



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ CHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL OUED

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie appliqué

Thème

Le lait de chamelle

*Dans la médecine traditionnelle : entre croyances et preuves
scientifiques*

Par :

ALIA MERIEM

AMMARI FATIMA ZAHRA

BEN HAMDA KHADRA

OUALLABI WARDA

Soutenu en 2026

Jury composé de :

Président : BOULAARES ISLAM

Dr Université EL oued

Examineur : MEDJOUR ABD ELHAK

Dr Université EL oued

ENCADREURE : BEKKOUCHE AMEL

Dr Université EL oued

Promotion 2025\2026



كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculty of Nature and Life Sciences

Remerciements

Avant tout, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné la force, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je tiens à adresser mes remerciements les plus respectueux et les plus distingués à mon encadrante, Mme A. Amel Bakouch, pour avoir accepté d'encadrer ce travail. Je lui exprime ma profonde reconnaissance pour son suivi rigoureux, ses conseils précieux, sa disponibilité constante ainsi que son soutien scientifique tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ses orientations et ses remarques ont été essentielles à l'aboutissement de ce travail.

J'exprime également ma reconnaissance à Mme Kbessa, pour son aide précieuse et son accompagnement au niveau du laboratoire de l'institut, ainsi que pour sa disponibilité et son soutien durant les différentes étapes du travail pratique.

Je remercie également l'ensemble des enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université du Martyr Hamma Lakhdar - El Oued, pour la qualité de la formation dispensée et leurs efforts tout au long de mon parcours universitaire.

Mes remerciements s'adressent aussi au personnel du Centre de formation professionnelle spécialisé (CFPS) - Institut National Spécialisé de Formation Professionnelle, Chahid El Ammamra El Bachir, pour leur collaboration et leur aide dans la réalisation des aspects pratiques de ce travail.

Enfin, j'exprime ma reconnaissance à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail, fruit d'un long parcours de persévérance et d'efforts continus, à ceux qui ont été notre véritable soutien tout au long de cette aventure académique, à ceux qui ont cru en nous avant même nos réussites, et qui ont toujours été présents par leurs encouragements et leur affection.

À nos familles chères, qui n'ont jamais cessé de nous soutenir, de nous encourager et de nous entourer de leurs prières et de leur patience. Elles ont été notre force dans les moments de fatigue et de doute, et la lumière qui a éclairé notre chemin.

À nos enseignantes et encadrantes, qui ont généreusement partagé leur savoir, leur expérience et leur temps, et qui nous ont guidées avec rigueur et bienveillance tout au long de ce travail.

À toutes nos collègues et amies, avec lesquelles nous avons partagé les moments de travail, de stress et de réussite, et qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.

Ce travail n'est pas seulement un mémoire, mais le reflet d'un parcours fait de persévérance, d'espoir et de détermination, que nous présentons aujourd'hui avec fierté et reconnaissance.

Résumé

Résumé

Le lait de chamelle constitue un aliment à haute valeur nutritionnelle et thérapeutique grâce à sa richesse en protéines, en éléments minéraux, en vitamines et en composés bioactifs. De ce fait, il suscite un intérêt scientifique croissant, notamment pour son rôle potentiel dans la prévention de certaines maladies chroniques et dans l'amélioration de l'état de santé des patients diabétiques. La présente étude vise à évaluer l'effet potentiel du lait de chamelle sur la glycémie chez les patients diabétiques, ainsi qu'à analyser certaines de ses caractéristiques physicochimiques, notamment les teneurs en protéines, en matières grasses et en matière sèche. Cette étude a été réalisée dans la wilaya d'El Oued, où 17 échantillons de lait de chamelle ont été prélevés à partir de trois exploitations traditionnelles fonctionnant selon un système d'élevage extensif, puis soumis à des analyses de laboratoire rigoureuses selon des protocoles scientifiques standardisés. Les résultats des analyses physicochimiques ont révélé des variations entre les exploitations étudiées. La teneur moyenne en matière sèche était de 9,6 g/L dans la première exploitation, 2,70 g/L dans la deuxième et 1,50 g/L dans la troisième. Concernant la matière protéique, les moyennes enregistrées étaient respectivement de 42,06 g/L, 44,98 g/L et 48,90 g/L. Quant à la matière grasse, les valeurs moyennes observées étaient de 2,12 % dans la première exploitation, 3,27 % dans la deuxième et 2,21 % dans la troisième. Par ailleurs, l'étude comportait un volet expérimental portant sur le suivi de 20 patients diabétiques ayant intégré le lait de chamelle dans leur alimentation quotidienne pendant une durée de huit semaines consécutives, avec une surveillance régulière de la glycémie. Les résultats ont montré une diminution de la glycémie moyenne, passant de 3,34 g/L durant la première semaine à 2,19 g/L après huit semaines de consommation régulière de lait de chamelle. Ces résultats mettent en évidence la valeur nutritionnelle ainsi que les propriétés thérapeutiques potentielles du lait de chamelle. Ils suggèrent également son possible rôle adjuvant dans l'amélioration du contrôle glycémique chez les patients diabétiques, soutenant ainsi l'intérêt croissant porté aux aliments fonctionnels d'origine naturelle dans la prise en charge nutritionnelle du diabète.

الملخص

يعد حليب الناقة من الأغذية ذات القيمة الغذائية والعلاجية العالية، نظراً لغناه بالبروتينات والعناصر المعدنية والفيتامينات والمركبات الحيوية الفعالة، مما جعله محل اهتمام متزايد في العديد من الدراسات العلمية، خاصة فيما يتعلق بدوره المحتمل في الوقاية من بعض الأمراض المزمنة والمساهمة في تحسين الحالة الصحية لمرضى السكري. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التأثير المحتمل لحليب الناقة على مستوى الغلوكوز في الدم لدى مرضى السكري، بالإضافة إلى تحليل بعض خصائصه الفيزيائية والكيميائية، بما في ذلك محتواه من البروتينات، الدهون، والمادة الجافة. وقد أجريت هذه الدراسة بولاية الوادي، حيث تم جمع 17 عينة من حليب الناقة من ثلاث مزارع تقليدية تعتمد على نظام تربية مفتوح، ثم إخضاعها لتحاليل مخبرية دقيقة وفق بروتوكولات علمية معتمدة. أظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية تبايناً بين المزارع المدروسة، حيث بلغ متوسط المادة الجافة 0.96 غ/ل في المزرعة الأولى، و 2.70 غ/ل في المزرعة الثانية، و 1.50 غ/ل في المزرعة الثالثة. أما بالنسبة للمادة البروتينية، فقد سُجل متوسط قدره 42.06 غ/ل في المزرعة الأولى، و 44.98 غ/ل في المزرعة الثانية، و 48.90 غ/ل في المزرعة الثالثة. كما أظهرت نتائج المادة الدهنية متوسطات بلغت 2.12 % في المزرعة الأولى، و 3.27 % في المزرعة الثانية، و 2.21 % في المزرعة الثالثة. وإلى جانب الدراسة المخبرية، شملت الدراسة جانباً تطبيقياً تمثل في متابعة 20 مريضاً مصاباً بداء السكري، حيث تم إدخال حليب الناقة ضمن نظامهم الغذائي اليومي لمدة ثمانية أسابيع متتالية، مع متابعة دورية لمستويات الغلوكوز في الدم. وقد بينت النتائج انخفاض متوسط نسبة السكر في الدم من 3.34 غ/ل خلال الأسبوع الأول إلى 2.19 غ/ل بعد ثمانية أسابيع من الاستهلاك المنتظم لحليب الناقة. وتبرز هذه النتائج القيمة الغذائية والخصائص العلاجية المحتملة لحليب الناقة، كما تشير إلى إمكانية مساهمته في تحسين التحكم في نسبة السكر في الدم لدى مرضى السكري، مما يدعم التوجه نحو اعتماد الأغذية الوظيفية الطبيعية ضمن الاستراتيجيات الغذائية المساعدة في التسيير العلاجي لداء السكري..

Abstract

Camel milk is considered a food of high nutritional and therapeutic value due to its richness in proteins, minerals, vitamins, and bioactive compounds. Consequently, it has attracted increasing scientific interest, particularly regarding its potential role in the prevention of chronic diseases and in improving the health status of diabetic patients. The present study aimed to evaluate the potential effect of camel milk on blood glucose levels in diabetic patients, in addition to analyzing some of its physicochemical characteristics, including protein, fat, and dry matter contents. This study was conducted in the Wilaya of El Oued, where 17 camel milk samples were collected from three traditional farms operating under an extensive breeding system and subsequently subjected to rigorous laboratory analyses according to standardized scientific protocols. The physicochemical analyses revealed noticeable variations among the studied farms. The average dry matter content was 0.96 g/L in the first farm, 2.70 g/L in the second farm, and 1.50 g/L in the third farm. Regarding protein content, the recorded averages were 42.06 g/L, 44.98 g/L, and 48.90 g/L for the first, second, and third farms, respectively. Concerning fat content, the average values were 2.12% in the first farm, 3.27% in the second farm, and 2.21% in the third farm. In addition to the laboratory study, an experimental component was carried out involving 20 diabetic patients who incorporated camel milk into their daily diet for eight consecutive weeks, with regular monitoring of blood glucose levels. The findings demonstrated a decrease in average blood glucose levels from 3.34 g/L during the first week to 2.19 g/L after eight weeks of regular camel milk consumption. These findings highlight the nutritional value and the potential therapeutic properties of camel milk and suggest its possible supportive role in improving glycemic control among diabetic patients. The study therefore supports the growing interest in the use of natural functional foods as complementary nutritional strategies in diabetes management.

Sommaire

المحتويات

Résumé.....	5
الملخص	6
Abstract	7
Sommaire	8
Liste de figures.....	12
Liste des abréviations.....	13

Partie Bibliographie

Chapitre 1 : Lait de chamelle

I. Lait.....	18
I. I 1. Définition générale	18
I.2.Lait de chamelle.....	18
I .2.1.Composition du lait de chamelle.....	18
I.2.2.Propriétés bioactives des hydrolysats de protéines de lactosérum :	21
I.2.2.1. Activité antioxydante	21
I.2.2.2. Activité antimicrobienne.....	22
7.2.3. Activité inhibitrice de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE).....	23
I.2.2.4. Activité antidiabétique	24
I .2.3.Caractéristiques physico-chimiques.....	25
I.2.3.1. Propriétés physiques générales	25
I .2.3.2.pH.....	25
I.2.3.3. Acidité.....	26
I.2.3.4. Densité	26
I.2.3.5. Conductivité électrique	26

Chapitre 02 : le diabète

II.1. Définition du diabète :	28
-------------------------------------	----

II.2. Classification du diabète :	28
II.2.1.Le diabète de type 1:	28
II.2.2.Le diabète de type 2:	30
II.3.Autres types de diabète – Diabète gestationnel	31
Diabète gestationnel (DG)	31
II.3.1 Définition Diabète gestationnel	31
II.3.2.Types du diabète gestationnel	32
On distingue classiquement deux entités :	32
II.3.2.1.Le diabète gestationnel vrai:	32
II.3.2.2.Le diabète patent:	32
II.3.3.Physiologie pendant la grossesse	32
II.4. Mécanismes des effets antidiabétiques du lait de chamelle	34
II.4.2. Effet sur les récepteurs de l'insuline et la sensibilité à l'insuline:	34
II.4. 3 .Effet protecteur sur les cellules β pancréatiques:	34
II.4. 4.Effet de l'inflammation:	35
II.4. 5. Rôle des peptides bioactifs et inhibition de l'enzyme DPPH :	35
II.5. Le lait de chamelle et le stress oxydatif:	36
II.5.1.Définition de stress oxydatif:	36
II.5.2.Études expérimentales et données probantes:	38
II.5.2.1.Études sur les animaux:	38
II.5.2.2.Études humaines :	40
Étude de Mohamad et al.	40
II.5. 3.Effets protecteurs potentiels contre les complications:	40
Néphropathie:	40
II.5.4.Effet du lait de chamelle sur le cholestérol et les lipides sanguins et son rôle dans la prévention des complications cardiovasculaires:	42

Partie expérimentale

Objectif de l'étude et présentation de la région d'étude

III. Matériels biologique :.....	46
III.1. L'objectif de l'étude et présentation de la région d'étude :	46
III.1. 1Présentation de la région d'étude	46
III.1. 2.Objectif d'élevage	46
IV. Matériels et Méthodes	47
IV.1 Matériel et prélèvement	47
IV.2 Mode opératoire.....	48
IV.2.1. Matière grasse.....	48
IV.2.1.1. Principe de la technique.....	48
IV.2.1.2. Appareils utilisés	48
IV.2.1.3.Technique.....	49
IV.2.1.4.Expression des résultats.....	51
IV.2. Protéines	51
IV..2.2. Principe.....	51
IV.2.3. Réactifs	52
IV.2.5 .Préparation du Réactif (solution de Bradford)	53
IV.2.6.Préparation de la norme de protéine	55
IV.2.7.Préparation des dilutions	55
IV.2.8. Concentration.....	55
IV.3.Matière sèche	57
IV.3.1. Principe.....	57
IV.3.2. Appareillage.....	57
IV.3.3. Technique.....	57
IV.3.4.Expression des résultats.....	59
IV.4.Analyse statistique	59
VII.1.1.1.1. Dosage des protéines du lait de chamelle	60

VII.1.1.2.Courbe d'étalonnage.....	60
III-5- Calcul de la concentration en protéines du lait original	60
Résultats	62
VII.1.3. Résultats de la teneur en matière grasse du lait des différentes fermes étudiées(%)	63
VII.2.Présentation et analyse des résultats de l'enquête:	63
VII.3.Évolution de la glycémie chez les patients diabétiques :	66
Discussion	72
VII. Discussion.....	73
VII.1. Analyse de la composition physico-chimique du lait de chamelle	73
VII.1.1.Matière sèche (MS).....	73
VII.1.2. Matière protéique (MP)	73
VII.1.3. Matière grasse (MG).....	73
VII.2. Analyse des résultats du questionnaire :	74
VII.3. Synergie thérapeutique : Utilisation combinée de la Metformine et du lait de chamelle dans le diabète de type 2 :	76
Conclusion.....	80
Bibliographie.....	82
Annexes.....	87

Liste de figures

Figure 1: Vue schématique de la composition chimique moyenne du lait de chamelle et de ses fractions.....	19
Figure 2: Les modifications métaboliques au cours de la grossesse (sanofi, 2011).....	33
Figure 3: Mécanisme des effets antidiabétiques du lait de chamelle(Ayoub et al., 2018).....	37
Figure 4: Echantillon conditionne	48
Figure 5: Butyromètre contenant de l'acide sulfurique.....	49
Figure 6: Butyromètre moyennement agité.....	50
Figure 7: Mise en place des butyromètres	50
Figure 8 : Lecture de MG	51
Figure 9: Cuvettes de spectrophotomètre Figure 10: Micropipettes.....	53
Figure 11: (A-B) : Agitation de la solution de Bradford	54
Figure 12: Filtration de la solution de Bradford	54
Figure 13: Pesée des creusets vides.....	58
Figure 14 :Creusets placés dans l'étuve à 103 °C pendant 5 heures	58
Figure 15: Creusets contenant la MS.....	59

Liste des abréviations

ADN : Acide DésoxyriboNucléique

AMPK : AMP-activated protein kinase

BSA : Bovine Serum Albumin (Albumine sérique bovine)

CAM : Complementary and Alternative Medicine (Médecine complémentaire et alternative)

DT1 : Diabète de type 1

DT2 : Diabète de type 2

ELISA : Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

g/L : gramme par litre

GLUT4 : Glucose Transporter Type 4

HbA1c : Hémoglobine glyquée

HPLC : High Performance Liquid Chromatography (Chromatographie liquide à haute performance)

IR : Insulin Receptor (Récepteur de l'insuline)

mg/L : milligramme par litre

mg/ml : milligramme par millilitre

MS : Matière Sèche

MG : Matière Grasse

MP : Matière Protéique

NaCl : Chlorure de sodium

NFSV : Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

OD : Optical Density (densité optique / absorbance)

pH : potentiel hydrogène

R² : coefficient de détermination



Introduction



Introduction

Le lait de chamelle constitue une ressource naturelle d'une importance remarquable, à la croisée des pratiques traditionnelles et des recherches scientifiques modernes. Depuis des siècles, il occupe une place privilégiée dans les sociétés nomades et pastorales, en particulier dans les régions arides et semi-arides, où il est bien plus qu'un simple aliment : il est perçu comme un véritable remède aux multiples vertus thérapeutiques. Dans la médecine traditionnelle, ce lait est couramment utilisé pour traiter diverses affections telles que le diabète, les troubles gastro-intestinaux, les maladies infectieuses et certaines pathologies chroniques. Ces pratiques, fondées sur des observations empiriques et transmises de génération en génération, reflètent un savoir ancestral profondément enraciné dans les cultures locales. Avec l'évolution des connaissances scientifiques, l'intérêt porté au lait de chamelle s'est considérablement accru, notamment dans les domaines de la biochimie, de la pharmacologie et de la nutrition. Les études récentes ont révélé que ce lait possède une composition unique, riche en éléments bioactifs tels que des protéines spécifiques, des peptides bioactifs, des immunoglobulines, des vitamines et des minéraux essentiels. Ces composants confèrent au lait de chamelle des propriétés biologiques particulières, notamment des effets antidiabétiques, antimicrobiens, antioxydants et immunomodulateurs. Ces découvertes scientifiques contribuent à éclairer, au moins en partie, les bienfaits qui lui sont traditionnellement attribués. Cependant, malgré ces avancées prometteuses, il subsiste un décalage notable entre les croyances issues de la médecine traditionnelle et les preuves scientifiques rigoureuses. En effet, si certaines études expérimentales et cliniques ont apporté des résultats encourageants, la validation scientifique complète des propriétés thérapeutiques du lait de chamelle demeure encore limitée. De nombreuses interrogations persistent quant aux mécanismes d'action précis, aux doses optimales, ainsi qu'aux effets à long terme de sa consommation dans un cadre thérapeutique. Dans ce contexte, il apparaît essentiel d'adopter une approche critique et scientifique permettant d'analyser les usages traditionnels à la lumière des données expérimentales actuelles. Ainsi, le présent travail vise à explorer la place du lait de chamelle (Longo et al., 2016)

Partie Bibliographie

Chapitre 1 : Lait de chamelle

I. Lait

I.1. Définition générale

Le lait a fait l'objet de plusieurs définitions normalisées au fil du temps. Ainsi, lors du Congrès international de la répression des fraudes tenu à Genève en 1908, il a été défini comme étant le produit intégral issu d'une traite complète, ininterrompue et hygiénique d'une femelle laitière saine, correctement nourrie et non surmenée, exempt de toute trace de colostrum.

Par la suite, en 1983, la Fédération Internationale de Laiterie a proposé une définition plus synthétique, considérant le lait comme un produit résultant de la sécrétion mammaire normale, obtenu à partir d'une ou plusieurs traites, sans qu'il ne subisse ni addition ni soustraction de ses constituants naturels. (Fédération Internationale de Laiterie, 1983)

De ce fait, le lait constitue l'aliment exclusif des nouveau-nés chez les mammifères. Sa composition varie en fonction de l'espèce animale, ce qui explique l'existence d'une grande diversité de laits, chacun étant spécifiquement adapté aux besoins physiologiques du jeune mammifère correspondant (Congrès international de la répression des fraudes, Genève, 1908)

I.2. Lait de chamelle

I.2.1. Composition du lait de chamelle

La composition chimique globale du lait de chamelle, notamment en ce qui concerne les principaux nutriments tels que l'eau, le lactose, les lipides et les protéines, demeure globalement comparable à celle du lait bovin. Néanmoins, des différences notables sont observées au niveau des micronutriments ainsi que de la structure moléculaire des constituants majeurs (Baig et al., 2022). La figure 1 illustre la composition chimique du lait de chamelle, tandis que le tableau 1 présente la répartition moyenne des protéines.

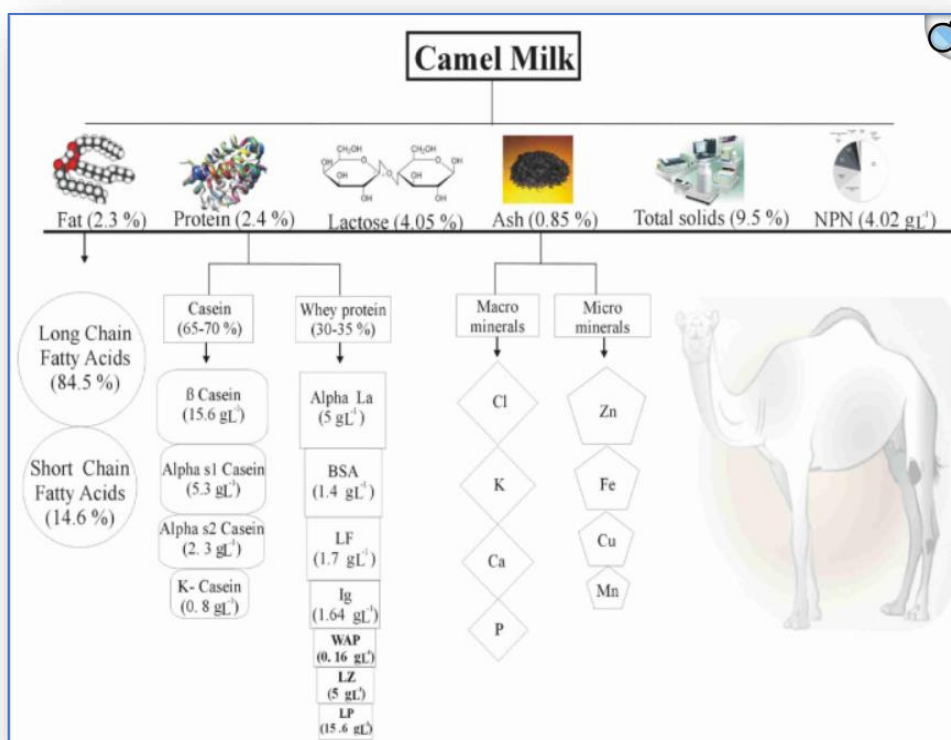


Figure 1: Vue schématique de la composition chimique moyenne du lait de chamelle et de ses fractions.

La teneur en eau du lait de chamelle est estimée entre 87 % et 89 %, une valeur proche de celle du lait de vache. Toutefois, cette proportion est fortement modulée par divers facteurs environnementaux et physiologiques, notamment la disponibilité hydrique, la température ambiante ainsi que les conditions agroécologiques (Fuquay et al., 2011). Sur le plan protéique, la teneur moyenne est d'environ $3,03 \pm 0,76$ %, selon Konuspayeva et al. (2009), ce qui reste globalement similaire à celle du lait bovin.

Les protéines du lait de chamelle sont constituées majoritairement de caséines, représentant entre 61,8 % et 88,5 % des protéines totales, le reste étant composé de protéines sériques (whey). Cette proportion est supérieure à celle observée dans le lait de bufflonne (0,68 %), de chèvre (0,53 %), de brebis (0,66 %) et de vache (0,47 %) (Ereifej et al., 2011 ; Rafiq et al., 2016). Les caséines se répartissent en α -caséine (α -CN), β -caséine (β -CN) et κ -caséine (κ -CN) (Al haj et Al Kanhal, 2010 ; Nahar et al., 2016). Les micelles de caséine présentent un diamètre moyen compris entre 260 et 300 nm, supérieur à celui du lait bovin, qui varie entre 100 et 140 nm (Hailu et al., 2016).

Les protéines sériques représentent environ 20 % à 35 % de la fraction protéique totale et incluent notamment l' α -lactalbumine, l'albumine sérique, la lactoferrine, des protéines de reconnaissance du peptidoglycane ainsi que les immunoglobulines (Hinz et al., 2012 ; Laleye et al., 2008). Il convient de souligner que la β -lactoglobuline, principale protéine allergénique du lait bovin chez le nourrisson, est absente dans le lait de chamelle (Omar et al., 2016), ce qui lui confère un intérêt particulier dans les formulations infantiles (El-Agamy, 2009).

La teneur en lactose varie entre 3,3 % et 5,4 %, en fonction des conditions saisonnières, de la température, de la disponibilité en eau et des ressources alimentaires (Ismaili et al., 2019). Toutefois, dans des conditions agro-climatiques stables, cette teneur demeure relativement constante au cours de la lactation (Gammoh et al., 2020). En revanche, en conditions climatiques extrêmes, le lait peut présenter des modifications organoleptiques, passant d'un goût doux à un goût plus salé, en raison d'une diminution de la teneur en eau et en lactose, associée à une concentration accrue en minéraux (Al-Juboori et al., 2013).

La teneur en matières grasses varie entre 1,8 % et 4,3 %, sous l'influence de plusieurs facteurs tels que l'environnement, l'alimentation, le stade de lactation, la saison et les conditions d'élevage (Jilo et Tegegne, 2016). Sur le plan lipidique, le lait de chamelle présente une proportion plus faible d'acides gras à chaîne courte et une proportion plus élevée d'acides gras à longue chaîne par rapport au lait bovin. Il contient également une teneur légèrement supérieure en cholestérol (34,5 mg/100 g) comparativement au lait de vache (25,63 mg/100 g) (Nahar et al., 2016).

Les globules gras présentent un diamètre moyen d'environ 2,99 μ m, inférieur à celui du lait de bufflonne et de vache (8,7 μ m), mais proche de celui du lait de chèvre (3,19 μ m), contribuant ainsi à sa couleur blanche caractéristique (Al haj et Al Kanhal, 2010 ; El-Zeini, 2006).

La teneur en matières solides totales (Total Solids, TS) varie entre 7,7 % et 12,1 %, avec une moyenne d'environ 11,97 %, comparable à celle du lait de chèvre mais inférieure à celle du lait bovin et de bufflonne (Yoganandi et al., 2014). Ces variations sont principalement attribuées aux conditions climatiques, à l'alimentation, au stade de lactation ainsi qu'à la disponibilité hydrique (Brezovečki et al., 2015).

Par ailleurs, le lait de chamelle constitue une source importante de micronutriments, notamment de vitamines et de minéraux. Sa teneur en vitamine C est 3 à 5 fois supérieure à celle du lait bovin. Il est également plus riche en acide folique, niacine (B3), vitamine B12 et

acide pantothénique, tandis que certaines vitamines telles que A, E, B2 et le β -carotène sont présentes en quantités plus faibles (Stahl et al., 2006).

Enfin, il contient des concentrations élevées de minéraux tels que le cuivre (Cu), le sodium (Na), le potassium (K), le fer (Fe) et le magnésium (Mn), tandis que les teneurs en calcium (Ca), phosphore (P) et magnésium (Mg) restent comparables à celles du lait bovin (Mehaia, 1996 ; Sawaya et al., 1984).

1.2.2. Propriétés bioactives des hydrolysats de protéines de lactosérum :

Le lactosérum constitue une source riche en nutriments essentiels ainsi qu'en peptides biologiquement actifs (Kishawy et al., 2018 ; Ashour et al., 2019). Afin d'en optimiser la valeur nutritionnelle et fonctionnelle, plusieurs procédés technologiques ont été développés, notamment le chauffage, le séchage, l'osmose inverse ainsi que les techniques de séparation membranaire. Toutefois, l'approche la plus prometteuse repose sur l'hydrolyse enzymatique des protéines du lactosérum, permettant la libération de peptides bioactifs aux propriétés physiologiques diversifiées (Sharma, 2014). Ces hydrolysats protéiques présentent ainsi un intérêt majeur en nutrition fonctionnelle et en biotechnologie alimentaire.

1.2.2.1. Activité antioxydante

L'oxydation des aliments représente une problématique majeure pour l'industrie agroalimentaire, en raison de ses effets délétères sur la qualité, la stabilité et la valeur nutritionnelle des produits (Abd El-Hack et al., 2020a ; Ashour et al., 2020). L'oxydation lipidique conduit non seulement à la dégradation des acides gras, mais également à la formation de radicaux libres responsables de réactions en chaîne compromettant la sécurité alimentaire (Peng et al., 2009).

Bien que les antioxydants synthétiques soient largement utilisés en raison de leur efficacité et de leur faible coût, leurs effets potentiellement néfastes sur la santé humaine ont encouragé la recherche de composés naturels alternatifs (Ito et al., 1985). Dans ce contexte, l'hydrolyse enzymatique des protéines du lait et du lactosérum bovin s'est révélée être une stratégie efficace pour la production de peptides antioxydants. À titre d'exemple, les peptides dérivés de la caséine α s présentent une activité de neutralisation des radicaux libres ainsi qu'une capacité d'inhibition de la peroxydation lipidique (Rival et al., 2001). De même, les hydrolysats de protéines de lactosérum bovin ont démontré des propriétés antioxydantes significatives (Zhang et al., 2016).

Le mécanisme d'action de ces peptides antioxydants repose principalement sur leur capacité à agir comme piègeurs de radicaux libres, chélateurs d'ions métalliques et inhibiteurs de la peroxydation lipidique (Wu et al., 2003 ; Rajapakse et al., 2005 ; Moure et al., 2006 ; Qian et al., 2008). Leur efficacité dépend étroitement de leur structure moléculaire, composition en acides aminés, hydrophobicité et séquence peptidique (Rajapakse et al., 2005), ainsi que de paramètres technologiques tels que le type de protéase utilisée, le degré d'hydrolyse et la concentration des peptides (Peña-Ramos et Xiong, 2002 ; Saito et al., 2003 ; Gibbs et al., 2004 ; Chen et al., 2007).

Dans le cas du lait de chamelle, plusieurs études ont confirmé son potentiel en tant que substrat pour la production de peptides antioxydants (Al-Saleh et al., 2014 ; Shori et Baba, 2014). Salami et al. (2011) ainsi que Jrad et al. (2014a) ont notamment démontré une activité antioxydante élevée des hydrolysats de caséine de lait de chamelle obtenus par digestion enzymatique gastro-intestinale. Les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante se divisent généralement en deux catégories : les tests basés sur le transfert d'électrons (ET), tels que FRAP et DPPH (Jrad et al., 2014b), et ceux basés sur le transfert d'hydrogène (HAT), incluant ORAC et TRAP (Sarmadi & Ismail, 2010).

1.2.2.2. Activité antimicrobienne

La contamination microbienne des denrées alimentaires par des bactéries pathogènes ou d'altération constitue une problématique majeure pour la sécurité alimentaire et la conservation des produits (Abd El-Hack et al., 2020b ; Abd El-Hack et al., 2021). Afin d'y remédier, diverses stratégies ont été mises en œuvre, incluant l'utilisation d'agents antimicrobiens d'origine synthétique ou naturelle. Toutefois, face aux préoccupations sanitaires et environnementales associées aux composés synthétiques, l'intérêt pour les agents antimicrobiens naturels ne cesse de croître (Brandelli et al., 2015 ; El-Saadony et al., 2019 ; Abdelnour et al., 2020a, 2020b ; Akl et al., 2020 ; El-Saadony et al., 2020 ; Reda et al., 2020 ; Sheiha et al., 2020).

L'amélioration de l'activité antimicrobienne des protéines repose principalement sur l'hydrolyse enzymatique, qui permet la libération de peptides actifs (Korhonen et Pihlanto, 2006 ; Théolier et al., 2013). Plusieurs travaux ont également mis en évidence la production de peptides antimicrobiens lors de la fermentation de protéines de caséine par des souches bactériennes protéolytiques (Hayes et al., 2006), ainsi que leur extraction à partir de différents fromages (Rizzello et al., 2005 ; Lignitto et al., 2012). Les protéines majeures du lactosérum,

telles que la lactoferrine, le lysozyme, la lactoperoxydase et les immunoglobulines, sont également reconnues pour leurs propriétés antimicrobiennes (Chatterton et al., 2006).

Par ailleurs, des protéines telles que l' α -lactalbumine et la β -lactoglobuline présentent également une activité antibactérienne notable (Atanasova & Ivanova, 2010). L'évaluation du potentiel antimicrobien des hydrolysats repose souvent sur l'identification des séquences peptidiques, suivie de leur synthèse et de leur test contre différentes souches bactériennes (Brandelli et al., 2015). L'activité antimicrobienne dépend de divers facteurs, notamment la structure des peptides, leur charge, leur composition en acides aminés et leur hydrophobicité (Gennaro et Zanetti, 2000 ; Kustanovich et al., 2002).

Des hydrolysats de lactosérum de chèvre obtenus par alcalase ont montré une activité antibactérienne supérieure à celle du lactosérum non hydrolysé (Osman et al., 2016), tandis que la pepsine a permis l'obtention de peptides à activité antimicrobienne significative (El-Zahar et al., 2004). Théolier et al. (2013) ont toutefois observé que les hydrolysats issus de la trypsine et de la chymotrypsine ne présentaient pas d'activité antimicrobienne, contrairement à ceux générés par la pepsine. Des résultats similaires ont été rapportés pour des hydrolysats obtenus à partir de suc gastrique et duodéal (Almaas et al., 2008).

Concernant le lait de chamelle, les études restent limitées. Les caséines de chamelle hydrolysées enzymatiquement ont montré une activité inhibitrice contre plusieurs bactéries Gram négatif et Gram positif (Kumar et al., 2016b). L'hydrolysat obtenu par alcalase a présenté une activité marquée contre *E. coli*. Par ailleurs, Salami et al. (2010) ont montré que l'hydrolyse des protéines de lactosérum de chamelle et de bovin améliore l'activité antimicrobienne, bien que cette amélioration dépende fortement du type d'enzyme utilisée.

Dans ce contexte, des investigations approfondies sont nécessaires afin d'évaluer de manière systématique le potentiel antimicrobien des hydrolysats de protéines de lactosérum de lait de chamelle, en utilisant différents systèmes enzymatiques et en les testant sur un large spectre de micro-organismes pathogènes, aussi bien *in vitro* qu'*in vivo*.

7.2.3. Activité inhibitrice de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE)

Parmi les activités biologiques attribuées aux peptides laitiers, l'inhibition de l'ACE constitue l'une des propriétés les plus documentées (Phelan & Kerins, 2011). L'ACE joue un rôle central dans la régulation de la pression artérielle en catalysant la conversion de l'angiotensine I en angiotensine II, un puissant agent vasoconstricteur impliqué dans l'élévation de la pression sanguine (Acharya et al., 2003).

Les peptides inhibiteurs de l'ACE sont principalement obtenus par hydrolyse enzymatique des protéines du lait ou par fermentation lactique (Hernández-Ledesma et al., 2014). Parmi eux, les peptides VPP et IPP issus de la β -caséine bovine sont les plus étudiés pour leurs effets antihypertenseurs (Solieri et al., 2015). De même, des hydrolysats de protéines de lactosérum bovin ont démontré une activité antihypertensive significative (da Costa et al., 2007).

Chez le lait de chamelle, des études ont montré que la fermentation par différentes souches de *Lactobacillus* et *Streptococcus* permet d'augmenter l'activité inhibitrice de l'ACE (Al Haj et Al Kanhal, 2010). Pihlanto et al. (2010) ont également confirmé cette activité et établi une corrélation positive entre le degré d'hydrolyse et l'inhibition enzymatique. L'identification et la quantification de ces peptides peuvent être réalisées par RP-HPLC et spectrométrie de masse (Bütikofer et al., 2007).

1.2.2.4. Activité antidiabétique

Le diabète sucré est une maladie métabolique chronique caractérisée par une déficience en insuline ou une résistance à son action. Plusieurs études ont démontré que la consommation de lait de chamelle entraîne une réduction significative de la glycémie chez les patients diabétiques de type 1 (Agrawal et al., 2005 ; Agrawal et al., 2007a).

Le mécanisme proposé implique la présence de protéines insulin-like résistantes à la digestion, ainsi que des immunoglobulines capables d'interagir avec les cellules β pancréatiques (Agrawal et al., 2007a, 2007b). Des études *in vitro* ont également montré une potentialisation de l'activité du récepteur de l'insuline par les protéines du lait de chamelle (Abdulrahman et al., 2016).

Les peptides issus des protéines du lait peuvent également moduler la sécrétion d'hormones intestinales et agir comme inhibiteurs de la DPP-IV, contribuant ainsi à la régulation glycémique (Jakubowicz & Froy, 2013). Plusieurs peptides inhibiteurs de la DPP-IV ont été identifiés dans les protéines bovines et caprines (Lacroix et Li-Chan, 2014b ; Nongonierma et FitzGerald, 2013).

Chez les modèles animaux, le lait de chamelle et son lactosérum ont montré une réduction significative de la glycémie ainsi qu'une amélioration des niveaux d'insuline (Badr, 2013). Des peptides spécifiques issus du lait de chamelle ont été identifiés comme inhibiteurs de la DPP-IV, confirmant leur potentiel antidiabétique (Nongonierma et al., 2017, 2018).

1.2.2.5. Activité anticholestérol

Les protéines alimentaires, notamment celles issues du soja et du poisson, ont démontré des effets bénéfiques sur le profil lipidique sanguin (Potter, 1995 ; Hori et al., 2001). De manière similaire, les peptides dérivés du lactosérum présentent des propriétés hypocholestérolémiantes.

Des études ont montré qu'un peptide issu de la β -lactoglobuline améliore le métabolisme lipidique en réduisant les concentrations de cholestérol hépatique et plasmatique (Nagaoka et al., 2001). La lactostatine, quant à elle, stimule l'expression du gène CYP7A1 impliqué dans le catabolisme du cholestérol (Morikawa et al., 2007).

Certaines recherches suggèrent toutefois que la caséine bovine pourrait augmenter le cholestérol sanguin en raison de sa composition en acides aminés, bien que les mécanismes restent controversés (Jacobucci et al., 2001). En comparaison, les protéines de soja, de poisson et de lactosérum présentent généralement des effets cardioprotecteurs (Erdmann et al., 2008).

Enfin, des études sur le lait de chamelle fermenté ont montré une réduction significative du LDL et des triglycérides (Elayan et al., 2010). De même, certaines souches probiotiques isolées du lait de chamelle possèdent une forte capacité d'élimination du cholestérol (Abushelaibi et al., 2017).

I.2.3.Caractéristiques physico-chimiques

I.2.3.1. Propriétés physiques générales

Le lait de chamelle présente un pH se situant autour de 6,6 et une acidité de l'ordre de 18 °Dornic. Sa densité oscille entre 0,99 et 1,034, tandis que sa viscosité moyenne est d'environ 2,2 centipoises. Comparativement au lait de vache, le lait de dromadaire se caractérise par une acidité plus élevée, une densité plus faible et une viscosité moindre. (Farah, 1993 ; Konuspayeva et al., 2009)

I.2.3.2.pH

Les valeurs moyennes du pH du lait camelin rapportées dans la littérature scientifique varient de 6,30 à 6,63. Le pH ainsi que les caractéristiques organoleptiques du lait dépendent étroitement de la nature des fourrages ingérés et de la disponibilité en eau pour l'animal. Par ailleurs, les conditions d'hygiène lors de la traite et la charge microbienne totale du lait peuvent également être à l'origine de variations significatives des valeurs du pH.

Le pH normal du lait camelin est approximativement de 6,2. Une valeur approchant 6,4 peut être révélatrice d'un état de mammite subclinique. En cas de mammite clinique déclarée, le pH peut s'élever jusqu'à 7,2. (Konuspayeva et al., 2009 ; Siboukeur, 2008)

I.2.3.3. Acidité

Les valeurs moyennes de l'acidité du lait de chamelle se situent entre 0,12 % et 0,22 %. Une particularité notable du lait camelin réside dans son pouvoir tampon plus élevé par rapport au lait bovin. Cette propriété signifie que le pH parvient à se maintenir approximativement constant malgré une élévation de l'acidité dornic, conférant au lait une stabilité physico-chimique remarquable. (Konuspayeva et al., 2009)

I.2.3.4. Densité

Selon les données de la littérature, les valeurs moyennes de la densité du lait de chamelle varient de 1,023 à 1,032 g/cm³. La densité dépend directement de la teneur en matière sèche totale, laquelle est étroitement liée à la **fréquence d'abreuvement des animaux**. Par ailleurs, le lait de chamelle présente une viscosité inférieure à celle du lait de vache. (Konuspayeva et al., 2009)

I.2.3.5. Conductivité électrique

La conductivité électrique du lait repose sur sa capacité à conduire le courant électrique. Cet indicateur présente un intérêt clinique majeur, car des variations de conductivité sont observables en cas d'infections mammaires. Pour le lait camelin provenant d'un quartier mammaire sain, la conductivité est généralement inférieure à 6,5 ms, constituant ainsi un seuil de référence pour le diagnostic des mammites subcliniques et cliniques. (Siboukeur, 2008)

Chapitre 02 : le diabète

II.1. Définition du diabète :

Le diabète est une affection métabolique caractérisée par une hyperglycémie chronique (élévation anormale du taux de glucose sanguin). Cette hyperglycémie résulte d'un dysfonctionnement métabolique qui peut être de deux ordres :

Un défaut de sécrétion d'insuline, ou Une altération anatomopathologique du pancréas endocrine, touchant spécifiquement les cellules bêta des îlots de Langerhans, responsables de la production d'insuline.

L'insuline est une hormone de nature protéique composée de 52 acides aminés. Sa fonction hormonale est de réguler la glycémie en facilitant le transport du glucose vers les cellules, processus fondamental pour le fonctionnement physiologique de l'organisme. (American Diabetes Association, 2025 ; WHO, 2023)

II.2. Classification du diabète :

II.2.1. Le diabète de type 1:

correspond à une affection auto-immune caractérisée par une destruction sélective des cellules β des îlots de Langerhans du pancréas, conduisant à une carence absolue en insuline (Eisenbarth, 1986). Cette pathologie touche principalement les sujets jeunes ; environ la moitié des patients développent la maladie avant l'âge de 20 ans et la majorité avant 40 ans. Malgré les nombreuses avancées scientifiques, l'étiopathogénie du diabète de type 1 demeure encore partiellement élucidée (Daneman, 2006).

La susceptibilité à cette maladie repose sur une prédisposition génétique fortement liée au complexe HLA, considéré comme responsable d'environ 50 % du risque génétique. Certains haplotypes, notamment DQA1*0301-DQB1*0302 et DQA1*0501-DQB1*0201, sont associés à une augmentation du risque de développer la maladie, alors que d'autres, tels que DQA1*0102-DQB1*0602, exercent un effet protecteur. Sur ce terrain génétique prédisposé, divers facteurs environnementaux pourraient intervenir, notamment des facteurs viraux ou alimentaires durant la petite enfance.

L'origine auto-immune du diabète de type 1 est confirmée par la présence d'auto-anticorps circulants dirigés contre plusieurs antigènes des cellules β pancréatiques, appelés ICA (« Islet Cell Antibodies »). Parmi ceux-ci figurent les anticorps anti-insuline (AAI), anti-glutamate

décarboxylase (GAD) et anti-tyrosine phosphatase (IA2). Bien que ces auto-anticorps ne semblent pas exercer directement un rôle pathogène, ils constituent d'excellents marqueurs diagnostiques et pronostiques de la maladie. Leur détection permet de confirmer le diagnostic lorsque le tableau clinique est atypique et d'identifier les sujets à risque plusieurs années avant l'apparition clinique du diabète. Par ailleurs, une corrélation positive a été observée entre le nombre d'auto-anticorps présents, leurs concentrations sériques et la rapidité d'évolution vers la maladie déclarée. Cette période préclinique laisse envisager le développement futur de stratégies immunomodulatrices susceptibles de ralentir ou de bloquer le processus auto-immun.

La destruction progressive des cellules β résulte principalement de l'action des lymphocytes activés libérant diverses cytokines cytotoxiques. Il est généralement admis que plus de 80 % des cellules β sont détruites au moment où l'hyperglycémie devient symptomatique et conduit au diagnostic clinique du diabète (Eisenbarth, 1986). Après le diagnostic, les cellules β résiduelles disparaissent progressivement au cours des une à deux années suivantes, ce qui se traduit biologiquement par un taux de peptide-C devenu indétectable.

La prise en charge thérapeutique du diabète de type 1 repose obligatoirement sur l'administration d'insuline exogène, indispensable à la survie du patient, d'où l'ancienne appellation de diabète insulino-dépendant (Daneman, 2006). Les stratégies thérapeutiques actuelles visent à reproduire le plus fidèlement possible la sécrétion physiologique de l'insuline grâce à une insulinothérapie fonctionnelle associant une insuline basale à action prolongée et des injections prandiales d'insuline rapide. De nouveaux analogues de l'insuline à action ultra-rapide ou à couverture basale optimisée sont aujourd'hui largement utilisés en remplacement de l'insuline humaine classique (Hirsch, 2005). Chez certains patients sélectionnés, le recours à une pompe portable de perfusion continue sous-cutanée d'insuline peut également être proposé (Radermecker & Scheen, 2004).

L'adaptation des doses d'insuline dépend de plusieurs paramètres, notamment la charge glucidique des repas, l'activité physique et les résultats de l'autosurveillance glycémique. Toutefois, malgré les progrès thérapeutiques, l'insulinothérapie demeure imparfaite puisque l'insuline administrée par voie sous-cutanée ne reproduit ni la sécrétion portale physiologique ni l'ajustement immédiat et automatique en fonction des variations glycémiques. Le patient diabétique de type 1 doit donc maintenir un équilibre glycémique optimal afin d'éviter à la fois l'hyperglycémie chronique responsable de complications sévères et les épisodes d'hypoglycémie pouvant entraîner des manifestations neurovégétatives ou neurologiques

graves, allant jusqu'au coma hypoglycémique (The Diabetes Control and Complications Trial Research Group, 1993).

II.2.2. Le diabète de type 2:

représente la forme la plus fréquente du diabète, avec une prévalence environ dix fois supérieure à celle du diabète de type 1. Il s'agit d'une affection multifactorielle dont l'étiopathogénie et la physiopathologie sont particulièrement complexes (Stumvoll et al., 2005). Cette maladie survient sur un terrain génétique prédisposé, comme en témoigne la fréquence des antécédents familiaux, et est fortement favorisée par des habitudes de vie inadaptées, notamment une alimentation hypercalorique riche en lipides et la sédentarité. Une relation étroite existe entre l'obésité abdominale et le développement du diabète de type 2.

Cette pathologie se caractérise par l'association de deux anomalies majeures : une insulino-résistance périphérique touchant principalement le muscle squelettique et le foie, ainsi qu'un déficit progressif de l'insulinosécrétion (Kahn, 2003 ; Stumvoll et al., 2005). Dans les premières phases de la maladie, l'insulino-résistance est compensée par une augmentation de la sécrétion d'insuline, conduisant à un état d'hyperinsulinisme fréquemment observé dans le syndrome métabolique (Eckel et al., 2005). Ce stade s'accompagne souvent d'autres facteurs de risque cardiovasculaire tels que l'hypertension artérielle et les dyslipidémies, notamment l'hypertriglycéridémie et la diminution du cholestérol HDL.

Avec l'évolution de la maladie, la capacité sécrétoire des cellules β diminue progressivement, entraînant une élévation de la glycémie d'abord postprandiale, puis à jeun. L'évolution du diabète de type 2 est généralement lente et silencieuse ; plusieurs années peuvent s'écouler entre le début de l'hyperglycémie et le diagnostic clinique de la maladie (Scheen & Lefebvre, 2000 ; Kahn, 2003). Cette évolution tardive explique que le diagnostic soit souvent posé après l'âge de 40 ans, bien que l'augmentation de l'obésité chez les sujets jeunes favorise désormais une apparition plus précoce de la maladie.

La progression du diabète de type 2 est aggravée par les phénomènes de glucotoxicité et de lipotoxicité, responsables d'une détérioration progressive de la fonction des cellules β et d'une aggravation de l'hyperglycémie (Stumvoll et al., 2005). Cette évolution impose une adaptation continue de la stratégie thérapeutique.

Le traitement du diabète de type 2 repose en premier lieu sur des mesures hygiéno-diététiques associant restriction calorique, alimentation équilibrée et augmentation de l'activité

physique (Scheen, 2003 ; Nathan et al., 2006). Une réduction pondérale modérée, estimée entre 5 et 10 % du poids initial, peut améliorer significativement la sensibilité à l'insuline et ralentir l'évolution vers un diabète avéré. Chez les patients déjà diabétiques, cette perte de poids contribue également à réduire l'hyperglycémie et les autres facteurs de risque cardiovasculaire. Cependant, ces mesures restent souvent insuffisantes dans la pratique clinique (UK Prospective Diabetes Study Group, 1998).

Le recours au traitement pharmacologique devient alors nécessaire afin de corriger les anomalies métaboliques fondamentales de la maladie (Scheen, 2003 ; Krentz & Bailey, 2005). Les insulinosensibilisateurs, tels que la metformine et les thiazolidinediones, visent principalement à améliorer la sensibilité périphérique à l'insuline et à diminuer la production hépatique de glucose. Les insulinosécrétagogues, notamment les sulfamides hypoglycémiants, les glinides ainsi que les nouvelles thérapeutiques incrétinomimétiques, stimulent quant à eux la sécrétion d'insuline (Drucker & Nauck, 2006).

La metformine demeure le traitement de première intention après l'échec des mesures hygiéno-diététiques, en raison de son efficacité, de sa bonne tolérance et de son faible coût (Nathan et al., 2006). Lorsque la monothérapie devient insuffisante, une bithérapie ou une trithérapie peut être instaurée. En cas de déséquilibre glycémique persistant, l'insulinothérapie devient nécessaire. Contrairement au diabète de type 1, l'insuline n'est pas indispensable à la survie immédiate du patient diabétique de type 2, mais elle devient essentielle pour obtenir un contrôle glycémique satisfaisant. En raison de l'insulinorésistance, les besoins en insuline sont généralement plus élevés que chez les patients atteints de diabète de type 1, bien que le risque d'hypoglycémie sévère soit relativement plus faible (Nathan et al., 2006). Malgré des approches thérapeutiques différentes, la prise en charge du diabète de type 2 demeure un défi majeur visant à maintenir un équilibre glycémique optimal tout en limitant les complications métaboliques et cardiovasculaires associées (Scheen, 2003).

II.3. Autres types de diabète – Diabète gestationnel

Diabète gestationnel (DG)

II.3.1 Définition Diabète gestationnel

Le diabète gestationnel, également appelé « diabète de grossesse », correspond à une anomalie de la tolérance glucidique apparaissant généralement au cours de la seconde moitié de la grossesse, le plus souvent vers la fin du deuxième trimestre. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), il s'agit d'un trouble de la régulation du glucose se traduisant par une

hyperglycémie de sévérité variable, diagnostiquée pour la première fois pendant la grossesse, indépendamment de la nécessité thérapeutique ou de son évolution en post-partum. Cette affection peut survenir chez des femmes présentant une surcharge pondérale associée à une insulino-résistance et un hyperinsulinisme compensatoire, ou chez des femmes minces présentant une insuffisance relative

de sécrétion insulinaire (Sqalli Houssaini, 2010a).

Sa prévalence est estimée à environ 5 % des grossesses, avec une variabilité importante selon les populations, atteignant des taux plus élevés chez certains groupes ethniques tels que les femmes d'origine mexicaine, amérindienne, asiatique ou issues des îles du Pacifique. Par ailleurs, les femmes ayant présenté un diabète gestationnel présentent un risque significativement accru de développer ultérieurement un diabète de type 2 (Vanderijst, et al., 2012).

II.3.2.Types du diabète gestationnel

On distingue classiquement deux entités :

II.3.2.1.Le diabète gestationnel vrai:

correspondant à une altération de la tolérance glucidique apparaissant exclusivement au cours de la grossesse et tendant à régresser, au moins temporairement, après l'accouchement.

II.3.2.2.Le diabète latent:

généralement de type 2 mais pouvant également correspondre à un diabète de type 1 préexistant à la grossesse, découvert de manière fortuite lors du suivi prénatal et persistant après l'accouchement (Vanderijst, et al., 2012).

II.3.3.Physiologie pendant la grossesse

Le glucose, principal substrat énergétique fœtal, est transporté au fœtus à travers le placenta sous sa forme chimique $C_6H_{12}O_6$. La grossesse induit ainsi d'importantes adaptations métaboliques glucidiques visant à satisfaire les besoins énergétiques du fœtus en développement (Jacovetti & Regazzi, 2012).

Sur le plan physiologique, la grossesse s'accompagne d'un état dit « diabétogène », caractérisé par une insulino-résistance progressive et réversible, compensée par une augmentation adaptative de la sécrétion d'insuline (Vambergue et al., 2002a). Deux phases métaboliques successives sont classiquement décrites (figure 1).

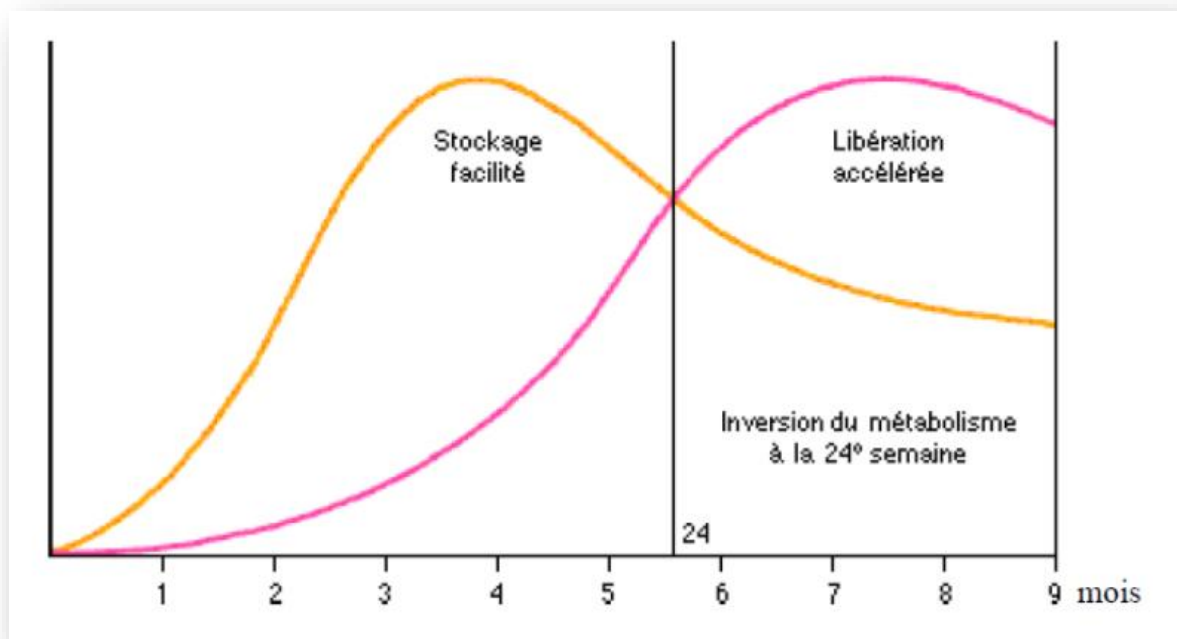


Figure 2: Les modifications métaboliques au cours de la grossesse (sanofi, 2011).

Au cours du premier trimestre, correspondant à une phase anabolique, l'organisme maternel favorise le stockage des nutriments (glucides, lipides et protéines) dans les tissus maternels. Durant cette période, la tolérance au glucose ainsi que la sensibilité à l'insuline restent globalement peu modifiées. Toutefois, l'augmentation des taux d'œstradiol et de progestérone induit une hypertrophie des cellules β des îlots de Langerhans pancréatiques, entraînant un hyperinsulinisme physiologique, lequel favorise le stockage énergétique, notamment au niveau du tissu adipeux (Jacovetti & Regazzi, 2012).

À partir du deuxième trimestre, la grossesse entre dans une phase catabolique marquée par une augmentation progressive de l'insulinorésistance. Cette adaptation métabolique favorise la mobilisation et la redistribution des substrats énergétiques, notamment une utilisation préférentielle du glucose par le fœtus. Les besoins énergétiques maternels augmentent alors d'environ 300 kcal/jour au deuxième trimestre et 400 kcal/jour au troisième trimestre. Afin d'assurer un apport continu en glucose, plusieurs mécanismes compensatoires se mettent en place, incluant une modulation de la glycémie, une augmentation de la sécrétion insulinaire ainsi qu'une élévation progressive de la résistance à l'insuline (Jacovetti & Regazzi, 2012).

II.4. Mécanismes des effets antidiabétiques du lait de chamelle

II.4. 1. Protéines de type insuline et sécrétion d'insuline:

L'insuline est l'agent principal dans le traitement du diabète de type 1, et elle doit être résistante à la dégradation gastro-intestinale et facilement absorbée. Le lait de chamelle contient des protéines de type insuline à une concentration de 52 U/L, soit trois fois plus élevée que celle du lait de vache, et capables de passer dans la circulation sanguine. L'insuline présente dans le lait de chamelle est riche en demi-cystéine, ce qui la rend similaire aux peptides de l'insuline humaine. Les fractions protéiques et peptidiques du lait de chamelle influencent la synthèse et la sécrétion d'insuline, ainsi que la régulation de la glycémie. De plus, les protéines de type insuline et les immunoglobulines de petite taille contribuent à la régénération des cellules β et à la régulation du taux de glucose sanguin.

II.4..2. Effet sur les récepteurs de l'insuline et la sensibilité à l'insuline:

Le lait de chamelle agit directement sur l'activité des récepteurs de l'insuline et sur la signalisation cellulaire dans les tissus sensibles à l'insuline. Il contribue également à améliorer le transport du glucose dans les tissus. La voie métabolique PI3-kinase/Akt régule l'expression et la translocation du transporteur GLUT4 vers la membrane cellulaire, un élément essentiel pour l'absorption du glucose dans les tissus sensibles à l'insuline. Certaines protéines et peptides bioactifs issus du lait de chamelle exercent des effets positifs sur les récepteurs de l'insuline et la sensibilité à l'insuline, améliorant ainsi l'utilisation du glucose. La lactoferrine, une glycoprotéine liant le fer, peut également contribuer à réduire la résistance à l'insuline et à réguler la signalisation des récepteurs de l'insuline, notamment dans les cellules adipeuses.

II.4. 3 .Effet protecteur sur les cellules β pancréatiques:

Le lait de chamelle contribue à la protection et à l'amélioration de la fonction des cellules β pancréatiques. Les immunoglobulines de petite taille et les protéines de type insuline favorisent la régénération des cellules β et la régulation de la sécrétion d'insuline. De plus, le lait de chamelle possède des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anti-apoptotiques, renforçant ainsi la fonction normale des cellules β . Il contribue également à réduire les effets toxiques des substances chimiques et de l'alloxane sur le pancréas, le foie et les reins en réparant les cellules endommagées.

II.4. 4.Effet de l'inflammation:

Les données scientifiques indiquent que le lait de chamelle possède des propriétés anti-inflammatoires et immunomodulatrices, attribuées à sa richesse en composés bioactifs tels que la lactoferrine, le lysozyme et la lactoperoxydase, ainsi qu'en vitamines à fort pouvoir antioxydant, notamment les vitamines C, A et B2, en plus d'éléments minéraux essentiels comme le zinc et le sélénium. Ces constituants jouent un rôle central dans la régulation de la réponse inflammatoire en agissant sur les principaux médiateurs chimiques de l'inflammation, en particulier les cytokines pro-inflammatoires telles que le TNF- α , l'IL-1 β et l'IL-6, considérées comme des facteurs majeurs dans le développement de l'inflammation chronique.

D'autre part, cet effet est associé à une diminution du stress oxydatif résultant de la production excessive de radicaux libres (ROS) par les cellules immunitaires activées, notamment les macrophages, les neutrophiles et les lymphocytes, ce qui contribue à l'inhibition de l'activation des voies inflammatoires liées à ces espèces réactives. Cet effet s'étend également à la modulation de certaines voies de signalisation intracellulaires, en particulier la voie NF- κ B et le complexe inflammatoire NLRP3 (inflammasome), qui jouent un rôle clé dans la régulation de l'expression des gènes des cytokines inflammatoires.

Ainsi, l'effet global du lait de chamelle se traduit par une réduction des médiateurs inflammatoires, une diminution du stress oxydatif et un soutien de l'intégrité cellulaire face aux dommages induits par l'inflammation, ce qui pourrait expliquer son rôle potentiel dans l'atténuation des états inflammatoires chroniques, notamment dans le cadre du diabète.

II.4. 5. Rôle des peptides bioactifs et inhibition de l'enzyme DPPH :

Les peptides bioactifs et les protéines dérivées du lactosérum du lait de chamelle jouent un rôle important dans l'effet antidiabétique. Ils influencent la sécrétion d'insuline en stimulant la sécrétion dépendante du glucose, en inhibant la sécrétion du glucagon, ainsi qu'en inhibant l'enzyme DPP-IV, qui régule indirectement la sécrétion d'insuline. Des études ont montré que les protéines et peptides du lait de chamelle inhibent l'activité de cette enzyme *in vitro*. Ils inhibent également l'enzyme α -amylase, contribuant ainsi à la régulation de la digestion des glucides et à la réduction de la glycémie. (Meena et al., 2016)

Ces peptides peuvent également se lier aux récepteurs GIP et GLP-1 et les activer dans la voie de régulation de l'insuline. Certains peptides dérivés de la β -caséine peuvent aussi réduire la libération hépatique du glucose par une régulation allostérique négative des récepteurs du

glucagon. Ils participent également à l'augmentation de l'activité des transporteurs GLUT et à l'amélioration de l'absorption du glucose.

Enfin, les effets immunomodulateurs du lait de chamelle, notamment l'activation des cellules B et T ainsi que la réduction des altérations histologiques du pancréas, contribuent à l'amélioration de la sécrétion d'insuline et à la protection des cellules β . (Badr et al., 2017)

II.5. Le lait de chamelle et le stress oxydatif:

II.5.1. Définition de stress oxydatif:

Le stress oxydatif (Oxidative Stress, OS) est défini comme un état de déséquilibre entre la production des radicaux libres et la capacité de l'organisme à neutraliser leurs effets nocifs à l'aide des systèmes antioxydants. Ce déséquilibre entraîne une production excessive des espèces réactives de l'oxygène (Reactive Oxygen Species, ROS), provoquant une perturbation de l'homéostasie biologique ainsi que des dommages au niveau cellulaire. Le stress oxydatif est considéré comme l'un des principaux facteurs impliqués dans le développement de nombreuses pathologies, notamment les cancers de l'estomac, du côlon et du rectum, les maladies inflammatoires de l'intestin, ainsi que les ulcères gastriques et duodénaux (Badr et al., 2017)

- Les espèces réactives de l'oxygène sont neutralisées dans l'organisme par des systèmes de défense

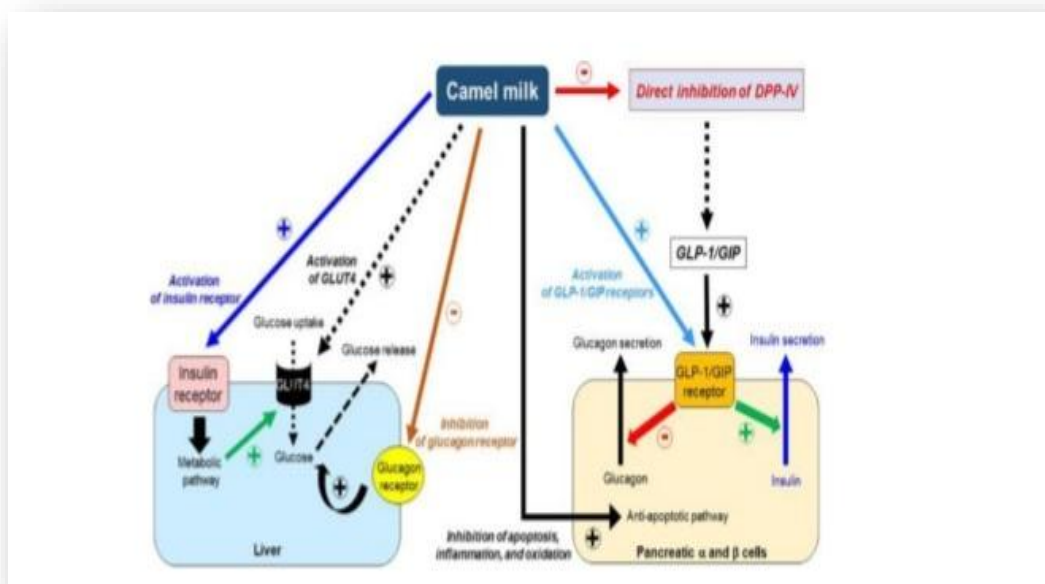


Figure 3: Mécanisme des effets antidiabétiques du lait de chamelle (Ayoub et al., 2018)

antioxydants comprenant plusieurs composés appartenant à différentes familles chimiques. Ces systèmes incluent des enzymes antioxydantes telles que la catalase (Catalase), la superoxyde dismutase (Superoxyde dismutase) et la glutathion peroxydase (Glutathione peroxidase). Ils comprennent également des oligoéléments tels que le cuivre, le zinc et le sélénium, qui constituent des cofacteurs essentiels à l'activité enzymatique, ainsi que des vitamines antioxydantes comme les vitamines A, C et E, en plus de certaines protéines et peptides possédant une activité antioxydante

Les données scientifiques indiquent que le lait de chamelle constitue une source riche en composés à activité antioxydante, effet qui est attribué à sa teneur en éléments bioactifs tels que la vitamine C, le zinc, le sélénium et le magnésium, ainsi qu'à certaines protéines biologiquement actives comme la lactoferrine et la caséine. Ces constituants participent au renforcement du système de défense antioxydant de l'organisme en limitant l'accumulation des radicaux libres et en réduisant leurs effets délétères au niveau cellulaire. (Manal & Eman, 2014)

Par ailleurs, la consommation du lait de chamelle est associée à une diminution des marqueurs du stress oxydatif, notamment le malondialdéhyde (MDA), les espèces réactives de l'oxygène (ROS) et l'oxyde nitrique (NO), qui sont impliqués dans les phénomènes d'oxydation et les altérations cellulaires. En parallèle, une amélioration de l'activité de plusieurs enzymes

antioxydantes a été observée, en particulier la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), la glutathion peroxydase (GPx) et la glutathion réductase (GR), ainsi qu'une augmentation des niveaux de glutathion (GSH) et de la capacité antioxydante totale (TAC), traduisant une meilleure efficacité des mécanismes cellulaires de défense contre le stress oxydatif.

De plus, le lait de chamelle contribuerait au rétablissement de l'équilibre oxydo-réducteur intracellulaire grâce à sa capacité à neutraliser les radicaux libres et à limiter la peroxydation lipidique, ce qui participerait à la protection des membranes cellulaires et des tissus contre les dommages oxydatifs. Ainsi, l'activité antioxydante du lait de chamelle pourrait jouer un rôle protecteur vis-à-vis des complications associées aux maladies chroniques, notamment le diabète. (Longo et al., 2016)

II.5.2. Études expérimentales et données probantes:

II.5.2.1. Études sur les animaux:

Dans une étude menée par Abdulrahman et ses collaborateurs (Abdulrahman et al., 2016) visant à comprendre le mécanisme moléculaire de l'effet hypoglycémiant du lait de chamelle, l'approche expérimentale a reposé sur l'utilisation de cellules HEK293 exprimant le récepteur humain de l'insuline et de la technologie de transfert d'énergie par bioluminescence (BRET) pour suivre l'interaction du récepteur avec les protéines IRS1 et Grb2, ainsi que sur la mesure de la phosphorylation d'ERK1/2 et d'Akt. Les résultats ont montré que le lait de chamelle seul n'active pas le récepteur, mais agit comme un modulateur allostérique positif en potentialisant sélectivement l'effet maximal de l'insuline sur l'association du récepteur avec Grb2 et l'activation de la voie ERK1/2 (sans affecter la voie IRS1/Akt). Les expériences de fractionnement ont également révélé que l'agent actif est de nature peptidique/protéique (poids moléculaire inférieur à 10 kDa) et perd son activité lors du stockage du lait. L'étude conclut que le lait de chamelle représente le premier exemple d'un biais de signalisation (biased signaling) sur le récepteur de l'insuline via une modulation allostérique préférentielle, ce qui explique ses propriétés hypoglycémiantes, et recommande l'isolement du composé actif ainsi que l'étude de son effet sur l'absorption du glucose comme base pour le développement de thérapies adjuvantes du diabète. (Bloomer et al., 2019)

Dans une étude menée par Jimoh et ses collaborateurs (2023) visant à évaluer l'effet de l'administration concomitante de lait de chamelle frais avec la metformine chez des rats Wistar rendus diabétiques par l'alloxane, et à explorer la présence d'un effet synergique entre eux à

l'aide de modèles d'analyse internationaux (Loewe, Bliss et HSA), la méthodologie a consisté à diviser 66 rats en 11 groupes (un groupe témoin sain, un groupe diabétique non traité, trois groupes traités avec du lait de chamelle aux doses de 0,5, 1 et 1,5 ml/kg, trois groupes traités avec de la metformine aux doses de 50, 100 et 300 mg/kg, et trois groupes traités par la combinaison aux mêmes doses correspondantes), avec un traitement de 14 jours et une mesure de la glycémie à jeun chaque semaine. Parmi les principaux résultats, on observe que la DL50 du lait de chamelle dépasse 5000 mg/kg par voie orale, ce qui indique sa grande innocuité ; les groupes traités par la combinaison (en particulier à la dose la plus élevée : 1,5 ml de lait + 300 mg de metformine) ont montré une réduction significative et dose-dépendante de la glycémie à jeun au jour 14 par rapport aux groupes traités par chaque agent séparément et par rapport au groupe diabétique non traité. Les modèles de synergie (Loewe, HSA, Bliss) ont clairement démontré un effet synergique évident (et non une simple additivité) entre le lait de chamelle et la metformine. L'étude conclut que la thérapie combinée du lait de chamelle avec la metformine agit de manière synergique pour réduire l'hyperglycémie, et recommande des études supplémentaires pour explorer le mécanisme moléculaire de cette synergie, tout en confirmant le potentiel du lait de chamelle comme traitement adjuvant à la metformine dans le diabète sucré. (Kebir et al., 2017)

Dans une recherche réalisée en 2022 par Agrawal et son équipe, qui avait pour objectif d'isoler et de déterminer les protéines semblables à l'insuline présentes dans le lait de chamelle non pasteurisé, ainsi que de les mettre en parallèle, au niveau séquentiel, avec l'insuline humaine, ils ont employé 30 ml de lait de chamelle non pasteurisé. La procédure a comporté un processus de digestion des protéines par la trypsine, suivi du fractionnement des peptides résultants via une chromatographie d'échange cationique forte (SCX). Ceci a été suivi d'une analyse par spectrométrie de masse LC-MS/MS (AB Sciex 6600), puis d'une consultation des bases de données UniProt et NCBI à l'aide du programme Mascot 2.5. (Bloomer et al., 2019)

Les analyses ont mis en évidence l'existence de 13 protéines et 22 séquences peptidiques qui présentent une ressemblance avec l'insuline humaine, le facteur de croissance apparenté à l'insuline (IGF), ses différentes formes, ainsi que ses récepteurs. On a identifié plusieurs peptides remarquables : SGMKELAVFR, qui ressemble à IGFBP2 ; KPCTRSLTCK, qui est similaire à l'isoforme 3 d'Ataxin 7 ; et ENDFAQSGQDAVPESPSKLSSKRPK, qui porte une ressemblance avec la protéine NUA1, participant à la régulation de la multiplication cellulaire. (Kebir et al., 2017)

Selon ces résultats, les chercheurs ont déterminé que le lait de chamelle contient des peptides dont la séquence est comparable à celle de l'insuline humaine et des éléments de sa voie de signalisation. Cela offre une explication moléculaire aux effets cliniques précédemment observés de ce lait sur l'amélioration du contrôle glycémique. Les résultats indiquent aussi des perspectives de traitement plus étendues, y compris un rôle potentiel dans la cardiomyopathie diabétique et le cancer, ce qui rend nécessaire la mise en œuvre d'études supplémentaires. (Kebir et al., 2017)

II.5.2.2. Études humaines :

Étude de Mohamad et al.

Mohamad et ses collaborateurs ont étudié l'effet du lait de chamelle chez 54 jeunes patients atteints de diabète de type 1, âgés de 17 à 20 ans. Les participants ont été répartis aléatoirement en deux groupes : un groupe recevant les soins habituels, et un autre recevant 500 mL/jour de lait de chamelle en plus des soins habituels.

Après 16 semaines d'intervention, les résultats ont montré une diminution significative de la glycémie à jeun (FBS) et de l'hémoglobine glyquée (HbA1c) de 56 % et 25 % respectivement, ainsi qu'une augmentation significative des taux de C-peptide de 88 %. Ces résultats suggèrent que la consommation de lait de chamelle pourrait contribuer à améliorer le contrôle glycémique chez les patients atteints de diabète de type 1. (Kebir et al., 2017)

II.5. 3.Effets protecteurs potentiels contre les complications:

Néphropathie:

Les troubles de la fonction hépatique et l'élévation des enzymes hépatiques constituent des anomalies fréquentes chez les patients diabétiques. Des études expérimentales ont montré une amélioration significative des paramètres fonctionnels hépatiques chez les animaux diabétiques nourris au lait de chamelle, comparativement à ceux recevant du lait de vache ou de bufflonne.

En ce qui concerne les complications rénales, la néphropathie diabétique représente l'une des principales complications chroniques du diabète, caractérisée par l'apparition d'une microalbuminurie lorsque les taux d'albumine urinaire se situent entre 30 et 300 mg sur 24 heures. Les résultats indiquent que la consommation de lait de chamelle contribue à la réduction de cette microalbuminurie chez les patients atteints de diabète de type 1, avec une diminution

observée dès les premières 24 heures de consommation, suivie d'une réduction plus marquée après six mois de traitement diététique. (Agrawal et al., 2009)

Par ailleurs, la diminution de la glycémie induite par le lait de chamelle exerce des effets bénéfiques sur l'amélioration des fonctions hépatiques et rénales, ainsi que sur la réduction des complications cardiovasculaires associées au diabète de type 1 et de type 2.

Des études ont également démontré que le lait de chamelle possède des effets protecteurs multiples, notamment la réduction du stress oxydatif, l'atténuation de la stéatose hépatique et la diminution de l'infiltration des cellules inflammatoires au niveau du tissu hépatique. Il permet en outre la restauration de l'activité des enzymes hépatiques principales, telles que l'aspartate aminotransférase (AST) et l'alanine aminotransférase (ALT), avec une amélioration comprise entre 50 % et 90 %, ainsi qu'une normalisation des taux de triglycérides et de cholestérol.

De plus, la consommation de lait de chamelle favorise la synthèse des protéines hépatiques et réduit les concentrations d'urée, d'acide urique et de créatinine, traduisant ainsi une amélioration des fonctions hépatiques et rénales et une atténuation des lésions liées au diabète.

Enfin, les données issues des études expérimentales suggèrent que le lait de chamelle contribue au maintien des fonctions hépatiques et rénales normales dans les modèles animaux de diabète induit par la streptozotocine (Streptozotocin-induced diabetic models). (Kebir et al., 2017)

- Plaies diabétiques

Les études humaines portant sur l'effet du lait de chamelle sur le diabète de type 2 ont montré des résultats variables. Dans l'étude de Wang et al., réalisée sur 12 patients répartis en deux groupes, l'un des groupes a consommé 500 mL/jour de lait de chamelle en complément du traitement habituel. Les résultats ont montré une diminution significative de la glycémie, de l'insuline, des triglycérides et du cholestérol par rapport aux valeurs initiales.

Dans une étude menée par Agrawal et al. selon un protocole croisé (crossover), du lait de chamelle a été administré à 14 patients atteints de diabète de type 2 pendant une durée de trois mois. Les résultats ont révélé une amélioration des paramètres glycémiques et des niveaux d'insuline chez les participants. (Agrawal et al., 2009)

Par ailleurs, Ejtahed et al. ont réalisé un essai clinique randomisé sur 20 patients. Un groupe a consommé 500 mL/jour de lait de chamelle pendant deux mois. Aucune différence

significative n'a été observée concernant la glycémie ou les paramètres lipidiques par rapport au lait de vache, bien qu'une augmentation du taux d'insuline ait été enregistrée.

Dans l'ensemble, ces études suggèrent des résultats non cohérents concernant l'effet du lait de chamelle sur le diabète de type 2, avec des limites liées à la petite taille des échantillons et à la courte durée des interventions. (Agrawal et al., 2009)

- **Insuffisance hépatique et rénale**

Le retard de cicatrisation des plaies constitue l'une des complications cliniques les plus critiques et les plus graves associées au diabète. Cependant, les études médicales récentes indiquent que l'intervention thérapeutique basée sur l'utilisation des protéines du lactosérum de lait de chamelle et de leurs peptides bioactifs représente une option prometteuse pour améliorer l'efficacité de la guérison de ces plaies chroniques. Cette efficacité thérapeutique est attribuée à la haute capacité de ces protéines à contrer le stress oxydatif et à réprimer la cascade inflammatoire excessive. Sur le plan histologique, cela se manifeste par la stimulation de l'épithélialisation, la formation du tissu de granulation, le remodelage de la matrice extracellulaire, ainsi... (Kebir et al., 2017)

II.5.4. Effet du lait de chamelle sur le cholestérol et les lipides sanguins et son rôle dans la prévention des complications cardiovasculaires:

Les données scientifiques disponibles indiquent que le lait de chamelle fermenté possède des effets hypocholestérolémiants, bien que les mécanismes moléculaires responsables de cet effet ne soient pas encore totalement élucidés. Certaines hypothèses suggèrent que cet effet serait lié à l'interaction des peptides bioactifs avec les molécules de cholestérol, entraînant une diminution de son absorption intestinale par des interactions électrostatiques et hydrophobes, ou par une réduction de sa solubilité dans les micelles, limitant ainsi son assimilation au niveau intestinal. Par ailleurs, certains acides aminés tels que l'arginine et la tyrosine pourraient contribuer à la formation de complexes avec le cholestérol, réduisant ainsi sa biodisponibilité. (Bloomer et al., 2019)

D'autre part, des travaux récents suggèrent que l'acide orotique, issu du métabolisme des acides nucléiques, pourrait contribuer à la diminution du cholestérol chez les modèles animaux ainsi que chez l'homme. En outre, les bactéries probiotiques issues du processus de fermentation constituent un facteur clé de cet effet, en produisant des acides gras à chaîne courte

qui modulent la synthèse hépatique du cholestérol, favorisent son transport du plasma vers le foie et réduisent son absorption intestinale par l'inhibition de la réabsorption des sels biliars.

Enfin, les études expérimentales ont montré une réduction significative du cholestérol total, des triglycérides ainsi que des fractions LDL et VLDL, accompagnée d'une augmentation du HDL, après consommation de lait de chamelle fermenté sur des périodes variables, aussi bien chez les modèles animaux que chez l'homme. Globalement, ces résultats suggèrent un potentiel prometteur du lait de chamelle fermenté dans l'amélioration du profil lipidique et la réduction du risque cardiovasculaire, tout en soulignant la nécessité de recherches complémentaires afin de mieux élucider les mécanismes impliqués (Kebir et al., 2017)

Tableau comparatif entre le lait de chamelle et le lait de vache (Swelum et al., 2021)

Propriété	Lait de chamelle	Lait de vache
Couleur	Blanc pur	Blanc jaunâtre (carotène)
Goût	Légèrement salé	Légèrement sucré
Densité (g/cm ³)	1,029	1,030
pH	6,4 – 6,7	6,4 – 6,6
Teneur en eau (%)	87 – 90 %	79 – 90 %
Point de congélation	-0,57 à -0,61 °C	-0,54 °C
Caséine / protéines sériques	Plus faible	Plus élevé
β -caséine	65 %	36 %
α -caséine	21 %	38 %
β -lactoglobuline	Absente	Présente
α -lactalbumine	Antioxydante élevée	Moins active
Lactoferrine	0,02 – 2,1 g/L	Faible
Lysozyme	~150 μ g/L	~70 μ g/L

IgG	Très élevée (colostrum)	Moyenne
Matières grasses	1,2 – 4,5 %	~3,6 %
Acides gras	Plus insaturés	Moins insaturés
Minéraux	Zn, Fe, Cu élevés	Standard
Vitamines	Riche en vitamine C	Riche en vitamine A
Stabilité thermique	Plus stable	Moins stable
Conservation	Plus longue	Plus courte

Partie expérimentale

Objectif de l'étude et présentation de la région d'étude

III. Matériels biologique :

III.1. L'objectif de l'étude et présentation de la région d'étude :

III.1. 1Présentation de la région d'étude

- **Période de travail**

L'étude a été réalisée sur une période de trois mois, allant de février 2026 à mai 2026, durant laquelle un suivi régulier des échantillons et des patients a été effectué.

- **Situation géographique**

Cette recherche a été menée dans la wilaya d'El Oued, située au sud-est de l'Algérie. Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de la faculté ainsi qu'au laboratoire de l'institut concerné. Cette région saharienne est caractérisée par un climat aride et des conditions naturelles favorables à l'élevage camelin.

III.1. 2.Objectif d'élevage

L'élevage des chamelles au sein des fermes étudiées poursuit des objectifs prioritairement commerciaux, centrés sur la production et la commercialisation du lait. Ces objectifs se déclinent notamment en l'assurance d'une productivité laitière élevée et stable dans le temps, la préservation de l'état sanitaire des chamelles grâce à une gestion alimentaire adaptée, ainsi que la garantie de la conformité du lait aux normes d'hygiène et de qualité exigées par le marché. Dans ce cadre, trois systèmes d'élevage ont été étudiés afin de comparer les pratiques alimentaires et leur impact potentiel sur la qualité du lait.

La première ferme, située dans la zone saharienne d'El Oued (Erg El Oraf), a permis le prélèvement de quatre échantillons. Elle se caractérise par un système d'alimentation exclusivement basé sur les ressources naturelles du désert, conférant ainsi un régime alimentaire entièrement pastoral.

La deuxième ferme, localisée à Bent L'Mekhouch, d'où proviennent trois échantillons, est marquée par une conduite d'élevage plus intensive et une attention particulière accordée par l'éleveur. L'alimentation y est diversifiée et repose sur la luzerne), les dattes, l'orge, l'alfa, le son, diverses herbes saisonnières, le remt ainsi que d'autres ressources fourragères.

Enfin, la troisième ferme, située à Oued El Alenda dans la wilaya d'El Oued, a fourni dix échantillons. Elle présente un système d'alimentation intermédiaire, combinant des aliments concentrés tels que le maïs, le son et l'orge, avec le pâturage des ressources naturelles disponibles dans le milieu saharien.

Ainsi, ces trois systèmes d'élevage se distinguent principalement par la nature de l'alimentation, ce qui permet d'apprécier les variations potentielles de la qualité du lait en fonction du mode de conduite alimentaire.

• Caractéristiques des fermes

L'étude a été réalisée à partir de lait de chamelle provenant de trois fermes différentes. Deux fermes utilisent un système d'élevage traditionnel en milieu ouvert (pâturage), tandis qu'une ferme adopte un élevage en stabulation.

Concernant l'alimentation, deux fermes reposent principalement sur une alimentation naturelle basée sur le pâturage, alors qu'une ferme utilise une alimentation complémentaire à base d'aliments concentrés et d'aliments compo

IV. Matériels et Méthodes

IV.1 Matériel et prélèvement

Un total de 17 échantillons de lait a été collecté dans trois fermes différentes, un échantillon par femelle. Les chameuses utilisées dans cette étude n'étaient pas en période de mise bas. La traite a été effectuée manuellement, et le lait a été recueilli dans des flacons en verre stériles, préalablement numérotés. Les échantillons ont été immédiatement transportés au laboratoire dans une glacière réfrigérée à une température de 4°C, afin de réaliser les analyses physicochimiques



Figure 4: Echantillon conditionne

Le lait prélevé au sein des élevages ciblés par notre étude a fait l'objet d'analyses de certaines caractéristiques physicochimiques au laboratoire de notre faculté, la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université d'El-Oued, ainsi qu'au laboratoire de l'Institut National Spécialisé de la Formation Professionnelle « Le Martyr El Amamra Bachir ». Parmi ces analyses, on trouve :

- ✓ La matière grasse
- ✓ Les protéines
- ✓ La matière sèche

Les échantillons prélevés ont été directement conservés sous froid dans une glacière (4-6°C), puis au réfrigérateur.

La lecture de la matière grasse, le dosage des protéines (l'analyse de la matière protéique a été réalisée par la méthode Bradford "spectrophotométrie"), ainsi que le dosage de la matière sèche, ont été effectués au laboratoire de notre faculté (Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie) de l'Université d'El-Oued, ainsi qu'au laboratoire de l'Institut National Spécialisé de la Formation Professionnelle « Le Martyr El Amamra Bachir »

IV.2 Mode opératoire

IV.2.1. Matière grasse

La méthode dite acido-butyrométrique de Gerber a été préconisée pour la séparation et la lecture de la matière grasse (MG).

IV.2.1.1. Principe de la technique

Le principe de cette technique consiste en la dissolution des éléments du lait, excepté la matière grasse, par l'acide sulfurique. Sous l'effet de la force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une petite quantité d'alcool isoamylique (1 ml), la matière grasse se sépare sous forme d'une couche claire et transparente.

IV.2.1.2. Appareils utilisés

- Butyromètres à lait gradués en gramme par litre (g/l) (de 6% à 10%)
- Bouchons en caoutchouc pour butyromètres

- Pipette à lait de 11 ml
- Pipettes de 1 ml pour l'alcool isoamylique
- Centrifugeuse de Gerber (réglée à 1100 tours/minute)

IV.2.1.3. Technique

Une dilution de l'acide sulfurique à 10% a été réalisée en mélangeant 9 ml d'acide sulfurique avec 1 ml d'eau distillée.

Après avoir fixé les butyromètres sur leur support, 10 ml d'acide sulfurique dilué ont été introduits dans chaque butyromètre. Ensuite, 11 ml de lait prélevé de l'échantillon à analyser ont été ajoutés, suivis de 1 ml d'alcool isoamylique.



Figure 5: Butyromètre contenant de l'acide sulfurique

Chaque butyromètre étant maintenu fermé, on procède à l'agitation de ces derniers jusqu'à obtention d'un mélange homogène, les butyromètres sont ensuite centrifugés



Figure 6: Butyromètre moyennement agité



Figure 7: Mise en place des butyromètres

La centrifugation a été réalisée à une vitesse de 1100 tours par minute pendant 4 minutes. Après cette opération, les tubes ont été retirés de la centrifugeuse pour effectuer la lecture. Lors de la lecture, le butyromètre a été maintenu en position parfaitement verticale, puis le niveau inférieur de la phase lipidique a été remonté tout en maintenant le bouchon, jusqu'à ce qu'il se place exactement dans l'échelle graduée

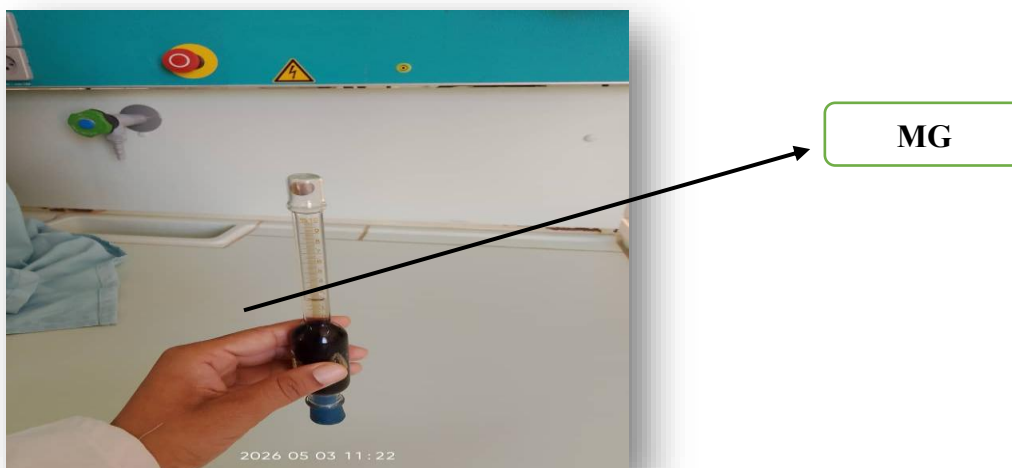


Figure 8 : Lecture de MG

IV.2.1.4.Expression des résultats

La teneur en matière grasse du lait exprimée en grammes au litre est égale à :

- ☐ $n' - n$: la n' : la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse
- ☐ n : La valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse

IV.2. Protéines

IV..2.2. Principe

Le dosage des protéines du lait cru a été réalisé grâce à la méthode dite

Bradford. C'est un procédé simple pour la détermination de la concentration en protéines de différents types d'aliments.

Les fractions récoltées sont traitées par une solution de bleu de coomassie et d'acide ortho-phosphorique qui se lient spécifiquement aux protéines.

La technique repose sur la dilution des échantillons du lait puis la lecture par le spectrophotomètre réglé à 595 nanomètres.

IV.2.3. Réactifs

- ☐ 50 mg de bleu de Coomassie
- ☐ 25 ml d'éthanol 95%
- ☐ 50 ml d'acide ortho-phosphorique (H_2PO_4) 85%, $M = 98 \text{ -g/mol}$
- ☐ 500 ml d'eau distillée
- ☐ Bovine Sérum Albumine (BSA) pour la préparation de la solution mère.

IV.2.4. Matériels

- ☐ Erlen-Meyer
- ☐ Epprouvettes : 25 et 50 ml
- ☐ Balance de précision
- ☐ Spatule
- ☐ Tube eppendorf ou sabot de pesée -Agitateur magnétique
- ☐ Papier filtre
- ☐ Bouteille ambrée
- ☐ Tubes à essai étiquetés
- ☐ Cuvettes de Spectrophotomètre
- ☐ Micropipettes à 0,5-10 μl , 40-200 μl , 200-1000 μl et 1-5ml
- ☐ La verrerie utilisée dans cette analyse doit-être absolument propre

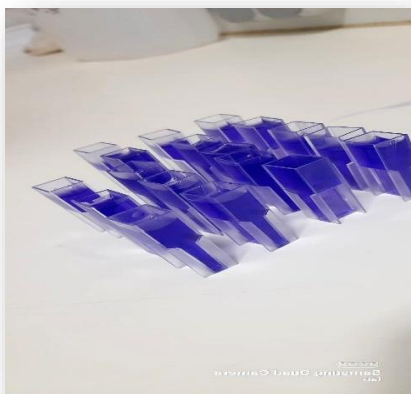


Figure 9: Cuvettes de spectrophotomètre



Figure 10: Micropipettes

IV.2.5 .Préparation du Réactif (solution de Bradford)

On tare d'abord le sabot de pesée puis, on met à l'aide d'une spatule 50 mg de Bleu de Coomassie qu'on pèse sur la balance de précision.

La solution de Bradford (ou réactif d'analyse) est faite en la dissolvant, dans un Erlen Meyer contenant : 500 ml d'eau distillée, 50 mg de bleu de coomassie, 25 ml d'éthanol et 50 d'acide ortho-phosphorique.

Après sa préparation, ce réactif doit être agité dans un agitateur magnétique réglé à 700 tours par minute, puis filtré. Il sera conditionné dans une bouteille ambrée ou opaque à la température ambiante. Cette solution peut être utilisable durant deux semaines à partir de la date de préparation



Figure 11: (A-B) : Agitation de la solution de Bradford

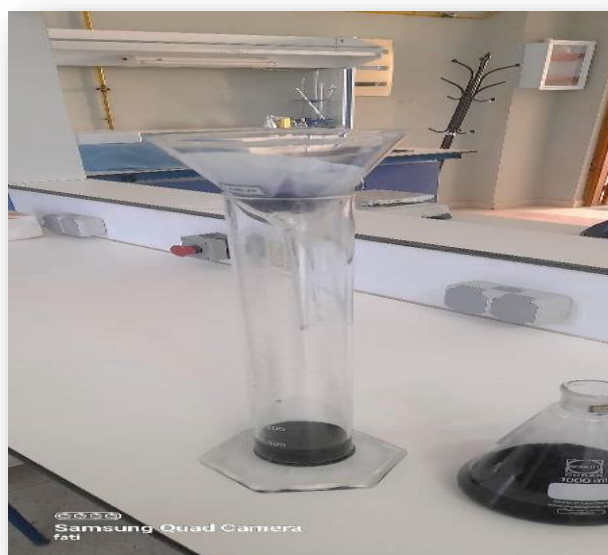


Figure 12: Filtration de la solution de Bradford

IV.2.6.Préparation de la norme de protéine

La BSA se prépare à une concentration de 1mg/ml en eau distillée.

La lecture de la norme de protéine est nécessaire pour tracer la courbe

On pèse alors 10mg de BSA dans la balance de précision après avoir taré le tube Eppendorf, puis on dépose cette quantité de protéine dans un bécher contenant 10 ml d'eau distillée, et on réalise le mélange

IV.2.7.Préparation des dilutions

Pour la gamme d'étalonnage, on prépare d'abord 6 tubes à essai et on introduit dans chacun des tubes à l'aide de micropipette une quantité variant entre 100 et 1000 μ l de la solution de protéine en volume total de 1000 μ l.

Si la concentration approximative de l'échantillon est inconnue, on procède alors à différentes dilutions notamment : 1/10, 1/100, 1/1000.

Préparer les doubles de chaque échantillon.

On introduit ensuite à la micropipette les volumes doubles 100, 200, 400, 600, 800 et 1000 μ l de solution étalon dans des tubes à essai, et compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 1000 μ l, on aura dans ce cas un volume total de 1000 μ l pour l'ensemble des tubes à essai, introduit à la pipette 1000 μ l, de l'eau distillée dans un autre tube pour fournir le blanc du réactif.

Puis on prépare ensuite le double de chaque tube T, on aura en total 12 tubes désignés par T' et T''

IV.2.8. Concentration

Dans chacun des deux tubes, T' et T'' on doit mettre 50 μ l du réactif de protéine du tube T correspondant. Ensuite, bien mélanger chacun par inversion.

On rajoute 2,5 ml de la solution de Bradford dans chaque tube T' et T''

IV.2.9. Dosage des échantillons

Pour faire une dilution au 1/50ème, on prend de chaque échantillon, à l'aide d'une micropipette, 10 µl du lait qu'on complète à l'eau distillée jusqu'à 500 µl (c.à.d. on rajoute 450 µl d'eau distillée dans chaque tube).

On prépare le double de chaque échantillon, en prenant 50 µl auquel on rajoute 2,5 ml de la solution de Bradford. On agite pendant 10 minutes

On mesure à 595 nm les échantillons et les normes par rapport au blanc de réactif entre 2 minutes et 1 h après mélange.

La courbe standard n'est pas linéaire, et l'absorbance précise change selon l'âge du réactif d'analyse.

En conséquence, il est essentiel de construire une courbe d'étalonnage pour chaque ensemble analyses

IV.2.10. Les cuves de spectrophotomètre

- ☐ Les cuves utilisées doivent être neuves et sèches.
- ☐ Vérifier leur bon état. Il ne doit y avoir ni rayures ni salissures.
- ☐ Les remplir au maximum et vérifier l'absence de bulles.
- ☐ Ne pas les prendre par les faces exposées au faisceau du spectrophotomètre.
- ☐ Les passer les unes après les autres, dans l'ordre, dans l'appareil, après avoir passé un " blanc".

Les solutions à doser doivent avoir une concentration centrée sur celle de la gamme d'étalonnage .

IV.2.11. Expression des résultats

$$[C] = Abs . D$$

Où:

[C]: La concentration.

Abs: Absorbance (sa lecture se fait directement sur l'écran du spectrophotomètre).

D : volume de dilution.

IV.3.Matière sèche

IV.3.1. Principe

La matière sèche (MS) est le produit résultant de la dessiccation par évaporation d'un volume du lait.

IV.3.2. Appareillage

- ☐ Capsule ou creuset en platine.
- ☐ Une pipette de 10 ml.
- ☐ Etuve réglable à 103°C.
- ☐ Balance sensible de 0,1 mg de précision.

IV.3.3.Technique

Dans un creuset ou une capsule sèche, pesée et tarée, on introduit 10 ml du lait en utilisant une pipette. On met ensuite, les creusets dans l'étuve à 103° C pendant une durée de 5 heures. Par la suite, on retire les capsules de l'étuve. Puis on les pèse après refroidissement

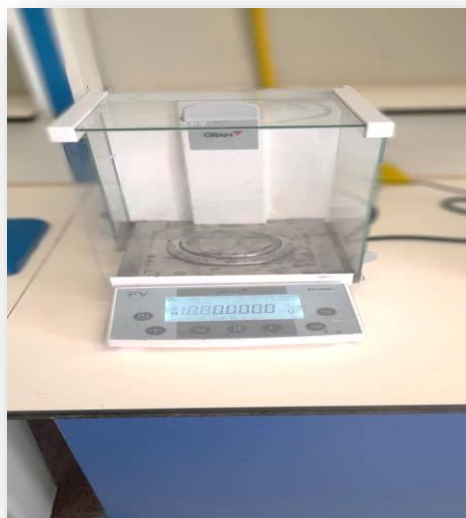


Figure 13: Pesée des creusets vides



Figure 14 :Creusets placés dans l'étuve à 103 °C pendant 5 heures



Figure 15: Creusets contenant la MS

IV.3.4.Expression des résultats

La matière sèche est alors déterminée selon la formule suivante :

$$MS \text{ (en g/1)} = (m1-m2/V) \times 1000$$

Où :

- **m1** : Masse en grammes de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement .
- **m2** : Masse en grammes de la capsule vide.
- **V** : Volume en ml de la prise d'essai

IV.4.Analyse statistique

Les données expérimentales obtenues au cours de cette étude ont été traitées et analysées à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Une analyse statistique descriptive a été adoptée afin de résumer, structurer et interpréter les différentes variables étudiées.

Les paramètres statistiques calculés incluent la moyenne, les valeurs minimales et maximales, permettant ainsi de décrire la tendance centrale et la dispersion des résultats relatifs aux différents échantillons analysés.

Les données ont été présentées sous forme de tableaux et de représentations graphiques (histogrammes et diagrammes circulaires), afin de faciliter la comparaison et la visualisation des variations observées entre les différentes fermes étudiées.

Une analyse comparative descriptive a été réalisée entre les trois fermes afin de mettre en évidence les différences au niveau des paramètres physico-chimiques du lait, notamment la matière grasse, la matière protéique et la matière s

VI1.1.1.1. Dosage des protéines du lait de chamelle

Le dosage des protéines du lait de chamelle a été réalisé selon la méthode de Bradford, une méthode spectrophotométrique basée sur la fixation du colorant Coomassie Brilliant Blue aux protéines. Les échantillons de lait ont été préalablement dilués au 1/50^e (10 µL de lait additionnés à 490 µL d'eau distillée) afin d'assurer une lecture optimale et de respecter la gamme de linéarité de la méthode. L'absorbance a ensuite été mesurée à une longueur d'onde de 595 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

VI1.1.1.2. Courbe d'étalonnage

La courbe d'étalonnage a été établie à partir d'une gamme de concentrations connues de BSA (Albumine Sérique Bovine). L'équation de la droite de régression linéaire obtenue est la suivante :

$$Y = 0,1569 X + 0,0355$$

$$(R^2 = 0,9866)$$

Avec :

Y : absorbance mesurée

X : concentration en protéines dans l'échantillon dilué (mg/ml)

III-5- Calcul de la concentration en protéines du lait original

La concentration en protéines dans le lait original (non dilué) a été calculée selon la formule suivante :

$$[\text{Proteines}] \text{ (mg/ml)} = (\text{Absorbance} - 0,0355) \times 0,156950$$

$$[\text{Proteines}] \text{ (mg/ml)} = 0,1569$$

$$(\text{Absorbance} - 0,0355) \times 50$$

Les résultats ont ensuite été exprimés en grammes par litre (g/l) sachant que 1 mg/ml = 1 g/l.

Résultats

VI Résultats

VI.1.Composition du lait de chamelle

VI.1.1. Résultats des analyses physico-chimiques du lait de chamelle

VII.1.1. Résultats de la teneur en matière sèche du lait des différentes fermes étudiées

Ferme Moyenne (g) Écart-type (g)

Ferme 1 0.96 0.04

Ferme2 2.70 1.02

Ferme3 1.50 0.56

On observe, dans le tableau relatif à la matière sèche, que les valeurs varient selon les fermes étudiées. En effet, la teneur moyenne en matière sèche est comprise entre 0,96 g et 2,70 g, avec une moyenne globale de 1,72 g. Plus précisément, la ferme 2 présente les valeurs les plus élevées ($2,70 \pm 1,02$ g), suivie de la ferme 3 ($1,50 \pm 0,56$ g), tandis que la ferme 1 affiche les teneurs les plus faibles ($0,96 \pm 0,04$ g). Ces résultats mettent en évidence une hétérogénéité entre les différentes fermes

VI1.1.2. Résultats de la teneur en protéines du lait de chamelle selon les fermes étudiées

Ferme	Concentration moyenne en protéines (g/L)	Écart-type (g/L)
Ferme1	42,06	13,06
Ferme2	44,98	14,41
Ferme3	48,90	22,95

Concernant la concentration en protéines, on observe également une variation entre les fermes. Les valeurs oscillent entre 42,06 g/L et 48,90 g/L, avec une moyenne globale de 45,31 g/L. Plus précisément, la ferme 3 présente les concentrations les plus élevées ($48,90 \pm 22,95$ g/L), suivie de la ferme 2 ($44,98 \pm 14,41$ g/L), tandis que la ferme 1 enregistre les valeurs les plus faibles ($42,06 \pm 13,06$ g/L). Ces résultats traduisent une variation inter-fermes relativement marquée, notamment au niveau de la dispersion des valeurs.

VI1.1.3. Résultats de la teneur en matière grasse du lait des différentes fermes étudiées(%)

Ferme	Moyenne (%)	Écart-type (±)
Ferme1	2.12	± 0.13
Ferme2	3.27	± 0.21
Ferme3	2.21	± 0.30

On observe dans le tableau relatif à la teneur en matière grasse que les valeurs varient selon les fermes étudiées. En effet, la teneur en matière grasse est comprise entre 2,0 % et 3,5 %, avec une moyenne globale de 2,53 %. Plus précisément, la ferme 2 présente les valeurs les plus élevées, tandis que les fermes 1 et 3 affichent des teneurs relativement proches et plus faibles. Ces résultats mettent en évidence une variabilité inter-fermes modérée, traduisant des différences potentielles liées aux conditions d'élevage et à la composition du lait analysé.

VI1.2.Présentation et analyse des résultats de l'enquête:

L'étude a porté sur un échantillon de 36 patients atteints de diabète. Les données ont été collectées au moyen d'un questionnaire structuré, élaboré spécifiquement en fonction des objectifs de la recherche et couvrant les principaux aspects liés à la problématique étudiée.

Les réponses obtenues ont été traitées, organisées et présentées selon les différentes sections du questionnaire, afin d'assurer une lecture claire, rigoureuse et méthodique des résultats, en vue de leur analyse statistique et de leur interprétation scientifique, en adéquation avec les objectifs de l'étude.

Tableau récapitulatif des résultats statistiques de l'étude selon les variables et leurs effectifs:

Axe	Variable	Modalité	Effectif (n=36)
Informations générales	Sexe	Homme	21
		Femme	15
	Âge	< 20 ans	5
		20 – 40 ans	11
		> 40 ans	20
	Type de diabète	Type 1	29
		Type 2	7
Mode d'utilisation	Traitement associé	Insuline	29
		Glucophage	7
	Avis médical	Avec avis médical	11
		Sans avis médical	25
Consommation	Durée d'utilisation	1 – 3 mois	10
		> 3 mois	26
	Quantité quotidienne	250 – 500 ml	36
	Mode	Lait frais	36
	Moment de consommation	À jeun	18
		Après repas	18
Effet sur glycémie	Vitesse d'action	Rapide	5
		Moyenne	19
		Lente	12
	Évolution	Diminution	29
		Stabilisation	7
	Nature	Progressive	36
	Glycémie avant	1.5 – 2 g/L	7
		> 3 g/L	29
		< 1.5 g/L	7
		1 – 1.5 g/L	26
		Élevée	3
Surveillance	Contrôle glycémique	Oui	36
		Fréquence	1 fois/jour
		1 fois/semaine	29 7

Effets secondaires	Effets indésirables	Aucun	
		Diarrhée	
Sécurité	Hyperglycémie malgré usage	Oui	3
		Non	33
Évaluation	Perception	Traitement complémentaire	33
		Complément alimentaire	3
	Recommandation	Oui	32
		Selon le cas	4
	Durée influence efficacité	Oui	32
		Ne sait pas	4

On observe dans le tableau récapitulatif des résultats statistiques que l'échantillon étudié est composé de 36 patients diabétiques, avec une prédominance masculine (21 hommes contre 15 femmes). Concernant l'âge, la majorité des participants appartient à la tranche d'âge supérieure à 40 ans (20 sujets), tandis que les catégories de moins de 20 ans et de 20 à 40 ans sont moins représentées avec respectivement 5 et 11 sujets. En outre, le diabète de type 1 constitue la forme la plus fréquente observée dans cette étude avec 29 cas, contre seulement 7 cas de diabète de type 2.

Par ailleurs, l'insuline représente le traitement associé le plus utilisé chez les patients interrogés (29 cas), alors que le Glucophage n'est utilisé que par 7 patients. Les résultats montrent également que la majorité des participants consomment le lait de chamelle sans avis médical (25 cas), contre 11 patients ayant suivi une recommandation médicale. Concernant la durée d'utilisation, plus de la moitié des sujets consomment le lait de chamelle depuis plus de 3 mois (26 cas), tandis que 10 patients seulement l'utilisent depuis une période comprise entre 1 et 3 mois. De plus, l'ensemble des participants consomme quotidiennement une quantité variant entre 250 et 500 ml sous forme de lait frais.

En ce qui concerne le moment de consommation, les patients sont répartis équitablement entre une prise à jeun et après les repas (18 cas chacun). Les observations relatives à l'effet du lait de chamelle sur la glycémie montrent que la vitesse d'action est jugée moyenne chez 19 patients, lente chez 12 patients et rapide chez seulement 5 patients. Quant à l'évolution glycémique, une diminution de la glycémie a été rapportée chez 29 participants, alors qu'une

stabilisation a été observée chez 7 cas. Tous les patients ont décrit cette amélioration comme étant progressive.

Les valeurs de la glycémie avant consommation indiquent que la majorité des patients présentaient une glycémie supérieure à 3 g/L (29 cas), tandis que seulement 7 patients avaient une glycémie comprise entre 1,5 et 2 g/L. Après consommation, la glycémie s'est située principalement entre 1 et 1,5 g/L chez 26 participants, alors que 7 sujets présentaient des valeurs inférieures à 1,5 g/L. En outre, tous les patients assurent un contrôle glycémique régulier, dont 29 sujets effectuent une surveillance quotidienne contre 7 réalisant un contrôle hebdomadaire.

Concernant la tolérance du lait de chamelle, les résultats montrent l'absence d'effets indésirables chez la majorité des participants, à l'exception de quelques cas isolés de diarrhée. De plus, seuls 3 patients ont signalé une hyperglycémie malgré l'utilisation du lait de chamelle, contre 33 patients n'ayant rapporté aucune complication de ce type. Enfin, la majorité des participants considèrent le lait de chamelle comme un traitement complémentaire (33 cas) et recommandent sa consommation (32 cas), tandis que 4 patients estiment que son efficacité dépend des situations et déclarent ne pas connaître la durée exacte influençant son efficacité.

VI1.3.Évolution de la glycémie chez les patients diabétiques :

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent une diminution progressive de la glycémie chez la majorité des patients après la consommation régulière du lait de chamelle pendant une période de deux mois.

Les mesures glycémiques ont été réalisées trois fois par jour durant toute la période expérimentale. Les valeurs obtenues ont ensuite été regroupées sous forme de moyennes hebdomadaires afin de faciliter l'analyse des résultats.

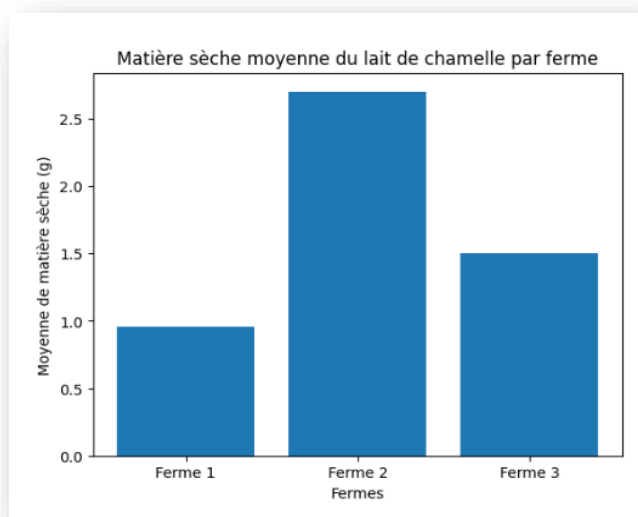
La comparaison entre les moyennes glycémiques de la première semaine et celles de la huitième semaine a révélé une baisse notable des taux de glucose sanguin chez l'ensemble des patients étudiés.

Tableau : Comparaison des moyennes glycémiques entre la première et la huitième semaine

	Patients	Moyenne semaine 1 (g/L)	Moyenne semaine 8 (g/L)	Observation
1	Patient	2.55	1.78	Diminution importante
2	Patient	3.88	2.43	Diminution progressive
3	Patient	4.06	2.55	Diminution marquée
4	Patient	3.01	2.51	Diminution modérée
5	Patient	4.17	2.35	Diminution importante
6	Patient	2.87	1.95	Diminution régulière
7	Patient	3.42	2.14	Diminution importante
8	Patient	2.95	1.98	Diminution progressive
9	Patient	2.74	1.73	Diminution nette
10	Patient	3.10	2.02	Diminution modérée
11	Patient	3.28	2.21	Diminution progressive
12	Patient	3.44	2.30	Diminution importante
13	Patient	3.18	2.05	Diminution progressive
14	Patient	4.01	2.66	Diminution marquée
15	Patient	3.36	2.18	Diminution importante
16	Patient	2.88	1.86	Diminution nette

17	Patient	4.12	2.74	Diminution importante
18	Patient	3.26	2.08	Diminution progressive
19	Patient	2.94	1.92	Diminution modérée
20	Patient	3.59	2.26	Diminution importante

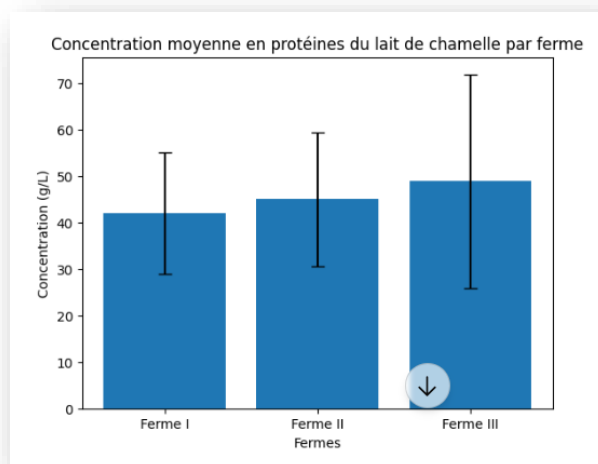
On observe, à partir du tableau relatif au suivi glycémique des patients diabétiques ayant consommé du lait de chamelle durant une période de huit semaines, que les valeurs enregistrées au cours de la première semaine varient entre 2,55 g/L et 4,17 g/L, avec une moyenne globale de 3,34 g/L. En revanche, les mesures effectuées à la huitième semaine montrent une diminution nette des niveaux glycémiques, compris entre 1,73 g/L et 2,74 g/L, avec une moyenne de 2,16 g/L. Par ailleurs, l'ensemble des patients présente une réduction des valeurs glycémiques, avec une intensité variable selon les cas étudiés.



Histogramme 01 : représentant la matière sèche dans les trois fermes étudiées

On observe dans l'histogramme 1 ; que la valeur de la matière sèche moyenne du lait de chamelle de la ferme 2 (2,7 g) est supérieure à celle de la ferme 3 (1,5 g), et que la valeur de la

ferme 3 (1,5 g) est supérieure à celle de la ferme 1 (0,95 g). Par contre, on a noté que la valeur de la matière sèche moyenne de la ferme 1 est la plus faible parmi les trois fermes.

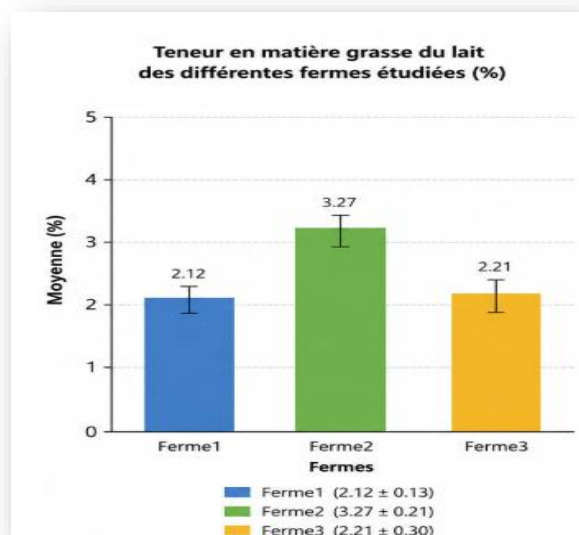


Histogramme 02 : Représentation de la teneur en matière protéique dans les trois fermes étudiées

On observe dans l'histogramme que la concentration moyenne en protéines du lait de chamelle augmente progressivement de la ferme I à la ferme III. En effet, la ferme I présente une valeur moyenne plus faible que celle de la ferme II, tandis que la ferme III enregistre la concentration la plus élevée.

Par ailleurs, on note que les barres d'erreur se chevauchent partiellement entre les trois fermes, ce qui suggère que les différences observées restent modérées sur le plan statistique.

Enfin, la ferme III présente une variabilité plus importante par rapport aux deux autres fermes, traduisant une dispersion plus élevée des mesures.



Histogramme 3: de la teneur en matière grasse du lait des différentes fermes (%)

On observe dans l'histogramme que le taux de la matière grasse du lait varie selon les fermes étudiées. La ferme II présente la teneur moyenne en matière grasse la plus élevée ($3,27 \pm 0,21$ %), tandis que les fermes I et III affichent des valeurs relativement proches, respectivement de $2,12 \pm 0,13$ % et $2,21 \pm 0,30$ %. Par conséquent, le taux de matière grasse de la ferme II est supérieur à celui des fermes I et III, alors que les teneurs enregistrées dans les fermes I et III sont presque similaires.

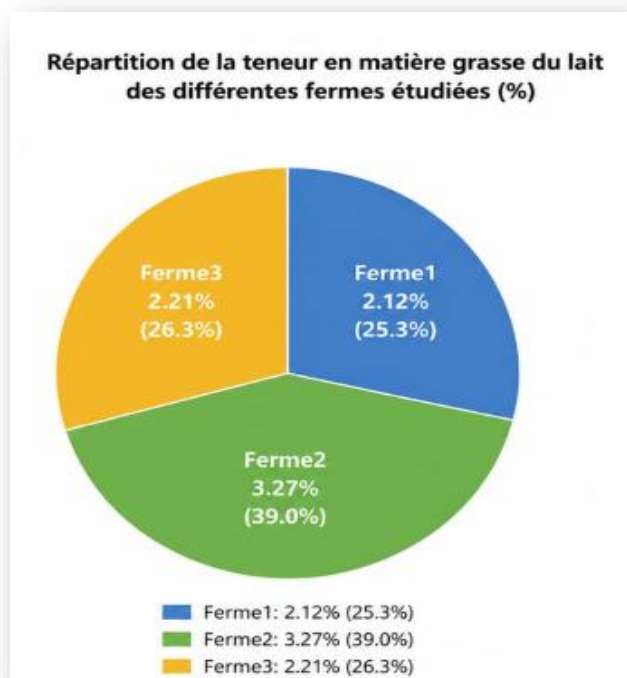


Diagramme circulaire 3: de la teneur en matière grasse du lait des différentes fermes (%)

L'analyse du diagramme circulaire relatif à la répartition du taux de matière grasse dans le lait des trois fermes étudiées révèle une hétérogénéité notable entre les exploitations. La ferme 2 enregistre le taux de matière grasse le plus élevé (3,27 %), suivie de la ferme 3 (2,21 %), puis de la ferme 1 (2,12 %).

Sur la base de ces résultats, on constate que la ferme 2 se distingue nettement par sa teneur en matière grasse par rapport aux fermes 1 et 3, avec un écart supérieur à 1 % par rapport aux autres exploitations. En revanche, on observe une grande proximité entre les taux des fermes 1 et 3, la différence entre elles n'excédant pas 0,09 %

Discussion

VII. Discussion

VII.1. Analyse de la composition physico-chimique du lait de chamelle

VII.1.1. Matière sèche (MS)

D'après les données de la littérature, Konuspayeva et al. (2009) et Konuspayeva (2020) indiquent que le lait de chamelle contient des taux moyens respectifs de matière sèche de 124,7 g/l et 122 g/l. Dans notre travail, les valeurs moyennes enregistrées varient entre 96 g/l au niveau de la ferme I et 270 g/l au niveau de la ferme II, alors que la ferme III présente une valeur moyenne de 150 g/l. En comparant nos résultats à ceux de la littérature, il ressort que les valeurs obtenues, notamment pour les fermes II et III, sont supérieures à celles rapportées par Konuspayeva et al. (2009) (124,7 g/l) et Konuspayeva (2020) (122 g/l), tandis que la valeur enregistrée pour la ferme I (96 g/l) s'avère inférieure à celles de ces auteurs.

VII.1.2. Matière protéique (MP)

Selon Konuspayeva et al. (2009), la teneur moyenne en matière protéique du lait de chamelle est de 33,5 g/L, tandis que Konuspayeva (2020) et Al-Haj et al. (2022) ont rapporté des valeurs moyennes respectives de 32,8 g/L et 31,7 g/L. Au cours de notre étude, les teneurs moyennes en matière protéique ont varié entre 42,06 g/L à la ferme I et 48,90 g/L à la ferme III, alors que la ferme II a enregistré une valeur moyenne de 44,98 g/L. La comparaison de nos résultats avec les données de la littérature montre que les teneurs obtenues dans les trois fermes sont supérieures à celles rapportées par les auteurs précédents, dont les valeurs se situent entre 31,7 g/L et 33,5 g/L. Ces résultats indiquent une teneur en protéines plus élevée dans les échantillons de lait de chamelle étudiés par rapport aux moyennes rapportées dans les études de référence.

VII.1.3. Matière grasse (MG)

Selon Sawaya et al. (1984), Konuspayeva et al. (2009) et Arain et al. (2023), la teneur en matière grasse du lait de chamelle présente une grande variabilité selon les études. Dans notre étude, les valeurs enregistrées variaient entre 2,12 % et 3,27 %, la teneur la plus élevée ayant été observée à la ferme II (3,27 %), suivie de la ferme III (2,21 %) puis de la ferme I (2,12 %). La comparaison de nos résultats avec les données de la littérature montre que ces valeurs sont inférieures à celle rapportée par Sawaya et al. (1984) (3,60 %) ainsi qu'à la moyenne issue de la méta-analyse de Konuspayeva et al. (2009), estimée à 3,82 % avec un écart-type de 1,08 %, correspondant à un intervalle de 2,74 % à 4,90 %. Toutefois, nos résultats demeurent conformes à la plage de variation rapportée par Arain et al. (2023), qui situe la teneur en matière grasse du

lait de chamelle entre 1,8 % et 4,3 %. Par ailleurs, la valeur obtenue à la ferme II se rapproche de la moyenne rapportée par Konuspayeva et al. (2009) et se situe à l'intérieur de son intervalle de variation, tandis que les valeurs observées dans les fermes I et III se placent dans la limite inférieure de cet intervalle.

VII.2. Analyse des résultats du questionnaire :

L'analyse des données recueillies auprès de 36 patients diabétiques, synthétisées dans un tableau unique, révèle une prédominance masculine (58,3 %) et une concentration d'âge supérieur à quarante ans (55,6 %), avec une nette prévalence du diabète de type 1 (29 patients) sur le diabète de type 2 (7 patients). Les résultats montrent que la grande majorité des patients (29) consomment du lait de chamelle comme traitement adjuvant à l'insuline, une pratique conforme au protocole de l'étude d'Agrawal et al. (2011), qui a démontré que l'ajout quotidien de 500 ml de lait de chamelle au traitement insulinique améliore significativement l'hémoglobine glyquée (HbA1c) et réduit la dose quotidienne d'insuline de plus de 46 %. Une minorité (7 patients) utilise ce lait en association avec la metformine, stratégie thérapeutique prometteuse soutenue par les travaux d'Ejtahed et al. (2015), qui suggèrent une synergie entre la metformine et les composés insulin-like présents dans le lait de chamelle.

En revanche, nos données indiquent que plus des deux tiers de l'échantillon (25 patients) consomment le lait sans aucun avis médical préalable. Ce comportement à risque, qualifié par Matheka & Demaio (2013) de « médecine complémentaire silencieuse », peut atteindre 80 % dans certains pays en développement, exposant les patients à des interactions médicamenteuses non contrôlées et à des hypoglycémies sévères. Par ailleurs, les résultats montrent un bon respect des conditions de consommation de base : une durée de consommation supérieure à trois mois (26 patients) et un volume quotidien compris entre 250 et 500 ml (tous les patients), conformément aux critères d'apparition des effets cumulatifs établis par l'étude longitudinale d'Agrawal et al. (2011).

Point crucial, tous les patients consomment le lait cru, sans aucun traitement thermique (36 patients). Ce comportement est biochimiquement justifié par l'analyse de Malik et al. (2012), qui a prouvé que les protéines insulin-like et les composés bioactifs perdent quasi intégralement leur structure tridimensionnelle à haute température (ébullition, pasteurisation), entraînant leur dénaturation et la perte de leur fonction biologique. Quant au moment de la consommation, les patients se répartissent également entre prise à jeun et prise postprandiale (18/18), deux options physiologiquement acceptables selon Malik et al. (2012) : la prise à jeun

accélère le transit gastrique, réduisant l'exposition aux enzymes protéolytiques acides, tandis que la prise postprandiale exploite la capacité naturelle du lait à former des vésicules lipidiques nanométriques protégeant les composés actifs.

Concernant l'effet clinique observé, la majorité des patients qualifie la rapidité d'action du lait de modérée à lente (31 patients), et tous, sans exception, confirment une réduction progressive, non brutale ni aiguë, de la glycémie (36 patients). Ce point est crucial pour la sécurité pharmacologique. L'explication physiologique est fournie par la revue d'Anwar et al. (2022), qui montre que le lait de chamelle n'agit pas comme une injection d'insuline directe, mais via deux mécanismes intégrés : l'amélioration de la sensibilité des récepteurs à l'insuline via l'activation des voies de signalisation cellulaire (IRS/PI3-kinase/AKT), et la stimulation de la translocation des transporteurs GLUT4 vers la membrane plasmique. Ces deux mécanismes nécessitent un temps d'activation suffisant, expliquant la nature progressive, lente et sécurisée de la baisse glycémique

La comparaison directe des glycémies pré- et post-consommation montre une amélioration clinique majeure : avant utilisation, la majorité des patients souffraient d'hyperglycémie sévère (> 3 g/L) (29 patients), alors qu'après utilisation, la plupart se situent dans une fourchette de 1 à 1,5 g/L (26 patients), reflétant une efficacité thérapeutique réelle. Ce résultat est en parfaite adéquation avec la revue systématique d'AlKurd et al. (2022), qui a démontré qu'une consommation régulière de lait de chamelle améliore significativement la glycémie à jeun et l'HbA1c, tant dans le diabète de type 1 que de type 2. Seuls trois patients présentent une hyperglycémie persistante, ce faible taux pouvant s'expliquer par des facteurs individuels (non-observance diététique, erreurs de conservation), comme discuté par AlKurd et al. (2022).

En termes de sécurité et de tolérance, nos résultats font état d'un excellent profil d'innocuité : aucun patient n'a rapporté d'effet indésirable grave (30 patients asymptomatiques). Seuls quelques cas de diarrhée bénigne (6 patients) ont été notés, phénomène physiologique transitoire lié à la richesse du lait en minéraux et vitamine C, sans rapport avec une toxicité médicamenteuse. Trois patients seulement ont présenté une hyperglycémie malgré l'utilisation, un chiffre ne remettant pas en cause la conclusion générale. Ces résultats confirment les travaux d'AlKurd et al. (2022) : le lait de chamelle bénéficie d'un haut niveau de sécurité et n'entraîne ni troubles métaboliques, ni toxicité rénale ou hépatique.

Enfin, dans l'évaluation subjective par les patients, la grande majorité qualifie le lait de chamelle de « traitement complémentaire » (33 patients), plutôt que d'« aliment ordinaire ». La plupart le recommandent à d'autres patients diabétiques (32 patients) et reconnaissent qu'une durée d'utilisation prolongée accroît l'efficacité (32 patients), observation cohérente avec les résultats à long terme de l'étude d'Agrawal et al. (2011), menée sur deux ans, qui confirme une relation directe entre la durée de consommation et le niveau de contrôle de l'HbA1c. Cet effet cumulatif s'explique biologiquement par la nécessité d'un délai suffisant pour la re-modulation des récepteurs à l'insuline et l'amélioration durable de la réponse cellulaire : plus la durée d'utilisation est longue, plus l'amélioration progressive et soutenue du contrôle glycémique est marquée.

VII.3. Synergie thérapeutique : Utilisation combinée de la Metformine et du lait de chamelle dans le diabète de type 2 :

La population de l'étude se compose de 36 patients diabétiques de type 1 et de type 2, tous résidents de la région d'El Oued en Algérie, partageant ainsi les mêmes conditions climatiques (chaud et sec) et régime alimentaire

Les résultats statistiques de notre étude actuelle révèlent qu'un sous-groupe de patients ($n = 7$) adopte une thérapie combinée associant le Glucophage (Metformine) à la consommation de lait de chamelle comme complément alimentaire naturel. Sur le plan biochimique et clinique, cette interaction apparaît extrêmement prometteuse. La metformine est classée comme traitement de première intention pour le diabète de type 2 (DT2), agissant principalement en réduisant la production hépatique de glucose et en augmentant la sensibilité cellulaire à l'insuline par l'activation de la voie AMPK.

En mettant cette approche en perspective avec les conclusions de l'étude d'Ejtahed et al. (2015), nous observons que le lait de chamelle contient des molécules de type insulin-like, partiellement protégées au sein de structures lipidiques et protéiques naturelles qui limitent leur dégradation gastrique et permettent leur interaction avec la circulation sanguine. Cette synergie pharmacocinétique et biologique entre la metformine et les composants du lait de chamelle pourrait expliquer l'amélioration observée des paramètres métaboliques. Par ailleurs, nos résultats indiquent que la majorité des participants consomment des quantités variant entre 250 et 500 ml par jour sur des périodes prolongées excédant 3 mois. Cette observance thérapeutique renforce le potentiel de synergie à long terme et ouvre des perspectives de recherche importantes sur l'efficacité de cette combinaison entre traitement pharmacologique

(Metformine) et médecine traditionnelle (lait de chamelle) pour la stabilisation glycémique et la réduction de l'insulinorésistance chez les patients diabétiques de type 2.

Cette synergie est confortée par nos données d'observance : la majorité des participants concernés respectent une posologie quotidienne de 250 à 500 ml (Tableau 7) sur des durées prolongées excédant trois mois (Tableau 6). Cette régularité thérapeutique renforce le potentiel de synergie à long terme entre le traitement pharmacologique et ce complément naturel, ouvrant ainsi des perspectives prometteuses pour la stabilisation glycémique et la réduction de l'insulinorésistance chez les patients DT2.

Les données statistiques présentées dans le Tableau 5 constituent un indicateur comportemental d'une importance majeure dans cette étude. En effet, les résultats révèlent que la grande majorité des patients diabétiques interrogés ($n = 25$) s'appuient sur le lait de chamelle comme traitement complémentaire à travers des pratiques d'automédication, sans obtenir de consultation médicale préalable. En contrepartie, le respect des directives médicales se limite à seulement un tiers de l'échantillon global ($n = 11$). L'explication initiale de cette réticence à consulter les praticiens est attribuée à la prédominance de l'héritage culturel et populaire, qui classifie le lait de chamelle comme un aliment naturel, totalement sûr et autonome. Cela génère chez le patient une fausse conviction selon laquelle ce comportement ne requiert aucune surveillance systématique de la part du médecin traitant.

Cette constatation régionale concorde étroitement avec les thèses scientifiques discutées par les chercheurs Matheka et Demaio (2013) dans leur étude de référence publiée dans la revue Pan African Medical Journal. Ces auteurs ont souligné que les taux d'utilisation de la médecine complémentaire et alternative (CAM) chez les patients diabétiques dans les pays en développement atteignent des proportions records, frôlant les 80 %. De plus, leur étude met en évidence un dilemme clinique courant : ces patients révèlent rarement leurs pratiques alternatives à leurs équipes médicales soignantes, ce qui explique et corrobore l'absence de coordination médicale observée dans notre tableau actuel.

L'explication scientifique et le risque physiologique sous-jacents à ce comportement non supervisé résident dans la probabilité d'interactions médicamenteuses entre les composés actifs du lait de chamelle et le traitement conventionnel prescrit, tel que l'insuline ou la metformine (Glucophage). Bien que des effets hypoglycémians aient été rapportés, sa consommation sans encadrement médical pourrait augmenter le risque d'instabilité glycémique ou d'épisodes d'hypoglycémie. Par conséquent, ce résultat exige une implication active du personnel médical

dans l'anamnèse nutritionnelle et le dépistage systématique des thérapies complémentaires consommées, afin de garantir leur intégration sécurisée dans le plan thérapeutique du patient.

Les résultats montrent que la variation de la composition chimique du lait de chamelle entre les fermes étudiées est principalement liée aux différences des régimes alimentaires adoptés. La deuxième ferme a enregistré les valeurs les plus élevées en matière sèche et en matières grasses, ce qui peut s'expliquer par la diversité de la ration alimentaire, comprenant des sources riches en énergie et en protéines telles que la luzerne, l'orge, les dattes et le son, ce qui a contribué à améliorer l'efficacité d'utilisation des nutriments et à augmenter la synthèse des composants du lait. De plus, la teneur élevée en matières grasses dans cette ferme pourrait être attribuée à l'abondance de sources d'énergie fermentescibles dans la ration, qui favorisent la production d'acides gras volatils, en particulier l'acide acétique, considéré comme le substrat principal de la synthèse des matières grasses du lait. Moges et al. (2016) ont montré que la supplémentation des rations des chameaux avec des aliments concentrés contribue à améliorer les propriétés physico-chimiques du lait et à augmenter la teneur en matières grasses. De même, Faraz et al. (2025) ont indiqué que l'amélioration de la nutrition par des compléments alimentaires conduit à une augmentation de la teneur en matières grasses et à une meilleure qualité du lait. Konuspayeva et al. (2009) ont également confirmé que la qualité du lait et sa teneur en matières solides sont étroitement liées au niveau nutritionnel de l'animal et à la qualité des aliments consommés.

Les résultats ont également montré une augmentation de la teneur en protéines dans toutes les fermes par rapport aux valeurs de référence rapportées dans la littérature, ce qui pourrait refléter la qualité des ressources alimentaires disponibles et la capacité des chameaux à utiliser les plantes désertiques et les aliments concentrés pour fournir les acides aminés nécessaires à la synthèse des protéines du lait. Dans ce contexte, Al-Haj et Kanhal (2010) ont expliqué que la teneur en protéines du lait de chamelle est directement influencée par l'équilibre de la ration alimentaire et par le niveau de protéines qu'elle contient.

En revanche, les valeurs les plus faibles ont été enregistrées dans la première ferme, qui dépendait uniquement du pâturage naturel, ce qui indique que la limitation des ressources alimentaires désertiques peut affecter négativement la concentration de certains composants du lait. Cette observation concorde avec les conclusions de Faraz et al. (2025), qui ont montré que l'amélioration de la nutrition par l'ajout d'aliments concentrés contribue à augmenter la teneur du lait en matière sèche et en matières grasses et à améliorer sa valeur nutritionnelle. Ainsi, ces résultats confirment qu'une alimentation équilibrée et diversifiée constitue un facteur essentiel

pour améliorer les propriétés chimiques et nutritionnelles du lait de chamelle et en rehausser la qualité.

Conclusion

Conclusion

Au terme de cette étude consacrée à l'effet du lait de chamelle sur la glycémie chez les patients diabétiques ainsi qu'à l'analyse physico-chimique de ce lait, les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence l'intérêt nutritionnel et thérapeutique potentiel de cette ressource naturelle saharienne. Les analyses réalisées ont révélé que le lait de chamelle possède une composition riche et équilibrée en protéines, matières grasses et matière sèche, avec des variations liées aux conditions d'élevage et aux différentes fermes étudiées. Ces caractéristiques confirment sa valeur nutritionnelle importante et son adaptation particulière aux conditions climatiques du milieu désertique. Par ailleurs, le suivi des patients diabétiques ayant consommé quotidiennement du lait de chamelle pendant une période de deux mois a montré une diminution progressive de la glycémie chez la majorité des participants, aussi bien chez certains patients atteints du diabète de type 1 que du type 2. Ces observations soutiennent les données rapportées dans plusieurs études scientifiques évoquant l'existence de composés bioactifs dans le lait de chamelle pouvant contribuer à l'amélioration de l'équilibre glycémique. Cette étude a également permis de valoriser un produit traditionnel largement utilisé dans la médecine populaire saharienne, tout en apportant une approche scientifique basée sur des analyses biologiques et un suivi expérimental des patients. Malgré certaines limites, notamment l'absence d'un groupe témoin et le nombre restreint de participants, les résultats obtenus demeurent encourageants et ouvrent des perspectives intéressantes pour de futures recherches plus approfondies. En , le lait de chamelle apparaît comme un aliment à haute valeur nutritionnelle pouvant constituer un complément bénéfique dans la prise en charge du diabète, tout en représentant un patrimoine alimentaire et thérapeutique important des régions sahariennes .

Bibliographie

Références bibliographiques :

- [1] Abd El-Hack, M.E., et al. (2020a). Nutritional and functional aspects of camel milk. *Animals*, 10(3), 1–15.
- [2] Abd El-Hack, M.E., et al. (2020b). Bioactive compounds in camel milk and health effects. *Journal of Dairy Research*, 87(4), 1–10.
- [3] Abd El-Hack, M.E., et al. (2021). Recent advances in camel milk research. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 1–12.
- [4] Acharya, K.R., et al. (2003). Structure and function of antimicrobial peptides. *Protein and Peptide Letters*, 10(1), 1–10.
- [5] Almaas, H., et al. (2008). Bioactive peptides in fermented milk. *Journal of Dairy Science*, 91(10), 3721–3730.
- [6] Al-Haj, O.A., & Al Kanhal, H.A. (2010). Compositional, technological and nutritional aspects of camel milk. *Saudi Medical Journal*, 31(11), 1200–1205.
- [7] Al-Juboori, A., et al. (2013). Physicochemical properties of camel milk in Iraq. *Journal of Camel Practice and Research*, 20(1), 45–52.
- [8] Al-Saleh, A.A., et al. (2014). Bioactive compounds in dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 67(4), 1–9.
- [9] Ashour, A.E., et al. (2019). Functional properties of camel milk proteins and hydrolysates. *Food Chemistry*, 274, 235–243.
- [10] Atanasova, J., & Ivanova, I. (2010). Antibacterial peptides in dairy products. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24(1), 2189–2192.
- [11] Baig, A., et al. (2022). Camel milk: composition, nutritional value and therapeutic properties. *Food Science and Nutrition Reviews*.
- [12] Brandelli, A., et al. (2015). Antimicrobial peptides from food proteins. *Current Opinion in Biotechnology*, 33, 167–173.
- [13] Chatterton, D.E.W., et al. (2006). Bioactive peptides in milk. *Journal of Dairy Science*, 89(4), 1331–1342.

- [14] El-Agamy, E.I. (2009). Camel milk: composition and potential health benefits. *Journal of Dairy Research*, 76(3), 345–354.
- [15] Ereifej, K.I., Alu'datt, M.H., & Al-Khalidy, R. (2011). Physicochemical characteristics of camel milk in Jordan. *Food Chemistry*, 124(2), 707–711.
- [16] Farah, Z. (1993). Composition and characteristics of camel milk. *Journal of Dairy Research*, 60(4), 603–626.
- [17] Fuquay, J.W., Fox, P.F., & McSweeney, P.L.H. (2011). *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2nd ed.). Academic Press, Elsevier.
- [18] Gammoh, N.A., et al. (2020). Bioactive components of camel milk and their health benefits. *Food Reviews International*.
- [19] Hailu, Y., Seifu, E., & Yilma, Z. (2016). Composition and microbiological quality of camel milk. *Journal of Food Quality*, 39(6), 590–597.
- [20] Hayes, M., et al. (2006). Functional foods and bioactive peptides. *British Journal of Nutrition*, 95(6), 1245–1253.
- [21] Hinz, K., O'Connor, P.M., & Huppertz, T. (2012). The composition and properties of camel milk proteins. *Journal of Dairy Science*, 95(11), 6064–6073.
- [22] Ismaili, M., et al. (2019). Nutritional and therapeutic properties of camel milk. *Journal of Dairy Science and Technology*.
- [23] Ito, M., et al. (1985). Antidiabetic properties of camel milk proteins. *Journal of Dairy Science*, 68(11), 3073–3078.
- [24] Jilo, K., & Tegegne, A. (2016). Chemical composition and medicinal value of camel milk. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 65(1), 1–10.
- [25] Jrad, Z., et al. (2014b). Functional properties of camel milk proteins. *Food Research International*, 66, 74–81.
- [26] Kishawy, A.T., et al. (2018). Bioactive peptides derived from camel milk proteins. *Food Bioscience*, 25, 1–10.
- [27] Korhonen, H., & Pihlanto, A. (2006). Bioactive peptides: production and functionality. *International Dairy Journal*, 16(9), 945–960.

- [28] Kumar, S., et al. (2016b). Functional properties of milk-derived peptides. *Food Chemistry*, 197, 679–686.
- [29] Lignitto, L., et al. (2012). Bioactive peptides from milk proteins. *Food Chemistry*, 135(2), 1125–1133.
- [30] Mehaia, M.A. (1996). Chemical composition of camel milk. *Food Chemistry*, 55(3), 207–212.
- [31] Moure, A., et al. (2006). Antioxidant activity of protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 97(2), 223–230.
- [32] Nahar, S.J., Rahman, M., & Islam, M.N. (2016). Nutritional quality and medicinal value of camel milk. *Journal of Dairy Research and Technology*, 5(2), 1–6.
- [33] Osman, M.A., et al. (2016). Bioactive peptides from camel milk proteins. *Journal of Dairy Research*, 83(2), 143–150.
- [34] Peng, Y., et al. (2009). Hypoglycemic effects of camel milk components. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 25(3), 208–212.
- [35] Phelan, M., & Kerins, D.M. (2011). The role of bioactive peptides in health. *Nutrition Research Reviews*, 24(1), 1–12.
- [36] Qian, Z.J., et al. (2008). Antioxidant and functional peptides from food proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(7), 2263–2270.
- [37] Rafiq, S., et al. (2016). Chemical composition, nitrogen fractions and amino acids profile of camel milk. *Food Chemistry*, 197, 673–679.
- [38] Rajapakse, N., et al. (2005). Bioactive peptides from fish proteins and their functional properties. *Process Biochemistry*, 40(4), 1239–1244.
- [39] Rizzello, C.G., et al. (2005). Bioactive peptides from fermented foods. *Journal of Applied Microbiology*, 98(1), 1–10.
- [40] Rival, S.G., et al. (2001). Insulin-like proteins in camel milk. *Journal of Endocrinology*, 171(1), 55–60.

- [41] Salami, M., et al. (2010). Bioactive peptides from milk proteins and health benefits. *Peptides*, 31(8), 1470–1478.
- [42] Sarmadi, B.H., & Ismail, A. (2010). Antioxidant peptides from food proteins: a review. *Peptides*, 31(10), 1949–1956.
- [43] Sawaya, W.N., et al. (1984). Chemical composition and nutritional value of camel milk. *Journal of Food Science*, 49(3), 744–747.
- [44] Sharma, R. (2014). Camel milk and its therapeutic potential. *Journal of Camel Health Science*, 7(2), 15–22.
- [45] Shori, A.B., & Baba, A.S. (2014). Comparative study of antioxidant activity of fermented milk. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(5), 439–445.
- [46] Siboukeur, O. (2008). Composition of camel milk in North Africa. *Revue des Régions Arides*, 22, 1–10.
- [47] Solieri, L., et al. (2015). Functional properties of fermented dairy foods. *Food Microbiology*, 46, 1–8.
- [48] Stahl, T., et al. (2006). Proteomic analysis of camel milk proteins. *Proteomics*, 6(9), 2561–2570.
- [49] Zhang, X., et al. (2016). Bioactive peptides in camel milk and metabolic effects. *Food Research International*, 89, 1–9.

Annexes



Quelques chamelles utilisées dans l'étude

القسم الرابع: تأثير حليب الناقة على نسبة السكر في الدم

سرعة التأثير: ☐ سريع ☐ متوسط ☐ بطيء ☐ لا يوجد تأثير

التغير في نسبة السكر: ☐ انخفاض ☐ استقرار ☐ ارتفاع

طبيعة الانخفاض (إن وجد): ☐ تدريجي ☐ مفاجئ

نسبة السكر قبل الاستعمال: ☐ 1.5-2 غ/ل ☐ 2-3 غ/ل ☐ أكثر من 3 غ/ل

نسبة السكر بعد الاستعمال: ☐ أقل من 1.5 غ/ل ☐ 1-1.5 غ/ل ☐ بقيت مرتفعة

الخامس: مراقبة نسبة السكر

☐ نعم ☐ أحياناً ☐ لا أعد مرات القياس: ☐ مرة يومياً ☐ أكثر من (Glucomètre) تستعمل جهاز قياس السكر مرة يومياً ☐ مرة في الأسبوع

القسم السادس: الآثار الجانبية والسلامة

هل ظهرت آثار جانبية بعد الاستعمال؟ ☐ لا ☐ نعم (إسهال / آلام معدة / غثيان / أخرى)

هل سجلت حالات ارتفاع في السكر رغم الاستعمال؟ ☐ نعم ☐ لا

القسم السابع: التقييم العام

برأيك حليب الناقة هو: ☐ علاج مساعد ☐ مكمل غذائي ☐ بديل للعلاج

هل توصي باستعماله لمرضى السكري؟ ☐ نعم ☐ لا ☐ حسب الحالة

هل تعتقد أن مدة الاستعمال تؤثر على فعاليته؟ ☐ نعم ☐ لا ☐ لا أعلم

شكراً جزيلاً على حسن تعاونكم

استبيان حول تأثير حليب الناقة على نسبة السكر في الدم

يهدف هذا الاستبيان إلى دراسة تأثير استهلاك حليب الناقة على نسبة السكر في الدم، وجميع المعلومات المقدمة ستعمل لأغراض علمية بحثية، فقط يرجى سرية.

القسم الأول: المعلومات العامة

الجنس: ☐ ذكر ☐ أنثى

العمر: ☐ من 20 سنة ☐ 20-40 سنة ☐ أكثر من 40 سنة

هل تعاني من داء السكري؟ ☐ نعم ☐ لا

نوع داء السكري: (إن وجد): ☐ النوع الأول ☐ النوع الثاني ☐ لا أعرف

القسم الثاني: نمط استعمال حليب الناقة

هل تستعمل حليب الناقة ☐ بصفة علاجية فقط

☐ مع دواء علاجي (مثل Metformine)

☐ مع الإنسولين

☐ مع علاج سكري آخر

☐ لا استعمال أي علاج سكري

☐ باستشارة طبية ☐ بدون استشارة

مدة الاستعمال: ☐ أقل من شهر ☐ 1-3 أشهر ☐ أكثر من 3 أشهر

الكمية اليومية: ☐ أقل من 250 مل ☐ 250-500 مل ☐ أكثر من 500 مل

طريقة الاستعمال: ☐ طازج ☐ مطبوخ ☐ ممزوج ☐ بعد الأكل ☐ مساء

وقت الاستهلاك: ☐ صباحاً على الريق ☐ بعد الأكل ☐ مساء ☐ وقت الاستهلاك

Questionnaire utilisé dans l'étude



