.1 Aperçu sur le dromadaire

Les chameaux (*Camelus dromedarius*) sont des animaux élevés dans le désert et ont été domestiqués pour la première fois dans la région sud de l'Arabie il y a plus de 4 500 ans (BULLIET R. 1990).

Ils ont d'abord été utilisés pour résoudre les problèmes de transport et ont offert aux habitants de la viande, du lait, de la fourrure, du tourisme, des travaux agricoles, des courses et des concours de beauté (BURGER *et al.*, 2019, GEBREYOHANES et ASSEN, 2017), en revanche un intérêt particulier a été attribué à son lait, dû aux immenses avantages thérapeutiques qui lui ont été reconnues (KASKOUS, 2016).

Par conséquent, les chameaux jouent un grand rôle dans la satisfaction des besoins de subsistance dans les terres arides et semi-arides (WAYUA *et al.*, 2012). Surtout que dans des circonstances environnementales aggravées, les chameaux peuvent produire plus de lait que toute autre espèce, alors que leur demande en nourriture est très modeste (BREZOVECKI *et al.*, 2015), car seul cette espèce est adaptée à des fortes variations des disponibilités alimentaires grâce à ses mécanismes d'épargne très performants comme cela a été observé pour l'eau, l'azote, les minéraux, l'énergie et les lipides (FAYE *et al.*, 2002).

1.2. Effectif

En raison des changements climatiques qui se traduisent par une augmentation des irrégularités pluviométriques et par l'aridification de certains milieux qui ont généré une expansion des zones d'élevage des camelins notamment dans les régions semi-arides d'Afrique (FAYE *et al.*, 2012) et grâce à d'autres facteurs, selon FAOSTAT (2019), la population mondiale de chameaux s'élève à environ 37,51 millions, dont 89,4 % de dromadaires à une bosse (*Camelus dromedarius*) et 10,6 % de chameaux à deux bosses (*Camelus bactrianus*). En outre, environ 87,1 % (32,7 millions) de la population mondiale de chameaux se trouvent en Afrique, dont 13,71 millions de chameaux dans les pays d'Afrique de l'Est, dont le Kenya, la Somalie, l'Éthiopie et le Soudan du Sud. Selon FAOSTAT (2019), le taux de croissance du cheptel camelin mondial dépasse ainsi celui des autres espèces d'herbivores domestiques à l'exception de la chèvre (FAYE, 2020).

Le secteur de l'élevage en Algérie constitue un pilier essentiel de l'économie nationale, à travers la création des emplois et surtout la satisfaction des besoins en produits animaux des populations locales. L'élevage représente la part la plus importante de la production agricole ; il a contribué en 2013 pour 33,8 % de la valeur de la production agricole totale (M.A.D.R., 2013).

En 2017, SENOUSSE *et al.*, ont rapporté que le camelin occupe une place prépondérante dans la vie économique et sociale des communautés sahariennes et steppiques, et il revêt une importance particulière du fait qu'il évolue dans des milieux où l'existence d'autres alternatives d'élevages serait aléatoire et onéreux.

Cependant, en Algérie, un pays dont plus de 80% de sa surface est un désert (METZ *et al.*, 1994), où le dromadaire est présent sur l'ensemble de ses régions naturelles du Sahara ainsi que la Steppe (BEKKOUCHE, 2021), l'élevage camelin est une réalité au regard de son rôle social et économique primordial et a toujours été associé aux formes de vie dans ces zones là (SENOUSSI, 2012), surtout qu'il joue un rôle important dans l'optique de la sécurité alimentaire des communautés natives (MEGUELLATI-KANOUN, 2018).

Malgré cette importance, le troupeau camelin national a évolué d'une manière très irrégulière jusqu'à l'aube des années 2000 connaissant un nouvel élan où les effectifs ont pratiquement doublé en l'espace de 20 ans pour atteindre les 416519 têtes en 2019 (FAO STAT, 2021) (figure 1).

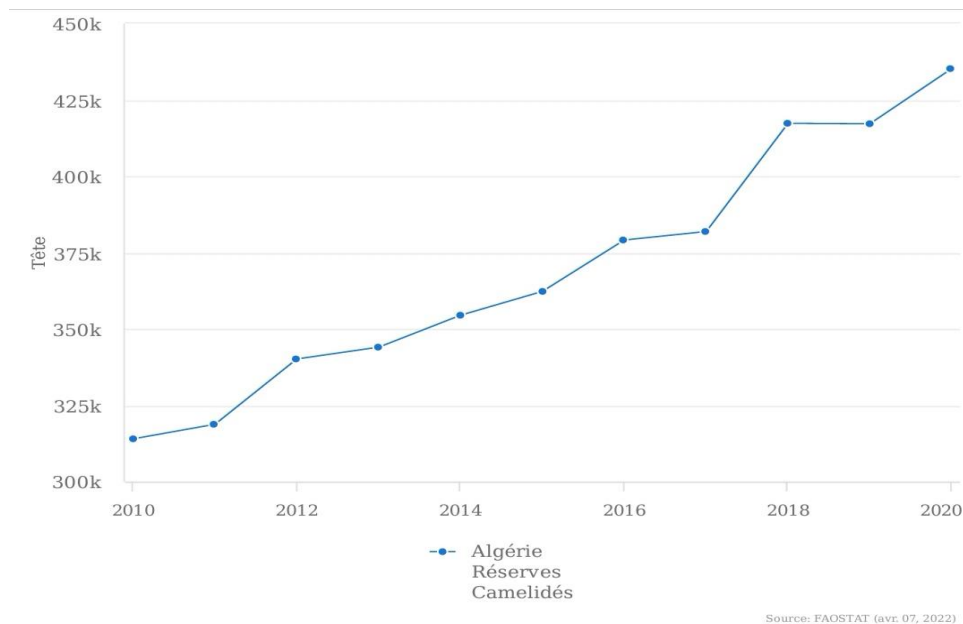


Figure 1: Réserve en camélidés en Algérie pendant la dernière décennie, (2010-2020) (FAO, 2022).

Il faut aussi noter qu'au titre de l'année 2018, l'effectif en cheptel camelin est estimé à 417322 têtes, soit une progression de 9% par rapport à 2017. Cette hausse est essentiellement attribuée à l'augmentation des chamelles qui sont passées de 207884 têtes en 2017 pour s'établir à 250404 têtes en 2018, soit un taux de croissance de 20% (tableau I), (figure 2) (Office National des Statistiques à l'usage des utilisateurs de l'information agricole, 2018).

Tableau I : La quantification du cheptel camelin pendant la période de 2016-2018 (Ministère de l’Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche).

	Unité : tête		
	2016	2017	2018
CHAMELLES	213 987	207 884	250 404
AUTRES	165 107	173 998	166 918
TOTAL CAMELINS	379 094	381 882	417 322

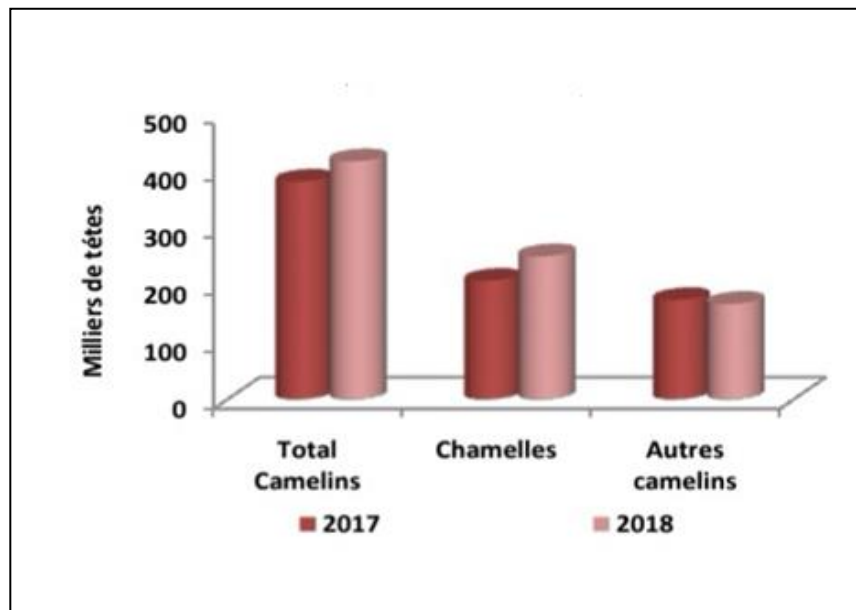


Figure 2 : Evolution du cheptel camelin pour la période 2016-2018 (M.A.D.R.P)

Toutes races confondues, selon l’Office National des Statistiques à l’usage des utilisateurs de l’information agricole en 2018, l’effectif global du cheptel pour l’année 2018 s’est établi à 36013296 têtes, avec prédominance de la race ovine soit près de 80%. Les caprins viennent en seconde position avec une part de 13,6%, suivis par les bovins avec 5%. Quant aux camelins, ils ne représentent que 1,2% de l’effectif cheptel total (figure 3).

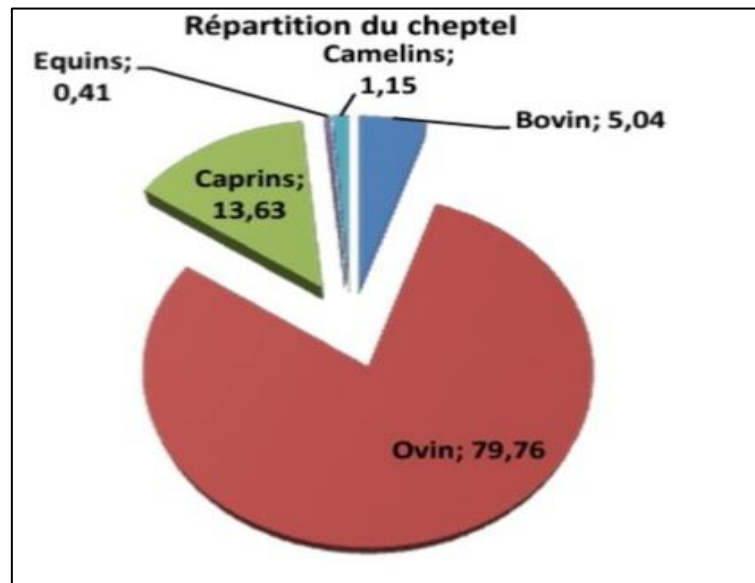


Figure 3 : Répartition du cheptel en Algérie pour l'année 2018. (ONS).

Tableau II : Evolution de l'effectif des cheptels par wilaya (en nombre de tête) (DSA de la wilaya d'Ouargla, Biskra et Ghardaïa et CDARS d'Ouargla 2018)

Wilaya	Cheptel	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ouargla	Bovin	466	439	491	357	290	529	625	1296	1296	1280
	Ovin	119191	118422	119803	122220	123808	123201	125099	136798	140457	148481
	Caprin	166643	168378	173600	179547	184096	187981	194314	199477	202948	214558
	Camelin	28428	28491	28966	29833	30858	31787	32558	33313	34514	42161
Ghardaïa	Bovin	2280	2420	2630	2988	3238	3320	3656	4324	4002	4006
	Ovin	320000	340000	350000	356000	366800	386000	377000	360000	361000	362000
	Caprin	140000	140000	138000	152000	155300	157900	158000	156000	157000	158000
	Camelin	10400	11000	11050	11060	11100	11150	11210	11200	11250	11350
Biskra	Bovin	3632	3650	3627	3659	3894	3991	4850	4995	5010	5055
	Ovin	798980	806010	782750	861900	852300	946000	1005000	942900	961700	1056500
	Caprin	195840	198670	221180	225800	222100	291450	290682	293350	312400	494300
	Camelin	2220	2245	2254	2260	3005	3050	5000	5000	5050	5160

1.3. Systèmes d'élevage

Dans les régions arides, le lait camelin est très valorisé par la population rurale. Actuellement, ce lait est produit dans des différents systèmes d'élevage. En effet, le dromadaire est capable de valoriser le maigre pâturage des régions difficiles contrairement aux autres animaux laitiers. Il est aussi capable dans des conditions de sécheresse extrêmes de procurer à partir des systèmes intensif et semi-intensif du lait de très bonne qualité nutritionnelle tout au long de l'année (JRAD, 2013).

La croissance rapide du cheptel mondial de dromadaires et de chameaux vise donc notamment à répondre à une demande croissante en lait camelin (KONUSPAYEVA *et al.*, 2021).

Pour satisfaire cette demande croissante, l'intensification des produits laitiers dans l'industrie du chameau se produit en particulier dans les pays du Golfe, mobilisant des pratiques de gestion moderne telles que l'utilisation de la biotechnologie de la reproduction (insémination artificielle, transfert d'embryons), la traite à la machine, la prévention de la santé, la souplesse l'alimentation, l'établissement et la sélection génétique (Nagy *et al.*, 2015).

Au niveau mondial, il s'est développé, des systèmes de production cameline, que l'on pourrait qualifier d'intensifs, c'est-à-dire des systèmes s'appuyant sur un ensemble de techniques et de moyens visant à optimiser les capacités de production de l'animal, de la terre ou de la main-d'œuvre (FAYE *et al.*, 2004).

Les dromadaires sont élevés selon les trois systèmes d'élevage existants : Sédentaire, nomade et transhumant. Compte tenu des zones écologiques dans lesquelles ils vivent, les deux derniers systèmes sont de loin les plus fréquents avec toutefois prédominance du mode transhumant (Ministère De L'agriculture D'Alger).

Une étude menée auprès de 157 chameliers, a permis de révéler la cohabitation de 3 types de chameliers dans la région de Ouargla, selon leur mode d'habitation, à savoir : les nomades (8,91%), les transhumants (77,07%) et les sédentaires (14,01%). Alors que selon la motivation de l'élevage, ils les ont subdivisés en 3 catégories : des chameliers naisseurs-engraisseurs (82%), des chameliers naisseurs-engraisseurs-méharistes (13%) et des méharistes (5%).

1.4. Production du lait camelin

1.4.1. Dans le monde

La production effective de lait camelin à l'échelle mondiale est très mal renseignée pour de multiples raisons : faible intégration au marché jusqu'à une époque récente, éloignement des bassins de production avec difficulté d'accès aux bassins de consommation, faible part des produits transformés et surtout importance de l'autoconsommation (KONUSPAYEVA *et al.*, 2021).

Comme le lait camelin est normalement produit dans des systèmes à faible intrant et à faible rendement, cinq litres par jour sont considérés comme un rendement décent. Les chamelles allaitantes produisent généralement entre 1 000 et 2 700 litres par lactation en Afrique, mais les chameaux en Asie du Sud produiraient jusqu'à 12 000 litres par lactation. Les chamelles atteignent le rendement maximal au deuxième ou au troisième mois de lactation et produisent du lait pendant huit à dix-huit mois. La production quotidienne de lait pendant la saison humide est souvent deux fois supérieure à celle de la saison sèche. La courbe de lactation des chameaux laitiers est similaire à celle des bovins laitiers, mais les chameaux ont une lactation plus persistante (FAO, 2022).

Au total, la production du lait camelin dans le monde estimée par la FAO a été multipliée par cinq depuis 1962 (FAOSTAT, 2021). Même si qu'elle a connu un certain déclin dans la période de 2010-2014 (Figure 4), les chiffres ont vite repris leurs trajectoires initiales d'augmentation.

Cette envolée correspond à un taux de croissance annuel de 7 %, soit plus du double du taux de croissance du lait de vache, et plus du triple du taux de croissance du lait de petits ruminants (FAOSTAT, 2021).

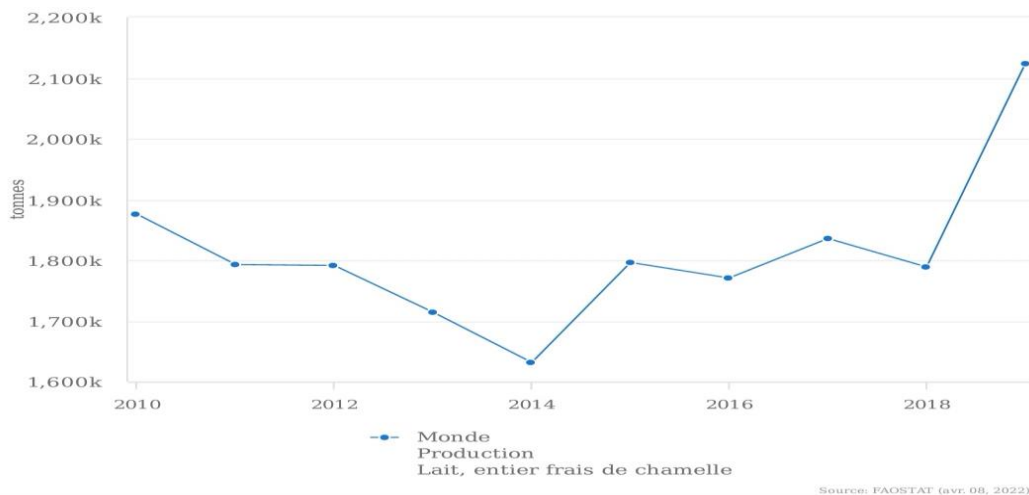


Figure 4 : Taux de production annuelle de lait camelin dans le monde pendant la période 2010-2018. (FAOSTAT 2022).

1.4.2. En Algérie

Compte tenu de l'importance du lait dans l'alimentation quotidienne de l'homme; les besoins en cette matière sont de plus en plus importants, en raison de l'évolution croissante des niveaux de consommation. Par ailleurs, l'insuffisance de la production nationale astreint notre pays à recourir depuis plusieurs années à des importations massives de lait et ses produits dérivés (SIBOUKEUR, 2007).

En revanche, l'industrie de la production laitière cameline semble connaître ces dernières années une augmentation graduelle dans ces chiffres, augmentant chaque année depuis 2014 de ± 500 tonnes (Figure 5).

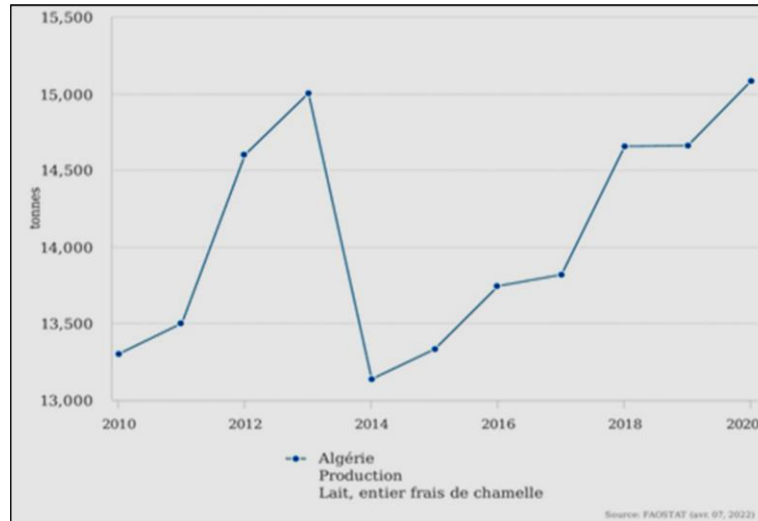


Figure 5 : Taux de production annuelle du lait camelin en Algérie pendant la période 2010-2020 (FAOSTAT 2022).

Cependant, le dromadaire reste une richesse mal exploitée. En Algérie, dans la plus part des élevages camelins, les chamelles ne sont pas considérées comme productrices du lait (LAAMECHE *et al.*, 2013), chose évidente, une fois les taux de production de cette matière même au niveau domestique est comparée avec celles produites ailleurs dans le monde (Figure 6).

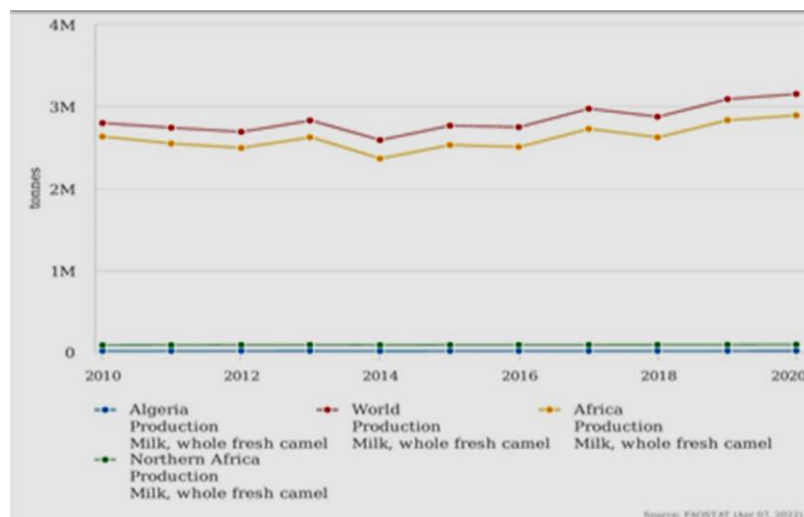


Figure 6 : Taux de production laitière cameline en Algérie comparés au reste du monde (2010-2020) (FAOSTAT, 2022).

En Algérie, le lait est surtout partagé entre le chamelon et la famille de l'éleveur ou est offert gracieusement. Mais, si d'une manière générale, sa vente est une offense aux règles d'hospitalité nomade dans les différentes régions, on peut, néanmoins, le trouver sur le marché de quelques localités (ADAMOU et FAYE, 2007).

Ceci dit, la productivité laitière des chammelles algériennes n'a pas connu une évaluation exacte, par un contrôle laitier strict. Les chiffres sont très variables, selon plusieurs conditions, et issus en majorité d'enquêtes. Ce sont des estimations, qui parfois n'expriment pas clairement s'il s'agit de la production laitière totale et potentielle des chammelles, ou seulement des quantités récoltées (LAAMECHE et CHEHMA, 2019).

Tel est le cas dans l'étude menée par LAAMECHE et CHEHMA (2019) au niveau de la Wilaya de Ghardaïa, ils ont conclu que comparativement aux chiffres sur le lait récolté de la population Sahraoui (dominante du Sahara septentrional), la moyenne réalisée par des éleveurs (3,4 l/j) est plus élevée que celle citée par ADAMOU (2011) 2,48 l/j, ou celle citée par OULED LAID (2008) 2 à 3 l/j. Cependant, elle est plus faible que celle citée par SIBOUKEUR (2008) 5,22 l/j.

On met en considération aussi le fait que l'excédent de la traite de lait n'est utilisé que pour l'autoconsommation, et cela après que le chamelon ait tété sa mère. Le lait produit n'est ni conservé, ni transformé, et les quantités non consommées sont jetées (CHEHMA, 2004).

1.4.3. Comparaison du rendement laitier camelin avec celui du reste des espèces laitières

L'un des changements majeurs de ces dernières décennies (en matière de production laitière cameline), est l'émergence de systèmes d'élevage laitier intensifs caractérisés par un arrêt de la mobilité des troupeaux (CHAMEKH *et al.*, 2020).

En revanche, les estimations sont encore loin des quantités produites par les autres espèces laitières à l'échelle de la planète. Cependant, si l'on se réfère aux seuls pays déclarant officiellement un cheptel camelin (48 pays répertoriés), la part de la production du lait camelin est plus importante que celle du lait de brebis. La part du lait camelin dans la production par pays varie de 0,001 % (Russie) à 44,6 % (Somalie), voire 60% au Sahara occidental, zone incluse depuis 2019 par la FAO (figure 7).

Cependant, si le potentiel de production de la chamelle peut être aisément comparé à celui des zébus élevés en zone tropicale, il apparaît plus faible par rapport aux vaches laitières sélectionnées, en raison d'un cycle de reproduction deux fois plus long, de l'inadaptation des machines à traire utilisées en élevage bovin, et des besoins alimentaires plus spécifiques (NAGY *et al.*, 2015 ; FAYE, 2016 ; AYADI *et al.*, 2018).

En absence d'une réelle sélection génétique et d'un développement des biotechnologies de la reproduction en dehors des stations de recherche, l'augmentation des performances laitières restera limitée au choix des quelques meilleures laitières dans des

fermes intensives en dépit des récents progrès sur la connaissance du potentiel génétique de l'espèce (FAYE, 2018b ; AL-ABRI et FAYE, 2019 ; BURGER *et al.*, 2019).

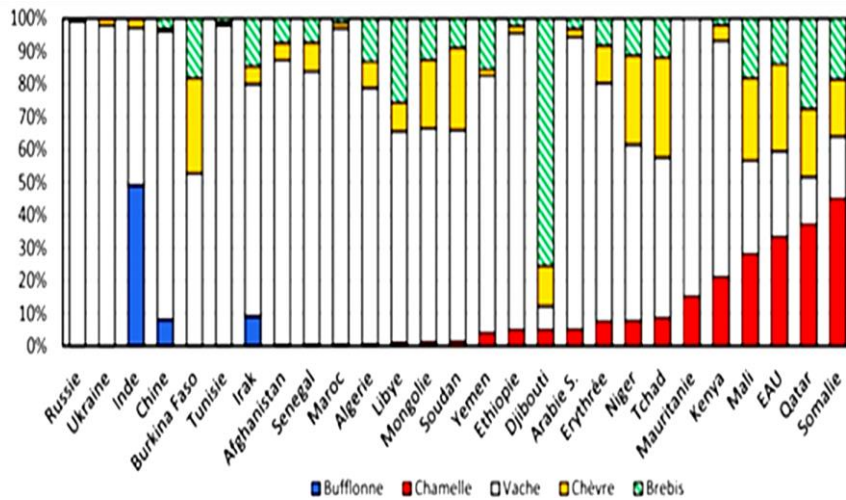


Figure 7 : Proportions des laits des différentes espèces dans les 28 pays déclarant une production nationale du lait camelin (calculées d'après les données de productivité estimées ou déclarées par pays en 2019). (FAOSTAT, 2021).

Il est indéniable que dans la vie économique et sociale des populations sahariennes, l'élevage camelin occupe une place importante. L'intérêt et l'importance de cette espèce dans une région d'étude (Ouargla) ont fait que sur la période 2000-2018, les effectifs camelins ont augmenté de manière significative (FAOSTAT, 2018).

Dans l'exemple de la wilaya de Ouargla, l'élevage des petits ruminants (caprin et ovin), très adaptés à la rudesse des conditions climatiques de la région et assurant un revenu monétaire substantiel pour les éleveurs représente 85% du cheptel. Alors que, l'effectif camelin ne représente que 14% du cheptel total dont la proportion de chameilles recensées est de l'ordre de 68%. Quant à l'effectif bovin dont l'introduction est fort récente, il reste insignifiant (1%) (DSA, 2020). Par conséquent, ces chiffres qui sont projetables sur toute autre wilaya ayant une population de chameaux (Tableau II) ont un lien direct avec l'énorme différence dans les taux de production laitière annuelle entre les chameaux et les autres ruminants présent dans les mêmes aires géographiques (Figure 8).

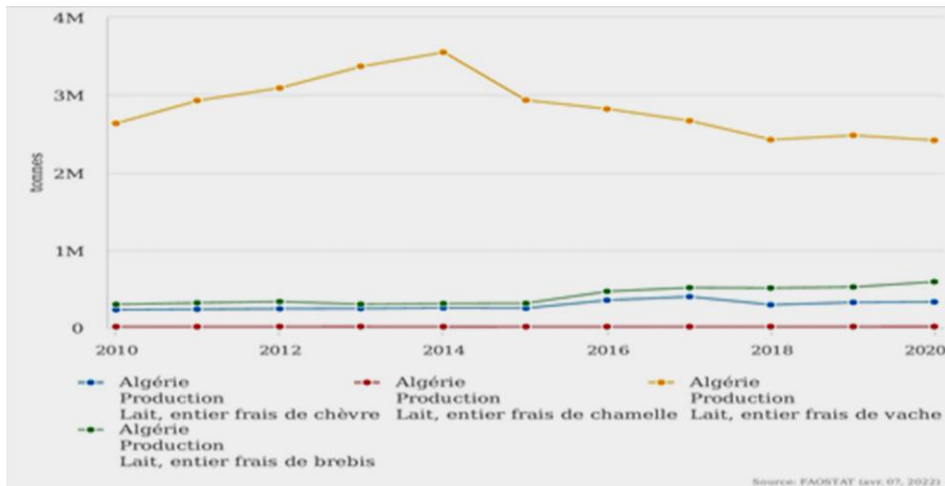


Figure 8 : Taux de production laitière cameline annuel comparés à celles du restant du cheptel laitier en Algérie pendant une décennie (2010-2020) (FAOSTAT, 2022).

Pour conclure, on dit que malgré les taux de production visiblement en hausse les deux dernières décennies (Figure 7), et un élevage camelin, qui au paravent n'avait plus d'autre débouché que la boucherie, s'engageant ces dernières années sur une vente informelle du lait (4-7 l produits par jour sur 6-18 mois) utilisé comme alicament, ce qui a précipité la structuration de la filière autour des centres urbains...(BEDDA *et al.*, 2020). Les propos de ADAMOUE et FAYE, (2007) qu'en l'absence de toute station de recherche cameline, et en l'absence d'un programme camelin dans les activités du seul institut technique des élevages (ITELV) existant, la création d'un institut de développement de l'élevage camelin, dont l'implantation pourrait se faire dans une wilaya du sud, pouvant répondre à cet enjeu du développement de la recherche cameline est primordiale. L'objectif de cet institut serait l'organisation des chameliers, la promotion de la production et la valorisation des sous produits, restent valable aujourd'hui si on veut voir l'industrie laitière du chameau se développer d'avantage et essayer de réduire l'écart avec l'industrie du bovin.

1.4.4. Les facteurs de variation de la production laitière

La chamelle peut produire du lait grâce à ses caractéristiques particulières qui assurent le maintien de la production laitière, diminuant également l'apport alimentaire et augmentant l'osmolalité du lait dans des circonstances cruciales (YAGIL *et al.*, 1994).

Selon THOKAL *et al.*, (2004), l'eau est considérée comme le nutriment le plus important pour la lactation. Rien n'empêche, l'une des caractéristiques remarquables du chameau est sa capacité à continuer à produire la même teneur en eau de lait pendant la période de privation d'eau ou de sécheresse lorsqu'aucune eau n'est disponible (YAGIL *et al.*, 1994). Mais différents facteurs, y compris l'eau, peuvent influencer la production de son lait (BEKELE *et al.*, 2011).

FARAZ *et al.*, (2021) ont rapporté dans leurs étude que la production de lait a diminué à mesure que la privation d'eau chez le chameau a été prolongée, et que cet effet a été significatif .

On prête aussi une importance à la saison où la traite est réalisée, MARTINEZ (1989) en réalisant 278 mesures sur 50 chamelles à la périphérie de Nouakchott a obtenu des résultats indiquant que la production du lait est fonction du mois de lactation. Elle est maximale au cours du 3 mois et s'évalue à 4,3 litres. Du 3ème au 8ème mois de lactation, la moyenne obtenue est de 3,8 litres.

En Inde, PRAKASH *et al.*, (2022) ont réalisé une étude sur quatre races de dromadaires indiens, à savoir Bikaneri, Jaisalmeri, Kachchi et Mewari sous gestion de la traite à la main, et ils leur ont évaluées pour la traite et d'autres facteurs qui y sont associés. Suite aux résultats auquel ils ont abouti ils conclurent alors que les paramètres de traite sont influencés par la race, la parité et la production laitière des animaux, et qu'une corrélation positive existe entre la production de lait, le temps de traite, le débit de lait et les mesures des trayons.

Pour terminer, ils notent qu'une attention particulière doit être accordée aux facteurs tels que la race, la parité, la production de lait et les caractéristiques des trayons pour la sélection de chameaux ayant une capacité de traite et un potentiel laitier supérieurs.

Il ne faut pas oublier de mentionner aussi que la productivité laitière est directement liée à la composante floristique et la performance génétique individuelle (SOLIMAN AL-DOBAIB, 2009) et qu'il y'a toujours une tendance positive des chamelles à augmenter la production laitière avec la disponibilité du fourrage vert (KARUE C, 2004). Alors pour terminer, on dit que la nature du fourrage consommé par l'animal joue un grand rôle dans les taux de production.

LAAMECHE *et al.*, (2013) déduisent après une analyse statistique, que plus le régime contient davantage d'aliment grossier, plus il présente un effet positif sur la production laitière.

Mais que toutefois, l'incorporation des régimes énergétiques influents négativement sur la production laitière et d'une façon plus significative sur le niveau de production. Ils accentuent le fait que ces régimes peuvent au contraire dévier la digestion et le métabolisme vers le gain du poids vif et la constitution des réserves corporelles, au détriment de la production laitière. En revanche, LAAMECHE *et al.*, (2013), confirment que les fourrages verts et les aliments grossiers de bonne qualité, favorisent la production laitière et développent le niveau de production de la chamelle.

1.5. Aperçu sur la commercialisation

Longtemps réservé au don à l'hôte de passage ou aux besoins de la famille élargie ou du campement, le lait camelin est resté pendant longtemps en dehors des transactions

commerciales. Dans de nombreuses sociétés pastorales, le tabou de la vente a été longtemps un frein à l'émergence d'un commerce local (ABEIDERRAHMANE, 1997).

Les mutations en cours tant sur le plan des systèmes de production cameline (FAYE, 2018c ; FAYE et KONUSPAYEVA, 2017) que sur le plan de l'urbanisation ont conduit à l'émergence d'un marché du camelin.

Ce dernier, booster par l'insertion croissante des élevages dans l'économie marchande a permis l'essor progressif du commerce des produits camelins et notamment du lait camelin. Cette marchandisation des produits camelins s'est appuyée sur le développement de systèmes de collecte du lait et d'unités de transformation qui commercialisent divers types de produits laitiers sur les marchés locaux, régionaux, voire internationaux (FAYE, 2016).

D'abord limité à des ventes locales ce commerce a connu récemment une internationalisation rendue possible par l'apparition du lait camelin en poudre. Ce commerce de longue distance a tout naturellement profité de l'essor des nouvelles possibilités offertes par le commerce en ligne. En 2020, il existait deux grandes plateformes de revente du lait camelin en poudre (Ali-Baba et Amazon) ainsi qu'un grand nombre d'autres sites de revente spécialisés. La plateforme chinoise Ali-Baba propose une très large gamme du lait camelin en poudre sachant qu'il est loin d'être exhaustif (33 parmi 138 répertoriés sur le site Ali-Baba) (KONUSPAYEVA *et al.*, 2021).

Un modèle du développement de l'industrie du lait camelin et sa commercialisation, est le système émirati de vente du lait camelin sur le marché local et international, créant l'EICMP, la première production intégrée du lait camelin au monde et le projet de traitement établi à Dubaï, aux UAE, en 2006. À l'heure actuelle, la ferme possède plus de 8000 animaux et produit plus de 3,5 millions de litres du lait camelin par an et offre une vaste gamme de produits allant du lait nature ou aromatisé et du lait en poudre jusqu'à de la crème glacée et du chocolat et même du ghee (le smen ou beurre clarifié) (NAGY *et al.*, 2021).

Ces perspectives prometteuses du commerce international du lait camelin sont soulignées par certains rapports d'expertises. L'un d'entre eux (Global Camel Milk Powder MARKET, (2019) évalue le taux de croissance annuel de ce marché à 3,9 % entre 2011 et 2018. Ce même rapport estime que le marché pourrait connaître une croissance annuelle de 8 % pour la période 2019–2024. Dans ce contexte, la croissance comme dans bien d'autres secteurs agricoles est tirée par le marché chinois. Ce même rapport évalue le marché chinois du lait camelin en poudre à 99,56 millions USD en 2019 et pourrait atteindre 189,36 millions USD en 2027, soit une croissance de 8,4 % à partir de 2020. L'Europe n'est cependant pas en reste. Selon la même source, la valeur du marché de la poudre du lait camelin aurait atteint 445,04 millions USD en 2019 et, avec une croissance annuelle de 9 %, pourrait atteindre 881,36 millions USD en 2027. En tête des pays européens on trouve l'Allemagne (19,0 % du marché en valeur en 2019), la France (15,9 %), la Grande-Bretagne (13,9 %), la Russie (9 %) et l'Italie (7 %). Cette répartition serait stable sur la période 2020–2027. Les autres pays européens impliqués dans ce marché sont par ordre d'importance l'Autriche, la Pologne, le

Portugal, l'Espagne, la Turquie, les Pays-Bas, l'Irlande, le Danemark et la Belgique (KONUSPAYEVA *et al.*, 2021).

Les nouveaux programmes dans le secteur agricole qui ont été mis en place depuis 2001 ont donné un nouveau souffle au secteur du commerce et ce, par la création de micro-entreprises. Notons que les subventions de l'Etat à l'égard de la filière lait (notamment en matière d'élevage bovin) encouragent les éleveurs pour s'engager dans ce créneau. Chose qui s'est répercutée positivement sur le développement de la filière lait dans la Wilaya de Ghardaïa par exemple. Elle constitue une véritable action économique, où on ne relève pas moins de 6 unités de transformation de lait qui sont implantées çà et là à travers toute l'assiette de la Wilaya (BELLI, 2012).

Le lait camelin présente un intérêt particulier pour les populations du Sud et actuellement pour la communauté européenne car il répond aux exigences des consommateurs compte-tenu de sa haute teneur en nutriments.

Tous les paramètres nutritionnels sont présentés dans plusieurs ouvrages scientifiques mais n'ont jamais été consacrés dans un texte réglementaire afin de commercialiser le lait. Ceci constitue une lacune dans le dispositif réglementaire (NARI, 2021).



Apport nutritionnel

La consommation de lait et de produits laitiers est souvent incluse comme élément important dans une alimentation saine et équilibrée. C'est le premier aliment pour les mammifères et fournit toute l'énergie et les nutriments nécessaires pour assurer une croissance et un développement appropriés (PEREIRA, 2014).

Pendant des siècles, le lait camelin a joué un rôle clé dans la nutrition humaine dans les régions chaudes et arides du monde (LAJNAF, 2020).

Parallèlement à l'intérêt croissant pour les aliments qui, en plus de leurs valeurs nutritionnelles, ont des avantages physiologiques, l'attention portée au lait camelin augmente considérablement (HAILU *et al.*, 2016).

Récemment, il y a eu un intérêt croissant pour ce lait comme substitut potentiel du lait de vache en raison de sa haute valeur nutritionnelle et de ses effets thérapeutiques (LAJNAF, 2020).

Ce chapitre résume les informations disponibles sur le lait camelin en mettant l'accent sur la composition nutritionnelle et les activités bio-fonctionnelles.

2.1. Aperçu général sur le lait camelin

Il a une odeur légèrement sucrée et un goût salé. Son goût dépend principalement du type de fourrage donné et de la disponibilité de l'eau. Les chameaux ont la capacité de supporter de longues périodes sans eau et donc le lait produit à ces moments-là peut avoir une légère variation dans sa composition (DUGASSA, 2021).

Semblable à l'acidité du lait de brebis (YAGIL *et al.*, 1984), le pH du lait camelin varie entre 4 et 6,7 (ABU-TARABOUSH *et al.*, 1998 ; KHASKHELI *et al.*, 2005). Le lait camelin aurait une capacité tampon à pH 4,95, ce qui est inférieur à celui du lait bovin (SAWAYA *et al.*, 1984) tandis que le lait camelin écrémé a une capacité tampon plus élevée à pH 5,65. Comparé au lait de vache, le lait camelin s'acidifie très lentement et peut être conservé plus longtemps sans réfrigération (DUGASSA, 2021).

2.2. Composants du lait camelin

L'effet bénéfique sur la santé du lait camelin et de ses composants est un aspect important sur lequel se concentrer lors de l'utilisation et de la formulation de divers produits à base de lait camelin. Dans des recherches plus récentes, le lait camelin a été noté pour de nombreux avantages pour la santé, par rapport au lait de vache, en raison de la faible teneur en composés nocifs pour la santé, tels que les acides gras saturés, le lactose et la caséine, et des teneurs élevées en composés bénéfiques (Tableau 3), tels que les vitamines, les minéraux et les protéines bioactives (SWELUM *et al.*, 2021).

En réalisant une étude comparative de 8 résultats de recherche différents pendant la période 2010-2022 on a obtenue les résultats suivant :

Tableau III : Récapitulation et comparaison des teneurs du lait camelin en nutriments d'après différentes publications

Eau	M.G	M.T.S	Protéines	Lactose	Cendres	Constituants Références
	3.5%	12.0%	3.1%	4.4%	0.8%	Al haj& Al, 2010.
	0.8 - 5.7%		2.16-3.99%	3.69-5.13%		Al-Gedan& Al, 2015.
86.5%	4%			5%	0.8%	Konuspayeva, 2018.
	3.68 ± 1%	8.25-16.70%	3.28±0.59%	4.47±0.66%	0.81±0.19%	Alhaj& Al, 2019.
	2.83±0.45%		3.34±0.27%	4.88±0.18%	0.73±0.05%	Al-Zoreky& Al, 2021.
90%	2%	10%	3.5%	4.5%	0.78%	Nath & Kumar2021.
	3.50%	12%	3.10%	4.40%	0.8%	Oselu& Al, 2022.
86-88%	2.9-5.4%		3.0-3.9%	3.3%	0.6-0.9%	Hassani & Al, 2022.

Nous remarquons alors que les résultats varient et diffèrent d'une étude à une autre et même d'une année à une autre.

En 2019, AL-FARABI, à réaliser la compilation de 121 références publiées entre 1905 et 2019 et ses résultats donnent une moyenne de 3,68±1,00% de matière grasse. 3,28±0,59 pour les protéines totales, 4,47±0,66 pour le lactose et 0,81±0,19 pour les cendres avec une matière sèche variant entre 8,25 et 16,70% (moyenne 12,2±1,62%). Il remarque que si les teneurs en lactose et en minéraux n'évoluent pas significativement d'une période à l'autre, il existe une différence significative de matière grasse et de protéines totales (et par conséquent de pourcentage de matière sèche) selon le moment de l'analyse, avec une diminution régulière de la teneur en protéines et un maximum de matières grasses sur la période 1991-2000.

Ces variations dans les teneurs en lait camelin peuvent être attribuées à plusieurs facteurs tels que les méthodes d'analyse (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009), la zone géographique, les conditions nutritionnelles, la race, le stade de lactation, l'âge et le nombre de vêlages (BREZOVECKI *et al.*, 2015), mais pourrait également être liée à l'augmentation des références basées sur les données de l'élevage intensif de camélins où une certaine dégradation de la concentration en graisses et en protéines dans le lait est observé (BENMOHAMED *et al.*, 2018). Cependant, la variabilité est également observée selon l'origine des échantillons de lait camelin (AL-FARABI, 2019).

Le lait camelin devient un produit de plus en plus intéressant dans le monde, non seulement pour ses bonnes propriétés nutritives, mais aussi pour ses produits intéressants et de bon goût (BREZOVECKI *et al.*, 2015).

Par rapport aux autres animaux laitiers, les chèvres produisent plus de lait de bonne qualité nutritionnelle et dans un environnement hostile, comme des températures plus élevées et une végétation rare (AL-ZOREKY et ALMATHEN, 2021).

2.2.1. Protéines

Le lait est relativement riche en protéines. Ces dernières sont définies comme un groupe de composés hétérogènes qui diffèrent par leur nature et leur composition (GIZACHEW *et al.*, 2014).

Dans le lait de dromadaire la teneur totale en protéines est de $33,5 \pm 6,2$ g/l et la variabilité dépend de l'origine géographique des animaux (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009).

Les principaux groupes de protéines présents dans le lait camelin sont les caséines, les protéines de lactosérum et diverses protéines protectrices. Ces dernières sont constituées d'enzymes qui possèdent des activités immunologiques et antibactériennes (YADAV *et al.*, 2015).

Le lait camelin et le lait humain ont des teneurs élevées en α -lactalbumine (α -La) et en lactoferrine (LF) et sont dépourvus de β -lactoglobuline (HINZ *et al.*, 2012). L'absence de β -lactoglobuline, l'une des principales protéines de lactosérum allergènes dans le lait de vache, peut conférer au lait camelin une possibilité potentielle de l'utiliser, avec quelques modifications, dans les préparations pour nourrissons.

2.2.1.1. Caséines

Selon les données de la littérature, les caséines sont la fraction protéique la plus courante, variant de 61,8 à 88,5 % de la majorité des protéines totales du lait (AKINDYKOVA, 2019).

La caséine ne se trouve dans aucun produit autre que le lait. Elle est précipitée lorsque le lait s'acidifie ou lorsque de l'acide ou de la présure est ajouté. En fromagerie, la majeure partie de la caséine est récupérée avec la matière grasse du lait. Dans le lait camelin, la valeur de la caséine est la limite inférieure de la teneur en caséine du lait de vache et varie entre 72% et 76% des protéines totales. La caséine est présente dans le lait sous forme de particules finement divisées. Les particules contiennent, outre la protéine, des quantités considérables de phosphate de calcium. Le diamètre de la caséine bovine varie de 40 à 160 nm (1 μ m (10 μ m)). Dans le lait camelin, le diamètre des particules de caséine varie de 20 nanomètres à plus de 300 nm (DUGASSA, 2021).

Les composants de caséine cameline sont homologues à ceux de la caséine bovine : α S1-CN, α S2-CN, β -CN et κ -CN (OCHIRKHUYAG *et al.*, 1997 ; KAPPELER *et al.*, 1998).

Selon KAPPELER *et al.*, (1998), la proportion de chaque composant de la caséine est : α S1-CN 22, α S2-CN 9,5, β -CN 65, et κ -CN 3,5 % (p/p). La caséine- β (β -CN) est la principale

caséine du lait camelin suivie d' α S1-CN contrairement au lait de bovin, qui contient 360 et 380 g/kg de caséine totale de β -CN et d' α S1-CN (Davies et Law, 1980). Seulement 3,5 % de la caséine totale correspond à la κ -CN dans le lait camelin (KAPPELER *et al.*, 2003) comparativement à 13 % dans le lait bovin (DAVIES et LAW, 1980).

À l'instar du lait maternel, le lait camelin contient un pourcentage élevé de β -CN qui pourrait refléter un taux de digestibilité plus élevé que le lait bovin : la β -CN est plus sensible à l'hydrolyse de la pepsine que l' α S1-CN (EL-AGAMY *et al.*, 2009). De plus, le lait camelin entraîne une incidence plus faible d'allergie, car aucune réactivité immunologique croisée n'a été observée entre les protéines du lait camelin et du lait de vache lorsque les sérums d'enfants allergiques au lait de vache ont été testés pour la spécificité de leurs IgE aux protéines du lait camelin (EL-AGAMY *et al.*, 2009). En ce qui concerne le degré de phosphorylation, KAPPELER *et al.*, (1998) ont signalé que les α S1-CN, α S2-CN et β -CN cameline sont multiphosphorylés au niveau des résidus de sérine (6, 9 et 3 Ser, respectivement; mais dans une moindre mesure que les caséines bovines (8, 10 et 5 Ser, respectivement).

De plus, la liaison peptidique sensible à la chymosine dans la κ -CN cameline est plus facilement hydrolysée avec la chymosine cameline qu'avec la chymosine bovine (KAPPELER *et al.*, 2006; MØLLER *et al.*, 2012) en raison d'une plus grande flexibilité de la structure enzymatique du lait camelin (JENSEN *et al.*, 2013).

2.2.1.2. Protéines sériques

La teneur en protéines sériques dans le lait camelin varie entre 20- 28 % des protéines totales, ce qui est légèrement plus que dans le lait de vache (EL-AGAMY ; 2009; DUGASSA, 2021), elles se composent principalement de β -lactoglobuline, de lactoferrine (également appelée GlyCAM-1), d'IgG et d'albumine sérique.

Par conséquent, le rapport entre la fraction de protéines de lactosérum et la fraction de caséine dans le lait camelin est plus élevé que dans le lait de vache, mais inférieur à celui du lait maternel (EL-AGAMY, 2009).

2.2.1.2.1. α -Lactalbumine

Dans le lait bovin, α -La est la deuxième protéine majoritaire du lactosérum avec une concentration moyenne de 1,2 à 1,5 g/l, mais c'est la principale protéine de lactosérum dans le lait camelin avec une concentration d'environ 2 à 7 g/l (KAPPELER, 1998 ; EL-HATMI et al., 2007 ; OMAR et COLL, 2016).

La α -La se lie aux cations divalents, et peut faciliter l'absorption des minéraux essentiels (PERMYAKOV et BERLINER, 2000).

De grandes différences sont trouvées dans la séquence d'acides aminés de la α -La cameline par rapport à d'autres espèces, y compris les bovins et les caprins. Il n'y a aucune preuve de glycosylation de α -La cameline (SI AHMED ZENNIA *et al.*, 2015). L' α -La bovin

a deux ou peut-être trois variantes génétiques (BREW, 2013), tandis que l' α -La humain a deux variantes génétiques (CHOWANADISAIA *et al.*, 2005).

Par ailleurs, pour l'espèce cameline, l'observation de deux isotopes de α -La cameline ayant des points isoélectriques de 5,1 et 5,3 (BEG *et al.*, 1985; CONTI *et al.*, 1985; LEVIEUX., 2005; OCHIRKHUYAG *et al.*, 1998) ne correspond pas à différentes variantes génétiques. En effet, SI AHMED ZENNIA *et al.*, (2015) ont montré que l' α -La est partiellement désamidée dans le lait camelin selon un processus spontané non enzymatique, qui explique l'hétérogénéité de α -La cameline. La désamidation non enzymatique peut facilement se produire dans des conditions physiologiques, c'est-à-dire à un pH neutre et presque neutre et à 37 ° C, à Asn45 et Asn16, entraînant la formation de résidus d'aspartate (Asp) et préférentiellement, d'isoaspartate (IsoAsp). Selon ASWAD *et al.*, (2000), il existe un lien possible entre la formation de résidus d'IsoAsp dans les protéines pharmaceutiques et les maladies auto-immunes.

2.2.1.2.2. Lactoferrine

La lactoferrine est une glycoprotéine qui a la capacité de lier deux cations métalliques (de préférence Fe 3+) aux sites de liaison qui sont structurellement étroitement liés (ABBAS *et al.*, 2013).

Différentes études *in vitro* ont été menées pour vérifier la capacité de LF à réduire la prolifération des cellules cancéreuses, en particulier les cellules cancéreuses colorectales (HABIB *et al.*, 2013).

La majorité de la lactoferrine est nécessaire pour le transport ou le stockage du fer et possède des propriétés antioxydantes. Les teneurs en lactoferrine du lait camelin (0,22 mg/mL) étaient significativement plus élevées que celles du lait de chèvre, de brebis, de bufflonne et de vache (ABBAS *et al.*, 2013). EL-HATMI *et al.*, (2007), ont révélé que le niveau le plus élevé de lactoferrine (2,3 g/l) a été remarqué après 2 jours de parturition.

Il a également été démontré que la lactoferrine présente dans le lait camelin a une action thrombolytique potentielle, car elle provoque une inhibition de la coagulation et de la formation de fibrine qui, à son tour, entrave la propagation et la croissance des cellules tumorales métastatiques (GARCIAMONTOYA *et al.*, 2012 ; GADER et ALHAIDER, 2016).

Plus important encore, la lactoferrine est l'ingrédient principal du lait camelin, à travers lequel le lait camelin effectue une activité anti pathogène contre la prolifération des cellules cancéreuses ; toutefois, les mécanismes sous-jacents doivent encore être étudiés (RASHEED, 2017).

2.2.1.2.3. Lactoperoxydase

La lactoperoxydase est résistante à la digestion acide et protéolytique, contribue au système de défense de l'hôte, exerce une activité bactéricide, une activité de stimulation de la croissance, une activité antitumorale et il a une relation étroite (71%) avec la peroxydase

thyroïdienne humaine, impliquée dans l'iodation et le couplage dans la formation des hormones thyroïdiennes (GUL *et al.*, 2015).

C'est une protéine protectrice de proportions plus élevées dans le lait camelin que le lait de vache et de l'homme. Elle a une activité antibactérienne de bactéries Gram positif comme la N-acétyl-bêta-D-glucosamidase (NAGase) trouvée en quantités similaires dans le lait maternel (EL HATMI *et al.*, 2007).

2.2.1.2.4. Immunoglobulines

Les immunoglobulines (Ig) contenues dans le lait camelin contribuent à l'incroyable capacité de lutte contre les infections et d'éradication du lait camelin. Les Ig du lait camelin sont capables de pénétrer dans les tissus et les cellules que les Ig humaines étaient incapables de faire. En raison de sa taille réduite (un dixième de la taille des anticorps humains), il peut facilement passer au lait camelin en lactation, peut passer le Blood-Brain/Barrier (BBB) et est facilement absorbé par l'intestin dans la circulation générale (ABDEL GALI, 2016). De plus, le niveau d'immunoglobulines G dans le lait camelin est le plus élevé par rapport à celui des chèvres, des vaches, des brebis, des bufflonnes et du lait humain (EL-AGAMY *et al.*, 2009).

Les immunoglobulines du lait camelin sont également très importantes sur le plan thérapeutique en raison de leur propriété unique de ne contenir que deux chaînes lourdes, car les chaînes légères sont absentes (HOELZER *et al.*, 1998 ; HABIB *et al.*, 2013). Pour cette raison, la plupart de ces immunoglobulines provenant de la chamelle en lactation peuvent passer dans le lait. Par conséquent, ces immunoglobulines restent disponibles dans le lait camelin (MULLAICHARAM, 2014 ; GADER et ALHAIDER, 2016). De plus, une chaîne lourde d'immunoglobulines est actuellement utilisée dans la thérapie immunitaire pour les patients atteints de divers troubles tels que le cancer, la sclérose en plaques et la maladie d'Alzheimer (RASHEED, 2017).

2.2.1.2.5. Protéine de reconnaissance du peptidoglycane (PGRP)

C'est une protéine dont la concentration la plus élevée a été découverte pour la première fois dans le lait camelin, elle a un effet apparent sur le cancer du sein en contrôlant les métastases et en stimulant la réponse immunitaire de l'hôte (GIZACHEW *et al.*, 2014). Elle stimule la réponse immunitaire de l'hôte et a une activité antimicrobienne puissante.

2.2.1.2.6. Protéine acide du lactosérum (WAP)

La protéine acide du lactosérum (WAP) a été décrite pour la première fois par BEG *et al.*, (1984). C'est une protéine à caractère acide dont la concentration dans le lait camelin est de 0,16 g/l (KAPPELER *et al.*, 2003). Elle a une masse moléculaire d'environ 12,6 kDa avec un pH isoélectrique de 4,70 et elle est composée de 117 acides aminés avec 17 groupements thiols libres (KAPPELER *et al.*, 1998).

2.2.1.2.7. Protéine basique du lactosérum camelin (CWBP)

La protéine basique du lactosérum camelin (CWBP) (20 kDa) n'a pas d'équivalent homologue chez les autres espèces et présente un point isoélectrique élevé de 9,3 (OCHIRKHUYAG *et al.*, 1998).

L'analyse de la séquence primaire de la CWBP révèle sa richesse en résidus Gln, Arg et Gly (OCHIRKHUYAG *et al.*, 1998).

Le lactosérum camelin contient environ 1,7 g/l de CWBP (ELHATMI *et al.*, 2006).

2.2.1.2.8. Molécules immunitaires

Le lait camelin contient différentes molécules immunitaires qui peuvent combattre différents microbes et agir comme agents protecteurs (ELAGAMY *et al.*, 1999), notamment les immunoglobulines IgM, IgG, IgA et même IgD (ABU-LEHIYA, 1997). Les sous-classes IgG2 et IgG3 (naturelles pour les chameaux) ne se composent que de deux chaînes lourdes. Il existe un seul domaine V (VHH). Le VHH du chameau a une longue boucle de région de détermination complémentaire (CDR3), compensant l'absence des anticorps conventionnels VL montrent rarement une activité neutralisante complète contre les antigènes enzymatiques (HAMERS, 1998).

Les domaines VHH du chameau sont mieux adaptés aux inhibiteurs enzymatiques que les fragments d'anticorps humains, offrant ainsi un potentiel de neutralisation enzymatique virale (RIECHMANN et MUYLDERMANS, 1999).

Par rapport aux anticorps classiques, les VHH sont plus stables à des températures plus élevées. Les VHH restent fonctionnelles même à 90 °C ou même lorsqu'elles sont soumises à une incubation à des températures élevées (VAN DER LINDEN *et al.*, 1999). Le repliement efficace des VHH après dénaturation chimique ou thermique leur confère une stabilité accrue et dans une certaine mesure, est également atteint en raison de leur résistance accrue à la dénaturation (DUMOULIN *et al.*, 2002 ; EWERT *et al.*, 2002). De plus, le repliement des VHH n'implique que le repliement du domaine, tandis que dans le cas d'anticorps classiques, une interaction entre les domaines VH et VL est également nécessaire. Les VHH peuvent même reconnaître des sites antigéniques qui ne sont normalement pas reconnus par les anticorps classiques, par exemple les sites actifs des enzymes (LAUWEREYS *et al.*, 1998 ; DE GENST *et al.*, 2006) et des épitopes cryptiques conservés (STIJLEMANS *et al.*, 2004). Par conséquent, les VHH peuvent être utilisés comme inhibiteurs enzymatiques. La plus petite taille des VHH leur donne un avantage supplémentaire pour accéder et reconnaître les sites antigéniques cachés. Même leur boucle CDR3 étendue a la capacité de pénétrer et d'accéder à de tels sites (DESMYTER *et al.*, 1996 ; DE GENST *et al.*, 2006).

La plus petite taille des VHH (12-15 kDa) par rapport aux anticorps courants (150-160kDa), leur permet de passer rapidement le filtre rénal, qui a une coupure d'environ 60kDa, facilitant ainsi leur clairance sanguine rapide. En plus de cela, la petite taille aide également à la pénétration rapide des tissus qui peuvent être utilisés pour cibler les tumeurs par les VHH couplés à des médicaments cytotoxiques (CORTEZ-RETAMOZO *et al.*, 2004). Le ciblage tumoral couplé VHH peut être utilisé pour le diagnostic *in vivo* en association avec des techniques d'imagerie. En outre, il peut même être utilisé dans le traitement des morsures de serpent (HARRISON *et al.*, 2006).

En général, le lait camelin contient les protéines immunitaires suivantes de meilleure qualité que les autres laits :

La protéine de reconnaissance peptidoglycane (PGRP) est très riche en lait camelin. Il stimule la réponse immunitaire des hôtes et a une activité antimicrobienne ;

La lactoferrine cameline a une bioactivité plus élevée que celle du lait de vache et de chèvre (CONESA *et al.*, 2008). Elle empêche la prolifération microbienne et l'invasion des agents pathogènes (KASKOUS *et al.*, 2016).

Le lysozyme est une enzyme qui fait partie du système immunitaire inné qui cible les bactéries à Gram positif.

La lactoperoxydase a une activité bactéricide sur les bactéries Gram négatives comme *Escherichia coli*, *Salmonella* et *Pseudomonas*.

La N-acétyl-bêta-D-glucosamidase (NAGase) a une activité antibactérienne et se trouve en quantités similaires dans le lait maternel (KASKOUS *et al.*, 2016).

2.2.2. Lipides

Les lipides du lait sont une source d'énergie, ils agissent comme solvant pour les vitamines liposolubles et fournissent des acides gras essentiels.

Dans le lait de toutes les espèces étudiées à ce jour, les triacylglycérols sont de loin la principale classe lipidique de la matière grasse du lait, représentant 97 à 98% des lipides totaux.

Selon MOHAMMADABADI, 2019 :

1. La structure générale des acides gras du lait camelin indique que leurs acides gras courts – C4 – C14, sont présentés en très petites quantités dans la matière grasse du lait par rapport aux autres espèces, mais que les concentrations de C16:0 – C 20:0 sont relativement élevés.
2. Il a été rapporté que plus la consommation d'acides gras saturés est élevée, plus le risque de maladie cardiovasculaire est élevé, et cela peut également être lié à une diminution de la sécrétion d'insuline.
3. La matière grasse du lait camelin, contient les acides gras saturés prédominants qui sont : C14:0, C16:0 et C18:0, tandis que le principal acide gras polyinsaturé est le C18:1, quel que soit le stade de la lactation.
4. De nombreuses études ont montré que le C16:1 est présent dans des proportions plus élevées dans la matière grasse du lait camelin que dans la matière grasse laitière d'autres espèces.
5. De nombreuses études antérieures ont montré que les acides gras saturés (C12:0, C14:0 et C16 :0) sont connus pour augmenter le cholestérol total et le cholestérol des lipoprotéines de basse densité (LDL). Alors que l'acide stéarique (C18:0) s'est avéré essentiellement neutre.
6. D'autres études *in vivo* sur des sujets humains ont montré que 16:0 n'a aucun effet sur le cholestérol plasmatique total ou LDL chez les sujets hypercholestérolémiques ou

- normocholestérolémiques, lorsque l'apport en C18 :2 dépasse 5,0% de l'énergie alimentaire et que le cholestérol est inférieur à 400 mg /jour.
7. Ces informations peuvent mettre en évidence le défi de l'état nutritionnel de la matière grasse du lait camelin pour la prévention des maladies chroniques.
 8. La matière grasse du lait camelin se caractérise par la proportion plus élevée d'acides gras insaturés par rapport aux autres espèces. C'est peut-être la principale raison de la texture cireuse de la matière grasse du lait camelin.
 9. Les matières grasses du lait de brebis et de chèvre contiennent des concentrations relativement élevées d'acides gras à chaîne courte par rapport à celles du lait camelin et de vache.
 10. Des quantités appréciables de l'acide gras essentiel, l'acide linoléique C18 :2 se trouvent dans la matière grasse du lait camelin.
 11. Par rapport à d'autres espèces, la matière grasse du lait camelin contient une teneur plus élevée en acides gras à longue chaîne (C14 – C18).

En raison de la diversité et des limites des méthodes de détermination, les données publiées sur les compositions en acides gras (AG) de différents échantillons de lait ont contribué à des comparaisons inexacts. Dans une étude réalisée par WANG *et al.*, (2021) ils ont développé une méthode de chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse à haut débit pour déterminer les AG du lait. Ils ont également analysé les compositions en AG de 237 vaches laitières de Holstein, Vaches jersiaise, Buffles, Yacks, humains, chèvres, ânes et chameaux. Le lait camelin comme celui du yack sont considérés comme des aliments fonctionnels potentiels en raison de leurs niveaux élevés d'AG à chaîne impaire et ramifiée et de leurs faibles ratios d'AG polyinsaturés n-6 à n-3 (AGPI). Les laits Holstein, Jersey, de chèvre et de bufflonne contenaient une teneur élevée en AG saturés à chaîne paire, tandis que le lait de chèvre avait une teneur plus élevée en AG à chaîne moyenne et courte (MSCFA). Le lait maternel contenait des niveaux inférieurs d'AG saturés, de MSCFA, de l'acide linoléique conjugué et des niveaux plus élevés d'AG monoinsaturés et d'AGPI. En tant que lait spécial non ruminant, le lait d'ânesse contenait de faibles niveaux d'AG monoinsaturés et des niveaux élevés d'AGPI et de MSCFA.

Sur la base des profils des acides gras de 8 types de lait, le lait de non-ruminants était distinct du lait de ruminants, tandis que le lait camelin et de yack était différent des autres laits de ruminants et considérés comme des aliments fonctionnels potentiels pour une alimentation humaine équilibrée.

2.2.3. Eau

L'eau fait partie des facteurs importants qui affectent gravement la composition du lait camelin. Sa teneur dans le lait camelin varie de 84% à 90%. La chamelle déshydratée a une caractéristique plus remarquable : elle a la capacité de maintenir la lactation avec une sécrétion de lait contenant plus de 90 % d'eau, ce qui pourrait être considéré comme une adaptation naturelle afin de fournir les fluides nécessaires au chamelon.

La quantité relative de matières grasses, de protéines et de lactose du lait camelin est très similaire à celle du lait de vache et la teneur en eau affecte le pourcentage de matières

grasses. De plus, la graisse présente dans le lait camelin ne forme pas de cuve, elle est donc répartie uniformément dans le lait sous forme de petites micelles (FARAZ *et al.*, 2017)

2.2.4. Vitamines et minéraux

On dit que le lait camelin fournit différents nutriments tels que des vitamines, des minéraux et des acides aminés essentiels. Au cours des dernières décennies, plusieurs études ont montré que le lait camelin contient une variété de vitamines hydrosolubles et liposolubles, telles que les vitamines A, C, D, E et B, avec une teneur totale en vitamines d'environ 3,7 g/L (SAWAYA *et al.*, 1984; HADDADIN *et al.*, 2008). Le lait camelin se caractérise par des niveaux élevés de vitamine B3 (niacine) et de vitamine C, en quantité cinq fois plus élevés que celle du lait de vache (24-52 mg/L) (STAHL *et al.*, 2006; FARHA *et al.*, 1992). Le faible pH du lait camelin est dû à une concentration plus élevée de vitamine C. Cette acidité stabilise le lait et peut donc être conservé pendant des périodes relativement plus longues sans formation de couche de crème. En outre, une plus grande quantité de vitamine C dans le lait de chamelle joue un rôle important du point de vue nutritionnel car il exerce une puissante activité antioxydante. De plus, la vitamine C et le fer sont nécessaires à l'absorption du calcium dans les cas d'ostéoporose, ce qui augmente la quantité de calcium absorbée et déposée dans les os (JILO *et al.*, 2016). Il constitue un apport nutritionnel important pour les personnes vivant dans les zones désertiques où les fruits et légumes ne sont pas disponibles (AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

Comme le lait de vache, le lait camelin est une excellente source de divers minéraux, notamment le calcium, le magnésium, le potassium, le phosphore et le sodium. La teneur totale en minéraux du lait variait entre 6 et 9 g/L, avec une moyenne de 7,9 g/L et 7 g/L pour le lait camelin et le lait de vache, respectivement (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009). La teneur en calcium, magnésium et phosphore dans le lait camelin est similaire à celle du lait de vache. Les minéraux Na, Fe, K, Mn et Cu dans le lait camelin étaient significativement plus élevés que ceux du lait de vache (AL HAJ et AL KANHAL, 2010 ; SAWAYA *et al.*, 1984; MEHAIA *et al.*, 1995). Le fer joue un rôle clé dans divers systèmes biologiques, tels que le transport et le stockage de l'oxygène et la synthèse de l'ADN. Bien que le Mn joue un rôle important dans le métabolisme cellulaire, il est important pour la fonction de nombreuses enzymes, telles que celles qui protègent les cellules contre les dommages des radicaux libres (AL ATTAS, 2009; COMBS *et al.*, 1997). La quantité de minéraux augmente à des stades ultérieurs de lactation (GALALI *et al.*, 2019).

2.2.5. Glucides

La principale fraction glucidique du lait camelin est le lactose, qui varie entre 3,3 et 5,80 pour cent (tableau 1). La nature de la végétation consommée par les chameaux dans les zones désertiques pourrait être un facteur important de variation importante de la teneur en lactose (JILO *et al.*, 2016).

En effet, le lactose du lait camelin est facilement métabolisé. Une explication serait que le lait camelin produit moins de casomorphine, ce qui provoque moins de motilité intestinale, ce qui entraînerait une plus grande exposition du lactose à l'action de la lactase (CARDOSO *et al.*, 2010).

2.3. Les peptides biologiques

En plus de répondre aux besoins nutritionnels des jeunes mammifères pour une croissance et un développement normaux, il est maintenant clair que le lait joue un rôle vital dans la prévention de diverses maladies et affections. En effet, un nombre croissant d'effets physiologiques et bénéfiques pour la santé sont attribués aux composants du lait, dont les protéines et les peptides produits par leur protéolyse. Par conséquent, la caséine constitue un pool peptidique important avec un large éventail d'activités biologiques, telles que : Immunomodulatrices, antimicrobiennes, anti hypertensives.

Les peptides bioactifs dérivés des aliments sont un domaine de recherche actif, car il est de plus en plus évident qu'ils sont efficaces contre les maladies liées au mode de vie, telles que l'obésité, le diabète de type 2, l'hypertension et l'hypercholestérolémie (ESMAEILPOUR *et al.*, 2017 ; MUHALDIN et ALG BOORY, 2018 ; WANG *et al.*, 2020 ; ABBES *et al.*, 2021). De plus, les peptides produits naturellement par une gamme d'espèces servent d'agents antimicrobiens, (ESMAEILPOUR *et al.*, 2017 ; MUHALDIN et ALG BOORY, 2018 ; WANG *et al.*, 2020 ; ABBES *et al.*, 2021). Les diverses fonctions des peptides bioactifs dérivés du lait et leur position dans la séquence protéique parentale ont suscité un grand intérêt, avec au moins 1061 peptides laitiers potentiellement fonctionnels chez toutes les espèces de mammifères connues en 2017 (NIELSEN *et al.*, 2017) .

Au cours des deux dernières décennies, les possibilités d'extraction contrôlée de peptides bioactifs à partir de produits laitiers tels que le lait entier, le lactosérum ou la caséine ont été envisagées pour produire des suppléments bioactifs. Ils impliquent la décomposition des protéines en peptides à chaîne plus courte par des processus tels que l'hydrolyse enzymatique ou la fermentation microbienne dans des conditions contrôlées (PEIGHAMBARDUST *et al.*, 2021).

Plus précisément, l'hydrolyse enzymatique signifie que l'enzyme sélectionnée et les conditions de processus telles que le rapport enzyme / substrat, la température et la durée du processus affectent l'activité biologique du peptide final produit (ASHRAF *et al.*, 2021 ; BABA *et al.*, 2021).

Plusieurs variantes d'épissage, impactant notamment la région C-terminale de la caséine α S2, ont été trouvés récemment dans différentes populations de camélidés au Kazakhstan (RYSKALIYEVA *et al.*, 2019). Cette caséine qui est connue pour être la source, chez les bovins, de peptides aux activités antimicrobiennes et antihypertensives, n'est pas la seule à présenter de multiples isoformes d'épissage. En effet, l' α S1-caséine est également concernée par un tel mécanisme. La flexibilité relative de la machinerie d'épissage rapportée chez les camélidés et précédemment observée chez les chèvres (LEROUX *et al.*, 1992) et les équidés (MIRANDA *et al.*, 2004), semble être un moyen efficace de générer une diversité moléculaire qui augmente la capacité des gènes codant pour les caséines à produire des peptides potentiellement bioactifs.

ABDULRAHMAN *et al.*, (2016) ont trouvé un peptide dans le lait camelin dont la masse moléculaire est inférieure à 10 kDa qui a démontré un effet activateur sur le récepteur de l'insuline humaine (hIR) exprimé dans les cellules embryonnaires humaines du rein 293 (HEK293) en culture (l'insuline humaine a une masse de 5807 Da). Ce peptide analogue à l'insuline peut conférer au lait camelin une activité hypoglycémique substantielle (AGRAWAL *et al.*, 2011).

En revanche, le lait contient d'autres composants bénéfiques pour la santé, tels que des vésicules extracellulaires et des cellules souches dans lesquelles des microARN ayant de possibles implications fonctionnelles ont été identifiés, notamment en ce qui concerne le développement immunitaire des nourrissons et la protection contre les maladies infectieuses (Martin *et al.*, 2021). En outre, les peptides doivent être résistants aux enzymes digestives, puis absorbés à travers la barrière gastro-intestinale en quantités suffisantes et transportés dans la circulation sanguine de manière active, chacun d'eux atteignant sa cible et exerce son activité.

Pour terminer, il semble important de considérer l'allergénicité potentielle de diverses concentrations de peptides bioactifs pour une utilisation dans l'industrie alimentaire. Par exemple, des peptides provenant de la α -La cameline peuvent être libérés dans l'intestin, dans des conditions physiologiques, ils deviennent spontanément sensibles aux amidases et constituent alors des peptides allergènes indésirables. D'autres modifications non enzymatiques des acides aminés sont également indésirables. C'est notamment le cas des acides aminés modifiés par la chimie de Maillard, qui perturbent la fonction anabolique des protéines et ne sont pas considérés comme bénéfiques pour la santé (MATI *et al.*, 2017).

On conclue que, le lait camelin est connu pour sa qualité nutritionnelle, étant riche en vitamines C et A et faible en SFA, ses globules gras plus petits, et étant facile à digérer et riche en nombreux minéraux et composés bioactifs (RAHMEH *et al.*, 2019). Ces faits illustrent le potentiel inexploité du lait camelin en tant que source de nutriments. En plus de cela, le lait camelin s'est avéré être une source très importante de composés bioactifs naturels et de substances antimicrobiennes qui pourraient être ciblés pour développer des produits fonctionnels et bénéfiques pour la santé pour le bien-être de la population humaine dans les années à venir (RAHMEH *et al.*, 2019). Dans l'ensemble, ces études identifient et soutiennent l'utilisation du lait camelin et de ses gradients bioactifs comme agents préventifs possibles susceptibles d'inhiber le développement de divers troubles.



**Aptitudes à la
transformation**

Pendant les dernières décennies, le lait camelin a connu une évolution considérable, ce qui a encouragé sa transformation en divers produits laitiers tels que : les fromages, le yaourt, le beurre. Cette transformation conduit à l'obtention d'une forme de stabilisation du lait camelin et sa conservation pendant une longue durée.

3.1. La coagulation du lait

La coagulation est un processus qui sépare le caillé du lactosérum, elle peut être le résultat d'une fermentation à l'aide des bactéries lactiques (Coagulation acide) ou d'une réaction enzymatique à l'aide de la présure (coagulation enzymatique). Dans le cas de la coagulation acide, elle est provoquée par des ferments lactiques qui transforment du lactose en acide lactique, suivi par l'abaissement du pH du lait résultant en une solubilisation du phosphate et du calcium colloïdale (importants dans la stabilité des micelles de caséines), provoquant ainsi la diminution de l'effet de répulsion entre les micelles. Celles-ci finissent alors en agrégat et forment un gel cassant très friable et peu élastique (MIETTON, 1995). En revanche, la voie enzymatique, est un phénomène complexe qui consiste à transformer le lait à un état semi solide par action des enzymes protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, qui ont la propriété de coaguler le lait (KHOUALDI, 2017).

La principale enzyme utilisée étant la présure provenant de la caillette des jeunes ruminants (ECK et GILLIS, 1997). Elle est constituée de deux principales fractions actives, la chymosine (la principale enzyme présentée dans la présure), et la pepsine (ABBAS, 2012) la mineure enzyme de la présure. Cette enzyme coupe en deux la κ -CN (κ -caséines) pour libérer une partie hydrophobe (para κ -CN) et une partie hydrophile CMP (fragment caséinomaclopeptide) rattachées à des micelle qui se structurent en un réseau bien organisé pour former un coagulum de micelles sous forme d'un gel de paracaséine par floculation et agrégation (AMIOT et al., 2002).

D'autre part, l'industrie alimentaire a utilisé de microorganismes pour produire des protéases susceptibles de remplacer la présure. De multiples espèces bactériennes et fongiques (moisissures) ont été étudiées et ont permis de sélectionner trois types de moisissures dont les propriétés coagulantes et protéolytiques sont similaires à celle de la présure. Ces moisissures sont : *Endothia parasitica*, *Mucor meihei* et *Mucor pusillus* (BEKA, 2011 ; TUBESHA et AL-DELAINY, 2003). Cependant, Il existe également plusieurs préparations coagulantes provenant du règne végétal qui sont utilisées en technologie laitière telles que: la papaïne, la broméline et la ficine (CUVELLIER, 1993). Il reste à noter, que dans tous les cas, la coagulation correspond à un changement irréversible du lait vers un état semi solide appelé gel ou coagulum (CACCHINATO et al., 2012).

3.2. Aptitudes à la coagulation

Pendant longtemps, seul le lait frais camelin était consommé par les éleveurs et était considéré comme un cadeau pour les hôtes venant sous la tente des nomades (KONUSPAYEVA et FAYE, 2021). Contrairement aux autres types de lait, il est souvent décrit comme peu transformable en produits laitiers (HANOU *et al.*, 2016) cela peut être dû à sa composition chimique unique et à sa plus grande résistance à la croissance bactérienne (HANOU *et al.*, 2016).

Cependant, les pasteurs de diverses parties du monde ont traditionnellement transformé le lait camelin en produits à usage domestique et de nombreuses recettes ont été développées avec succès, aboutissant à des produits aux goûts et saveurs variés, et souvent de mauvaise qualité hygiénique (FGUIRI *et al.*, 2012).

Au cours de la dernière décennie, de nombreuses tentatives d'optimisation des conditions de traitement du lait camelin ont été réalisées afin d'obtenir des produits de bonne qualité et de longue durée de conservation (THAO *et al.*, 2022), mais malgré tous les essais qui ont été faits et ses bienfaits nutritionnels et sanitaires profonds, malheureusement les produits fabriqués à base du lait camelin sont limités par rapport au lait de vache (THAO *et al.*, 2022).

3.2.1. Fermentation du lait

La fermentation permet de convertir le lactose en acide lactique par la microflore naturelle du lait dominée par les bactéries lactiques et, dans certains cas, par les levures (KONUSPAYEVA et FAYE, 2021). Elle se fait traditionnellement par acidification spontanée du lait camelin. L'acidification se développe au bout de quelques jours par la microflore lactique naturelle (GUASCH-JANE *et al.*, 2005 ; ROBERT, 2008) et des contaminants des conteneurs de traitement. Le lait est généralement laissé reposer dans un récipient couvert à l'abri de la poussière pendant généralement 24 à 48 h jusqu'à ce qu'il devienne aigre (HASSAÏNE *et al.*, 2007). L'acidification directe à l'aide, par exemple, d'acide lactique ou citrique ou de jus de fruits est également une possibilité (RICHARD, 2017).

De nombreux produits traditionnels à base de lait camelin fermenté existent dans le monde (KONUSPAYEVA *et al.*, 2014), on cite le shubat (Kazakhstan), chal (Turkménistan), khoormog (Mongolie), le Garss (Soudan), Suusac (Kenya), zrig (Mauritanie) et dhanan (Ethiopie) (RICHARD, 2017). Pour améliorer la fermentation traditionnelle spontanée, la fermentation contrôlée utilisant une culture starter de bactéries lactiques mésophiles est une stratégie très importante pour la transformation du lait camelin (FARAH *et al.*, 1990 ; MOHAMED *et al.*, 1990 ; ABU-TARBOUSH, 1994 ; KAMOUN, 1995 ; ABU-TARBOUSH, 1996). Elles produisent des exopolysaccharides pour améliorer la viscosité, la texture et la sensation en bouche et pour éviter la synérèse (IBRAHIM, 2015).

Pour caractériser les communautés microbiennes dans le lait camelin fermenté spontanément, des bactéries lactiques ont été isolées dans le but de sélectionner des souches pouvant être utilisées comme cultures starter pour la fermentation du lait camelin (YIRDA *et al.*, 2020). Les auteurs ont découvert que le lait camelin fermenté était dominé par les lactobacilles et les entérobactéries (*Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum* et *Pediococcus aci dilactic*) (YIRDA *et al.*, 2020).

3.2.2. Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques (LAB) sont des microorganismes dominants et avantageux du lait camelin cru et fermenté ; ces bactéries ont le potentiel de développer des produits fonctionnels dérivés du lait camelin et peuvent être utilisées dans la technologie laitière, elles

produisent divers agents antimicrobiens tels que les acides organiques et du peroxyde d'hydrogène, des peptides antifongiques et des bactériocines et jouent un rôle crucial dans le processus de fermentation des aliments (RAHMEH *et al.*, 2019).

3.3. Les produits laitiers à base du lait camelin

3.3.1. Le fromage

Bien que le fromage occupe une place importante dans le bouquet des produits laitiers, la transformation du lait camelin en fromage rencontre plusieurs défis tels que : le temps de coagulation plus long, le caillé faible, une action de présure incomplète, un rendement en fromage et une fermentation inférieure (BAIG *et al.*, 2022).

Plusieurs chercheurs avaient tenté de préparer du fromage au lait camelin, en ajoutant des culture starter, de chlorure de calcium, ainsi que des enzymes coagulantes (BAIG *et al.*, 2022). Les premiers essais ont été réalisés dans les années 1980 avec la présure bovine. Les résultats montrent que la chymosine bovine utilisée dans l'industrie laitière ne permet pas la coagulation optimale des micelles de caséine du lait camelin, conduisant à la formation d'un caillé faible et fragile, cela est dû à l'élimination continue de sérum et la lente acidification du caillé (KONUSPAYEVA et FAYE, 2021).

Une autre étude a déterminé que l'utilisation d'un mélange du lait camelin avec d'autres laits non bovins, comme le lait de bufflonne et de brebis a amélioré la formation de présure et la fermeté du caillé, a augmenté le rendement et a amélioré la qualité microbiologique et les propriétés sensorielles du fromage résultant (SHAHEIN *et al.*, 2014 ; SAADI *et al.*, 2019).

L'ajout des bactéries lactiques dans le lait camelin facilite la coagulation grâce à la plus grande production d'acide lactique, améliorant ainsi la fermeté du caillé (GASSEM et ABOU-TARBOUCH, 2000), elles interviennent également dans le changement d'affinage du fromage qui affecte sa texture et sa saveur (PARENTE *et al.*, 2017).

Des coagulants végétaux ont également été testés (KONUSPAYEVA et FAYE, 2021) par exemple le fromage au lait camelin préparé avec camifloc (enzyme développée et approuvée par la FAO, elle est composée de phosphate de calcium et la présure végétale) et le chlorure de calcium, a donné un rendement fromager plus élevé par rapport à la présure bovine (BENKERROUM *et al.*, 2011).

INAYAT *et al.*, (2003) et BAIG *et al.*, (2022) ont signalé que l'ajout de chlorure de calcium au lait camelin accélère le processus de coagulation et augmente également le rendement en fromage, mais aussi améliore les propriétés texturales du gel de présure.

BOUDJENAH *et al.*, (2011) ont réalisé une étude sur la fabrication du fromage camelin en utilisant les enzymes gastriques extraites des caillettes de chamelle à différents âges. Les résultats de cette étude ont montré une bonne affinité des extraits coagulants de dromadaire pour le lait camelin. Ils ont également conclu que les meilleures aptitudes correspondant aux préparations issues de l'animal le plus âgé.

Les chercheurs ont montré que l'utilisation de la chymosine de chameau recombinante améliore nettement la formation de caillé du lait camelin (HAILU *et al.*, 2016) et le rendement du fromage avec la chymosine de chameau recombinante est supérieur à celui du fromage obtenu à partir de la présure bovine (KONUSPAYEVA *et al.*, 2017). Toutefois la chymosine de chameau n'est pas facilement abordable comme coagulant dans la fabrication du fromage au lait camelin, en particulier pour les ménages et les petits transformateurs, en raison de son coût élevé et de sa disponibilité limitée. Ainsi, les coagulants alternatifs avec des prix moins chers et provenant de sources facilement accessibles sont encouragés tel que d'extrait brut de gingembre en raison de l'activité protéolytique de ses enzymes protéases, bien que le rendement et la qualité du fromage au lait camelin produit avec cet extrait soient inférieurs à ceux fabriqués avec la chymosine de chameau (HAILU *et al.*, 2014). Les acides organiques étaient également des coagulants efficaces pour la production de fromage au lait camelin. MBYE *et al.*, (2020) ont rapporté que les fromages à pâte molle non affinés préparés à partir d'acide citrique (30% d'acide par litre de lait) avaient un rendement plus élevé et de meilleurs attributs sensoriels que ceux préparés avec la chymosine de chameau.

Malgré tous les essais qui ont été faits, le rendement du fromage fabriqué à partir du lait camelin reste toujours inférieur à celui fabriqué à partir du lait de vache (BAIG *et al.*, 2022).

3.3.2. Crème glacée

La crème glacée est un produit surgelé sucré qui est l'un des desserts lactés les plus populaires à l'échelle mondiale (THAO *et al.*, 2022). La crème glacée au lait camelin combine les avantages de la crème glacée et du lait camelin pour répondre aux exigences de l'aliment fonctionnel (par exemple crème glacée faible en gras) (THAO *et al.*, 2022). La production de crème glacée du lait camelin est similaire à celle du lait de vache (THAO *et al.*, 2022).

SONI et GOYAL (2013) ont exploré l'utilisation du lait camelin pur ainsi que des mélanges de lait camelin et de bovin dans la fabrication de crème glacée avec divers ajouts de saveur. Ils ont constaté que même le lait camelin pur était applicable à la production de crème glacée à haute acceptabilité sensorielle et notent que la fabrication de crème glacée pourrait être un moyen d'ajouter de la valeur au lait camelin. L'utilisation de lait camelin dans la crème glacée ne nécessite apparemment aucune modification des paramètres de traitement, bien que les différences de composition et de structure colloïdale puissent affecter la qualité et la stabilité lors du stockage (RICHARD, 2017).

HAJIAN *et al.*, (2020), ont utilisé la caséine native de lait camelin et ses hydrolysats enzymatiques à différentes concentrations pour la production de la crème glacée à faible teneur en matière grasse. Les résultats de cette étude ont montré que l'ajout de caséines du lait camelin ou de ses hydrolysats enzymatiques a augmenté la viscosité apparente et l'épaisseur de la crème glacée à faible teneur en matière grasse du lait camelin (HAJIAN *et al.*, 2020). Cela s'explique par la grande capacité des protéines à retenir l'eau (AKALIN *et al.*, 2008 ; DANESH *et al.*, 2017). La dureté des crèmes glacées a été évaluée par HAJIAN *et al.*, (2020), ils ont trouvé que les crèmes glacés témoins était significativement plus dures que celles

complétées par des protéines ou des peptides de caséines du lait camelin (possèdent des textures plus douces). Cela peut être lié à la diminution de la cristallisation de la glace due à la formation de réseaux protéiques dans les crèmes glacées.

Des différences insignifiantes dans l'acceptation de la crème glacée au lait camelin par les consommateurs (texture, goût, saveur et couleur) ont également été signalées (HASSAN, 2009) et pour cette raison diverses études récentes ont indiqué que la crème glacée peut être transformée avec succès à partir du lait camelin en utilisant divers additifs et arômes pour fournir des saveurs agréables aux consommateurs (AHMED et EL ZUBEIR, 2015 ; SALEM *et al.*, 2017).

Il convient de noter que la fabrication de crème glacée nécessite des équipements de transformation avancés et une chaîne de distribution développée capable de maintenir le produit en dessous de -18°C (RICHARD, 2017).

3.3.3. Yaourt

La fabrication du yaourt à base de lait de dromadaire pur, non corrigé, pose un problème d'une texture trop liquide (KAMOUN, 1995). Pour renforcer le gel, GRONDIN, (1989) a corrigé le lait de dromadaire par l'ajout de caséinates, de poudre du lait de vache, de lait de dromadaire concentré par évaporation partielle de son eau et de fromage frais de dromadaire. Seul l'ajout de la poudre du lait de vache qui a permis l'obtention d'un yaourt acceptable sur le plan rhéologique, mais le goût est altéré quand ce poudrage dépasse le taux de 40 g/l (KAMOUN, 1995).

En effet, la viscosité du produit ne change pas au cours du processus de gélification par rapport au lait des autres espèces laitières. Cette contrainte est liée à la composition protéique (JUMAH *et al.*, 2001) et aux facteurs antibactériens naturellement présents dans le lait camelin (ATTIA et DHOUIB, 2001). Une autre raison pourrait être liée aux propriétés moussantes du lait camelin. La mousse de ce lait est stable, mais elle conduit à une structure fragile du gel, qui devient instable (LAJNAF *et al.*, 2016).

D'autres auteurs ont tenté de mélanger le lait camelin avec le lait des autres espèces (SHAMSIA, 2009), mais dans tous les cas, le produit final correspond à un « yaourt à boire » (GALEBOE *et al.*, 2018).

Un autre essai qui a été mené par MUDGIL *et al.*, (2018) pour améliorer la texture du yaourt au lait camelin, repose sur l'ajout de gélatine, d'alginate, de calcium. Les résultats obtenus ont montré une amélioration de la texture, les propriétés rhéologiques et l'apparence du yaourt du lait camelin et le rendait comparable à ses homologues commerciaux. L'application d'un traitement à haute pression pourrait avoir un effet positif sur la texture, mais aucun essai n'a été mené à ce jour avec du lait camelin (ELSAHORYI et AL-SAYYED, 2020).

Ces difficultés expliquent pourquoi la production industrielle de yaourt au lait camelin est actuellement limitée. Certains chercheurs ont proposé le yaourt glacé comme un produit qui se situe entre le yaourt et la crème glacée (KAVAS N, 2016).

3.3.4. Beurre

Le beurre n'est pas un produit traditionnel à base de lait camelin et sa production est très difficile en utilisant la même technologie de production de beurre à base de lait de vache (BREZOVECKI *et al.*, 2015), cela est due à la faible tendance de crémage, le manque d'agglutinine ainsi que les plus petites globules gras du lait camelin (THAO *et al.*, 2022). De plus, la température de fusion élevée de la graisse de ce lait, qui est causée par la forte proportion d'acides gras à longue chaîne et la membrane des globules gras la plus épaisse, rend le processus de barattage de la crème du lait camelin uniquement réalisable à des températures plus élevées (FARAH et FISCHER, 2004 ; FUQUAY *et al.*, 2011 ; ASRESIE *et al.*, 2013 ; BERHE *et al.*, 2017).

Malgré les difficultés signalées pour fabriquer du beurre à partir de lait camelin, les pasteurs fabriquent du beurre ainsi que des produits de type ghee (BERHE *et al.*, 2013) et des produits commerciaux sont également disponibles (par exemple chez Camelicious à Dubaï).

En termes de qualité, le beurre camelin est caractérisé par un point de fusion élevé, une faible teneur en acides gras à chaîne courte, une intensité de saveur moindre, une couleur blanche mate, une texture grasse et laisse après consommation un résidu qui colle au palais. A l'état frais il est facile à tartiner, fondant dans la bouche et sans odeur. L'affinage du beurre améliore le goût, mais détériore la texture et rend le beurre moins agréable dans la bouche (KAMOUN, 1995).

Le beurre du lait camelin est utilisé à des fins médicinales en raison des caractéristiques probiotiques de la microflore utilisée dans sa fabrication traditionnelle (MOURAD et NOUR-EDDINE, 2006 ; MAURAD et MERIEM, 2008 ; IPSEN, 2017) mais aussi comme pommade pour les cheveux (BERHE *et al.*, 2013).

Bien que la production de beurre à partir du lait camelin soit possible d'un point de vue scientifique, la concurrence avec le beurre de lait de vache nécessite des études complémentaires approfondies pour répondre aux limites du processus de barattage et de rendement en beurre (THAO *et al.*, 2022).

3.3.5. La poudre du lait

La production de la poudre du lait camelin séchée sans altérer ses composants bioactifs est apparue comme une approche importante pour rendre le lait camelin disponible dans le monde entier, prolonger sa durée de conservation, réduire les coûts de transport, une consommation ultérieure et étendre les applications du lait camelin (THAO *et al.*, 2022).

Pour fabriquer du lait camelin en poudre on utilise soit la technologie de séchage par atomisation soit la technologie de lyophilisation (KONUSPAYEVA et FAYE, 2021).

La plupart des poudres du lait camelin sont produits à l'aide d'une technique de lyophilisation car la température basse appliquée lors de ce procédé aide à protéger les composés bioactifs du lait camelin, en particulier les propriétés fonctionnelles de ses protéines (THAO *et al.*, 2022). Cependant, la lyophilisation est bien connue comme une technique de

déshydratation longue et coûteuse (ORTEGA-RIVAS *et al.*, 2005). De plus, après lyophilisation, la poudre du lait camelin doit être broyée et tamisée pour obtenir l'homogénéité souhaitée de la taille des particules de poudre. Le prix élevé du lait camelin ainsi que le coût élevé des opérations de lyophilisation entraînent le coût extrêmement élevé de la poudre du lait camelin (THAO *et al.*, 2022).

Le séchage du lait camelin par atomisation a donné de meilleurs résultats sur la qualité de la poudre en termes d'activité de l'eau, de degré de légèreté, de solubilité, de fluidité et de rendement en poudre (SULIEMAN *et al.*, 2014).

Les analyses des propriétés biochimiques du lait camelin séché par atomisation ont révélé que les α et β CN étaient très stables pendant le séchage par atomisation (ZOUARI *et al.*, 2020).

3.3.6. Le lait pasteurisé et stérilisé

En raison de sa concentration la plus élevée en composants antimicrobiens, le lait camelin cru a une durée de conservation plus longue que le lait de vache (FARAZ *et al.*, 2013).

RANKIN *et al.*, (2010) ont réalisé une étude sur la pasteurisation du lait camelin, ils ont montré que l'utilisation de la phosphatase alcaline, traditionnellement utilisée pour le lait de vache, n'était pas un indicateur pratique de la réussite de la pasteurisation, car la phosphatase alcaline du lait camelin est résistante à la chaleur. D'autres auteurs ont suggéré l'utilisation de la glutamyltranspeptidase, la leucine arylamidase, la gamma-glutamyl transférase, et la lactoperoxydase, comme indicateurs pratiques pour la réussite de la pasteurisation du lait camelin (ELAGAMY, 2000 ; LOISEAU *et al.*, 2001 ; WENERY *et al.*, 2007 ; ; LORENZEN *et al.*, 2011 ; TAYEFI-NASRABADI *et al.*, 2011). Une autre étude montre que le lait camelin pasteurisé est obtenu par le chauffage à environ 72°C pendant 15s pour tuer les agents pathogènes nocifs, permettant au produit d'être conservé pendant deux semaines à température de réfrigération (IPSEN, 2017).

Jusqu'à présent, aucune étude suffisamment approfondie n'a été réalisée dans ce domaine, bien que le lait camelin pasteurisé ait été introduit sur le marché international (KONUSPAYEVA et Faye, 2021).

La production du lait camelin stérilisé est très difficile en raison de sa faible stabilité à haute température qui est due à la carence en κ -CN et à l'absence de β -lactoglobuline (THAO *et al.*, 2022). Cependant, la stabilité thermique du lait camelin à des températures élevées augmente avec l'augmentation du pH et la présence de phosphate (THAO *et al.*, 2022).

3.3.7. Agents moussants

La couche de mousse supérieure de nombreux produits laitiers, tels que les boissons de type cappuccino, détermine la qualité globale du produit et l'acceptation par le consommateur (THAO *et al.*, 2022).

Les propriétés moussantes du lait camelin et de ses protéines sont comparables à celle du lait de vache dans diverses conditions de température et pH (LALEYE *et al.*, 2008).

Après application du traitement thermique, les protéines de lactosérum acide du lait de chamelle ont présenté une aptitude à la mousse, et une stabilité de la mousse beaucoup plus élevées que leurs homologues bovins (LAJNAF *et al.*, 2018).

3.3.8. Utilisation du lait camelin dans les sucreries

Il n'existe aucune référence pour la transformation du lait camelin en sucreries. Cependant, des produits traditionnels sont disponibles. Par exemple, un caramel appelé Balkailmak, au Kazakhstan. L'introduction de la poudre de lait dans le chocolat aux Emirats (KONUSPAYEVA et FAYE, 2021).

3.4. Transformation non alimentaire du lait camelin

La fabrication de savons et autres crèmes cosmétiques au lait camelin est aujourd'hui courante dans de nombreux pays (Maroc, Mauritanie, Arabie Saoudite, Inde, Hollande, Chine, Australie, etc.), que ce soit à l'échelle semi-industrielle ou artisanale. Une telle production peut être assurée en ferme, mais des petits transformateurs ou des coopératives de femmes (par exemple au Maroc) peuvent proposer une large variété de savon au lait camelin (MARYNIAK *et al.*, 2018).

La production commerciale de cosmétiques s'est développée aussi en Arabie Saoudite et Maroc. En Chine, différents produits tels que des crèmes cutanées de différentes propriétés (hydratantes, nutritives), des lotions corporelles, des shampooings ou des bâtons de rouges à lèvres sont disponibles sur le marché. Les propriétés hypo allergènes des protéines du lait camelin (notamment liées à l'absence de β -lactoglobuline) rehausse l'intérêt de son utilisation en cosmétique (MARYNIAK *et al.*, 2018). Mais ça reste quand même une approche qui nécessite des études complémentaires approfondies pour améliorer la qualité de ces produits.

3.5. Conservation du lait camelin

Plusieurs méthodes de conservation du lait sont utilisées telles que : le refroidissement dans les deux heures suivants la traite et le système de lactoperoxydase, dans le but d'empêcher la croissance microbienne et la détérioration. Le système lactoperoxydase (LPS) a été testé pour la conservation du lait camelin à l'aide de peroxyde d'hydrogène et de thiocyanate (BEKELE *et al.*, 2017) et l'activation chimique de LPS s'est avérée prolonger la durée de conservation du lait camelin 12h à 30°C. De plus, l'activation de LPS a montré des effets bactériostatiques sur le nombre de coliformes et le nombre total de bactéries, et a réduit de manière significative les taux de croissance de *Staphylococcus aureus* et d'*Escherichia coli* (YIRDA *et al.*, 2020).

Cependant, les produits chimiques tels que le LPS ne sont pas recommandés en raison de problème de sécurité alimentaire et pour éviter la conservation chimique du lait camelin avec du LPS, DAKALO, (2018) a utilisé des bactéries lactiques productrices de H₂O₂. Parmi les six souches de LAB utilisées, seule *Weissella confuse* 22282 a été sélectionnée comme

meilleure souche pour activer le système antimicrobien naturel dans le lait camelin, et pour réduire le taux de développement de l'acide lactique à température ambiante (18°C-24°C) jusqu'à 18h de conservation (YIRDA *et al.*, 2020).

Diverses stratégies ont été identifiées pour améliorer la commercialisation du lait camelin comme la fourniture d'installation de refroidissement, et l'utilisation de technologie d'énergie renouvelable telles que l'énergie solaire pour le refroidissement et la transformation du lait. Par conséquent le système de refroidissement à énergie solaire, pourrait résoudre la limitation de la commercialisation et de la détérioration du lait camelin et ainsi améliorer la productivité et les revenus des exploitations laitières, le stockage du lait dans la chaîne du froid peut réduire considérablement le nombre de bactéries et améliorer la qualité du lait fournit au marché (YIRDA *et al.*, 2020).

Conclusion

La transformation du lait camelin est l'une des caractéristiques récentes par rapport aux laits des autres espèces laitières. Le lait camelin a peu tendance à coaguler, ce qui entraîne de nombreuses difficultés dans la production de fromage, de beurre et de yaourt à partir du lait camelin. La carence en agglutinine (une protéine qui favorise l'agglutination des globules gras), la petite taille des globules gras et un degré élevé de liaison des graisses et des protéines sont d'autres obstacles à la production de beurre au lait camelin (THAO *et al.*, 2022). Cependant les technologies utilisées pour la transformation du lait aux autres produits se heurtent à deux effets principaux tels que l'application des technologies éprouvées pour le lait de vache n'est pas forcément adapté au lait camelin et nécessite des adaptations basées sur les recherches plus fondamentales sur le comportement des composants du lait lors de la transformation, ainsi que le transfert à l'échelle industrielle des résultats de laboratoire reste insuffisant et nécessite des analyses technico-économiques complémentaires.

Malgré les difficultés de transformation du lait camelin, la recherche et le développement des aliments à base de ce lait est un sujet intéressant (THAO *et al.*, 2022), et le marché mondial du lait camelin évolue fortement (KONUSPAYEVA et FAYE, 2021). Donc, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour améliorer la qualité de ces produits afin que leurs propriétés soient au moins similaires à celles de leurs homologues laitiers (THAO *et al.*, 2022).



Allégations de santé

Introduction

Il a été rapporté que le lait camelin (LC) présente de nombreux avantages diététiques, médicaux et sociaux intéressants. Il a été démontré que cela était lié à sa composition et ses propriétés chimiques et moléculaires, comme le montrent de nombreuses études analytiques (BAKRY *et al.*, 2021)

Ainsi, il est maintenant admis que le LC a des effets bénéfiques sur la santé humaine avec des applications potentielles dans diverses maladies et troubles, notamment le diabète (ANWAR *et al.*, 2022), l'autisme, l'hépatite, maladie de Crohn, Allergies, tumeurs et cancers, ayant une action anti bactérienne mais aussi hypocholestérolémiante mais aussi des bienfaits cosmétiques.

4.1. Diabète

Le diabète sucré touche des millions de personnes dans le monde. Il s'agit d'une maladie chronique dans laquelle le corps est soit incapable de produire suffisamment d'insuline, soit incapable d'utiliser l'insuline produite, soit une combinaison des deux (AYMEN *et al.*, 2021).

Le diabète sucré est un trouble métabolique qui entraîne une augmentation de la glycémie (hyperglycémie). Le diabète de type 1 est causé par une déficience de l'hormone insuline. Les cellules productrices d'insuline dans le pancréas (cellules bêta) sont détruites. Dans cette forme de la maladie se trouve le diabète insulino-déficient classique, qui débute généralement dans l'enfance ou l'adolescence (AGRAWAL *et al.*, 2003).

Les propriétés antidiabétiques du LC constituent l'aspect le plus étudié de LC (SWELUM *et al.*, 2021 ; ZHENG *et al.*, 2021). Dans ces études, divers aspects liés au diabète tels que la glycémie, le profil lipidique, la sécrétion d'insuline et la résistance ont été étudiés et se sont révélés significativement améliorés par LC. Chez l'homme, les effets bénéfiques de la LC dans le diabète et ses troubles associés ont même été examinés dans de nombreuses études cliniques randomisées (MIHIC *et al.*, 2016 ; ZAHRA *et al.*, 2020 ; ZHENG *et al.*, 2021). MIRMIRAN *et al.*, (2017) ont fourni une compilation complète de diverses études animales et cliniques mettant en évidence le rôle de LC contre les complications du diabète (MIRMIRAN *et al.*, 2017). Dans l'ensemble, ces études ont rapporté que l'alimentation des patients atteints de diabète par du LC améliorerait de manière significative divers paramètres biochimiques et cliniques importants dans la pathologie diabétique (ANWAR *et al.*, 2022).

Le lait camelin est déjà utilisé pour traiter le diabète (AGRAWAL *et al.*, 2007 ; AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010 ; MALIK *et al.*, 2012).

Il peut l'être pour le traitement du diabète de type 1 et de type 2, en raison de la présence d'insuline et de substances analogues à l'insuline ainsi que d'immunoglobulines de petite taille (DEVENDRA *et al.*, 2016). Le niveau d'insuline dans le lait camelin est élevé et comprend environ 52 unités/litre (AYOUB *et al.*, 2018). De plus, ces composants influencent le pancréas et le foie, entraînant une amélioration de la sécrétion d'insuline, de sorte que la dose d'insuline requise est réduite (KASKOUS, 2016). Parallèlement à l'application pour le

traitement du diabète, le lait camelin réduit la glycémie, diminue la résistance à l'insuline et améliore les profils lipidiques (AYOUB *et al.*, 2018).

KORISH, (2014) a également mené une étude à long terme pour évaluer l'innocuité, l'efficacité et l'acceptabilité du lait camelin en complément de l'insulinothérapie chez les diabétiques de type 1. Les résultats ont montré que le groupe recevant du lait camelin avait réduit les doses moyennes de sucre dans le sang, d'hémoglobine et d'insuline et avait finalement réduit les besoins en doses d'insuline à zéro. Elles ont également montré un changement significatif dans les anticorps anti-insuline et l'insuline plasmatique dans les deux groupes. Par conséquent, il a conclu que le lait camelin est sûr et efficace pour améliorer le contrôle glycémique à long terme chez les patients atteints de diabète de type 1. SBOUI *et al.*, (2010) est arrivé à la même conclusion avec son expérimentation sur les animaux.

En 2005, un groupe de chercheurs du BikanerDiabetes Care Research Center en Inde, en étudiant l'impact du lait camelin sur le contrôle du diabète de type 2, ont découvert que la consommation de ce lait réduisait considérablement les doses d'insuline nécessaires pour contrôler la glycémie. Chose, qui peut être, revient au fait que cet aliment contient une quantité importante d'insuline (BREITLING, 2002). Par conséquent, le lait camelin peut être utilisé comme complément au traitement à l'insuline pour traiter le diabète de type 2 afin de réduire la dose d'insuline, en particulier lorsqu'il est sûr et efficace dans le contrôle du diabète à long terme (AGRAWAL *et al.*, 2005 ; AGRAWAL *et al.*, 2011).

Les propriétés antidiabétiques du lait camelin ont été étudiées sur des rats diabétiques induits par la streptozotocine. Dans une étude sur la prévalence du diabète parmi la population consommant du lait camelin, il a été déclaré que la consommation de lait camelin et le style de vie pourraient avoir une influence substantielle sur la prévalence du diabète populations (AGRAWAL *et al.*, 2007).

Habituellement, l'administration d'insuline par voie orale chez les patients diabétiques n'est pas efficace, mais il semble que l'insuline dans le lait camelin puisse être une exception. Ainsi, une étude de la littérature suggère les possibilités suivantes pour l'utilisation de l'insuline dans le lait camelin (MALIK *et al.*, 2012) :

- L'insuline dans le lait camelin possède une propriété spéciale qui rend l'absorption dans la circulation plus facile que l'insuline provenant d'autres sources ou provoque une résistance à la protéolyse.
- L'insuline de chameau est encapsulée dans des nanoparticules (vésicules lipidiques), qui permettent son passage dans l'estomac et son entrée dans la circulation.
- Certains autres éléments toujours pas identifiés du lait de chamelle le rendent antidiabétique.

Le lait camelin est reconnu comme étant bénéfique pour les personnes atteintes de diabète car il contient des protéines analogues à l'insuline, et comparé au lait de vache ($17,01 \pm 0,96 \mu\text{l}$), il en contient de meilleures concentrations ($58,67 \pm 2,01 \mu\text{l}$) (MULLAICHARAM, 2014). Ce lait riche en insuline passe rapidement dans les voies

digestives et par conséquent, ces protéines de réparation tissulaire agissent comme un remède à l'augmentation de la glycémie dans les urines et dans le sang, causée par le manque d'insuline (GUL *et al.*, 2015). D'autre part, l'insuline présente dans le lait camelin influence fortement le profil glycémique et lipidique des patients atteints de diabète de type 2 (MOUANDHE, *et al.*, 2022).

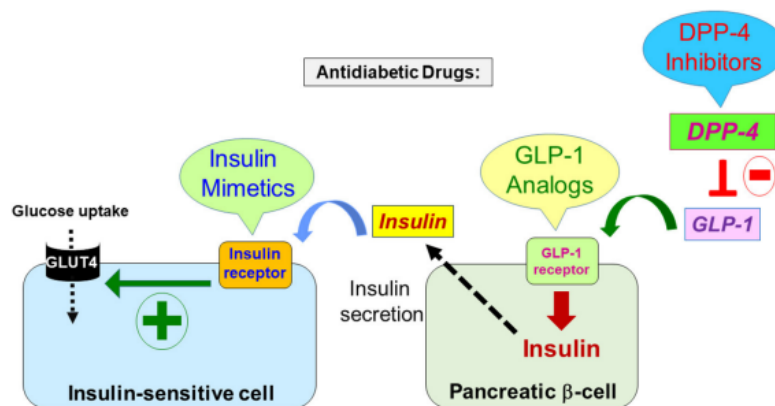
ZHENG *et al.*, (2021) a récemment rapporté dans une étude clinique sur des diabétiques de type 2 alimenté avec de la poudre de LC que le LC diminuait la glycémie à jeun et le cholestérol sérique. En revanche, il a augmenté la teneur sérique du peptide glucagonlike 1 (GLP-1), connu comme un régulateur clé de la sécrétion d'insuline par le pancréas (ZHENG *et al.*, 2021).

Plus important encore, il est important de souligner que contrairement aux insulines d'autres sources, qui, à l'administration orale ne réussit pas à traverser les barrières muqueuses avant d'entrer dans la circulation sanguine car elle est dégradée par des enzymes digestives (AHMED *et al.*, 2015). La protéine analogue à l'insuline du lait camelin a une propriété unique d'encapsulation à l'intérieur des nanoparticules telles que les vésicules lipidiques qui la protègent des enzymes digestives dans l'estomac pour atteindre la cible (ABBAS *et al.*, 2013). En raison de cette encapsulation lipidique, le lait camelin ne coagule pas dans l'environnement acide de l'estomac, et plus intéressant encore, il a une meilleure capacité tampon que le lait d'autres espèces laitières (ZAFAR, 2017).

AGRAWAL *et al.*, (2011) rapportent que le lait camelin est sûr et efficace pour stimuler le contrôle à long terme des niveaux de sucre dans le sang, réduisant considérablement les doses d'insuline pour les patients atteints de diabète de type 1 (STEPHEN *et al.*, 2022)

Cependant, la justification scientifique derrière ces propriétés antidiabétiques de LC est encore insaisissable en ce qui concerne deux aspects clés. Le premier aspect fait référence au fait que le ou les agents antidiabétiques potentiels contenus dans le LC doivent encore être identifiés et caractérisés. Étant donné que l'insuline constitue l'hormone pivot régulant l'homéostasie du glucose, certaines études ont spéculé sur l'existence d'insuline et/ou de molécules analogues à l'insuline dans la LC à différentes concentrations selon les races, les stades de lactation et les conditions de stockage, ce qui pourrait expliquer ses effets antidiabétiques (WERNERY *et al.*, 2006 ; ABOU-SOLIMAN *et al.*, 2020). Il a été rapporté que le LC contient 3 fois plus de protéines analogues à l'insuline que le lait de vache (BEG *et al.*, 1986 ; MEHAIA *et al.*, 1995). Cependant, une étude récente a rapporté que les enzymes digestives réduisaient complètement l'insuline LC intacte ainsi que son activité après 30 minutes, ce qui suggère que l'insuline ne devrait pas atteindre la circulation sanguine car elle serait entièrement dégradée par les protéases du tube digestif et qu'elle pourrait donc ne pas être impliqué dans l'action antidiabétique du LC (VAISMAN *et al.*, 2006; MALIK *et al.*, 2012 ; ABOU-SOLIMAN *et al.*, 2020). Ainsi, les niveaux exacts d'insuline dans le LC et son implication putative dans les effets antidiabétiques du LC sont encore un sujet de débat et d'autres études sont nécessaires pour aborder cet aspect important. De plus, d'autres études ont rapporté un lien entre le diabète et certains composants et protéines de LC comme la

lactoferrine (MORENO-NAVARRETE *et al.*, 2009 ; ALABDULMOHSEN *et al.*, 2015). Le deuxième aspect est lié aux mécanismes moléculaires et cellulaires exacts engagés par les composants du LC qui ne sont pas complètement élucidés. De ce point de vue, plusieurs études ont tenté d'étudier l'effet du LC aux niveaux cellulaire et moléculaire en utilisant divers modèles *in vitro* et/ou *in vivo*. Évidemment, dans le contexte du diabète et des approches/médicaments antidiabétiques ; différents modes d'action sont possibles aux niveaux moléculaire et cellulaire qui sont connus pour être impliqués dans l'homéostasie et le métabolisme du glucose (Figure 9). Cela comprend les molécules thérapeutiques qui ciblent les composants moléculaires clés bien connus et les médiateurs contrôlant les voies liées à l'insuline et à son récepteur (IR) et au GLP-1 et à son récepteur (GLP-1R) et à l'enzyme dipeptidyl peptidase 4 (DPP-4). , tous deux connus pour contrôler de manière différentielle la synthèse et la sécrétion d'insuline par activation ou inhibition, respectivement (Figure 10).



Au niveau moléculaire, les principaux antidiabétiques visent soit à augmenter la production de l'insuline, soit potentialiser son activité biologique. Ainsi les molécules thérapeutiques peuvent être soit des mimétiques de l'insuline activant le IR dans les cellules sensibles à l'insuline, ce qui conduit éventuellement à l'absorption du glucose passant par le transporteur de glucose GLUT4 ; ou des analogues du récepteur GLP-1 qui augmentent la synthèse d'insuline ; ou les inhibiteurs de l'enzyme DPP-4 qui entraînent l'augmentation des niveaux de GLP-1 contrôlant la synthèse d'insuline par liaison et activation de son récepteur.

Figure 9: Stratégies antidiabétiques et leurs cibles moléculaires (IRFA *et al.*, 2022).

En conséquence, les propriétés antidiabétiques du LC peuvent être médiées par des molécules actives qui ciblent et modulent directement ou indirectement la sécrétion d'insuline et/ou les voies d'action de l'insuline (Figure 10). Quant à la sécrétion d'insuline, beaucoup *in vitro* et *in vivo* des études ont en effet rapporté que le LC augmente la sécrétion d'insuline (AGRAWAL *et al.*, 2011 ; KORISH, 2014 ; EJTAHED *et al.*, 2015 ; MEENA *et al.*, 2016). Cela peut impliquer un effet sur les cellules bêta pancréatiques et leurs fonctions telles que la stimulation de la synthèse et de la libération d'insuline et/ou leur protection contre les dommages et les voies apoptotiques. En effet, le LC peut avoir plusieurs cibles moléculaires clés, notamment l'activation du GLP-1 et de son récepteur et/ou l'inhibition de la DPP-4, qui est connue pour réguler à la baisse le GLP-1 (Figure 10). Des études antérieures ont explicitement démontré que les protéines, les hydrolysats et les peptides dérivés de LC peuvent inhiber la DPP-4 et moduler les niveaux de GLP-1 (KORISH, 2014 ; NONGONIERMA *et al.*, 2018 ; MAQSOOD *et al.*, 2019 ; NONGONIERMA *et al.*, 2019).

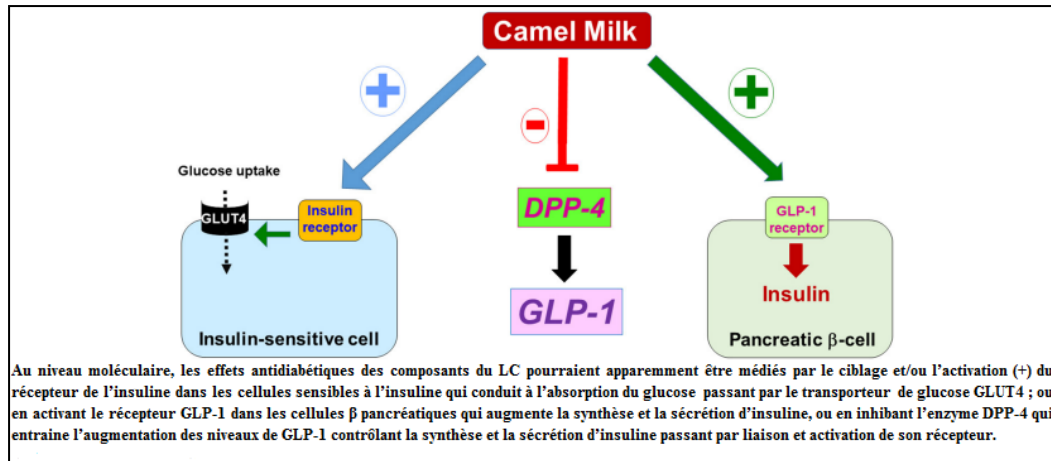


Figure 10 : Cibles moléculaires possibles du lait camelin dans le contexte du diabète (IRFA *et al.*, 2022).

L'insuline est l'hormone clé contrôlant l'absorption et le métabolisme du glucose dans les principaux organes et tissus sensibles à l'insuline. Il est donc légitime de spéculer sur le ciblage possible de l'insuline et de son récepteur et de ses voies moléculaires par LC (Figure 10). Cela peut constituer une possibilité valable sur la base *in vivo* des études rapportant que le LC n'affectait pas les niveaux d'insuline circulante, mais augmentait plutôt sa réponse, entraînant des doses d'insuline plus faibles nécessaires pour contrôler la glycémie chez les rats diabétiques (AGRAWAL *et al.*, 2005 ; AGRAWAL *et al.*, 2011). De plus, des travaux récents *in vitro* ont révélé le ciblage et la modulation positive de l'IR et de sa voie de signalisation intracellulaire par les protéines et peptides du LC (KHAN *et al.*, 2021 ; ASHRAF *et al.*, 2021).

De plus, la digestion gastrique et le traitement du LC lors de sa consommation constituent une question pertinente et un aspect à considérer pour évaluer l'action antidiabétique du LC.

En effet, les composants du LC dont les protéines seraient soumises à une dégradation protéolytique gastrique libérant des molécules de peptides et/ou d'acides aminés dans l'intestin, qui seraient suivies de leur absorption intestinale, et éventuellement libérées dans la circulation pour exercer leur action biologique et pharmacologique dans les différents tissus cibles. Avec cette lignée, le ou les agents antidiabétiques bioactifs du LC peuvent résulter d'un tel processus de protéolyse dans l'intestin étant compatible avec les effets bénéfiques de LC dans divers modèles diabétiques *in vivo*. En effet, la notion antérieure de la présence d'insuline/peptides analogues à l'insuline sous forme intacte et de leur résistance à la digestion gastro-intestinale a été récemment révisée par des études indépendantes qui ont explicitement mis en évidence que ces peptides analogues à l'insuline ne résistent pas à la digestion protéolytique (VAISMAN *et al.*, 2006 ; MALIK *et al.*, 2012 ; ABOU-SOLIMAN *et al.*, 2020) Ceci constitue la raison d'être de la génération d'hydrolysats du LC et de leur profilage et criblage pour le ciblage potentiel d'IR (figure 11).

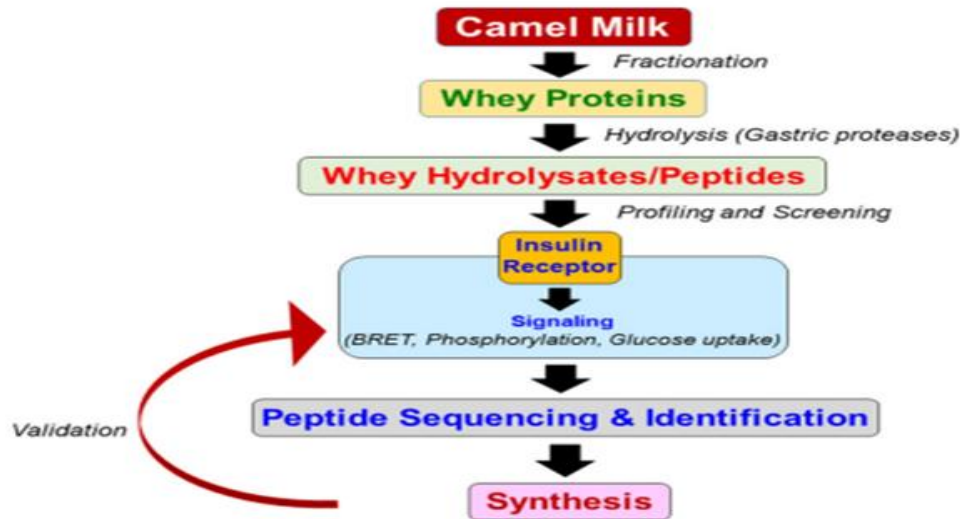


Figure 11 : Organigramme de l'approche expérimentale utilisée pour le fractionnement et profilage du lait camelin (IRFA et al., 2022).

Cependant, personne ne peut exclure la possibilité que certaines protéines du LC résistent à la protéolyse et restent des protéines bioactives intactes déclenchant les effets antidiabétiques du LC. L'encapsulation possible des protéines du LC dans une sorte de nanovésicules à base de lipides dans le système digestif a également été envisagée (MALIK *et al.*, 2012).

En conséquence, ils ont considéré que la LF comme une protéine laitière bioactive connue (ABD EL GAWAD et EL-SAYED, 1996 ; ZAPATA *et al.*, 2017) qu'ils ont purifié avec succès à partir de LC et profilé comme fonctionnellement actif sur IR (KHAN *et al.*, 2021). La LF en tant que protéine intacte est connue pour avoir un potentiel thérapeutique dans diverses maladies humaines, y compris le diabète (MAYEUR *et al.*, 2016 ; MOHAMED et SCHAALAN, 2018 ; CUTONE *et al.*, 2020). De plus, LF était rapportée résister à la digestion gastrique et rester intacte pour son interaction avec son récepteur spécifique dans l'intestin grêle (CUTONE *et al.*, 2020).

Collectivement, il est raisonnable d'étudier à la fois les protéines du LC intactes ainsi que les hydrolysats et, par conséquent, les protéines de lactosérum du LC intactes et leurs hydrolysats dérivés sont isolés, profilés et criblés pour leur bioactivité sur la fonction IR *in vitro* comme représenté sur la figure 13. De plus, les hydrolysats du LC sont séquencés et l'identification des peptides est effectuée pour une validation supplémentaire de l'activité d'IR (figure 11).

4.2. Allergies

Les adultes et les enfants souffrent de différentes allergies alimentaires dans toutes les régions du monde. Le β -lactoglobuline et β -caséine sont des protéines présentes dans le lait de différents ruminants, qui seraient à l'origine de ces allergies chez l'homme (MOUADHE *et al.*, 2022). Par contre, pour ce qui est du lait camelin, ses composants comprennent des

immunoglobulines similaires à celles du lait maternel, qui réduisent les réactions allergiques des enfants et renforcent leur réponse future aux aliments (MAKINEN-KIJUNEN et PALOSNE, 1992).

Le fait que le lait camelin soit dépourvu de bêta lactoglobuline et ait une structure de caséine bêta différente (principalement de sous-type A2 contre A1 pour une grande proportion de vaches), deux puissants allergènes du lait de vache, rend le lait attrayant pour les enfants souffrant d'allergies au lait (MAKINEN-KILJUNEN et PALOSUO 1992 ; MERIN *et al.*, 2001).

Le lait camelin peut être considéré comme une option pour les personnes intolérantes au lactose qui présentent des symptômes lors de l'ingestion de lait de vache (YOSEF *et al.*, 2005 ; CARDOSO *et al.*, 2010). Le lait camelin contient une faible teneur en lactose et il se digère et se métabolise facilement par le corps humain (ALMEIDA *et al.*, 2011 ; EHLAYEL *et al.*, 2011). Les personnes intolérantes au lactose peuvent consommer le lait camelin sans symptômes indésirables. YOSEF *et al.*, (2005) ; SHABO, *et al.*, (2005) ont suggéré que le lactose du lait de chamelle est facilement métabolisé.

Selon EL-AGAMY *et al.*, (2009), l'absence de similitude immunologique entre les protéines de lait camelin et de vache peut être considérée comme un critère important d'un point de vue nutritionnel et clinique. Des différences phylogénétiques pourraient être responsables de l'échec de la reconnaissance des protéines de dromadaire par les IgE circulantes et les anticorps monoclonaux. Il semble que le lait camelin ait un effet positif lorsqu'il est bu par des enfants souffrant d'allergies alimentaires graves. Les réactions sont rapides et durables (RESTANI *et al.*, 1999).

4.3. Maladie de Crohn

C'est ce qu'on appelle le syndrome de Crohn, un syndrome inflammatoire qui peut affecter n'importe quel endroit de la bouche à l'anus. Il provoque plusieurs symptômes tels que la perte de poids, des douleurs à l'estomac, des vomissements ou de la diarrhée. Cela pourrait également entraîner d'autres complications liées à des problèmes de santé, telles qu'une inflammation des yeux, de la fatigue et un manque de concentration, des éruptions cutanées et de l'arthrite (GALALI et AL-DMOOR, 2019).

La maladie de Crohn devient une épidémie dans de nombreux pays. Dernièrement, de plus en plus de preuves indiquent que la maladie de Crohn est causée par une infection bactérienne primaire, *Mycobacterium Avium* -sous espèce- Paratuberculosis (MAP). Cette mycobactérie pourrait se propager via le lait de vache, car elle n'est pas affectée par la pasteurisation. Apparemment, la MAP pénètre dans la muqueuse sous forme de saprophytes et ne devient active que lorsque les personnes sont en état de stress sévère, entraînant une réponse auto-immune secondaire (URAZAKOV et BAINAZAROV, 1991).

Le lait camelin possède de puissantes propriétés bactéricides et peut réhabiliter le système immunitaire. Il a été observé que la consommation de lait camelin non pasteurisé est

bénéfique pour les personnes présentant toute la variété de symptômes associés à une infection du tube digestif (SHABO *et al.*, 2008).

Il a été déclaré que puisque cette bactérie appartient aux mycobactéries (*Mycobacterium tuberculosis*) et que le lait camelin peut être utilisé pour traiter cette bactérie (SHABO *et al.*, 2008). Une étude menée sur l'effet du lait camelin sur les patients multi résistants aux médicaments atteints de tuberculose a conclu que le lait de chamelle peut agir comme un complément nutritionnel adjuvant chez les patients multi résistants aux médicaments (MAL, *et al.*, 2006), il devient évident que les puissantes propriétés bactéricides du lait camelin associées à la protéine de reconnaissance du peptidoglycane (PGRP) ont un effet rapide et positif sur le processus de guérison. De plus, les immunoglobulines restaurent le système immunitaire.

4.4. Tuberculose

Une étude scientifique réalisée en Inde a permis de conclure qu'il y a une amélioration significative des symptômes observée chez des patients malades de la tuberculose multi résistante après la consommation de lait de chamelle en tant que complément (Mal *et al.*, 2006). Le déroulement exact de l'amélioration de l'état des patients consommant d'avantage du lait camelin n'a pas encore été étudié.

4.5. Hépatites

Le virus de l'hépatite C (VHC) est répandu dans le monde entier et jusqu'à présent, aucun traitement efficace n'est disponible. Pour lutter contre la maladie, les égyptiens faisaient souvent recours au lait camelin (KASKOUS, 2016).

SHARMANOV *et al.* (1982), ont été les premiers à suggérer une action antivirale du lait camelin lorsqu'ils ont découvert qu'il était plus efficace que le lait de jument pour améliorer et normaliser l'état clinique et biochimique des patients atteints d'hépatite chronique active (BREZOVECKI *et al.*, 2015).

De plus, la lactoferrine cameline est un agent antiviral plus puissant que les lactoferrines bovines et humaines (MAGHRABY *et al.*, 2005 ; REDWAN et TABLL, 2007).

REDWAN et TABLL, (2007) ont montré que l'interaction directe entre le VHC et la lactoferrine cameline conduit à une inhibition complète de l'entrée du virus (KASKOUS, 2016).

La lactoferrine et les IgG du lait de chamelle peuvent inhiber les virus des hépatites C et B et empêcher leur réplication dans les cellules (SWELUM *et al.*, 2021). L'IgG peut reconnaître les peptides du virus de l'hépatite C à des concentrations où l'IgG humaine ne détecte pas la présence du virus. De plus, le lait camelin peut guérir l'hépatite B, car il augmente la réponse immunitaire et arrête la réplication de l'ADN du virus (KASKOUS, 2016).

Ainsi, des publications scientifiques ont montré que le lait camelin guérit à la fois l'hépatite B et l'hépatite C. La graisse spéciale du lait camelin apaise le foie et a une action bénéfique sur les patients atteints de maladies hépatiques chroniques (SALTANAT *et al.*, 2009). Il est également possible que les concentrations relativement élevées d'acide ascorbique dans le lait camelin contribuent à améliorer la fonction hépatique (GUL *et al.*, 2015).

4.6.Effet contre l'autisme

L'autisme est un terme général désignant un groupe de troubles complexes du développement cérébral. L'étiologie de nombreux cas d'autisme repose principalement sur une maladie auto-immune affectant une enzyme intestinale, où les symptômes cérébraux les plus importants sont causés par un dysfonctionnement dans la formation d'acides aminés à partir de deux caséines du lait de vache, la bêta-caséine et la bêta-lactoglobuline. Au lieu de cela, un puissant opioïde, la casomorphine, est formé (Yagil *et al.*, 2013). Cet opioïde provoque alors les symptômes cérébraux du syndrome autistique.

Mais le lait camelin ne contient pas les deux caséines qui forment la casomorphine, donc les symptômes ne se développent pas (REICHEL et KNIVSBERGAM, 2003). De plus, le lait camelin contient des Ig nécessaires au déclenchement du système immunitaire et des avantages nutritionnels bénéfiques pour le développement du cerveau (AL-JUBOORI, *et al.*, 2013).

En général, l'autisme est une maladie auto-immune, qui atteint étonnamment l'intestin et non le cerveau (SCHOENFELD *et al.*, 2000). Les réactions dans les intestins commencent par une diarrhée et un effet sur l'appétit.

La consommation de lait camelin chez les enfants autistes a montré une réduction des symptômes de l'autisme et une amélioration de la motricité, du langage, de la cognition, de la coordination articulaire et de la santé de la peau (GROVER *et al.*, 2015). ABBAS *et al.*, (2013), ont également rapporté que les enfants buvant du lait camelin ont eu des améliorations étonnantes dans leur comportement et leur alimentation.

Des études approfondies ont démontré que le stress oxydatif joue un rôle vital dans la pathologie de plusieurs maladies neurologiques, y compris la maladie d'Alzheimer ou les troubles du spectre autistique (CHRISTEN, 2000; AL-AYADHI et MOSTAFA, 2013).

Parallèlement, il a été constaté que le lait camelin peut être utilisé comme traitement pour les patients autistes en réduisant le taux de stress oxydatif, car il contient un nombre élevé d'antioxydants sous forme de vitamines, notamment A, C et E et d'autres minéraux tels que Mg et Zn. De plus, ces minéraux stimulent la fabrication de glutathion (GALALI et AL-DMOOR, 2019).

Une étude a évalué l'effet de la consommation de lait camelin sur les biomarqueurs du stress oxydatif chez les enfants autistes, en mesurant les taux plasmatiques de glutathion, de superoxyde dismutase et de myéloperoxydase. Tous les paramètres mesurés ont montré une augmentation significative après la consommation de lait camelin. Ces résultats suggèrent

qu'il pourrait jouer un rôle important dans la diminution du stress oxydatif en altérant les niveaux d'enzymes antioxydantes et de molécules antioxydantes non enzymatiques, ainsi que l'amélioration du comportement autistique (KULA, 2016).

Les résultats de SHABO et YAGIL (2005) et le rapport de YAGIL (2013) ont montré l'utilisation du lait camelin contre l'autisme dans les cas suivants :

En ce qui concerne les résultats observés avec l'autisme, le lait camelin a considérablement amélioré la mesure clinique de la gravité de l'autisme.

4.7. Effet anticancer

Il a été démontré que le lait camelin déclenche l'apoptose (mort cellulaire contrôlée) dans le cancer du sein humain et les cellules cancéreuses du foie via des mécanismes épigénétiques (KORASHY *et al.*, 2012 ; WERNERY et YAGIL 2012). De plus, le lait camelin aide à restaurer après les traitements antitumoraux par leurs effets antigénotoxiques et anticytotoxiques par inhibition des érythrocytes polychromatiques micro nucléés, et améliore l'indice mitotique des cellules de la moelle osseuse (SALWA et LINA, 2010 ; HABIB *et al.*, 2013) examinent les propriétés fonctionnelles de la lactoferrine du lait camelin, la principale protéine liant le fer du lait, qui a montré une réduction de 56 % de la croissance du cancer colorectal. Il interagit avec les ligands polysaccharides sur les surfaces cellulaires et peut activer les voies de signalisation cellulaire telles que la voie Fas, entraînant l'inhibition de la croissance tumorale via l'apoptose. La lactoferrine du lait camelin, déjà décrite pour son activité bactériostatique, peut également pénétrer les cellules et fonctionner comme facteur de transcription, activant la transcription de séquences d'ADN spécifiques. Ainsi, la lactoferrine a un potentiel dans le traitement des tumeurs en bloquant la prolifération des cellules tumorales. Une étude a rapporté que des concentrations élevées (3 à 5 mg / ml) de lactoferrine de lait camelin inhibent la prolifération du cancer du côlon HCT-116 et la prolifération cellulaire a été noté à des concentrations plus faibles (≤ 1 mg/ml) (TSUDA et SEKINE, 2000).

Des anticorps très actifs dans le lait camelin peuvent également se lier aux tumeurs dans les tissus, tuant les cellules tumorales sans endommager les tissus sains. Mais les anticorps humains sont trop gros pour faire cela (LEVY *et al.*, 2013). Il est également révélé que les propriétés antitumorales du lait camelin sont dues à de fortes activités antimicrobiennes et antioxydantes qui aident à réduire l'inflammation du foie, et le lait camelin est riche en nutriments nécessaires au bon fonctionnement du foie.

Le PGRP est le plus concentré dans le lait camelin (où il a été découvert pour la première fois) que dans le lait de vache. Il a un effet apparent sur le cancer du sein en contrôlant les métastases et en stimulant la réponse immunitaire de l'hôte (SWELUM, *et al.*, 2021).

Les protéines du lait camelin ont démontré des propriétés anticancéreuses potentielles en induisant un excès de ROS intracellulaire, conduisant à la mort cellulaire apoptotique de deux lignées cellulaires cancéreuses. (IBRAHIM, *et al.*, 2022).

Les propriétés thérapeutiques du lait camelin ont récemment fait l'objet de nombreuses études. Des études antérieures utilisant des cellules cancéreuses d'hépatome (HepG2) et du sein (MCF-7) ont rapporté des propriétés anticancéreuses du lait camelin entier (KORASHY *et al.*, 2012 ; KRISHNANKUTTY *et al.*, 2018) ou des hydrolysats de CWP (KAMEL *et al.*, 2018), ainsi que la stimulation des récepteurs de la mort dans les lignées cellulaires et les mécanismes induits par le stress oxydatif (KASKOUS, 2016). Il a été rapporté que le lait camelin, lyophilisé, inhibe la prolifération des cellules cancéreuses de l'hépatome (KORASHY *et al.*, 2012).

Les découvertes de (IBRAHIM *et al.*, 2022) selon lesquelles la protéolyse de la protéine de lactosérum GlyCAM-1 par la plasmine endogène dans le lait camelin peuvent aider à comprendre les propriétés anticancéreuses de lait camelin. Nos données explorent pour la première fois que la lactophorine subit un clivage à des sites spécifiques pour produire des peptides C-terminaux uniques de 8 kDa avec des activités anticancéreuses potentielles. L'activité anticancéreuse implique uniquement la génération de ROS intracellulaires excessifs et l'induction ultérieure de l'apoptose dans les cellules cancéreuses colorectales et mammaires. Sur la base des résultats de cette étude, la lactophorine dans le lait camelin peut être un candidat prometteur pour les nutraceutiques et les thérapeutiques contre les cancers. La puissante activité anticancéreuse de la lactophorine de chameau et de ses nouveaux peptides découverts dans cette étude mériterait des études pharmacocinétiques et des essais cliniques qui pourraient avoir des avantages pour les patients atteints de cancer (IBRAHIM *et al.*, 2022).

4.8. Effet anti-cholestérol

Des taux élevés de cholestérol dans le sang sont considérés comme un facteur de risque majeur de maladie cardiaque (KASKOUS, 2016).

Des études sur les protéines alimentaires dérivées du soja et du poisson ont été proposées pour améliorer le profil lipidique sanguin chez les humains et les expérimentations animales (POTIER, 1995 ; HORI *et al.*, 2001). Des peptides bioactifs dérivés du lactosérum auraient des effets similaires. Par exemple, NAGAOKA *et al.*, (2001) a identifié un nouveau peptide hypocholestérolémiant à partir de la digestion trypsique de β -LG et l'a testé dans des cellules Caco-2 et des études animales. Les taux de cholestérol hépatique et sérique étaient nettement inférieurs chez les rats ayant reçu l'hydrolysate trypsique. L'inhibition de la solubilité micellaire du cholestérol a été attribuée comme étant la raison de la baisse de l'absorption du cholestérol. Dans une autre étude, il a été découvert que la lactostatine soluble dans l'eau était capable d'augmenter le mécanisme du cholestérol en activant la transcription du gène de la cholestérol 7 α -hydroxylase (CYP7A1) (MORIKAWA *et al.*, 2007).

Les peptides bioactifs contenus dans le lait camelin fermenté peuvent avoir un effet positif sur la baisse du taux de cholestérol (DEVENDRA *et al.*, 2016). Le lait camelin contient également de l'acide orotique, qui est connu pour diminuer le taux de cholestérol chez l'homme (DEVENDRA *et al.*, 2016). Le lait cru camelin et les produits laitiers fermentés sont une source de souches probiotiques. Espèces de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*,

Enterococcus, et *Streptocoque* ont été isolés du lait camelin et ont été utilisés dans l'industrie laitière (SHORI et BABA, 2014).

Des études antérieures ont rapporté que la caséine bovine peut élever le taux de cholestérol sanguin en raison de ses rapports élevés lysine-arginine et méthionine glycine, mais le mécanisme n'est pas encore compris (JACOBUCCI *et al.*, 2001). En comparant la caséine avec d'autres protéines comme le soja, le poisson et le lactosérum, il a été suggéré que ces protéines pourraient modifier le profil plasmatique en diminuant l'athérogenèse et en ayant un effet cardio-protecteur (ERDMANN *et al.*, 2008). Une étude sur les effets du lait camelin fermenté (gariss G) et du gariss contenant Bifidobactérie (G + Bb + 12) sur les taux de cholestérol plasmatique et hépatique chez le rat a été réalisée (ELAYAN *et al.*, 2010). Une diminution des lipoprotéines plasmatiques de basse densité (LDL) et des triglycérides plasmatiques a été observée. De plus, les taux de cholestérol hépatique étaient beaucoup plus faibles chez les rats nourris avec les régimes (G) et (G + Bb + 12) par rapport aux rats nourris avec les régimes témoins positifs (riches en cholestérol).

Peu d'études sur l'activité hypocholestérolémiant de lait fermenté de bovins et camelin ont été rapportées. DAMODHARAN *et al.*, (2016) postulé que *Lactobacillus helveticus* les souches (KII13 et KHI1. KII13) isolées du lait de vache fermenté ont montré une plus grande activité hypocholestérolémiant (47%) que KHI1 (28%) in vitro. La souche a ensuite été sélectionnée pour in vivo étude chez des souris hyper cholestérolémiques alimentées par un régime athérogène. Les taux sériques de cholestérol total et de LDL ont montré une diminution chez les souris nourries avec du lait de vache fermenté (DAMODHARAN *et al.*, 2016).

Dans le même contexte, ABUSHELAIIBI *et al.*, (2017) ont sélectionné certaines souches de LAB à partir de lait cru de chamelle et ils ont rapporté que parmi les souches isolées, *Lactococcus lactis* KX881768, *Lactobacillus plantarum* KX881772, *Lactococcus lactis* KX881782 et *Lactobacillus plantarum*KX881779 s'ont avéré très efficaces sur les capacités d'élimination du cholestérol.

4.9. Activité antimicrobienne

La contamination des produits alimentaires par des bactéries pathogènes et d'altération est une préoccupation importante dans l'industrie alimentaire (ABDELHACK *et al.*, 2020 ; ABDEL-HACK *et al.*, 2021). Pour améliorer la sécurité des produits alimentaires et leur durée de conservation, plusieurs méthodes ont été employées, notamment l'utilisation d'agents antimicrobiens et synthétiques. En raison de l'impact néfaste des agents synthétiques sur la santé humaine et l'environnement, les fabricants incorporent davantage de sources naturelles d'agents antimicrobiens dans les aliments, mais il existe un besoin de nouveaux agents antimicrobiens (BRANDELLI *et al.*, 2015 ; EL-SAADONY *et al.*, 2019 ; ABDELNOUR *et al.*, 2020a ; ABDELNOUR *et al.*, 2020b ; AKI *et al.*, 2020 ; EL-SAADONY *et al.*, 2020 ; REDA *et al.*, 2020 ; SHEIHA *et al.*, 2020).

La littérature antérieure a montré quelques stratégies pour améliorer les activités antimicrobiennes des protéines telles que l'hydrolyse enzymatique (KORHONEN et

PIHLANTO, 2006 ; THEOLIER *et al.*, 2013). En outre, HAYES *et al.*, (2006) ont étudié l'hydrolyse des caséines pendant la fermentation avec des souches bactériennes protéolytiques pour produire des peptides antimicrobiens. De plus, des peptides antimicrobiens ont également été extraits de différentes variétés de fromage (RIZZELLO *et al.*, 2005 ; LIGNITTO *et al.*, 2012). [Les protéines de lactosérum telles que la lactoferrine, le lysozyme, la lactoperoxydase et les immunoglobulines sont les plus étudiées à ce jour (CHATTERTON *et al.*, 2006)].

D'autres protéines de lactosérum telles que α -LA et β -LG a également des effets antibactériens (ATANASOVA et IVANOVA, 2010). Le potentiel antimicrobien des hydrolysats et des peptides de protéines de lactosérum a été *in vitro* évalué par l'identification de la séquence peptidique qui est ensuite synthétisée et testée contre des souches de bactéries pour affirmer l'activité antimicrobienne (BRANDELLI *et al.*, 2015).

L'efficacité antimicrobienne des peptides bioactifs a été influencée par plusieurs facteurs tels que la diversité structurelle, la charge, la composition spécifique en acides aminés et l'hydrophobicité (GENNARO et ZANETTI, 2000 ; KUSTANOVICH *et al.*, 2002). Parallèlement, les hydrolysats de lactosérum de chèvre ont été produits à l'aide d'alcalase de *Bacillus licheniformis* (OSMAN *et al.*, 2016) et fractionné par chromatographie d'exclusion stérique. Les hydrolysats ont montré une activité antibactérienne accrue par rapport au lactosérum de chèvre non hydrolysé (EL-ZAHAR *et al.*, 2004). Une autre étude sur les protéines de lactosérum de chèvre a utilisé l'enzyme pepsine qui a produit des peptides avec une activité antibactérienne considérable (EL-ZAHAR *et al.*, 2004).

THEOLIER *et al.*, (2013) ont évalué la protéine de lactosérum hydrolysée par les enzymes gastro-intestinales. Ils ont conclu que les hydrolysats de trypsine et de chymotrypsine ne présentaient pas d'activité antimicrobienne, tandis que les peptides dérivés de la pepsine présentaient une activité considérable malgré leur faible degré d'hydrolyse. De plus, des protéines de lactosérum de chèvre digérées par le suc gastrique et duodéal ont été étudiées et leur inhibition contre les bactéries pathogènes a été rapportée (ALMAAS *et al.*, 2008).

Des études limitées ont été menées sur les protéines de lait camelin et leurs hydrolysats pour leurs activités antimicrobiennes. Les caséines camelines ont été digérées par voie enzymatique (KUMAR *et al.*, 2016b). SALAMINE *et al.*, (2010) ont rapporté que l'hydrolyse enzymatique des protéines de lactosérum camelin et de bovin améliorerait les effets antimicrobiens.

Le lait camelin contient diverses protéines protectrices (lysozyme, lactoferrine, lactoperoxydase, NAGase, PGRP, IgG et IgA) qui exercent une activité antibactérienne (AYMAN *et al.*, 2021) antivirale, antifongique et antiparasitaire, des propriétés immunologiques, une activité de promotion de la croissance et une activité anti-tumorale (AMANY *et al.*, 2005 ; CONESA *et al.*, 2008 ; MONNA *et al.*, 2010 ; GIZACHEW *et al.*, 2014). La lactoferrine saturée en fer (à partir de la deuxième semaine de lactation) empêche la croissance microbienne dans l'intestin, participe au système immunitaire primaire, qui est basé sur le ciblage des structures communes aux agents pathogènes envahisseurs. Le lait camelin

contient apparemment beaucoup plus de lactoferrine que le lait de ruminants (HASSANI *et al.*, 2022).

Le lysozyme est une enzyme protectrice présente en concentration plus élevée dans le lait camelin que dans le lait de vache. Il a une activité antibactérienne contre les bactéries gram-positives (GUL *et al.*, 2015). Le PGRP est le plus concentré dans le lait camelin (où il a été découvert pour la première fois) que dans le lait de vache. La NAGase a une activité antibactérienne et renforce ainsi l'activité antibactérienne-antivirale du lait. Il est à noter que l'activité NAGase est similaire à celle du lait maternel, confirmant les avantages nutritionnels du lait camelin par rapport au lait de vache (GIZACHEW *et al.*, 2014).

Les immunoglobulines donnent une protection immunitaire à l'organisme contre les infections. Le dromadaire a un système immunitaire étonnant et complexe. L'IgG cameline a une activité neutralisante complète contre la toxine tétanique. Le système immunitaire des chameaux est plus fort que celui des humains. Comme les immunoglobulines se trouvent dans le lait camelin tout au long de la lactation, boire le lait fournira un outil pour lutter contre les maladies auto-immunes en réhabilitant le système immunitaire (MUYLDERMANS *et al.*, 2001).

Il est nécessaire d'explorer en profondeur les propriétés antimicrobiennes des hydrolysats de protéines de lactosérum de lait camelin en utilisant différentes enzymes protéolytiques et conditions expérimentales et de les tester contre un large éventail de micro-organismes pathogènes *in vitro* ainsi que *in vivo* (SWELUM, *et al.*, 2021).

4.10. Effets cosmétiques

Le lait camelin a des effets cosmétiques dus à sa richesse en vitamine C, ayant des activités antioxydantes et de protection de la réparation des tissus (ESCOTT-STUMP, 2008). La vitamine C est nécessaire dans le corps pour la production de collagène, une protéine qui aide à la croissance des cellules et des vaisseaux sanguins et donne à la peau sa fermeté et sa force. Le collagène se trouve dans la peau et les articulations. En augmentant la production de collagène, la vitamine C renforce le soutien structurel et la résilience de la peau et aide à la réparation. La vitamine C est un antioxydant qui ralentit la vitesse des dommages causés par les radicaux libres qui provoquent le dessèchement de la peau et les rides (BAUMANN, 2007).

Le lait camelin est une source naturelle d'acides alpha-hydroxylés pour adoucir la peau, la repulper et la garder souple, lisse et prévenir les rides. Les acides α -hydroxylés aident à éliminer la couche cornée externe de cellules mortes de la peau (épiderme) en aidant à décomposer les sucres, qui sont utilisés pour maintenir les cellules de la peau ensemble. Cela aide à révéler de nouvelles cellules, qui sont plus élastiques et claires. Les acides α -hydroxylés aident à éliminer les rides et les taches de vieillesse et à soulager la sécheresse, car ils amincissent la couche externe de la peau et soutiennent la couche inférieure du derme en l'épaississant. De plus, le liposome présent dans le lait camelin est applicable comme ingrédient cosmétique potentiel pour améliorer l'effet anti-âge (CHOI *et al.*, 2013).

De plus, le lait camelin contient une quantité plus élevée de protéines chélatrices de fer appelées lactoferrine. Cette protéine élimine le fer libre des articulations des patients arthritiques et améliore ainsi leur bien-être (PANWAR *et al.*, 2015).

Les vitamines B, C, la carotène et le fer contenus dans le LC sont essentiels pour la peau. Ce lait contient de la lanoline et d'autres propriétés hydratantes qui ont un effet calmant et apaisant sur la peau, et en plus de préserver la beauté de la peau, il est utilisé pour traiter les problèmes de peau tels que la dermatite, l'acné, le psoriasis et l'eczéma. (KULA, 2016).

Dans une étude sur l'application de la crème au lait de chamelle (préparation CAMeLK-Psoralait avec 40% de lait de chamelle cru) a été rapportée, cette crème au lait camelin a montré de très bons résultats chez les patients atteints de psoriasis. Vingt patients, 10 hommes et 10 femmes, âgés de 6 à 72 ans, atteints de psoriasis léger à modéré ont été traités quotidiennement 2 x avec de la crème au lait camelin pendant 4 semaines. Ils ont signalé une agréable fraîcheur, réduction des démangeaisons et autre inconfort. La rougeur et la sécheresse de la peau ont diminué de manière significative (WERNERY, 2006).

Conclusion :

Le lait camelin a été utilisé comme source de nourriture et comme moyen de médicaments vitaux pour diverses maladies dans les régions arides d'Asie, d'Afrique et d'Australie. Ces dernières années, un certain nombre d'études ont identifié certaines conditions médicales qui ont été traitées avec du lait camelin entier ou fermenté, notamment le cancer (KRISHNANKUTTY *et al.*, 2018).

Conclusion générale

L'intérêt mondial pour le lait camelin, qui tient en grande partie à son effet attendu sur la santé des consommateurs, pousse la recherche fondamentale et le développement à poursuivre ses investigations afin de traduire les innovations technologiques en produits disponibles à grande échelle. La transformation « modernisée » du lait camelin est une caractéristique récente par rapport au lait des autres espèces laitières.

Malgré les contraintes technologiques, le marché mondial du lait camelin évolue fortement. Ces changements sont visibles à travers deux principales innovations structurelles : l'émergence de des systèmes de production intensifs ; le développement de systèmes de production de chameaux périurbains; la mise sur le marché de divers produits à base de lait camelin et la course à la production d'un fromage de bon qualité à base de cet aliment...

La plus part des recherches sur les effets thérapeutiques sont réalisés au niveau in vitro et donc nécessite des modèles in vivo pour les confirmer d'avantage et pour quoi pas dans un avenir proche on pourrait assister a des développements de thérapies à base de LC. Cependant, de tels changements remettent en question la durabilité de ces nouvelles méthodes de production laitière et leur impact environnemental sur la planète.

Une chose est sûre, ils ont clairement contribué à la réévaluation de la place du dromadaire dans l'économie d'élevage des pays, Ils contribuent à la pérennité des systèmes de production et de transformation « modernisés » en évitant les lacunes des autres filières d'élevage modernes et Ils contribuent à l'établissement de normes internationales reconnues par toutes les parties prenantes..

Ce travail à donc passé en revue le développement récent de l'industrie laitière cameline, à résumer nos connaissances actuelles sur la valeur nutritionnelle, la production, la transformation et les effets thérapeutiques du lait de chamelle, et à mis en évidence les domaines de recherche futurs.

Références bibliographiques

Akindykova A, Cakir-Kiefer C, Baubekova A, Jurjanz S. (2019). Isolation and characterization of camel milk proteins. *International Journal of Biology and Chemistry*, 12 (1), 5-10.

Abbas K. (2012). Effet de traitements thermiques sur les propriétés fonctionnelles de fromages traditionnels : Le cas des pâtes persillées. Thèse de Doctorat en sciences des sciences de la vie, sante, agronomie, environnement, Université Blaise Pascal.

Abbas S, Ashraf H, Nazir A, Sarfraz L. (2013). Physico-Chemical Analysis and Composition of Camel Milk. *International Research* 2, 85-98.

Abbes F. B, Belhattab R, Seghier M, et Anes-Boualhal D. L. (2021). In vitro antioxidant and antiviral activity of camel milk casein hydrolysates. *Journal of Applied Biological Sciences*, 15(1), 101–112.

Abd El Gawad I, El-Sayed E, MB M, AM A. (1996). Modifications de la concentration de lactoferrine dans le colostrum et le lait de différentes espèces. *Égyptien Journal Dairy Sciences*. 24, 2297–316.

Abdel Galil M. Abdel Gader, Alhaider AA. (2016). The unique medicinal Properties of camel products : A review of the scientific evidence. *Journal of Taibah university medical sciences*. 11, 98-103.

Abou-Soliman NHI, Awad S, Desouky MM. (2020). Effet des enzymes digestives sur l'activité de l'insuline du lait de chamelle. *International Journal Dairy Technology*. 73, 341– 4.

Abu-Lehiya I. (1997). Composition of camel milk. *Milchwissenschaft* 42, 368-371.

Abu-Tarboush HM. (1994). Comportement de croissance de *Lactobacille acidophile* et caractéristiques biochimiques et acceptabilité du lait acidophilus à base de lait de chamelle, *Milchwissenschaft*. 49, 379-382.

Agrawal R, Beniwal R, Sharma S, Kochar D, Tuteja F, et al. (2005). Effet du lait cru de chamelle chez les patients diabétiques de type 1 : étude randomisée d'un an. *Journal of camel practice and research*. 12, 27-35.

Agrawal R, Jain S, Shah S, Chopra A, Agarwal V. (2011). Effet du lait de chamelle sur le contrôle glycémique et les besoins en insuline chez les patients atteints de diabète de type 1 : essai contrôlé randomisé de 2 ans. *European Journal Clinic Nutrition*. 65, 1048-1052.

Agrawal RP, Beniwal R, Kochar DK, Tuteja FC, Ghorui SK, Sahani MS. (2005). Le lait de chamelle en complément de l'insulinothérapie améliore le contrôle glycémique à long terme et la réduction des doses d'insuline chez les patients atteints de diabète de type 1 Un essai contrôlé randomisé d'un an. *Diabetes Research Clinic Practices*. 68, 176– 7.

Agrawal RP, Budania S, Sharma P, Gupta R, Kochar DK. (2007). Zéro prévalence du diabète chez les consommateurs de lait de chamelle de la communauté Raica du nord-ouest du Rajasthan, en Inde. *Diabetes Research Clinic Practices*. 76, 290-296.

Ahmed IAM, Babiker EE, Eissa EA. (2015). Physicochemical, Microbiological And Sensory Characteristics Of Yoghurt Produced From Camel Milk During Storage.

Ahmed, ASM, & El Zubeir, IEM. (2015). Propriétés de traitement et produits chimiques composition de crème glacée allégée à base de lait de chamelle utilisant des additifs naturels. *Journal international des sciences laitières*. 10, (6), 297–305.

Al Attas AS. (2009). Determination of essential elements in milk and urine of camel and in *Nigella sativa* seeds. *Arab Journal Nuclear Sciences and Applications* . 42, (4), 59-67.

Akalin AS, Karagozlu C, Unal G. (2008). Propriétés rhéologiques de la crème glacée à faible teneur en matières grasses et faible en gras contenant de l'isolat de protéines de lactosérum et de l'inuline. *European Food Research Technology*. 227, (3), 889-895.

Al haj OA, Al Kanhal HA .(2010). Compositional, technological, and nutritional aspects of dromedary camel milk. *International Dairy Journal*. 20, (12), 811-821.

Alabdulmohsen W, Rozario SD, Markowitz K, Fine DH, Velliyagounder K. (2015). Les souris déficientes en lactoferrine diabétique présentent une plus grande sensibilité aux maladies parodontales expérimentales. *Journal Oral Biology (Northborough)*.70-94.

Al-Abri M., Faye B., 2019. Genetic improvement in dromedary camels: challenges and opportunities. *Front. Genet.*, 10 (167) : 1-5.

Al-Ayadhi LY, Mostafa GA. (2013). Taux sériques élevés de macrophages chimiokine dérivée et thymus et chimiokine régulée par activation chez les enfants autistes. *J Neuroinflammation*. 10, (72) ,1–7.

Al-Ayadhi, LY et NE Elamin. (2013). Le lait de chamelle comme potentiel thérapie comme antioxydant dans les troubles du spectre autistique (TSA). *Evid. Comp. Alternat*. 8.

Ali Redha, A., Valizadenia, H., Siddiqui, S. A., & Maqsood, S. (2022). A state-of-art review on camel milk proteins as an emerging source of bioactive peptides with diverse nutraceutical properties. *Food chemistry*, 373.

Al-Juboori AT, Mohammed M. Rashid J. Kurian J, El-Refaey S. (2013). Valeur nutritionnelle et médicinale du lait de chamelle (*Camelus dromedarius*) : dans la deuxième conférence internationale sur l'alimentation et l'environnement : la quête d'un avenir durable, Budapest, Hongrie. 22, (24), 221-232.

Al-Majali AM, Ismail ZB, Al-Hami Y. (2007). Concentration de lactoferrine dans le lait de chamelle (*Camelus dromedarius*) avec et sans mammite sub clinique. *Journal international de recherche appliquée en médecine vétérinaire* 5, 120.

Almeida, Roberto R. Lait de chamelle, (2011), Caractéristiques et perspectives d'utilisation en pratique clinique. *Children Nutrition*. 38, (2), 211– 218.

Amiot J ; Paul A, Laurent B ; Jean-Luk B ; Britt, Michkel, Castaingne and François. (2002). 'Science et technologie du lait, transformation du lait, 2eme Edition .Fondation de technologies laitières, Ecole polytechnique de Montréal .600.

Andren A, Roginski H, Fuquay J. (2002). Rennets and coagulants in *Encyclopdia of daiy science*. 281-286.

Anwar I, Khan FB, Maqsood S et Ayoub MA. (2022). Le lait de chamelle ciblant le récepteur de l'insuline - Vers une compréhension des effets antidiabétiques du lait de chamelle. *De face. Nutrition*.1- 8.

Ashraf A, Mudgil P, Palakkott A, Iratni R, Gan Y, Maqsood S, Ayoub, A. (2021). Molecular basis of the anti-diabetic properties of camel milk through profiling of its bioactive peptides on dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) and insulin receptor activity. *Journal of Dairy Science*. 104, (1), 61–77.

Askale A, Samson L (2018) Valeur médicinale du lait et de la viande de chamelle, *Journal of Applied Animal Research*. 46, (1), 552-558.

Asresie A, Seifu E, et Kurtu, MY. (2013). Efficacité de barattage et qualité microbienne de beurre fabriqué à partir de lait de chamelle seul et mélangé avec du lait de chèvre. *Journal net des sciences agricoles*, 1, (3), 75–80.

Al-Juboori AT, Mohammed M, Rachid J, Kurian Jet El Refaey S. (2013). Valeur nutritionnelle et médicinale du chameau (*Camelus dromedarius*) *Le Lait. Alimentation et environnement II*. 170, 1-16.

Attia, H ; Dhouib, N. (2001). Fermentation lactique du lait de dromadaire, Caractéristiques microbiologiques et rhéologiques. *Microbiology Biotechnological*. 26, 263–270.

Azim Faraz, Abdul Waheed, Muhammad Macood Tariq. (2017). Composition of camel milk. Department of Livestock and Poultry Production, FVS, BZU Malan; CASVAB,UOB Quetta. *Farmer Reformer*. 2, (4). 5.

Baba W.N, Mudgil P, Kamal H, Kilari B.P, Gan C.Y, et Maqsood S. (2021). Identification and characterization of novel α -amylase and α -glucosidase inhibitory peptides from camel whey proteins. *Journal of Dairy Science*, 104, (2), 1364–1377.

Baig D, Sabikhi L, Yogesh K, Prashant AS, (2022). Technological challenges in production of camel milk cheese and ways to overcome than. *International Dairy Journal* .129.105-344

Bakry IA, Yang L, Farag MA, Korma SA, Khalifa I, Cacciotti I, et *al.* (2021). Un examen complet de la composition, de la valeur nutritionnelle et des propriétés fonctionnelles de la matière grasse du lait de chamelle. *Nourriture*. 1-10.

Baumann L. (2007). Le vieillissement cutané et son traitement. *Journal Pathologie*. 211, 241–251.

BEDDA H. (2020). Le déclin des systèmes de production camélins et les conditions de leur survie économique au Sahara septentrional Algérien cas de la cuvette de Ouargla, le M'zab et le Ziban. THESE, Pour l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques. UNIVERSITÉ KASDI MERBAH-OUARG LA Faculté des Sciences de la Nature et de la Vi . Département des Sciences Agronomiques.

Beg O, Bahr-Lindström H, von Zaidi Z, Jörnvall H. (1986). Une protéine de lactosérum de lait de chamelle riche en demi-cystine. Structure primaire, évaluation des variations, schémas de répétition internes et relations avec la neurophysine et d'autres polypeptides actifs *European Journal Biochemistry*. 86:53.

Bekele T, Lundeheim N, Dahlborn K. (2011). Milk production and feeding behavior in the camel (*Camelus dromedarius*) during 4 watering regimens. *Journal Dairy Science*. 94,1310-1317.

Bekele A, Mitiku E, Yonas H. et Egon BH. (2017). Activation du système lactoperoxydase : évaluation du taux d'acidification, de la qualité microbienne et de la durée de conservation du lait de chamelle et de vache. *Journal des sciences de l'Afrique de l'Est* .11, 107-116.

BEN AISSA. (1989). Le dromadaire en Algérie MINISTERE DE L'AGRICULTURE ALGER. Options Méditerranéennes – Série Séminaires. (2), 19-28.

Benkerroum N, Dehhaoui M, El Fayq A, et Tlaiha R. (2011). L'effet de concentration de la chymosine sur le rendement et les propriétés sensorielles du fromage de chamelle et sur sa qualité microbiologique. *Journal international de technologie laitière*. 64, 232-239.

Berhe T, Seifu E, Ipsen R, Kurtu MON et Hansen EB. (2017). Défis et opportunités de transformation des produits laitiers de chameau. *International Journal Food science*, 2, 1–8.

Berhe T, Seifu E, et Kurtu MY. (2013). Propriétés physicochimiques du beurre au lait de chamelle. *Journal laitier international* .31, 51-54.

Boudjenah-Haroun S, Moulti-Mati F, Si Ahmed S, Mahboub N, Siboukeur O et Mati A. (2011). Etude de la coagulation du lait de chamelle: utilisation des extraits gastriques de dromadaire à différents âges. *Livestock Research for Rural Development*. 23, (8).

Breitling L. (2002). Insuline et activité antidiabétique du lait de chamelle. *Journal of Camel Practice and Research*. 9, 43-45.

Brezovečki A, Čagalj M, Dermić Z, Mikulec N, Bendelja L, et Neven A. (2015). Camel milk and milk products. *Mljekarstvo*. 65,81-90.

Bruntse, A. (2016). Fromage au lait de chamelle 2 - Recettes pour Afrique du Nord et Inde. Chr. Hansen A/S. Horsholm, Danemark. 59-90.

- Burger P., Ciani E., Faye B., (2019). Old world camels in a modern world –A Balancing act between conservation and genetic improvement. *Anim. Genetic.* 50, 598-612.
- Cardoso, R., Santos, R., Cardoso, C. et Carvalho, M. (2010). Consommation de lait de chamelle par des patients intolérants au lactose. Une étude préliminaire. *Alergia Mexique* 2010, (57), 26–32.
- Cecchinato a, penasa m, cipolat gotet c, de marchi m, bittante g., (2012). Short communication: Factors affecting coagulation properties of Mediterranean buffalo milk. *J. Dairy.*95-103.
- Choi SK, Park KD, Kim DA, Lee DW, Kim YJ. (2013). Préparation du lait de chamelle liposome et ses effets anti-âge. *Journal Society Cosmetic Science Corée.* 40, (2), 155–161.
- Christen Y.2000. Stress oxydatif et maladie d'Alzheimer. *Suisse Journal Clinic Nutrition.* 7, (2), 621–629.
- Combs JGF, Clark LC, Turnbull BW. (1997). Reduction of cancer risk with an oral supplement of selenium. *Biomed Environ Science BES* 10, (2-3) ,227-234.
- Cutone A, Rosa L, Ianiro G, Lepanto MS, Bonaccorsi di Patti MC, Valenti P, et al. Propriétés anticancéreuses de la lactoferrine : innocuité, sélectivité et large spectre d'action.*Biomolécules.* 10
- CUVELLIER G.F. (1993). Production des enzymes in : « Biotechnologie » ed. Coord dairy products. *International Dairy Journal.* 8, 171-177.
- Dakalo, D. (2018). Préservation du lait cru de chamelle par un système de lactoperoxydase utilisant du peroxyde d'hydrogène produisant des bactéries lactiques. M.Sc. Thèse, Université Haramaya, Bate.
- Danesh E, Goudarzi M, Jooyandeh H (2017) Effet de l'ajout de protéines de lactosérum et du traitement à la transglutaminase sur les propriétés physiques et sensorielles de la crème glacée à teneur réduite en matières grasses. *J Dairy Sci.* ; 100(7): 5206-5211.
- Dugassa D (2021) Quality and Therapeutic Aspect of Camel Milk : A Review. *J Food Process Technol* 12 :902.
- Eck André, Jean Claude Gillis. 1997 : Le fromage de la science à l'assurance .Edition 3ème.Londeres Lavoisier Tec et Doc .New York.Pp43. 891p.
- Ehlayel, M., Hazeima, K., Al-Mesaifri, F. et Bener, A. Le lait de chamelle : une alternative à l'allergie au lait de vache chez les enfants. *Allergie Asthme Proc.* maijuin ; 32(3):255–8, 2011.
- Ejtahed HS, NiasariNaslaji A, Mirmiran P, ZraifYeganeh M, Hedayati M, et al. (2015) Effet du lait de chamelle sur la glycémie et le profil lipidique des patients atteints de diabète de type 2 : un essai clinique pilote. *Int J EndocrinolMetab* 13 : 21160.

el Agamy EI, Ruppanner R, Ismail A, Champagne CP, Assaf R (1992) Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective proteins. *J Dairy Res* 59 : 169-175.

El-Agamy E.I. (2009). Bioactive components in camel milk, pp. 159-192. In : Bioactive components in milk and dairy products, ed. by Park Y.W., Wiley-Blackwell Publishers, Ames, Iowa and Oxford, England.

El-Agamy EI, Nawar M, Shamsia SM, Awad S, George FW et al. (2009) Are Camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children? *Small Rum Res* 82 : 1-6.

Elagamy, 2000. EI Effet du traitement thermique sur les protéines de lait de chamelle en ce qui concerne les facteurs antimicrobiens : une comparaison avec les protéines de lait de vache et de bufflonne. *Chimie alimentaire.*, 68 , 227–232.

El-Hatmi H, Girardet JM, Gaillard JL, Yahyaouia MH, Attiac H (2007) Characterisation of whey proteins of camel (*Camelus dromedarius*) milk and Colostrum. *Small Rumin Res* 70, 267–271.

Elsahoryi, NA ; Al-Sayyed, HF. (2020). Fabrication de produits laitiers et non laitiers à base de lait de chamelle. Type. 5. Dans *Avantages pour la santé et l'environnement des produits de chameau* ; Alhaj, OA, Faye, B., Agrawal, RP, Eds. ; IGI Global : Delhi, Pennsylvanie, États-Unis ; Hershey : Delhi, Pennsylvanie, États-Unis. 75–109.

Escott-Stump S, éditeur. (2008). *Soins liés à la nutrition et au diagnostic*. 6e éd. Philadelphie (PA) : Lippincott Williams & Wilkins. 35-90.

Esmailpour, M., Ehsani, M. R., Aminlari, M., Shekarforoush, S., & Hoseini, E. (2017). Antimicrobial peptides derived from goat's milk whey proteins obtained by enzymatic hydrolysis. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 7(1), 65–72.

FAO. (2022). *Les animaux laitiers. Passerelle sur la production laitière et les produits laitiers*.

Farah Z. (1993). Composition et caractéristiques du lait de chamelle. *Journal Dairy Research*. 60, 603-623.

Farah Z, Streiff T, Bachmann MR. (1990). Préparation et consommation tests d'acceptabilité du lait de chamelle fermenté au Kenya. *J. Dairy Research*. 57, 281-283.

FARAH Z., RETTENMAIER R. et ATTKINS D. (1992). Vitamin content of camel milk. *International Journal of Vitamins and Nutrition Research* .(62), 30-33.

Farah, Z., & Fischer, A. (2004). *Lait et viande de chameau : manuel sur les produits et Traitement*. Zürich/Singen : vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zentrum. 25-69.

Faraz, A., Khan, N. U., Passantino, A., Pugliese, M., Eyduran, E., Pastrana, C. I., Ismail, A., Tauqir, N. A., Waheed, A., & Nabeel, M. S. (2021). Effect of Different Watering Regimes in Summer Season on Water Intake, Feed Intake, and Milk Production of Marecha She-camel (*Camelus dromedarius*). *Animals : an open access journal from MDPI*. 1, (5), 1342.

- Faraz, A., Mustafa, MI, Lateef, M., Yaqoob, M. et Younas, M. (2013). Production potentiel du chameau et ses perspectives au Pakistan. *Punjab University Journal of Zoology*. 28, 89–95.
- Faye B., (2018a). The improvement of the camel reproduction performances :Just a technical question *Rev. Maroc. Agronomy. Veterinary*. 6, (2), 265-269.
- Faye B., (2018c). What future for camel pastoralism in the world. *Proc. The 5th Conference ISOCARD « Recent advances in camelids biology, health and Production », 12-15 Nov 2018, Laâyoune, Morocco (A. Sghiri & F. Kichou Eds), IAV Hassan II, 32-38.*
- Faye B., (2020). How many large camelids in the world? A synthetic analysis of the world camel demographic changes. *Pastor. : policy, res. Prac.*, 10, 25.
- Faye B., Chaibou M., Vias G., 2012. Integrated impact of climate change and socioeconomic development on the evolution of camel farming systems. *Brit. / Envir. Clim. Change*. 2, (3) 227-244.
- Faye B., Jaouad J., Bhrawi K., Senoussi A., Bengoumi M., 2014b. Elevage camelin en Afrique du Nord : état des lieux et perspectives. *Rev. Elev Med. Vet. Pays Trop*. 67, (4), 213-221.
- Faye B., Konuspayeva G., (2012b). The sustainability challenge of the dairy sector- The growing importance of the non-cattle milk production worldwide. *International Dairy Journal*. 24, 50-56.
- Faye B., Konuspayeva G. (2017). The new horizons of the camel industry in The world. *Proc. Intl Conf. « the belt and road camel science, industry and Culture », West Alxa, China*. 13-16.
- Faye B., Madani H., El-Rouili A.H., 2014a. Camel milk value chain in NorthEastern Saudi Arabia. *Emir. Journal. Food Agricultur*, 26, (4), 359-365.
- Faye, B. (2013). Camel farming sustainability : the challenges of the camel farming System in the XXIth century. *Journal of Sustainable Development*, 6, (12), 74-82.
- Faye, B. et Brey, F. (2004). LES RELATIONS-ENTRE-CHAMEAUX-ET-SOCIÉTÉ.
- Faye, B. Grech, S., Korchani, T. (2002). *Anthropozoologica*, 39, (2), 7-13.
- Faye, B., Bengoumi, M., et Barkat, A. (2004). Le développement des systèmes Camélins laitiers périurbains en Afrique. *Lait de chamelle pour l'Afrique*, 115–125.
- Faye, B., Jaouad, M., Bhrawi, K., Senoussi, A., et Bengoumi, M. (2015). Elevage Camelin en Afrique du Nord : état des lieux et perspectives. *Revue d'élevage et de Médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 67,(4), 213-221.
- Faye, B., Jouany, J. P., Chacornac, J. P., & Ratovonahary, M. (1995). L'élevage Des grands camélidés. Analyse des initiatives réalisées en France. *INRA Productions Animales*, 8, (1), 3-17.

Faye, B., Saint-Martin, G., Bonnet, P., Bengoumi, M., et Dia, L. (1997). Guide de L'élevage du dromadaire (1^{re} édition). Libourne, France : SANOFI Santé Nutrition Animale, 126.

Faye, B., Senoussi, H., et Jaouad, M. (2017). Le dromadaire et l'oasis : du caravansérail À l'élevage périurbain. Cahiers Agricultures, 26,(1).

Figuri I, Ziadi M, Abassi M, Arroum S, Khorchani T (2012) suitability of camel milk to transformation in Leben by lactic starter. African Journal of Microbiology research. 6, (44), 7185-7192.

Fuquay, JW, McSweeney, PL et Fox, PF. (2011).Encyclopédie des sciences laitières. Londres : Elsevier. 96-100.

Gader AGMA, Alhaider AA. (2016). Les propriétés médicinales uniques du chameau produits : un examen des preuves scientifiques. Journal Taibah University Med Science. 11, (2), 98–103

Galali Y, Al-Dmoor HM. (2019). Propriétés miraculeuses du lait de chamelle et perspective de la science moderne. Journal of Family Medicine and Discussion Précédent .50-90.

Galeboe, O. ; Seifu, E.; Sekwati-Monang, B. (2018). Production de yaourt au lait de chamelle, qualité physicochimique et microbiologique et acceptabilité par le consommateur. International Journal Goujon alimentaire. 7, 51–63.

García-Montoya IA, Cendón TS, Arévalo-Gallegos S, Rascón-Cruz Q. (2012). Lactoferrine une protéine bioactive multiple : un aperçu. Biochimie Biophysic Acta.226–236.

Gassem, MA, & Abu-Tarboush, HM. (2000). Production d'acide lactique par Lactobacille delbrueckii subsp. bulgaricus dans les lactosérums de chameau et de vache. Milchwissenschaft. 374-378.

Gaukhar Konuspayeva, Bernard Faye, Guillaume Duteurtre. (2021). Commerce en ligne du lait de chamelle : nouveaux acteurs, nouveaux marchés. Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux. 74, (3), 137-144.

Global Camel Milk Powder Market. (2019). Consulté sur : www.absolutereports.com/global-camel-milk-powder-market-14901992 .

Grondin J. (1989). Cinétique d'acidification du lait de dromadaire. Application Technologique : le yaourt. Mém. Ing. C. ESIA-ISAF France, 1989. Ed. SAM ateur, Tunisie.

Guasch-Jané M, Andrés-Lacueva C, Jáuregui O, Lamuela-Raventós R. (2005). Première preuve de vin blanc dans l'Égypte ancienne provenant de la tombe de Toutankhamon. J. Archéology. Science 33, 1075-1080.

Gul W, Farooq N, Anees D, Khan U, Rehan F (2015) Camel Milk: A Boon to Mankind. International Journal of Veterinary Science and Research. 3: 23-29

Habib, H.M., W.H. Ibrahim, R. Schneider-Stock and H.M. Hassan. (2013). Camel milk lactoferrin reduces the proliferation of colorectal cancer cells and exerts antioxidant and DNA damage inhibitory activities. *Food Chemistry*. 141, 148-152.

Haddadin MSY, Gammoh SI, Robinson RK. (2008). Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. *J Dairy Res* 75, (1), 8-12.

Hailu, Y., Hansen, EB, Seifu, E., Eshetu, M., et Ipsen, R. (2016). Facteurs influençant la gélification et la présure du lait de chamelle à l'aide de chymosine de chameau. *Journal laitier international*. 60, 62-69.

Hailu, Y., Seifu, E. et Yilma, Z. (2014). Propriétés physicochimiques et consommateur acceptabilité du fromage à pâte molle non affiné au lait de chamelle utilisant l'extrait brut de gingembre (*Zingiber officinale*) comme coagulant. *Journal Africain des Sciences Alimentaires*, 8, (2), 87– 91.

Hajian N, Salami M, Mohammadian M, Moghadam M, Emam-Djomeh Z. (2020). Production of Low-Fat Camel Milk Functional Ice creams Fortified with Camel Milk Casein and its Antioxidant Hydrolysates. *Applied Food Biotechnology*. 7, (2), 95-102.

Hamers R. (1998). XII – IMMUNOLOGY OF CAMELS AND LLAMAS A2 Pastoret, Paul-Pierre. In : GRIEBEL P, BAZIN H, GOVAERTS A, *Handbook of Vertebrate Immunology*. San Diego : Academic Press.83-95.

Hanou S, Boukhemis M, Benatallah L, Djeghri B et Zidoune M. (2016). Effect of Ginger Powder Addition on Fermentation Kinetics, Rheological Properties and Bacterial Viability of Dromedary Yogurt. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 10, (9), 667-673.

Hashim, IB ; Khalil, AH; Habib, H. (2009). Qualité et acceptabilité d'un yaourt ferme à base de lait de chamelle. *Journal. Dairy Science*. 92 , 857– 862.

Hassaïne O, Zadi-Karam H, Karam N. (2007). Technologically important properties of lactic acid bacteria isolated from raw milk of three breeds of Algerian dromedary (*Camelus dromedaries*). *African Journal of Biotechnology*. 6, (44), 1720-1727.

Hassan, SMI. (2009). Fabrication de glaces au lait de chamelle. *Université soudanaise du Science et technologie*.

Hoelzer W, Muyldermans S, Wernery U. (1998). A note on camel IgG antibodies. *Journal of Camel Practice and Research*. 5, 187-8.

Ibrahim HR, Ahmed AS, Komeda A, Miyata T. (2022). Lactophorine dans le lait de chamelle subissant une protéolyse spécifique et présentant une puissante action anticancéreuse contre les cellules cancéreuses humaines du côlon et du sein par génération de ROS. *Avicenna Journal of Medical Biochemistry*. 10, (1), 102-118.

Ibrahim, AH. (2015). Effets de l'exopolysaccharide production de ferments lactiques sur les propriétés physicochimiques, rhéologiques et sensorielles du lait de chamelle fermenté. *Emirates Journal de l'alimentation et de l'agriculture*. 27, 374-383.

Inayat, S., Arain, MA, Khaskheli, M., & Malik, AH. (2003). Etude de l'effet de transformation sur la qualité chimique du fromage à pâte molle non affiné au lait de chamelle. *Journal pakistanais de la nutrition*. 2,102-105.

Ipsen, R. (2017). Opportunités de production de produits laitiers à partir de lait de chamelle : A comparaison avec le lait de vache. *Journal des sciences de l'Afrique de l'Est*. 11(2), 93–98.

Irfa A, Farheen B, Sajid M et Mohammed A. (2022). Le lait de chamelle ciblant le récepteur de l'insuline - Vers une compréhension des effets antidiabétiques du lait de chamelle, *Frontiers in nutrition*. 10, 33-89.

Jenssen H, Hancock RE. (2009). Propriétés antimicrobiennes de la lactoferrine. *Biochimie*. 91, 19-29.

Jilo, Kula. (2016). Medicinal Values of Camel Milk. *International Journal of Veterinary Science and Research*. 2, 18-25.

Jumah, RY ; Shaker, RR ; Abu-Jdayil, B. (2001). Effet de la source de lait sur les propriétés rhéologiques du yaourt pendant le processus de gélification. *International Journal Dairy Technology*. 54, 89–93.

Kamal H, Jafar S, Mudgil P, Murali C, Amin AMAqsood S . (2018). Propriétés inhibitrices des hydrolysats de protéines de lactosérum de chameau vis-à-vis des cellules cancéreuses du foie, de la dipeptidyl peptidase-IV et de l'inflammation. *Journal Dairy Science*.101, (10), 11-20.

Kamoun M. (1995). Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. *Options méditerranéennes, Séries séminaires*. 13, 81-103.

Kaskous, Shehadah. (2016). Camel milk. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 28. 158-163.

Kavas, N. ; Kavas, G. (2016). Production de yaourt glacé probiotique à l'aide de lait de chamelle (*Camelus dromedarius*) avec des fonctions améliorées par la goyave aux fraises (*Psidium littorale* var. *Cattleianum*) fortification. *British Journal of Applied Sciences and Technology*. 14, 1–12.

Khan BF, Anwar I, Elrashdy MR, Palakkott A, Ashraf A, Kizhakkayil J, et al. (2021). La lactoferrine de lait de chamelle et de bovin active le récepteur de l'insuline et ses voies AKT et ERK1/2 associées. *Journal Dairy Sciences*. Dans la presse. 18-36.

KHoualdi G. (2017). Caractérisation du fromage traditionnel algérien «Meghissa ». Mémoire de magister en science alimentaire de biotechnologie et génie industrie alimentaire, institut de la nutrition de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires, université des frères Mentouri, Constantine. 1-96.

Konuspayeva G, Faye B. (2021). Recent Advences in Camel milk processing. *Animals*. 11, 10-45.

Konuspayeva G, Faye B, Loiseau G. (2009). La composition du lait de chamelle : une méta-analyse des données de la littérature. *Journal de Chimie Analytique*. 22, 95–101.

Konuspayeva, G. ; Camier, B.; Aleilawi, N.; Al-Shumeimyri, M.; Algruin, K.; Alshammari, F.; Beaucher, E.; Faye, B. (2017). Fabrication de fromages de chamelle à pâte molle salés à sec et en saumure pour l'industrie laitière de chamelle. *International Journal of Dairy Technology*. 70, 92–101.

Konuspayeva, G., Camier, B., Gaucheron, F. et Faye, B. (2014). Quelques paramètres pour transformer le lait de chamelle en fromage. *Emirates Journal de l'alimentation et de l'agriculture*. 26, 354-358.

Korashy HM, El Gendy MA, Alhaider AA, El-Kadi AO. (2012). Le lait de chamelle module l'expression des gènes régulés par les récepteurs d'hydrocarbures aryles, Cyp1a1, Nqo1 et Gsta1, dans les cellules d'hépatome murin Hepa 1c1c7. *Journal of Biomedical sciences and Biotechnology* .78, 26-42.

Korashy HM, Maayah ZH, Allah RA, El-Kadi AOS, Alhaider AA. (2012). Le lait de chamelle déclenche les voies de signalisation apoptotiques dans l'hépatome humain HepG2 et les lignées cellulaires MCF7 du cancer du sein par le biais d'un mécanisme transcriptionnel. *Journal of Biomedical sciences and Biotechnology* 1–9.

Korish AA. (2014). L'action antidiabétique du lait de chamelle dans le diabète sucré de type 2 expérimental : un aperçu des modifications des hormones incrélines, de la résistance à l'insuline et des cytokines inflammatoires. *Hormone and Metabolic Research*. 46, 4– 11.

Krishnankutty R, Iskandarani A, Therachiyil L, Uddin S, Azizi F, Kulinski M, et al. (2018). Activité anticancéreuse du lait de chamelle via l'induction de la mort autophagique dans les cellules cancéreuses colorectales et mammaires humaines. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 19, (12), 1-9.

Kula J. (2016). Valeurs médicinales du lait de chamelle. *International Journal Veterinary Sciences Research*. 2, (1), 18-25.

Laameche, Foudil & Chehma, Abdelmadjid & Abdelhakim, Senoussi. (2013). Effet du Régime Alimentaire sur la Production Laitière des Chamelles en Système D'élevage Intensif : Cas de la Région de Ghardaïa (Sahara Septentrional Algérien). *Bioressources*. 3, 42-57.

Lajnaf, R. ; Picart-Palmade, L.; Attia, H.; Marchesseau, S.; Ayadi, MA. (2016) Comportement de moussage et d'adsorption des couches mixtes de protéines bovines et de chameaux à l'interface air/eau. *Colloïdes Surfaces. B Biointerfaces*. 151, 287–294.

Lajnaf, R., Picart-Palmade, L., Cases, E., Attia, H., Marchesseau, S., & Ayadi, M. (2018). Les propriétés moussantes du lactosérum de chameau et de bovin : l'impact du pH et du traitement thermique. *Chimie alimentaire*. 240, 295–303.

- Laleye, L., Jobe, B. et Wasesa, A. (2008). Étude comparative sur la stabilité à la chaleur et fonctionnalité des protéines de lactosérum de lait de chamelle et de bovin. *Journal des sciences laitières*. 91 (12), 4527–4534.
- Levy A, Steiner L, Yagil R. (2013). Lait de chamelle : lutte contre les maladies et lois alimentaires. *Journal Santé Sciences*. 1:48–53.
- Loiseau, G. ; Faye, B.; Serikbayeva, A.; Montet, D. (2001). Capacité des enzymes à servir de marqueurs du lait de chamelle pasteurisé. Dans *Actes de la Conférence sur les nouveaux horizons en biotechnologie*, Trivandrum, Inde,.18-21.
- Lorenzen, CP ; Wernery, R.; Johnson, B.; José, S.; Wernery, U. (2011). Évaluation des activités enzymatiques indigènes dans le lait de chamelle cru et pasteurisé. *Petit Ruminants Réserves* . 97, 79–82.
- M.A.D.R, Le cheptel et Produits de l'élevage.LA PRODUCTION AGRICOLE. N°881.Campagnes 2016/2017 et 2017/2018 . P 9-10
- Maghraby AS, Mohamed MA, Abdel-Salam AM. (2005). Activité anti-schistosomique du lait de chamelle colostrale et mature sur des souris infectées par *Schistosomamansoni*. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* .14, 432-438.
- Makinen-Kijunen, S. et Palosne, T. (1992). Un dosage immuno-enzymatique sensible pour la détermination de la bêta-lactoglobuline bovine dans les préparations pour nourrissons et le lait maternel. *Allergie*.47, 347–352.
- Mal G, Sena DS, Jain V, Sahani M. (2006). Valeur thérapeutique du lait de chamelle en tant que complément nutritionnel pour les patients atteints de tuberculose multirésistante (MDR). *Journal israélien de médecine vétérinaire*. 61, 88-91.
- Malik A, Al-Senaïdy A, Skrzypczak-Jankun E, Jankun J. (2012). Une étude des agents antidiabétiques du lait de chamelle. *International Journal of Molecular Medicine*. 30, 85– 92.
- Maqsood, S., Al-Dowaila, A., Mudgil, P., Kamal, H., Jobe, B., & Hassan, H. M. (2019). Comparative characterization of protein and lipid fractions from camel and cow milk, their functionality, antioxidant and antihypertensive properties upon simulated gastro-intestinal digestion. *Food Chemistry*. 279, 328–338.
- Maryniak N., Hansen E., Ballegaard A.S., Sancho A., Bøgh K. (2018). Comparison of the Allergenicity and Immunogenicity of Camel and Cow's Milk—A Study in Brown Norway Rats. *Nutrients*. 10, (12), 1-18.
- Mati A, Sennousi-Ghezzali C, Si Ahmed-Zennia. S, Almi-Sebban D, El-Hatmi H, Girardet J. (2017). Dromedary camel milk proteins, a source of peptides having biological activities. *International Dairy Journal*. 73, 25-37.

- Maurad, K., & Meriem, KH. (2008). Caractéristiques probiotiques de *Lactobacillus plantarum* souches de beurre traditionnel à base de lait de chamelle des régions arides (Sahara) d'Algérie. *Grasas y Aceites*. 59,(3), 218–224.
- Mayeur S, Spahis S, Pouliot Y, Levy E. (2016). Lactoferrine, une protéine pléiotropique dans la santé et la maladie. *Signal redox antioxydant*. 24, 813– 36.
- Mbye, M., Sobti, B., Al Nuami, MK, Al Shamsi, Y., Al Khateri, L., Al Saedi, R,...Kamal Eldin, A. (2020). Propriétés physicochimiques, qualité sensorielle et comportement de coagulation des fromages à pâte molle non affinés au lait de chamelle par rapport au lait de vache. *Journal of the Society of Nutrition and Food Science*. 20, 28– 36.
- Meena S, Rajput Y, Pandey A, Sharma R, Singh R. (2016). Le lait de chamelle améliore l'hyperglycémie et les dommages oxydatifs chez les rats expérimentaux diabétiques de type 1. *Journal Dairy Reseach* . 83, 412–9.
- Mehaia MA, Hablas MA, Abdel Rahman KM, El Mougy SA. (1995). Milk composition of Majaheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia. *Food Chemistry*. 52,(2), 115-122.
- Merin U, Bernstein S, Bloch-Damti N, Yagil R, van Creveld C, Lindner P, Gollop N. (2001). Une étude comparative des protéines du lait chez la chamelle (*Camelus dromedarius*) et colostrum bovin. *Produit de l'élevage Scientifique*. 67, 297–301.
- Mietton B. (1995). La typologie des fromages, Symposium organisé par la fondation des Gouverneurs et le centre de recherche et de développement sur les aliments d'agricultures et Agroalimentaire Canada, octobre, 245p.
- Mihic T, Rainkie D, Wilby KJ, PawlukSA. (2016). Les effets thérapeutiques du lait de chamelle : une revue systématique des essais sur les animaux et les humains. *Journal Evidence Based Complementary and Alternative Medicine*. 21, 110– 126.
- Mirmiran P, Ejtahed HS, Angoorani P, Eslami F, AziziF. Le lait de chamelle a des effets bénéfiques sur le diabète sucré : une revue systématique. *Int J EndocrinolMetab*. (2017) 15:e42150.
- Mohamed MA, Larsson-Raznikiewicz M, Mohamud MA (1990). Hard cheese making from camel milk. *Milchwissenschaft*. 45: 716-718.
- Mohamed WA, Schaalán MF. (2018). Efficacité antidiabétique de la lactoferrine en pédiatrie diabétique de type 2 ; contrôle de l'impact sur la voie de signalisation en aval PPAR- γ , SIRT-1 et TLR4. *Diabetology Metabolic Syndrome*. 10-89.
- Moreno-Navarrete JM, Ortega FJ, Bassols J, Ricart W, Fernández-Real JM. (2009). Diminution de la lactoferrine circulante dans la résistance à l'insuline et la tolérance au glucose altérée en tant que marqueur possible du dysfonctionnement des neutrophiles dans le diabète de type 2. *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*. 94,(40), 36–44.

- MouandheIH, Doli S, AnkitaW. (2022). Valeur nutritionnelle et thérapeutique du lait de chamelle, *Revue internationale de recherche appliquée*.
- Mourad, K., & Nour-Eddine, K. (2006). Etude physicochimique et microbiologique de « shmen », beurre traditionnel à base de lait de chamelle au Sahara (Algérie) : Isolement et identification des bactéries lactiques et des levures. *Grasas et Aceites*. 57,(2), 198–204.
- Mudgil P, Kamal H, Yuen GC, Maqsood S. (2018). Caractérisation et identification de nouveaux peptides antidiabétiques et anti-obésité du lait de chamelle.
- Mudgil, P., Jumah, B., Ahmad, M., Hamed, F. et Maqsood, S. (2018). Rhéologique, micropropriétés structurelles et sensorielles du yaourt au lait de chamelle influencées par la gélatine. *Food Science and Technology*. 98, 646–653.
- Muhialdin, B. J., & Alghoory, H. L. (2018). Identification of low molecular weight antimicrobial peptides from Iraqi camel milk fermented with *Lactobacillus plantarum*. *PharmaNutrition*. 6(2), 69–73.
- Mullaicharam AR. (2014). A review on medicinal properties of camel milk world . *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2, 37-42.
- NARJISS. (1989). Nutrition et production laitière chez le dromadaire » *Options Méditerranéennes – Série Séminaires – n° 2* . 163-166.
- Nielsen, S. D., Beverly, R. L., Qu, Y., & Dallas, D. C. (2017). Milk bioactive peptide database : A comprehensive database of milk protein-derived bioactive peptides and novel visualization. *Food Chemistry*. 232, 673–682.
- Nongonierma AB, Cadamuro C, Le Gouic A, Mudgil P, Maqsood S, FitzGerald RJ. (2019). Propriétés inhibitrices de la dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) d'une préparation d'hydrolysat enrichie en protéines de lactosérum de chameau. *Chimie alimentaire*. 12-31.
- Nongonierma AB, Paoletta S, Mudgil P, Maqsood S, FitzGerald RJ. (2018). Identification de nouveaux peptides inhibiteurs de la dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) dans les hydrolysats de protéines de lait de chamelle. *Chimie alimentaire*. 244-340.
- Ortega-Rivas, E., Juliano, P., & Yan, H. (2005). *Poudres alimentaires : Propriétés physiques, Traitement et fonctionnalité*. New York : Springer Science & Business Media.
- P. Restani, A. Gaiaschi, A. Plebani, B. Beretta, G. Cavagni, HR Fiocchi, Poiesi RH, Velona RH, Ugazio RH, Galli C.(1999). Réactivité croisée entre les protéines de lait de différentes espèces animales. *Clinical and Experimental Allergy*. 29,997–1004.
- Panwar R, Grover CR, Kumer V, Ranga S, Kumer N. (2015). Lait de chamelle : naturel médecine- aubaine pour l'industrie laitière. Karnal. Institut national de recherche laitière *International Journal of Young Cconsevators and Restorers of Works of Art*. 10
- Parente, E., Cogan, TM et Powell, IB. (2017). Cultures starter : Aspects généraux. Dans PL McSweeney, PF Fox, PD Cotter et DW Everett (Eds.), *Fromage : Chimie, Physique et*

Microbiologie (4e éd., Vol. 1, p. 201e226). San Diego, Californie, États-Unis : Academic Press.

Peighambardoust, S. H., Karami, Z., Pateiro, M., & Lorenzo, J. M. (2021). A review on health-promoting, biological, and functional aspects of bioactive peptides in food applications. *Biomolecules*. 11(5), 631.

Pereira, Paula C. (2014) "Milk nutritional composition and its role in human health." *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.) 30,6, 19-27.

PERSPECTIVES AGRICOLES DE L'OCDE ET DE LA FAO 2019-2028 © OCDE/FAO 2019. Chapitre 7. LAIT ET PRODUITS LAITIERS.

Peter Nagy, Saeed Juma Bin Subaih , Mutasher Al Badri, Jutka Martin Lilley, Muhammad Ashraf. (2021) Emirati camel milk sales system to the local and international market. The Camelicious experience with a bumpy " roller- coaster ride rom the UAE to the world. The rise of camel milk marketing in the Mediterranean Basin Business opportunities and sustainable development pathways, Montpellier, France.

R. P. Agrawal, S. Jain, S. Shah, A. Chopra, and V. Agarwal. (2011). "Effect of camel milk on glycemic control and insulin requirement in patients with type 1 diabetes: 2-years randomized controlled trial," *European Journal of Clinical Nutrition*. 65, 9, 1048–1052,

R. Rahmeh, A. Akbar, M. Kishk, T. Al-Onaizi, A. Al-Azmi, A. Al-Shatti, A. Shajan, S. Al-Mutairi, B. Akbar. (2019). Distribution et antimicrobiens activité des bactéries lactiques du lait cru de chamelle, *New Microbes New Infections*. 30, 100560.

R. Rahmeh, H. Alomirah, A. Akbar, and J. Sidhu (2019). « Composition and Properties of Camel Milk », in *Milk Production, Processing and Marketing*. London, United Kingdom : IntechOpen,.

Rankin, SA ; Christiansen, A.; Lee, W.; Banavara, DS ; Lopez-Hernandez, A. (2010). Revue invitée : L'application des dosages de la phosphatase alcaline pour la validation de la pasteurisation des produits laitiers. *Journal Dairy Science*. 93 , 5538–5551.

Redwan el-RM, Tabll A. (2007). La lactoferrine de chameau inhibe nettement l'infection par le virus de l'hépatite C de génotype 4 des leucocytes du sang périphérique humain. *Journal Immunoassay Immunochem*. 28, 267-277.

Reichelt KL, Knivsbergam AM. (2003). La physiopathologie de l'autisme peut-elle être expliquée par la nature des peptides urinaires découverts. *Nutritional Neuroscience*. 6, 19-28.

Richard Ipsen. (2017). Opportunities for producing dairy products from camel milk : A comparison with bovine milk. *East African Journal of Sciences* .11, (2) 93-98.

Robert S (2008). *Écologie des aliments fermentés*. *Human Ecology .Review*. 15, 25-31.

Saadi, AM, Ali, FF et Jasim, AY.(2019). Etude de la composition du fromage à pâte molle produit à partir d'un mélange de lait de brebis et de chamelle à différentes périodes de stockage en utilisant l'enzyme trypsine et le chlorure de calcium. *Annales de Recherche Agri Bio*, 24, 316–320.

Salem, SA, Meead, GH, El-Rashody et Fardous, MM (2017). Physicochimique et propriétés sensorielles de la crème glacée à base de lait de chamelle et enrichie en produits de dattes. *MEILLEUR : Revue internationale des sciences humaines, des arts, de la médecine et des sciences*. 5(1), 29–40.

Saltanat H, Li H, Xu Y, Wang J, Liu F, et al. (2009). Les influences du lait de chamelle sur la réponse immunitaire des patients atteints d'hépatite B chronique. 25, 431-433.

Salwa MQ, Lina AFK. (2010). Effet antigénotoxique et anticytotoxique du chameau lait chez des souris traitées avec du cisplatine. *Saoudien Journal of Biological Sciences*. 17,(2), 159–166

Sawaya WN, Khalil JK, Al Shalhat A, Al-Mohammad H. (1984). Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *Journal of Food Science*. 49,(3), 744-747..

Sboui A, Khorchani T, Djegham M, Agrebi A, Elhatmi H, et al. (2010). Effet anti-diabétique du lait de chamelle chez les chiens diabétiques induits par l'alloxane : une expérience dose-réponse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 94, 540-546.

Schoenfeld, Y., A. Aharon-Maor et Y. Sherer. (2000). La vaccination comme un acteur supplémentaire dans la mosaïque de l'auto-immunité. *Clinical and Experimental Rheumatology*. 18, 181-184.

SENOUSSI A, (2012). L'élevage camelin en Algérie : mythe ou réalité ? Camel breeding in Algeria : myth or reality. Université Kasdi Merbah Ouargla, Laboratoire de Bio Ressources Sahariennes : Préservation et Valorisation, Rencontre autour des Recherches sur les Ruminants. 19.

Shabo Y, Barzel R, Yagil R. (2008). Étiologie de la maladie de Crohn et traitement au lait de chamelle. *Journal of Camel Practice and Research*. 15, 55-59.

Shabo, Y. et R. Yagil. (2005). Étiologie de l'autisme et du lait de chamelle comme thérapie. *International Journal of Invalidity Human Developpement*. 4, (2), 67-70.

Shahein, M., Hassanein, A. et Zayan, AF. (2014). Évaluation du fromage à pâte molle fabriqué à partir de lait de chamelle et de bufflonne. *Revue mondiale des sciences alimentaires laitières*. 9, 213–219.

Shamsia, SM. (2009). Propriétés nutritionnelles et thérapeutiques des laits de chamelle et humains. *International Journal of Genetics and Molecular Biology* ., 1 , 52–58.

Soni, V., et Goyal, M. 2013. Potentiel d'utilisation du chameau lait pour faire des glaces. *Journal de pratique et de recherche sur les chameaux*, 20 : 271-275.

Stahl T, Sallmann HP, Duehlmeier R, Wernery U (2006) Selected vitamins and fatty acid patterns in dromedary milk and colostrum. *Journal camel Practice and Research* 13(1) : 53-57.

Stephen O, Rebecca E, Joshua M.(2022). Situation des chameaux, du lait de chamelle et des produits à base de lait de chamelle au Kenya par rapport au reste du monde. *International Journal of Food Science*. 15.

Suliman, AME, Elamin, OM, Elkhalifa, EA et Laleye, L. (2014). Comparaison de propriétés physico-chimiques du lait de chamelle séché par pulvérisation et de la poudre de lait de vache. *Journal international des sciences alimentaires et de l'ingénierie nutritionnelle*, 4(1), 15– 19.

Supplee G. C., Odessa D., Dow, J. W. Nelson. (1927). Richesse en vitamines du lait liquide et du lait sec. *Le Lait*, 7 (61), .12-26.

Swelum, A. A., El-Saadony, M. T., Abdo, M., Ombarak, R. A., Hussein, E. O. S., Suliman, G., Alhimaidi, A. R., Ammari, A. A., Ba-Awadh, H., Taha, A. E., El- Tarabily, K. A., & Abd El-Hack, M. E. (2021). Nutritional, antimicrobial and medicinal properties of Camel's milk : A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(5), 3126–3136.

Tayefi-Nasrabadi, H. ; Hoseinpour-Fayzi, MA, 2011. Mohasseli, M. Effet du traitement thermique sur l'activité de la lactoperoxydase dans le lait de chamelle : une comparaison avec la lactoperoxydase bovine. *Small Ruminant Research*. 99, 187–190.

Thao M.HO, Zhengzheng Zou, Nidhi Bansol (2022). Camel milk : Areview of its nutritional value, heat stability, and potentiel food products. *Food Research Tnternational* 153. 110870.

Tsuda H, Sekine K.2000. Composants du lait comme chimiopréventif du cancer agents. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 1, 277–282.

Tubesha Z A., Al-delaimy K S. (2003). Rennin-like milk coagulant enzyme produced by a local isolated of *Mucor*. *International Journal of Dairy Technology*, vol 56(4), 237-241.

Vaisman N, Reuven Y, Uzi M, Georgi G, Boehm G. (2006). Le lait de chamelle et la vidange gastrique.*Clinique Nutrition*. 25622–5.

Ved Prakash, Basanti Jyotsana, Sumant Vyas, and R.K. Sawal. (2022) « Study of milkability and associated factors in hand milked Indian Dromedary Camel » *Small ruminant research* 207.

Wang, R., Han, Z., Ji, R., Xiao, Y., Si, R., Guo, F., He, J., Hai, L., Ming, L., & Yi, L. (2020). Antibacterial activity of trypsin-hydrolyzed camel and cow whey and their fractions. *Animals*, 10(2), 337.

Wayua F. O., Okoth M. W., Wangoh J. (2012) Survey of postharvest handling, preservation and processing practices along the camel milk chain in Isiolo district, Kenya. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* .12

- Wernery U, Nagy P, Bhai I, Schiele W, Johnson B. (2006). L'effet du traitement thermique, de la pasteurisation et des différentes températures de stockage sur les concentrations d'insuline dans le lait de chamelle. *Milchwissenschaft lait Science International*. 61:25–8.
- Wernery, R., S. Joseph, B. Johnson, S. Jose, M. Tesfamariam, M. Ridao-Alonso et U. Wernery. 2012. Le lait de chamelle contre l'autisme rapport préliminaire. *Journal of Camel Practice and Research*.19(2): 143-147.
- Wernery, U. 2006. Le lait de chamelle, l'or blanc du désert. *J. Camel Pratique. Rés.* 13(1): 15-26.
- Wernery, U. ; Johnson, B.; George, RM, 2007. Gamma-glutamyl transférase (GGT), un marqueur potentiel pour l'évaluation du traitement thermique du lait de dromadaire. *Journal of Camel Practice and Research*.14 , 9.
- Yagil, R. 2013. Le lait de chamelle et ses propriétés antidiarrhéiques uniques. *IMAJ*. 15 : 35-36.
- Yasmin, I., Iqbal, R., Liaqat, A., Khan, W. A., Nadeem, M., Iqbal, A., Chughtai, M. F. J., Rehman, S. J. U., Tehseen, S., Mehmood, T., Ahsan, S., Tanweer, S., Naz, S., & Khaliq, A. (2020). Characterization and comparative evaluation of milk protein.
- Yirda A, Eshetu M et Babege K (2020) Etat actuel de la transformation et des tevhnologes laitieres de chameau : un examen. *Journal ouvert des sciences animales*, dix, 362-377.
- Yosef, S., Reuben, B., Mark, M. et Reuven, Y. 2005. Lait de chamelle pour les allergies alimentaires chez les enfants. *IMAJ* . 7
- Zafar R. (2017) Valeurs medicinales des constituants bioactifs du lait de chamelle : un rapport concis. *Revue internationale des sciences de la sante* 2. 11, 5.
- Zahra F, Hanieh-Sadate E, Parvin M, Amir NN, Aliakbar M, Fereidoun A. (2020). Effet du lait de chamelle sur le controle glycémique et le profil lipidique des patients atteints de diabete de type 2 : essai clinique controle randomise. *International Dairy Journal*. 101.
- Zapata RC, Singh A, Pezeshki A, Nibber T, Chelikani PK. (2017). Composants de proteines de lactoserum - Lactalbumine et lactoferrine - Ameliorent l'equilibre energetique et le metabolisme. *Representant scientifique*.7.
- Zheng Y, Wu F, Zhang M, Fang B, Zhao L, Dong L, et al. (2021). Effet hypoglycémiant du lait de chamelle en poudre chez les patients diabétiques de type 2 : un essai randomisé, en double aveugle, contrôlé par placebo. *Alimentation Scencei Nutrition*. 9,44, 61– 72.
- Zouari, A., Briard-Bion, V., Schuck, P., Gaucheron, F., Delaplace, G., Attia, H., & Ayadi, MA (2020b). Modifications des propriétés physiques et biochimiques des poudres de lait de chamelle et de vache séchées par pulvérisation. *LWT*.

Adamou A, Faye B. (2007). L'élevage camelin en Algérie : contraintes et perspectives de développement. Cahiers du Centre de Recherche en Economie Appliquée pour le Développement.