



UNIVERSITÉ MONTPELLIER II
SCIENCES ET TECHNOLOGIES DU LANGUEDOC

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ MONTPELLIER II

Formation Doctorale : **Sciences des Aliments**

École Doctorale : **Sciences des Procédés Biologique et Industriels**

Présentée et soutenue publiquement

Par

Mlle Gaukhar KONUSPAYEVA

22 mars 2007

Titre :

**Variabilité physico-chimique et biochimique
du lait des grands camélidés (*Camelus bactrianus*,
Camelus dromedarius et hybrides) au Kazakhstan.**

JURY

Mme Eliane DUMAY
M Bernard FAYE
M Anatoly IVACHSHENKO
M Gérard LOISEAU
M Frédéric GAUCHERON
M Jean-Paul RAMET
M Zakaria Farah

Université Montpellier II
CIRAD, Montpellier
KazSU Al Farabi, Almaty
SupAgro Montpellier
INRA, Rennes
ENSAIA, Nancy
ETH, Zurich

Président
Directeur de these
Codirecteurs de thèse
Codirecteurs de thèse
Rapporteur
Rapporteur
Rapporteur



UNIVERSITÉ MONTPELLIER II
SCIENCES ET TECHNOLOGIES DU LANGUEDOC

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ MONTPELLIER II

Formation Doctorale : **Sciences des Aliments**

École Doctorale : **Sciences des Procédés Biologique et Industriels**

Présentée et soutenue publiquement

Par

Mlle Gaukhar KONUSPAYEVA

22 mars 2007

Titre :

**Variabilité physico-chimique et biochimique
du lait des grands camélidés (*Camelus bactrianus*,
Camelus dromedarius et hybrides) au Kazakhstan.**

JURY

Mme Eliane DUMAY	Université Montpellier II	Président
M Bernard FAYE	CIRAD, Montpellier	Directeur de these
M Anatoly IVACHSHENKO	KazSU Al Farabi, Almaty	Codirecteurs de thèse
M Gérard LOISEAU	SupAgro Montpellier	Codirecteurs de thèse
M Frédéric GAUCHERON	INRA, Rennes	Rapporteur
M Jean-Paul RAMET	ENSAIA, Nancy	Rapporteur
M Zakaria Farah	ETH, Zurich	Rapporteur

*Посвящаю моим самым родным
маме, папе, Ерлану и Зере
за всю любовь, за заботу и поддержку в трудные минуты*

Remerciements

Je tiens à remercier particulièrement, Bernard FAYE, qui a été « le moteur » de cette aventure, qui m'a fait venir en France, et m'a aidé à faire mon chemin ici. Il donne à travers le monde un vrai cours d'humanisme et aime tellement les chameaux...

Je souhaite aussi remercier particulièrement Gérard LOISEAU, toujours de bonne humeur et positif, toujours avec beaucoup d'idées et toujours aussi avec ses blagues...

Vous resterez à mes yeux comme des personnes entières et pleines de talents aussi bien dans la recherche que dans les relations humaines. Des fois, les mots ne suffisent pas pour exprimer tout le bien qu'on ressent ! Juste MERCI à vous !!!

Je voudrais également remercier mon directeur kazakhe Anatoliï Ivachshenko, même s'il semble très réservé, il a toujours été très à l'écoute et très attentif.

Mes remerciements s'adressent à l'ambassade de France d'Almaty au Kazakhstan, à Mr Claude Crouaille, Mr François-Olivier Seys ainsi que le personnel du service de coopération et d'action culturelle pour leur appui, leur accueil, leur disponibilité.

Je souhaite aussi remercier ma collègue, Mlle Mirash Narmuratova qui est devenue une grande amie, sans qui je n'aurais pas pu réaliser tous ces prélèvements d'échantillons de lait, et avec qui j'ai traversé le Kazakhstan d'un bout à l'autre.

Je voudrais également remercier Mr Didier LEVIEUX et Mme Annie LEVIEUX, qui m'ont donnée le plus beau

cours de travaux pratiques de biochimie, que j'avais seulement lu et jamais osé penser faire moi-même.

Je remercie tous les fermiers du Kazakhstan qui m'ont accueillie et rendu service en me permettant de réaliser cette recherche.

Je n'oublie pas de remercier les chercheurs du CIRAD, qui n'arrêtent pas de changer les noms de leurs équipes, mais pour moi ils restent ceux de Lavalette et de Baillarguet.

Je n'oublie pas non plus de remercier les chercheurs de l'université Al-Farabi et de l'université Agraire, notamment Mme Assiya Serikbayeva, pour son aide et sa disponibilité.

Je remercie aussi Isabelle Mobêche, pour son soutien moral.

Je veux remercier aussi l'ensemble des ex-thésards, thésards et stagiaires du CIRAD : Thavarit, Sandra, Ratanaporn, Tuyi, Mahmoudou, Chehma, Rabiya, Tuan, Sallam, David, Zelalem, Duy, Roger etc... pour l'ambiance qui a contribué à des moments d'échanges culturels et personnels très forts.

Enfin GRAND merci à tous les chameaux du Kazakhstan, tellement dispersés qu'ils m'ont fait parcourir au total plus de 50 000 km !!!

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	2
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
I. - REGARDS SUR LE KAZAKHSTAN ET LA PLACE DE L'ÉLEVAGE	5
II - PLACE DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION DU LAIT AU KAZAKHSTAN	
(CHAMELLE/JUMENT/VACHE).....	12
III - CARACTÉRISTIQUES ZOOTECHNIQUES DES CHAMEAUX AU KAZAKHSTAN.....	14
IV - LE LAIT DE CHAMELLE ET LES PRODUITS LAITIERS DÉRIVÉS.....	27
IV.1. - <i>Fabrication du shubat</i>	29
IV.2. - <i>Fabrication du 'Chal' et de l'Agaran'</i>	32
IV.3. - <i>Fabrication du doïran</i>	33
IV.4. - <i>Fabrication de « kourt » à partir du shubat</i>	33
IV.5. - <i>Fabrication de « balkaimak »</i>	34
V - PROPRIÉTÉS DU LAIT DE CHAMELLE POUR L'INDUSTRIALISATION	35
VI - UTILISATION MÉDICINALE ET THÉRAPEUTIQUE DU LAIT DE CHAMELLE	37
VI.1. - <i>Propriétés anti-infectieuses</i>	37
VI.2. - <i>Cancer et maladies auto-immunes</i>	38
VI.3. - <i>Diabète</i>	38
VI.4. - <i>Reconstituant</i>	39
VI.5. - <i>Allergie</i>	39
VII - COMPOSANTS DU LAIT DE CHAMELLE ET PROPRIÉTÉS MÉDICINALES	40
VII.1. - <i>Les facteurs antimicrobiens</i>	40
VII.2. - <i>Le facteur anticancéreux</i>	46
VII.3. - <i>Le facteur antidiabétique : l'insuline</i>	47
VII.4. - <i>Les facteurs stimulants : la vitamine C</i>	47
VII.5. - <i>Les propriétés du shubat</i>	49
MATÉRIELS ET MÉTHODES	51
I - ZONE DES PRÉLÈVEMENTS DU KAZAKHSTAN.....	51
II - ECHANTILLONNAGE DU LAIT, DU COLOSTRUM ET DU SHUBAT.....	55
III - CHOIX DES PARAMÈTRES ET DES MÉTHODES D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE	57
III.1 - <i>Analyse des matières azotées</i>	57
III.1.1 - <i>Matières azotées totales (MAT) ISO 8968 – 1 : 2001</i>	57
III.1.2 - <i>Matières protéiques – titrables</i>	59
III.1.3 - <i>Analyse de l'azote non protéique</i>	60

<i>III.2 - Analyse des matières grasses</i>	62
III.2.1 - Matières grasses (MG)	62
III.2.2 - Méthode rapide.....	63
III.2.3 - L'indice d'iode par méthode de Margoshes.	63
<i>III.3 - Analyse des vitamines et glucides</i>	64
III.3.1 - Vitamine C	64
III.3.2 - Lactose	65
<i>III.4 - Analyses physico-chimiques</i>	69
<i>III.5 - Analyse des minéraux</i>	70
IV - ANALYSES BIOCHIMIQUES SPÉCIFIQUES	71
<i>IV.1 - Analyse des lactoprotéines : Lactoferrine et Immunoglobulines</i>	71
<i>IV.2 - Analyse des matières lipidiques</i>	74
<i>IV.3 - Analyses statistiques sur R © et WinStat-CIRAD ©</i>	78
IV.3.1 - Analyses descriptives univariées.....	79
IV.3.2 - Analyses inférentielles	79
IV.3.3 - Analyses exploratoires multivariées.....	79
IV.3.4 - Analyses confirmatoires multivariées	79
RÉSULTATS	82
I - LAIT CRU	82
<i>I.1 - Analyses univariées</i>	82
I.1.1 - Description univariée des paramètres	82
I.1.2. - Facteurs de variation	83
I.1.3. - Résultat de l'analyse ANOVA (effet des facteurs et des interactions)	90
<i>I.2. - Analyses multi-variées</i>	110
I.2.1. - Typologie des laits globaux	110
I.2.2. - L'analyse de l'effet « espèce »	114
I.2.3. - Typologie et discrimination par « région »	121
I.2.4. - L'analyse de l'effet « saison »	126
<i>I.3. - Effet du stade physiologique</i>	130
II - COLOSTRUM	132
<i>II.1. - Description univariée des paramètres physico-chimiques</i>	132
<i>II.2. - Analyses multivariées de la composition du colostrum</i>	135
II.2.1. - Analyse de la matrice de corrélation.....	135
II.2.2. - Variation de la composition du colostrum après la mise bas	136
III - SHUBAT.....	137
<i>III.1. - Analyses univariées</i>	137
III.1.1. - Description univariée des paramètres physico-chimiques	137
III.1.2. - Facteurs de variation	138
<i>III.2. - Analyses multivariées</i>	146

III.2.1. - Analyse de matrice de corrélation	147
III.2.2. - Typologie du shubat	151
LACTOFERRIN AND IMMUNOGLOBULIN CONTENTS IN CAMEL'S MILK (<i>CAMELUS</i>	156
<i>BACTRIANUS</i> , <i>CAMELUS DROMEDARIUS</i> , AND HYBRIDS) FROM KAZAKHSTAN	156
FATTY ACIDS COMPOSITION OF DROMEDARY AND BACTRIAN CAMEL MILK IN KAZAKHSTAN	165
DISCUSSION	172
<i>I - Dispositif d'échantillonnage.....</i>	<i>172</i>
<i>II - Méthodes de laboratoire</i>	<i>172</i>
<i>III - Composition du lait de chamelle.....</i>	<i>174</i>
III.1. - Comparaison globale avec les données de la littérature	174
III.1.2. - Méta-analyse des références bibliographiques sur la composition du lait de chamelle dans le monde	176
III.3. - Classification des références bibliographiques.....	181
<i>IV - Méthodes d'analyses physico-chimiques du lait utilisées dans la littérature</i>	<i>186</i>
<i>V - Effets des facteurs.....</i>	<i>187</i>
<i>VI - Considérations pratiques sur la typologie des laits.....</i>	<i>190</i>
<i>VII - Particularités du colostrum de chamelle</i>	<i>190</i>
<i>VIII - Composition du shubat</i>	<i>191</i>
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES.....	192
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	197
ANNEXES.....	208



Introduction

Introduction

En Asie centrale et au Kazakhstan en particulier, la consommation de lait d'espèces non conventionnelles (jument, chamelle) est culturellement importante. Depuis toujours les consommateurs de ces produits leurs attribuent des propriétés médicinales. Dans les nombreux sanatoriums du Kazakhstan ou bien en famille, des régimes très riches en ces laits sont suivis à raison de plusieurs litres par jour. La plupart des études relatives aux bienfaits de ces produits ont été réalisées par les scientifiques soviétiques confortant l'avis empirique des consommateurs. C'est ainsi qu'à l'époque de l'URSS, ces filières laitières ont connu une expansion très importante. De grandes fermes collectives rassemblant des centaines de juments et de chammelles produisaient du lait qui était transformé dans des laiteries industrielles et distribué dans les centres urbains. En parallèle existait une production familiale ou artisanale, source de revenus pour les habitants de la steppe.

L'effondrement de l'URSS et l'avènement des nouveaux états indépendants (New Independent States), comme la république du Kazakhstan se sont accompagnés de la déstructuration de ces filières avec l'arrivée sur les marchés de produits laitiers étrangers. Malgré l'engouement persistant pour les produits traditionnels, les volumes de production et de consommation ont fortement chuté. Il y a donc urgence à revaloriser ces productions locales face à la concurrence des produits importés et à redynamiser ces filières sinistrées en assurant :

- d'une part, une meilleure caractérisation des produits locaux en vue de leur standardisation pour intégrer le marché international,
- d'autre part, une maîtrise de la qualité globale de ces laits tout au long de la filière.

Compte tenu de ce diagnostic, un projet de collaboration scientifique s'est constitué visant à :

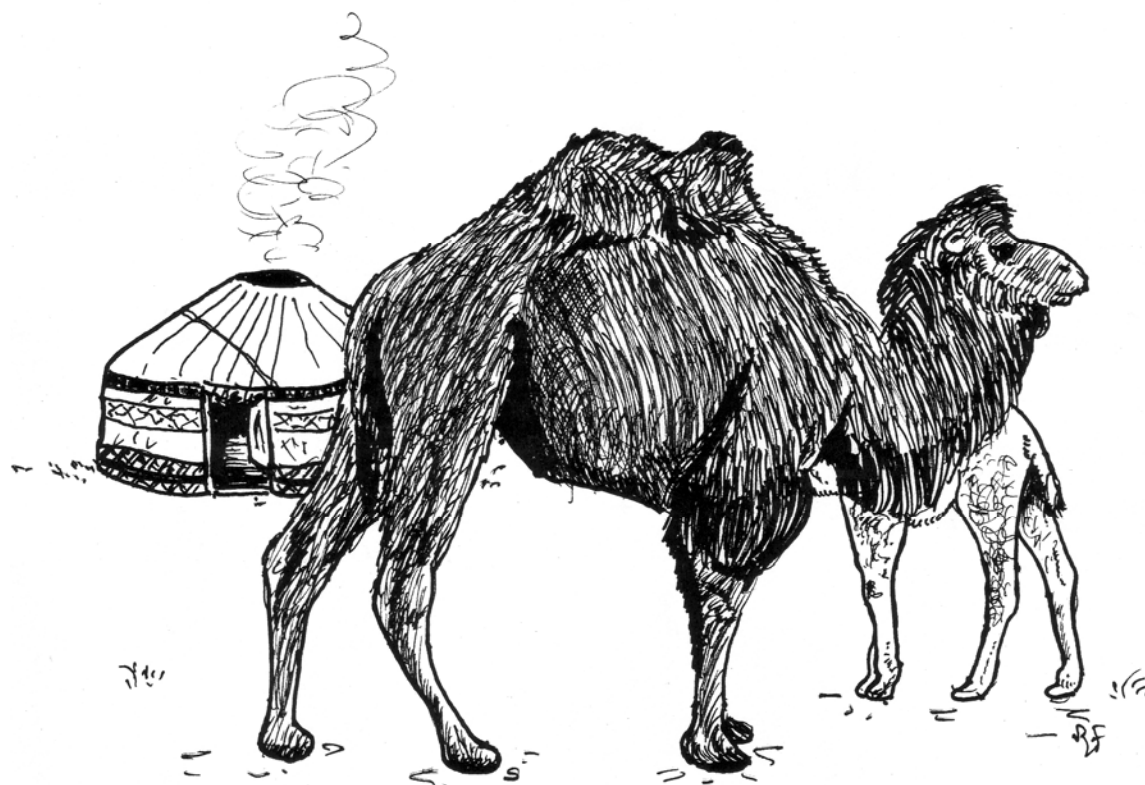
1. travailler sur les laits traditionnels car seuls ces produits sont originaux et peuvent faire l'objet d'une valorisation à l'exportation, les autres produits étant trop concurrentiels sur le marché international,
2. identifier les facteurs de variabilité de la composition des laits traditionnels afin de proposer des standards sur des bases solides et internationalement reconnues,

3. moderniser les méthodologies et les techniques d'analyse des produits laitiers pour une meilleure connaissance de ces produits,
4. mettre en place des compétences sur la gestion de la qualité tout au long de la filière.

Notre travail de thèse s'inscrit dans le second point de ce projet de collaboration. Les objectifs de notre travail sont donc :

- D'abord caractériser la variabilité optimale de la composition du lait de chamelle. Par hypothèse, cette variabilité peut se décliner en variabilité saisonnière, géographique et génétique. Aussi, avons-nous pris en compte la composition du lait de chamelle pendant toutes les saisons de l'année des régions traditionnelles d'élevage des chameaux, et sur les deux espèces de camélidés qui cohabitent au Kazakhstan : chameau de Bactriane, dromadaire ainsi que leurs hybrides. Il y a en effet très peu d'informations concernant le lait de ces animaux en Asie Centrale, sur l'influence de la saison, de l'origine géographique et génétique, et encore moins de leurs interactions. Pour cela nous avons donc analysé les différents paramètres physico-chimiques du lait cru, ainsi que ceux du colostrum et du lait fermenté (appelé shubat) en tenant compte des facteurs de variation retenus.
- Ensuite, afin de quantifier certains composants biochimiques pouvant expliquer les propriétés médicinales attribuées au lait de chamelle, nous avons dosé la lactoferrine (et dans le même temps les immunoglobulines G). En effet, cette protéine est réputée pour ses propriétés antibactériennes, antivirales et anticancéreuses, et serait présente selon quelques références en plus grande quantité que dans le lait de vache.
- Enfin, nous avons analysé la composition en acides gras de la matière grasse du lait, qui joue un rôle reconnu sur le plan diététique.

Ce travail de caractérisation du lait de chamelle représente une étape indispensable pour contribuer à sa valorisation économique à l'heure où le Kazakhstan s'ouvre au marché mondial.



Revue bibliographique

Revue bibliographique

I. - Regards sur le Kazakhstan et la place de l'élevage

Le Kazakhstan, avec ses 2 717 300 km² de superficie totale (9^{ème} place mondiale), ses 12 012 kms de frontière avec la Russie, la Chine, le Kirghizstan, l'Ouzbékistan et le Turkménistan est situé au cœur de l'Asie Centrale (Figure 1). Peuplé de seulement, 16 741 519 habitants au 1^{er} janvier 2006, il apparaît comme un pays de faible densité humaine. Et on comprend par ces seuls chiffres que l'activité agricole ne se situe pas ou peu dans une perspective d'intensification.



Figure 1. Le Kazakhstan sur la carte du monde.

- Une géographie de grands espaces

Pays peuplé autrefois de cavaliers nomades, plus que 80% du territoire est composé de déserts et de steppes (Figure 2).

La partie centrale est un plateau sablonneux avec des petites collines appelées en Kazakh « *Melkosopochnik* ». Ce plateau est entouré au nord et nord-est par les plaines de la Sibérie occidentale, au sud par la plaine *Touran*, à l'ouest par la plaine de la Caspienne. A l'est et au sud-est du pays, plusieurs chaînes de montagnes (*Altay*, *Djungar Alatau*, *Tien Shan*) alternent avec des dépressions (*Zaisan*, *Balkhach*, *Alaköl*, *Ili* et *Chu*, *Talas*) qui comprennent des déserts sablonneux (*Sary-Ishikotrau* et *Moyoumkum*). Le point culminant (*Khan-Tengri*) dans la chaîne *Alatau* s'élève à 6 995 m (ou selon certaines données à 7010 m) au-dessus du niveau de la mer.



Figure 2. Carte géographique du Kazakhstan.

Tableau 1. Types de terrains au Kazakhstan

[In: « Kazakhstan. Rangelands in transition: the resources, the users and sustainable use ». Tjaart W.Schillborn Van Veen, Ilya I.Alimaev, Bulat Itkelov, World Bank Technical Paper.]

Zones		Superficie (ha x 1000)	Aire de pâturage		Difficultés techniques	Producteurs viables
Ecologique	Régionale		%	ha x 1000		
Steppe	Steppe humide nord	15 670	20%	3 250	Généralement terre agricole et forêts, exploitation d'élevage intensif. Pluviométrie 200-400 mm	50%
	Steppe	20 590	30%	6 170	Manque d'eau, conversion de terre, loin des marchés. Pluviométrie 200-300 mm	40%
	Steppe sèche	45 970	30%	13 790	Manque d'eau, conversion de terre, loin des marchés.	30%
	Steppe est	4 780	30%	1 430	Manque d'eau, érosion	<5%
Demi-désert		36 250	30%	12 080	Manque d'eau, limite de libre accès et mobilité. Pluviométrie < 200 mm	<5%
Désert		103 930	50%	51 960	Manque d'eau, conversion de terre, loin des marchés, limite de libre accès et mobilité.	10%
Piedmont	Piedmont	3 700	15%	550	Manque d'eau, érosion	10%
	Piedmont sec	16 290	10%	1 630	Manque d'eau, conversion de terre, loin des marchés.	10%
	Piedmont est	5 020	10%	500	Manque d'eau, érosion	20%
Autres	Montagne	8 060	35%	2 820	Limite d'accès saisonnier. Pluviométrie 250-600 mm	10%
	Terre submersible des rivières	390	10%	40	Limite d'accès saisonnier.	50%
Total		260 650		95 220		

La principale ressource alimentaire pour le cheptel est celle de parcours naturels. Ces pâturages sont généralement localisés dans quatre zones géographiques avec des caractéristiques écologiques différentes (Tableau 1) : (i) zone plate de la steppe, large bande longeant le territoire au Nord du Kazakhstan, caractérisée par une végétation à base de « seley » *Stipa spp*, « bozot » fétuque (*Festuca spp.*) et « djousan » avoine sauvage (*Avena spp.*). (ii) zone semi-désertique, constituée d'une bande traversant le Kazakhstan Central, typique avec ses broussailles et ses pâturages à « djousan » armoise (*Artemisia spp.*). (iii) la zone désertique s'étendant du sud à l'ouest du pays. Cette zone contient les déserts de sable avec une végétation boisée à base de « saxaoul » (*Haloxylon spp.*), parfois mêlée de *tamaris* (*Tamarix spp.*) et de « djousan », armoise (*Artemisia spp.*). (iv) les pâturages du sud entrecoupés de bassins désertiques, qui peuvent-être utilisés toute l'année. Ces zones s'entrelacent avec des micro-écosystèmes comme par exemple les forêts steppiques au nord.

- Une histoire dominée par le nomadisme

Historiquement, d'après les données les plus anciennes disponibles sur les kazakhs et les peuples vivant sur le territoire actuel du Kazakhstan (époques Mésolithique et Néolithique) toute la population était nomade. La vie était construite, organisée en tribus et autour d'un noyau familial. L'administration était basée sur les règles tribales. Sur la base d'un mode de vie nomade, on élevait traditionnellement 4 espèces animales : des moutons, des chevaux, des bovins et des chameaux. La richesse des familles et des tribus s'exprimait en nombre de têtes de bétail.

L'ère soviétique a été marquée par une rupture brutale de ce mode de vie avec la sédentarisation forcée et la collectivisation des structures agricoles. Depuis l'indépendance en 1991, le retour à la privatisation a été marqué dans un premier temps par une déstructuration de nouveau brutale du tissu agricole et un souci de modernisation tant des infrastructures que des pratiques agricoles.

- Une administration en cours de modernisation.

La république comprend 14 régions (oblys) administratives, avec pour capitale Astana (fondée en 1998), mais la plus grande ville et la capitale économique reste Almaty (ancienne Alma-Ata) avec plus de 1,3 millions d'habitants. Un effort

considérable est consenti par les autorités politiques pour moderniser l'administration en général et l'agriculture en particulier (Figure 3).



Figure 3. Carte du Kazakhstan avec ses divisions administratives en oblys.

Parmi les oblys, deux jouent un rôle important dans le développement de l'agriculture car ils sont plus peuplés que les autres : l'oblys d'Almaty et celui de la région du Kazakhstan méridional.

- L'agriculture : un potentiel considérable

Avec environ 180 millions d'hectares de steppes et de territoires montagneux, le Kazakhstan prend la sixième place des pays en terme de ressources pastorales (après l'Australie, la Fédération de la Russie, la Chine, les USA et le Canada) et la première place selon la surface de pâturages par tête de bétail. Environ seulement 10% de ces terres sont cultivées, et la population rurale dépend essentiellement de l'élevage traditionnel, ce qui représente 4 à 5 millions d'habitants (Tableau 1). Plus de 40% de la population vit dans les zones rurales. La part de l'agriculture a atteint 8,7% du PIB en 2004.

La dégradation des ressources pastorales au Kazakhstan s'est aggravée dans la période 1960-1980 en raison de la conversion des pâturages en terres agricoles et autres (programme « valorisation des terres vierges »), mais aussi du fait du surpâturage. Cette détérioration s'est accentuée avec la chute du niveau des nappes

phréatiques près des rivières et fleuves et surtout autour de la Mer d'Aral. Une grande partie des terres se sont désertifiées et/ou salinisées, les rendant impropres au pastoralisme.

L'Etat a décrété les années 2003-2005, années de soutien à l'agriculture en investissant 600 Mds de KZT (Tengué) (4,6 Mds USD) dans un secteur qui a dégagé 694,7 Mds de KZT (5,3 Mds USD) de bénéfices en 2004. Les estimations pour 2005 étant de l'ordre de 770 Mds de KZT (5,9 Mds USD). La part des exportations agricoles représentait, en 2004, 8,7% du total des exportations kazakhstanaïses. Depuis, un programme de développement durable pour la période 2005-2010 a été décidé. Il a donné naissance à une loi sur la gestion étatique de l'ensemble du secteur agricole et des zones rurales (n°184-185 du 12 Juillet 2005).

Les principales ressources sont dans le domaine de l'élevage, les produits des filières bovines et ovines (produits laitiers, viande, laine) et dans le domaine des productions végétales : le blé, le coton et le riz (Figure 4). Selon l'Agence de Statistiques Nationale, seul le lait de vache était pris en compte et non le lait de chamelle ou de jument, pourtant culturellement important.

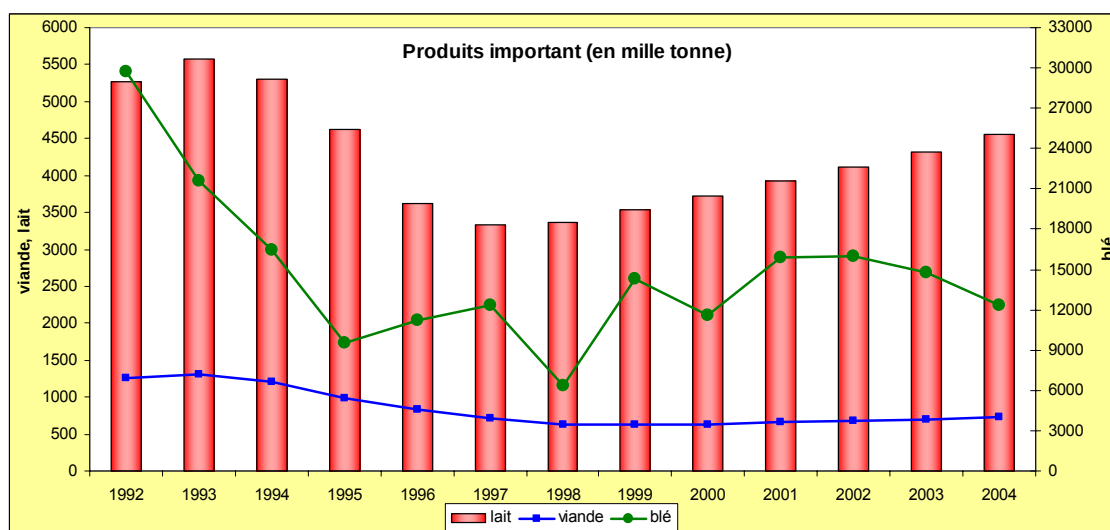


Figure 4. Évolution de la production de lait, de viande et de blé au Kazakhstan depuis 1992 en milliers de tonnes (1992-2004).

Dans le secteur agricole, les priorités sont le blé, qui représente 79,6% de surfaces agricoles et aussi le blé dur, la betterave sucrière, le coton, le tournesol, le colza, l'orge et d'autres cultures fourragères. [cf. « Fiche de synthèse. Missions économiques. L'Agriculture au KZ. 22 février 2006 »].

L'évolution des prix depuis l'indépendance diffère selon les types de production mais la tendance est à une plus forte augmentation des prix des produits animaux (Figure.5).

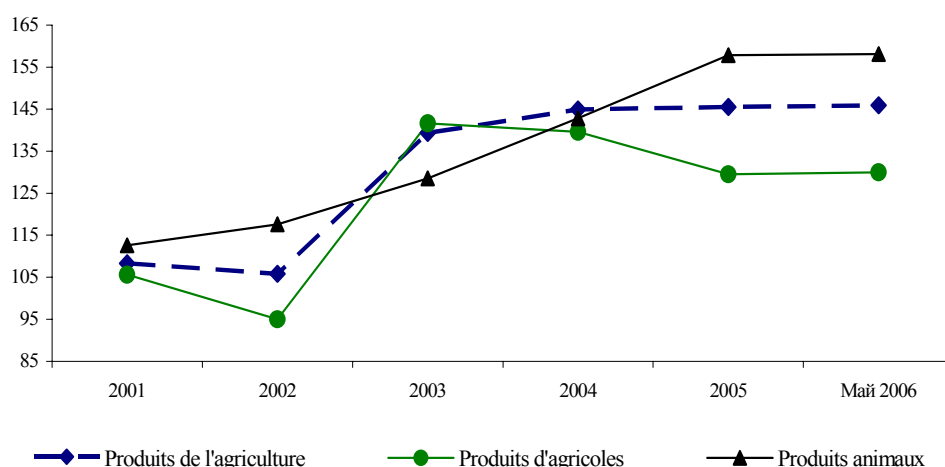


Figure 5. Evolution de l'indice des prix des produits de l'agriculture depuis 2006, En pourcent par rapport aux prix de décembre 2000.

- L'élevage, une richesse et une biodiversité à valoriser

Actuellement l'élevage au Kazakhstan concerne les espèces suivantes : les grands ruminants (vaches), les petits ruminants (moutons et chèvres), les chevaux, les chameaux, les cochons, les marals (serf élaphe asiatique) les cerfs et les volailles (Figure 6). Après la désagrégation de l'Union Soviétique, les effectifs des cheptels ont chuté et 16 ans après l'indépendance ils n'ont pas encore rattrapé les effectifs de 1990. Une sensible remontée des effectifs s'opère depuis 2001 seulement.

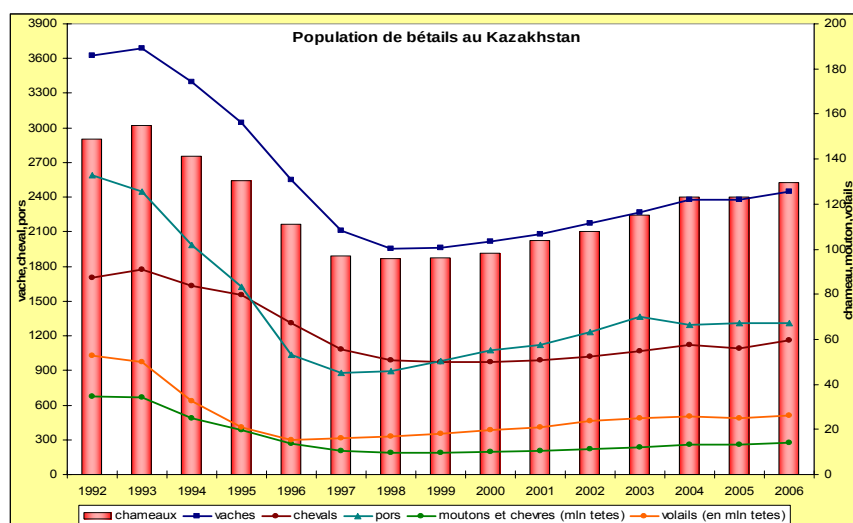


Figure 6. Evolution des effectifs des cheptels depuis 1992 au Kazakhstan.

La population bovine est représentée par 8 races locales ou régionales (Kazakhe à tête blanche, brun Letton, pie-noire, rouge de la steppe, Alataou, Aouliyekol, Gallovei, Aoulieata) et 4 races exogènes (Hereford, Santagertrudis, Aïrshir, Simmenthal).

Les races de petits ruminants sont nombreuses : édilbaï, akjaïk, tcigaï, kazakhe à queue grasse, queue grasse de Sary-arka, kazakhe-poil à toison fine, kazakhe viande-laine, mérinos d'Australie, degeresse mi-«poil à toison fine», atyraou viande grasse, karakul de couleur blanc, karakul de couleur gris, karakul de couleur «sür», karakul de couleur noire, mérinos du Kazakhstan-nord, mérinos du Kazakhstan-sud, MShK.

Les 12 races de cheval du Kazakhstan sont les races kazakhe, kostanaï, kushum, mugoljar, pure sang d'équitation, kazakhe de type djébé, ahalteke, cheval du Don, russe de gros trait, russe trotteur, adaï, karabaïr.

Il y a trois espèces de truies : large white, allemande noble et Duroc.

Pour la population cameline au Kazakhstan, il y a deux espèces : le chameau de Bactriane race « *Kazakhe Bactriane* », avec ses trois types : *Oralbokeilik*, *Kyzylorda* et *Ongtüstik Kazakhstan* ; le dromadaire de race *Arvana*.

La particularité du Kazakhstan est d'utiliser parmi les animaux laitiers, outre des vaches, deux espèces moins conventionnelles à savoir les chammelles et les juments (le lait des petits ruminants est rarement valorisé). Le lait de ces deux espèces est généralement consommé sous forme de boissons traditionnelles fermentées : *shubat* (chammelle) et *koumis* (jument).

Il n'existe pas au niveau national de statistiques de production de laits de chammelles et de juments.

- Un élevage camelin essentiel en zones steppiques

Par rapport à l'année 2005, l'effectif de la population cameline a augmenté dans tous les oblys, sauf dans celui de Shygys-Kazakhstan oblysy, où la population a diminué, et dans les oblys Akmola, Batys-Kazakhstan, Kostanaï où elle est restée stable (Tableau 2).

Tableau 2. Population de chameaux dans les régions du Kazakhstan au 1^{er} juillet 2006 (selon l'Agence des Statistiques du Kazakhstan).
(* en % par rapport l'année précédente).

	Chameaux		Chevaux		Bovins	
	Milliers têtes	*	Milliers têtes	*	Milliers têtes	*
Akmola	0,1	100,0	100,7	100,5	489,0	100,7
Aktobe	16,3	105,8	76,5	106,4	481,1	106,0
Almaty	5,3	103,9	229,8	104,4	844,6	109,2
Atyraou	31,0	103,3	45,3	102,3	169,4	105,9
Shygys-Kazakhstan	0,4	80,0	181,4	107,1	926,8	104,1
Jambyl	4,7	104,4	82,5	103,9	329,0	105,0
Batys-Kazakhstan	3,7	100,0	57,5	102,9	494,3	101,9
Karagandy	1,4	107,7	144,8	102,2	498,4	103,5
Kostanaï	0,2	100,0	75,2	103,0	583,4	106,8
Kyzylorda	25,1	102,9	56,5	103,1	230,8	106,7
Manggystaou	39,9	105,6	35,2	100,6	10,0	117,6
Pavlodar			78,8	105,9	431,3	103,4
Soltüstik-Kazakhstan			99,6	104,0	458,7	101,5
Ongtüstik-Kazakhstan	17,1	111,0	143,7	108,6	769,2	109,1
Ville Astana			0,3	100,0	1,8	47,4
Total Kazakhstan	145,2	104,9	1408,2	104,4	6722,6	105,1

Les oblys les plus peuplés en camelins (Atyraou, Kyzylorda, Manggystaou, Aktobe, Ongtüstik-Kazakhstan) sont aussi les plus arides. Les structures d'élevage varient beaucoup d'une région à l'autre. Seule dans les oblys de Karagandy, d'Akmola, de Shygys Kazakhstan (Kazakhstan oriental) et de Kostanaï, la population caméline est marginale.

II - Place de la production et de la consommation du lait au Kazakhstan (chamelle/jument/vache)

Si nous pouvons nous permettre une comparaison de la structure de la production et de la consommation de lait entre la France et le Kazakhstan, on peut constater dans les deux cas une dominante du lait de vache dans la production et la consommation, mais avec une forte présence d'espèces généralement marginales dans la production laitière (Faye, 2006) :

- en France, il s'agit de la chèvre et du mouton dont le lait est consommé essentiellement sous forme de fromages,
- au Kazakhstan, il s'agit de la jument et de la chamelle dont le lait est principalement consommé sous forme de lait fermenté liquide. Cela se traduit en conséquence par des structures de consommation très différentes (Figures 7 et 8).

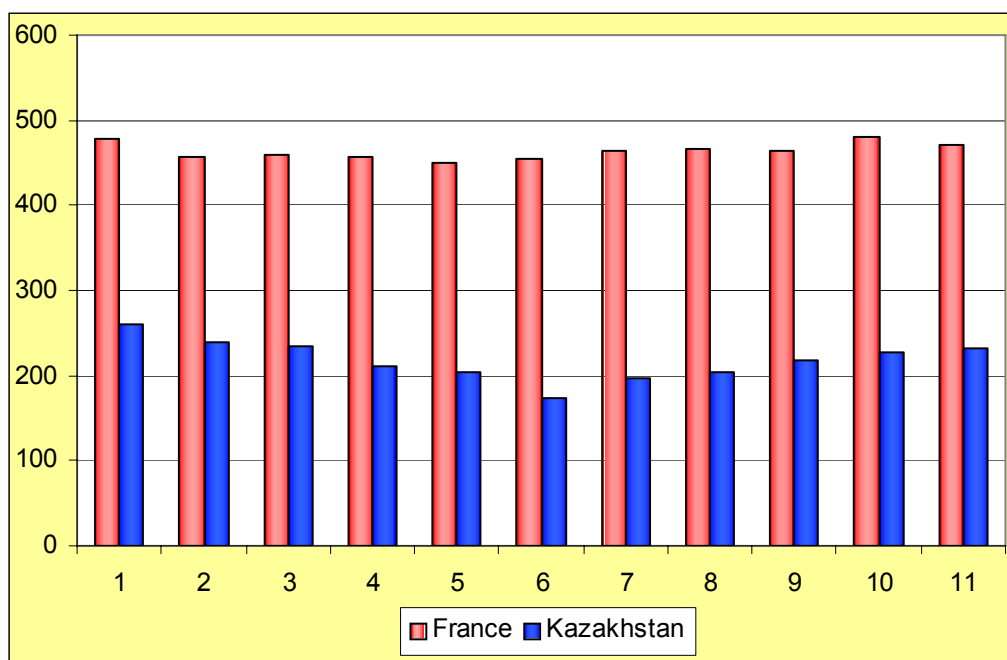


Figure 7. Évolution entre 1992-2002 de la consommation de lait en kg/hab./an en Equivalent-lait en France et au Kazakhstan.

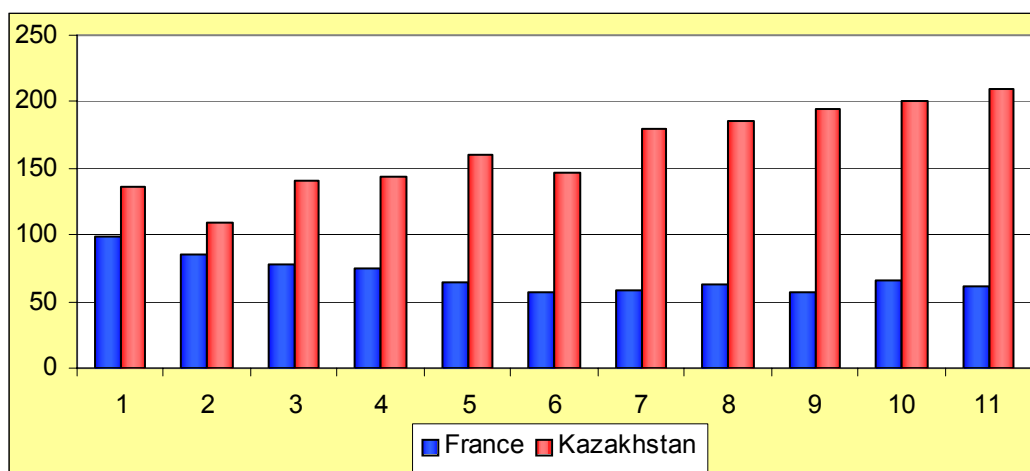


Figure 8. Evolution entre 1992-2002 de la consommation de lait liquide (kg/hab./an)

Au total et en moyenne, un français consomme presque deux fois plus d'équivalents lait qu'un kazakhstanais (471 vs 231 kg/hab/an en 2002), mais ce dernier consomme aujourd'hui presque 3 fois plus de lait liquide que le français (210 vs 62 kg/hab/an en 2002). De fait en France, on « mange » le lait essentiellement sous forme de fromages, alors qu'au Kazakhstan, on le boit.

Les produits de la transformation du lait de chamelle (Konuspayeva *et al*, 2003) sont spécifiques aux pays d'Asie Centrale et sont issus d'une technologie forte, ancienne, inscrite dans la tradition. A ce titre, ils sont associés à un territoire et à une culture, celle des steppes d'Asie Centrale. On peut ainsi les considérer comme des produits « terroir » qui pourraient relever d'un dispositif commercial de type label ou appellation d'origine géographique.

La production des produits laitiers fermentés n'est pas encore standardisée et peu ou pas industrialisée. La fabrication de shubat et de koumis utilise des procédés artisanaux ou semi-artisanaux. Le mode de préparation peut ainsi changer selon les régions et les saisons.

III - Caractéristiques zootechniques des chameaux au Kazakhstan

Il est présenté ici quelques caractéristiques décrivant les espèces sur lesquelles ont été réalisés les prélèvements de lait. Les chameaux du Kazakhstan appartiennent au genre *Camelidae* dont on rappelle ici la taxonomie :

Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Chordata</i>
Classe	<i>Mammalia</i>
Sous-classe	<i>Placentalia</i>
Ordre	<i>Artiodactyla</i>
Genre	<i>Camelidae</i>

Les **camélidés** sont des mammifères artiodactyles.

La famille des camélidés comprend, actuellement, 3 genres et 7 espèces :

- genre *Camelus*
 - *Camelus dromedarius* (dromadaire) (photo 1)
 - *Camelus bactrianus* (chameau de Bactriane) (photo 2)
 - *Camelus ferus* (chameau sauvage de Tartarie) qui depuis peu, est reconnu comme une espèce sensiblement différente de l'espèce domestique du Bactriane (photo 3)
- genre *Lama*
 - *Lama glama* (lama) (photo 4)
 - *Lama guanicoe* (guanaco) (photo 5)
 - *Lama pacos* (alpaga ou alpaca) (photo 6)

- genre *Vicugna*
 - *Vicugna vicugna* (vigogne) (photo 7).

Ces deux derniers genres vivent sur le continent Américain alors que le premier est originaire d'Afrique/Asie.



Photo 1. *Camelus dromedarius**



Photo 2. *Camelus bactrianus**



Photo 3. *Camelus ferus***



Photo 4. *Lama glama***



Photo 5. *Lama guanicoe***



Photo 6. *Lama pacos***



Photo 7. *Vicugna vicugna***

Les chameaux, les dromadaires et les lamas sont surtout des bêtes de somme alors que les vigognes, alpagas, guanacos sont surtout recherchés pour leur laine.

La viande et le lait (exclusivement chez les grands camélidés) représentent également des productions recherchées dans ces espèces. Entre autres particularités, les camélidés sont les seuls mammifères possédant des hématies qui ont gardé leur noyau.

Bactrianes

Les chameaux de Bactriane comprennent 3 races : Kalmouk (photo 8), Kazakh et Mongol (photo 9). Les noms des races sont liés à la zone géographique qui leur est attachée.



Photo 8. Bactriane de race Kalmouk**



Photo 9. Bactriane de race Mongol**

Les Bactrianes de Kalmoukie (Sud de la Russie) sont réputés pour être les plus grand Bactrianes dans le monde. Les Bactrianes de Mongolie sont plus petits que ceux de Kalmoukie et du Kazakhstan. Ces derniers sont de taille intermédiaire. La race Kazakh Bactriane s'est distinguée depuis le 19^{ème} siècle par la sélection traditionnelle locale visant à choisir les animaux les plus « enveloppés » pour la reproduction. Dans cette population, on distingue 3 types par leur taille, leur corpulence et leur productivité (Anonyme n°1).

- Type *Oralbokeilik*

Les animaux de ce type sont concentrés dans la zone steppique du Kazakhstan-Ouest oblys et les régions sablonneuses d'Atyrau oblys. L'effectif total est de 34,7 milliers de têtes. Les effectifs ont en moyenne augmenté depuis 1998 de 30 à 50% selon les oblys. Il existe en maints endroits des fermes de « race pure », c'est-à-dire des fermes de sélection qui définissent le standard du type. Les effectifs de ces fermes peuvent représenter jusqu'à plus de 8% des effectifs de l'oblys.

Ce sont les animaux les plus grands parmi les Bactrianes Kazakh. Le corps est bien proportionné et compact, avec une tête pas trop grande et un museau pointu, le cou à pente élevé, les bosses grandes et massives. Le corps est en forme de tonneau, les os du corps et des membres, longs et épais avec une très bonne musculature. La largeur thoracique est moyenne (photo 10). Les dimensions moyennes chez la femelle sont de 194-200 cm pour la hauteur, 167-173 cm pour la longueur, 263-270 cm pour le tour de poitrine. Le poids vif est de 710-770 kg (photo 11). Chez le mâle, les dimensions moyennes sont 198-204 cm (Hauteur), 175-182 cm (Longueur) et 270-280 cm (Tour de Poitrine). Le poids vif est de 840-900 kg (photo 12).

Ils ont un pelage abondant de couleur brun-jaune et jaune. Leur principale caractéristique est la présence de la « frange », de la crinière, de la « barbe » sur tout le bas de cou, et d'une « culotte bouffante », un peu plus sombre par rapport aux autres parties du corps.

Les objectifs de la sélection actuelle consistent à conserver un grand poids vif, et à augmenter la productivité laitière et, aussi, surtout celle de la laine.



Photo 10. Troupeau de chameaux Kazakhe Bactriane type *Oralbokeilik**



Photo 11. Femelle de type *Oralbokeilik**



Photo 12. Mâle de type *Oralbokeilik**

- Type *Kyzylorda*

C'est un animal qui se rencontre surtout dans l'oblys de Kyzylorda ainsi qu'au sud d'Aqtobe. Les effectifs dans le Kyzylorda oblys sont passés de 19,3 milliers de têtes en 1998 à 25,1 milliers de têtes en 2006, soit 1,3 fois plus. Pour l'oblys d'Aktobe, les chiffres sont respectivement de 10,6 milliers de têtes et 16,3 milliers de têtes, soit 1,5 fois plus. L'oblys de Kyzylorda est le plus riche en bétail de race pure, (2,1 milliers de têtes), soit 8,4% de la population cameline totale de l'oblys. Les races pures représentent 0,7% seulement dans Aktobe oblys.

Les animaux sont compacts et trapus, la cage thoracique large et le ventre suffisamment rond. Ossature et musculature sont bien développées. Le cou présente une pente douce par rapport à l'*oralbokeilik* (photo 13).



Photo 13. Troupeaux de chameaux de Kazakhe Bactriane type *Kyzylorda**

Les dimensions de la femelle sont de 179-185 cm pour la hauteur (H), 159-165 cm pour la longueur (L), 237-245 cm pour le tour de poitrine (TP). Le poids vif est de 650-700 kg (photo 14). Chez le mâle, ces valeurs sont respectivement de 184-190 cm (H), 162-168 cm (L), et 241-250 cm (TP). Le poids vif est de 690-750 kg (photo 15).

Leur toison, moins abondante, est de couleur brun-jaune sombre. Il existe des individus avec l'œil bleu. La « frange », la crinière, la « barbe » sur tout le bas du cou, la « culotte bouffante » sont comparables à ceux de l'*oralbokeilik*.

Les voies de la sélection actuelle visent à améliorer le gabarit pour la viande dans les conditions traditionnelles d'élevage.



Photo 14. Femelle de type *Kyzylorda**



Photo 15. Mâle de type *Kyzylorda**

- Type *Ongtüstik-Kazakhstan*

Ces animaux sont répandus dans les régions d'Almaty, de Jambyl et du Kazakhstan méridional. Dans ces oblys, la croissance démographique caméline est également notable depuis 1998, soit une augmentation de 40 à 70%. Il existe également plusieurs fermes de race pure représentant jusqu'à 5% de la population des oblys.

Le Mangystaou oblys est le plus peuplé des oblys avec un effectif de 39,9 milliers de têtes en 2006 et 24,4 milliers de têtes en 1998 (60% d'augmentation). La population de race pure dans cette zone représente 2,2% de la population totale des Bactrianes.

Les animaux de ce type sont assez proches du type kyzylorda, mais le corps est plus trapu et le cou à pente douce (photo 16).



Photo 16. Troupeau de chameaux de Kazakhe
Bactriane type *Ongtüstik-Kazakhstan**

Les dimensions chez le mâle sont : hauteur entre 178-184 cm, longueur 159-165 cm, et tour de poitrine 232-240 cm. Le poids vif est de 650-700 kg (photo 17). Pour la femelle les chiffres sont de 170-176 cm (H), 155-161 cm (L), 231-240 cm (TP). Le poids vif est de 550-610 kg (photo 18).



Photo 17. Mâle de type
*Ongtüstik-Kazakhstan**



Photo 18. Femelle de type
*Ongtüstik-Kazakhstan**

La robe est brun clair et les fibres moins longues que chez le type *oralbokeilik*.

Les voies actuelles de la sélection sont l'augmentation du poids corporel, et de la quantité de laine.

Dromadaires

Les dromadaires au Kazakhstan sont de race Arvana, originaire du Turkménistan. Au Kazakhstan, ils sont plus nombreux au sud du pays, mais on en trouve un peu partout (photo 19). Comme pour les Bactrianes, on observe une augmentation de leurs effectifs depuis 1998. Il n'existe pas de fermes de race pure pour cette race.

Les animaux ont une seule bosse compacte, placée un peu en arrière, sans fermer la partie du garrot. Le signe typique est d'avoir la laine plus longue aux « épauettes » au niveau des omoplates.

Les dimensions du mâle sont de 189-195 cm (hauteur), 160-165 cm (longueur), 218-225 cm (tour de poitrine). Le poids vif est de 610-650 kg (photo 20). Pour la femelle, la hauteur est de 181-187 cm, la longueur de 157-163 cm, et le tour de poitrine de 213-220 cm. Le poids vif est de 560-600 kg (photo 21).

Les voies actuelles de la sélection visent à augmenter la productivité laitière avec un taux de matière grasse élevé.



Photo 19. Troupeaux des dromadaires de race Arvana*



Photo 20. Mâle d'Arvana*



Photo 21. Femelle d'Arvana*

Hybrides

Plusieurs échantillons de lait dans la présente étude proviennent d'hybrides pour lesquels il existe peu de données en matière de composition du lait. L'hybridation entre Bactriane et dromadaire est pourtant réalisée dans la steppe depuis très longtemps. Elle est surtout fréquente dans le sud du pays où la cohabitation entre Bactriane, dromadaire et hybrides peut exister au sein d'une même exploitation. Selon le type d'hybridation, on distingue au Kazakhstan une grande variété d'hybrides possédant différents signes phénotypiques. Pour chaque génération, selon leurs parents, il existe un nom en kazakh, une terminologie d'hybridation utilisée dans toute l'Asie Centrale.

- Terminologie de l'hybridation

Traditionnellement l'hybridation est pratiquée selon la méthode Kazakhe : le mâle est dromadaire et la femelle Bactriane. Leur produit s'appelle « *Nar* » pour les mâles et « *Nar-Maya* » pour les femelles.

Il existe aussi une méthode d'hybridation à la Turkmène : le mâle est Bactriane et la femelle dromadaire. Leur produit s'appelle « *Iner* » pour les mâles, et « *Iner-Maya* » pour les femelles.

Quand on croise les hybrides de première génération selon la méthode Kazakhe, donc « *Nar* » avec « *Nar-Maya* » on obtient « *Jarbaï* » ce qui peut se traduire par « empaillé ».

Quand on croise les hybrides de première génération avec un Bactriane, c'est à dire un croisement d'absorption, on appelle le produit « *Kospak* » (photo 22). Selon son niveau de croisement d'absorption, on distingue « *Bal-Kospak* » - deuxième génération, « *Myrza-Kospak* » - troisième génération. Cela permet obtenir à nouveau des Bactrianes pur sang à la quatrième génération.

Quand on croise les hybrides de première génération avec un dromadaire, pour un croisement d'absorption, on obtient le « *Kurt* ». Selon son niveau d'absorption, on obtient en kazakh « *Jun* » - deuxième génération, « *Kurt* » - troisième génération et en turkmène « *Kokhert* » et « *Sapaldryk* » respectivement.



Photo 22. Les hybrides « *Kospak* » de seconde génération*

Lors de croisement alternatif, l'hybride obtenu de femelle « *Kospak* » et de dromadaire mâle s'appelle « *Kez-Nar* » (Figure 9).

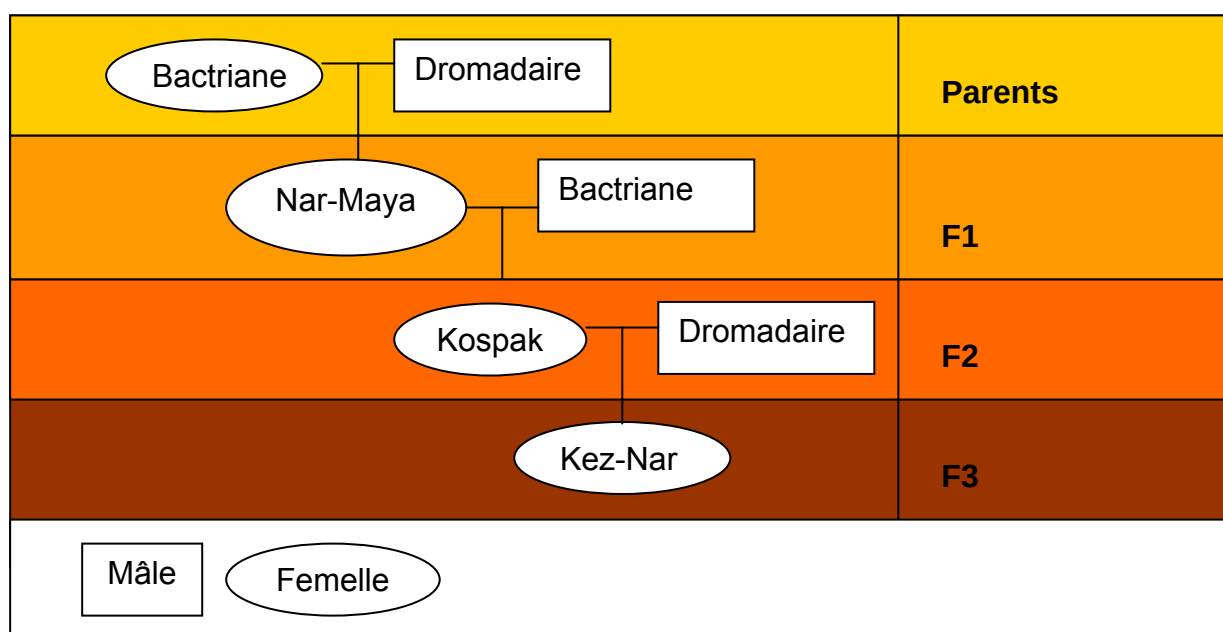


Figure 9. Schéma d'hybridation des chameaux et des dromadaires pour obtenir un hybride Kez-Nar

Le croisement alternatif de femelle « *Kurt* » avec un mâle Bactriane s'appelle « *Kurt-Nar* » (Figure. 10).

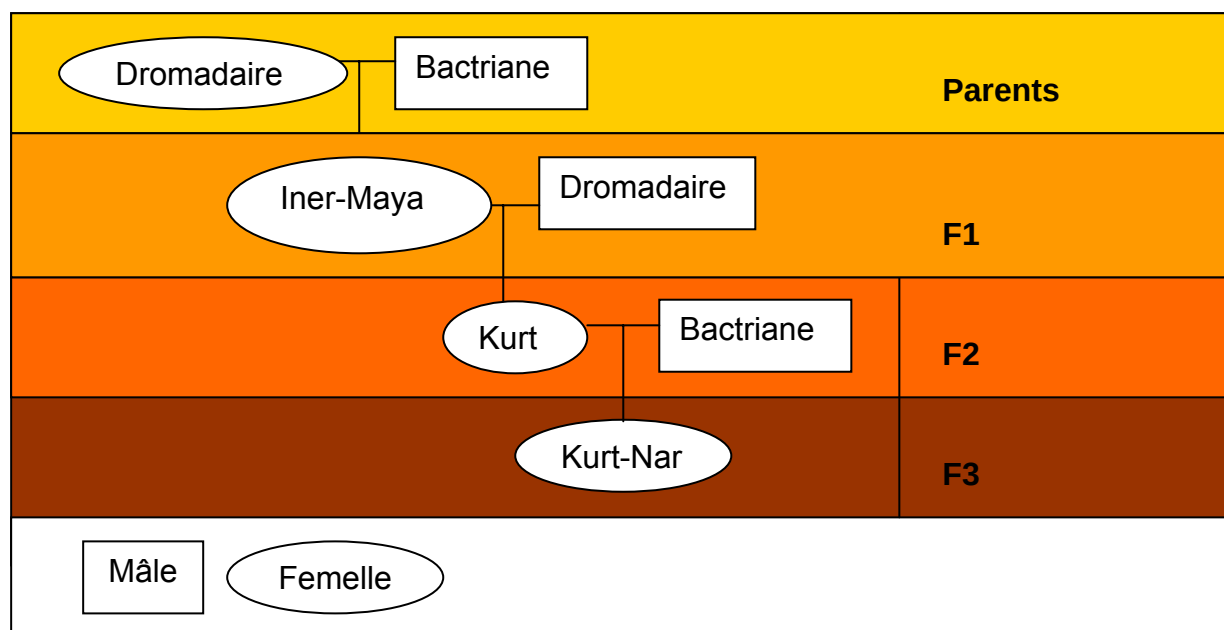


Figure 10. Schéma d'hybridation des chameaux et des dromadaires pour obtenir un hybride Kurt-Nar.

- Génération F1

Ces animaux présentent les effets d'hétérosis les plus marqués. Tous les signes dominants de leurs parents sont hérités avec plus de force.

Les hybrides de première génération (F1) présentent une grande bosse étendue. Les caractéristiques du pelage sont souvent intermédiaires entre les parents mais si la « frange », la crinière, la « barbe » sur tout le bas de cou, et la « culotte bouffante », signes du Bactriane sont présents, on observe souvent une absence des « épaulettes » au niveau des omoplates, comme chez les dromadaires. Les animaux hybrides sont généralement plus grands par rapport à leurs parents.

L'hybride « *Nar-Maya* » est plus grand que son géniteur mâle (+8 à 10 cm de hauteur), mais aussi plus ample (+30-40 cm de tour de poitrine), cependant la longueur diminue (-2 à 5 cm) ainsi que la circonférence des membres (-2 à 3 cm).

Par rapport au géniteur femelle, tous les paramètres sont plus grands. Le poids vif de la femelle « *Nar-Maya* » est 128% plus important que celui de la femelle Bactriane (Tableau 3). La productivité de la laine augmente de 77,6% et au bout de 7

mois de lactation, le rendement laitier est de 2050 l, soit 77% de plus par rapport à une femelle Bactriane et 7% par rapport à une femelle dromadaire.

L'hybride « *Iner-Maya* » surpasse son père Bactriane de 15 à 20 cm pour la hauteur, 2 à 4 cm pour la longueur et 10 à 20 cm pour le tour de poitrine, la circonférence des membres diminue de 2 à 3 cm. Par rapport à leur mère dromadaire, tous les paramètres sont plus grands.

Le poids vif de la femelle « *Iner-Maya* » est également de 128% supérieur à celui la femelle dromadaire (Tableau 3). La productivité lainière augmente de 192,3% comparé à la mère, et, au 7^{ème} mois de lactation, le rendement laitier moyen est de 1953 l, soit de 69% supérieur à celui de la femelle de Bactriane et de 1,8% par rapport à une femelle dromadaire.

Tableau 3. Comparaison du poids vif des femelles Bactriane, dromadaires et des hybrides F1.

Animaux	Poids vif en kg
« <i>Nar-Maya</i> »	696-944
Bactriane	395-887
« <i>Iner-Maya</i> »	556-875
Dromadaire	458-660

- Génération F2

« *Jarbaï* ». Les hybrides de deuxième génération « internes », sont les « *Jarbaïs* ». Ils n'ont guère d'avantages pratiques, car l'effet d'hétérosis est peu important.

Ils possèdent un corps plus menu, par rapport au Bactriane et au dromadaire, mais aussi par rapport à l'hybride de première génération de type « *Nar* ».

Cet effet s'observe à tous les niveaux : productivité de lait, de laine, de viande, adaptation au milieu et résistance. Il y a une grande variabilité de type de bosses et de pelage. Pour la tonte de la laine, le rendement est de 3,5 kg, soit 47% de moins que chez les Bactrianes, mais 38% de plus que chez le dromadaire. A 7 mois de lactation, le rendement laitier est de 1559 l, soit 34% de plus par rapport à une femelle de Bactriane et de 11% de moins par rapport à une femelle dromadaire. En pratique, les mâles des hybrides « *Jarbaï* » sont peu utilisés dans les fermes, car ils ont mauvais caractère et sont difficiles à gérer. Ce trait explique leur faible nombre au Kazakhstan.

« **Kospak** » Les hybrides « *Kospak* » ont des caractéristiques proches du Bactriane. Les « *Bal-Kospaks* » sont identiques aux Bactrianes pour la productivité lainière et la corpulence. Ils ont une seule bosse à la base avec deux pics au sommet. Cependant, la productivité laitière est plus élevée que chez les Bactrianes, et ils sont plus vigoureux. Pour les autres types d'hybrides « *Kospak* », dont « *Myrza-Kospak* » et les individus de 4^{ème} et 5^{ème} génération, le phénotype est très proche du Bactriane. La productivité lainière est augmentée de 84% par rapport à celle des Bactrianes, et la productivité laitière de 108%.

« **Kurt** ». A l'inverse des « *Kospak* » les hybrides « *Jun* » et « *Kurt* » ressemblent plus aux dromadaires. La présence « d'épaulettes » même si ce n'est pas très marqué, s'observe jusqu'à la 5^{ème}-6^{ème} génération. Leur taille est plus petite que « *Nar-Maya* » et « *Iner-Maya* ». L'érosion de l'hétérosis, leur donne moins d'avantages que les hybrides de 1^{ère} génération.

La productivité laitière augmente car c'est une caractéristique des dromadaires (Tableau 4), au contraire de la productivité lainière qui chute.

Tableau 4. Comparaison de la productivité laitière en litres par période de lactation de 7 mois des dromadaires et des hybrides « *Kurt* ».

Femelle	Variations	Moyenne et écart-type
Dromadaire (n=5 animaux)	1512-1986	1756,0 ± 75,2
« <i>Jun</i> » 2 ^{ème} génération des « <i>Kurt</i> » (n=12 animaux)	1234-3286	1734,5 ± 100,4
« <i>Kurt</i> » 3 ^{ème} génération (n=9 animaux)	1236-3098	1936,5 ± 175,3

- Génération F3

Hybrides « *Kez-Nar* ». Pour améliorer l'hétérosis, le « *Kospak* » est croisé avec un dromadaire (Figure 1). Les résultats montrent à nouveau les signes des hybrides de 1^{ère} génération (Tableau 5).

Tableau 5. Comparaison de la taille en centimètres et du poids vif en kilogrammes des hybrides obtenus par la méthode Kazakhe.

Hybrides	Taille		Pois vif	
	Variations	Moyenne	Variations	Moyenne
« <i>Nar-Maya</i> »	188-211	196	696-944	779
« <i>Kospak</i> »	165-193	180	490-758	619
« <i>Kez-Nar</i> »	180-215	192	685-844	754

La productivité laitière pour 7 mois de lactation chez les hybrides « *Kez-Nar* » est plus élevée de 587 L que chez les « *Kospak* » et moins élevée de 205 L que chez les « *Nar-Maya* ». La productivité lainière diminue de 1,3 kg par rapport aux « *Nar-Maya* » et de 1,7 kg par rapport aux « *Kospak* », phénomène relevant le caractère dromadaire dominant.

Hybrides « *Kurt-Nar* ». Les mêmes effets d'hétérosis que chez les hybrides « *Kez-Nar* » sont observés (Figure 2 et Tableau 6).

Tableau 6. Comparaison de la taille en centimètres et du poids vif en kilogrammes des hybrides obtenus par la méthode Turkmène.

Hybrides	Taille		Poids vif	
	Variations	Moyenne	Variations	Moyenne
« <i>Iner-Maya</i> »	187-198	192	556-875	689
« <i>Kurt</i> »	175-187	177	458-635	556
« <i>Kurt-Nar</i> »	178-196	186	591-798	680

La productivité lainière des hybrides « *Kurt-Nar* » est comparable à celle des « *Iner-Maya* » soit 1,5 kg de plus que chez les « *Kurt* ».

Généralement, la femelle « *Kez-Nar* » et « *Kurt-Nar* » est utilisée pour améliorer la productivité du troupeau d'hybrides. Pour les mâles, la question est délicate car du fait d'un caractère difficile, ils sont castrés à un an et abattus pour la viande.

L'industrie lainière au Kazakhstan recherche de préférence des toisons blanches. De ce fait, un schéma de sélection a été mis en place pour obtenir un tel produit utilisé en particulier pour fabriquer le feutre destiné à couvrir les yourtes, habitations traditionnelles de la steppe.

IV - Le lait de chamelle et les produits laitiers dérivés

Selon l'espèce animale, il existe différents produits fermentés fabriqués à partir du lait.

En Asie Centrale le **lait de vache fermenté** s'appelle « *aïran* ». Mais il existe un autre produit fermenté à base de lait de vache, appelé « *kefir* ». Ces produits étaient déjà développés à l'époque de l'URSS et existent désormais dans tous les nouveaux pays indépendants d'Asie Centrale. La consommation de **lait de jument fermenté**

appelé « koumis » est également très répandue dans toute la zone d'Asie Centrale. Le lait de jument est parfois utilisé sans fermentation dans certains cas pour remplacer le lait de femme pour les nourrissons. Le **lait de yak fermenté** commercialisé au Kirghizstan s'appelle « kourout ».

Les produits fermentés à base **de lait de chamelle** s'appellent différemment selon les régions : « shubat » au Kazakhstan, « chal » et « doïran » au Turkménistan, « khoormog » en Mongolie. Au Turkménistan, la crème de lait de chamelle s'appelle « agaran ». Enfin, on fabrique aussi des caramels (ou nougats) à partir de lait de chamelle, appelés « balkaïmak ». Il existe aussi une espèce de fromage sec et dur dénommé « kourt » qui est préparé à partir de différents laits (vache ou chamelle). Au-delà des termes utilisés, les procédés de fabrication de ces produits fermentés sont globalement assez proches, mais leur composition finale peut varier en fonction des procédés et des types de lait (Tableau 7).

Tableau 7. Quelques paramètres des produits laitiers en Asie Centrale

	Shubat	Chal	Doïran	Agaran	Koumis
Acidité T° (en degrés Thurner)	120 - 180	90 - 120	65 - 120	70 - 80	100 - 120
pH	4,8				4,0
Lipides % w/vol	4,0	1,0	3,3 - 4,0	13,0	1,5 - 1,9
Alcool, % vol/vol	1,2	1,2 - 1,5	1,2 - 1,5	0,8 - 1,0	0,5 - 2,5

Ces valeurs dépendent bien entendu de la race, de la saison, de l'alimentation et des modes de préparation. Cependant, on manque d'informations sur les effets de ces différents facteurs de variation. Dans la littérature scientifique et technique rédigée en russe, différents auteurs donnent, soit des valeurs très générales, soit utilisent des méthodes d'analyse variées rendant les comparaisons difficiles entre publications. La fabrication de ces produits laitiers n'est pas encore standardisée pour la grande industrie, et tous ces produits relèvent de procédés artisanaux ou semi-artisanaux, mis en œuvre à petite échelle et nécessitant peu d'énergie. Le mode de préparation peut ainsi changer selon les régions, et selon les saisons. Pour illustrer les difficultés de caractérisation standardisée des produits laitiers traditionnels, on peut citer par exemple le degré d'acidité en degré Thurner du shubat qui varie entre 80°T et 180°T, ou celle du koumis qui se situe entre 120-220°T, conduisant à des produits finaux aux goûts très contrastés. Dans ces

conditions, les taux de matières grasses, de protéines et d'alcool varient également. Pour les produits comme le « kourt », le « kourout » et le « balkaimak », donner quelques chiffres est impossible.

Enfin, il existe aussi des produits nouveaux issus de procédés « modernes » comme le lait de chamelle en poudre, le shubat en poudre, des boissons fermentées aromatisées (Hanzharov *et al*, 1994, Hanzharov *et al*, 1994a, Seitov *et al*, 1994).

Enfin, concernant les produits fermentés, la fermentation est, dans la majorité des cas, conduite par des flores indigènes non sélectionnées comme l'a montré une récente étude sur du shubat réalisée dans les laboratoires du CIRAD à Montpellier. Cette étude a montré une grande variabilité d'espèces bactériennes lactiques qui interviennent de façon différenciée lors de la fermentation du lait de chamelle. Ces résultats laissent penser qu'il est possible de maîtriser les processus fermentaires pour obtenir des produits différenciés mieux standardisés (Grillet, 2006).

IV.1. - Fabrication du shubat

La préparation du shubat relève essentiellement d'une technologie artisanale. Cependant, une fabrication à l'échelle industrielle existe depuis quelques années dans quelques laiteries du Kazakhstan.

- **Shubat artisanal** (selon Mousakaraev *et al*, 1985d) : en l'absence de fabrication de shubat, le lait de chamelle cru est conservé à température ambiante puis il reçoit des ferments composés à partir de pâte de blé fermentée ou d'aïran (kéfir). Le mélange est remué pendant 30-40 minutes, puis laissé à température ambiante pendant 4-5 heures. Après un nouveau brassage et une incubation de 5-6 heures le shubat est prêt. On peut préparer aussi le shubat en ajoutant 4 volumes de lait de chamelle cru à un volume de shubat qui joue alors le rôle de ferment. La préparation du shubat varie selon les régions du Kazakhstan, les ferments utilisés, la saison, le stade de lactation, l'alimentation, l'âge des animaux (Figure 11).

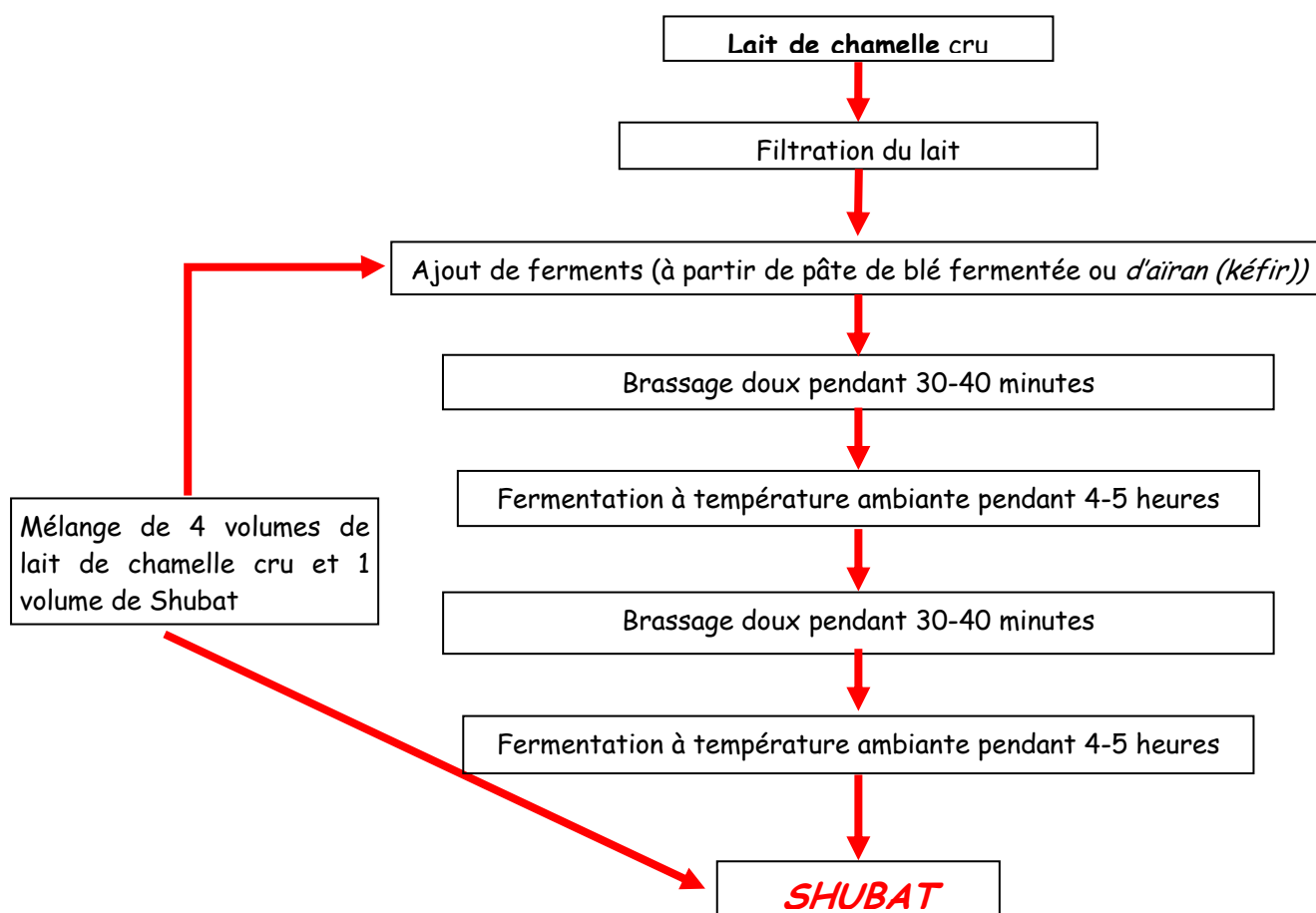


Figure 11. Diagramme de fabrication du shubat artisanal au Kazakhstan

- Shubat industriel :** produit dans la laiterie « Taoushyk » à l'ouest du Kazakhstan dans la région de Mangystau (près de la mer Caspienne). Le lait cru est chauffé jusqu'à 30-40°C, sous une pression de 10-15 MPa, puis homogénéisé. Après pasteurisation à 85-87°C, le lait refroidit à 26-28°C est inoculé avec des ferments puis homogénéisé pendant 15-20 minutes et laissé à incuber 8-10 heures dans un récipient hermétique. Le produit est à nouveau homogénéisé pendant 40-70 minutes à la température de 18-22°C et remis à incuber pendant 9-12 heures. Une dernière période d'incubation de 24 heures à 14-18°C précède l'embouteillage. Ce shubat se conserve à 2-4°C jusqu'à 3 mois (Figure 12).

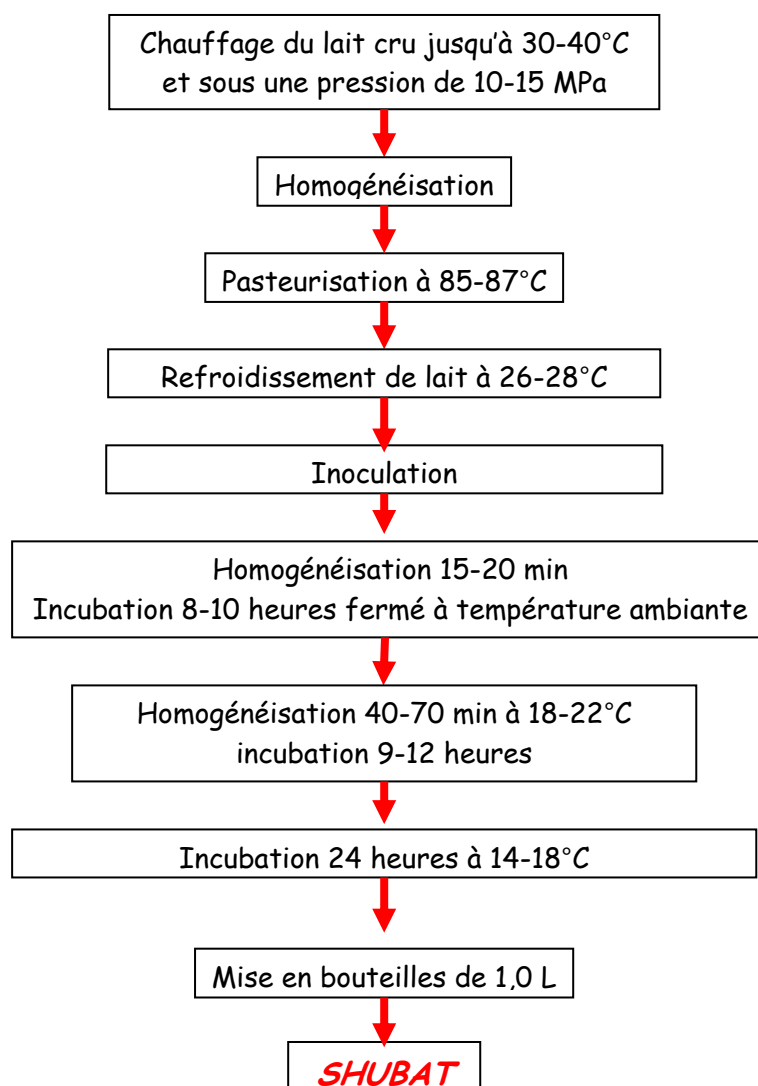


Figure 12. Diagramme de fabrication de shubat industriel « Taoushyk ».

D'autres technologies sont proposées par Merkur (Baimenov, 1999), qui produisent le shubat « active », distribué dans différentes villes du Kazakhstan et exporté vers plusieurs villes de Russie. Selon ce procédé de fabrication, le lait est pasteurisé puis inoculé avec des souches de *Streptococcus lactis*, de *Lactobacterium bulgaricum*, et de *Saccharomyces sp.* Le lait inoculé est agité pendant 15 minutes à 26-28°C, jusqu'à l'obtention d'une acidité de 45-50°T. Si nécessaire, on rajoute du lait et des ferments. Après 12-15 heures de fermentation à 10-15°C pour obtenir une acidité de 110-135°T, le produit est stocké en récipients hermétiques. Avant embouteillage, le shubat est homogénéisé 10-15 minutes à 58-60°C (Figure 13).

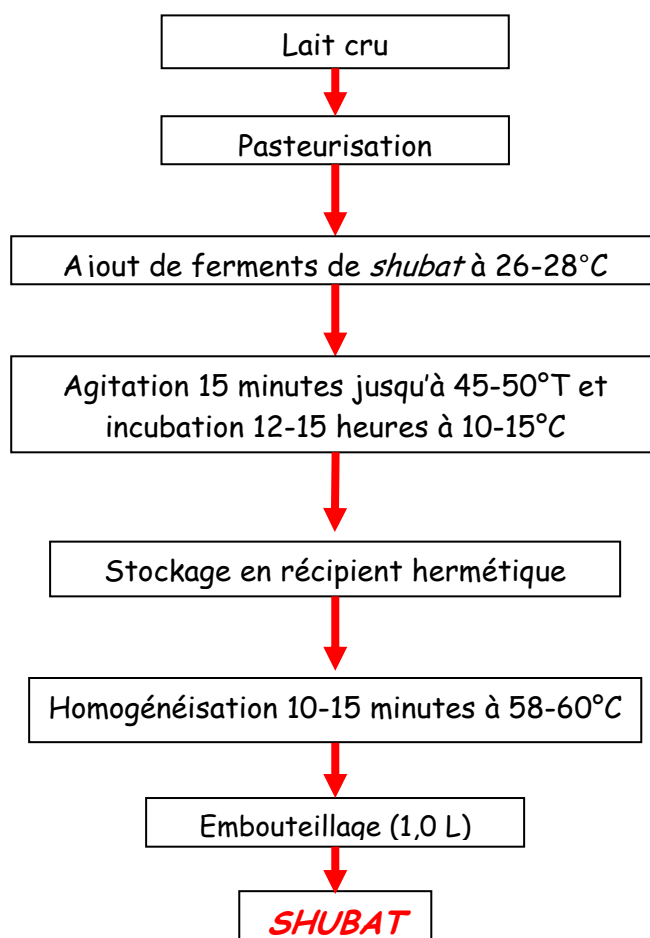


Figure 13. Diagramme de fabrication du shubat industriel « Merkur »

IV.2. - Fabrication du 'Chal' et de l'«Agaran»

Selon la technologie décrite par les normes du Turkménistan (Mousakaraev *et al*, 1984, 1985 b et c), le lait de chamelle cru est inoculé par un levain (acidité de 120-130°T) en proportion de 1 : 1 v/v puis homogénéisé 2-3 minutes, ensuite le mélange est incubé pendant 4-12 heures à 20-25°C. De l'eau potable est ajoutée en proportion de 1 : 2 v/v. Après 25-30 minutes d'incubation, le surnageant composé d'un mélange de lipides et de caséines est collecté. Ce mélange crémeux est appelé « agaran ». La partie liquide demeurant après la séparation de l'agaran est le « chal ». Celui-ci est conditionné en bouteilles de 0,5 L et 1,0 L. Ces produits se conservent à 5 - 8°C pendant 4 - 5 jours (Figure 14).

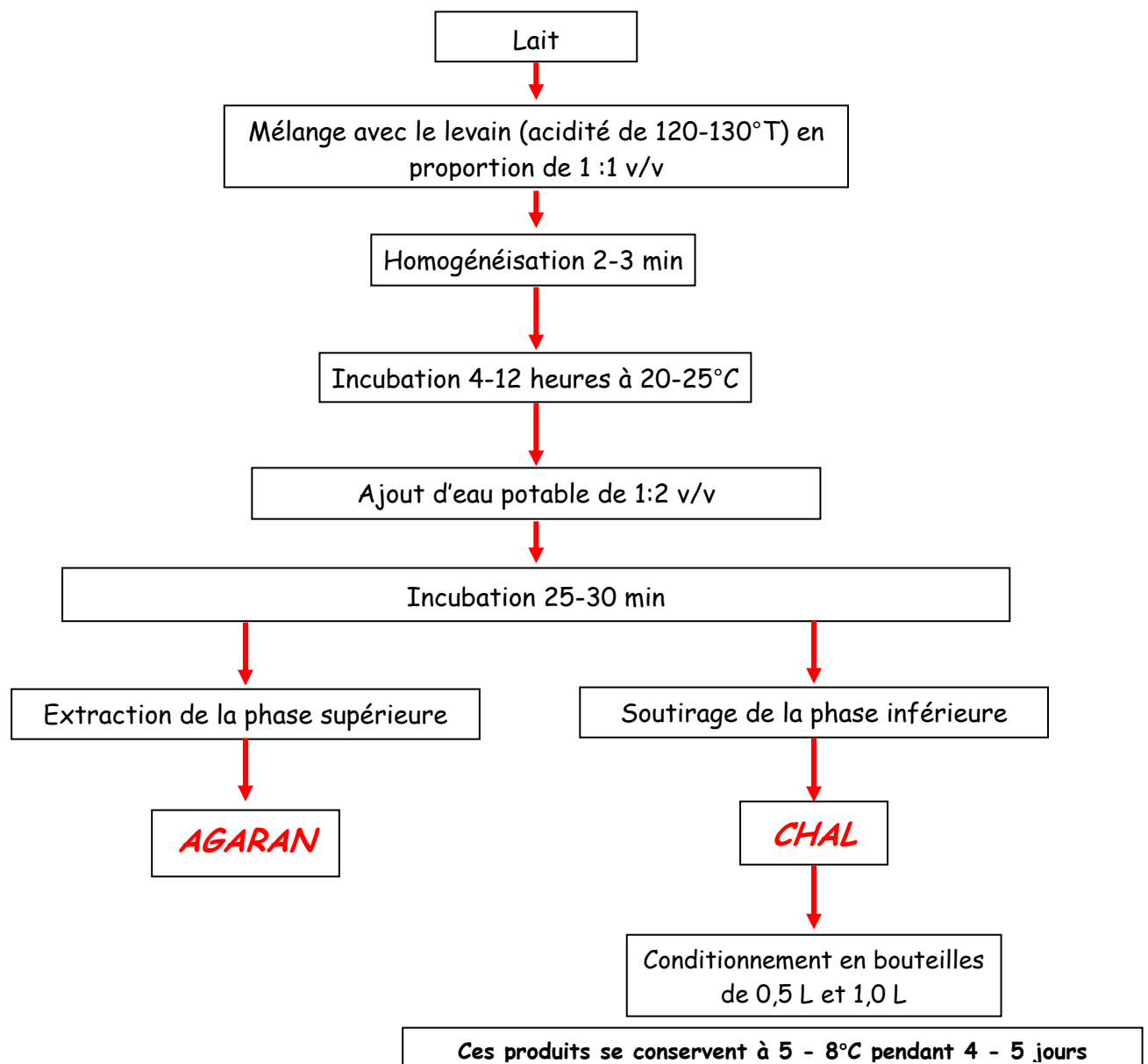


Figure 14. Schéma de fabrication de l'« Agaran » et du « Chal »

IV.3. - Fabrication du doïran

Le lait de chamelle cru est mélangé avec un levain (acidité de 120-130°T) en proportion de 1:1 v/v et homogénéisé 10 minutes (Mousakaraev *et al*, 1985a ; Mousakaraev et Saparov, 1985).

IV.4. - Fabrication de « kourt » à partir du shubat

Le shubat est égoutté à travers une poche de coton. Ce procédé permet la séparation du lactosérum (qui peut être utilisé pour le pain, par exemple). La phase

contenant les caséines est homogénéisée puis séchée en petites boules (soit salées, soit sucrées). Le kourt se conserve à température ambiante pendant longtemps (Figure 15).

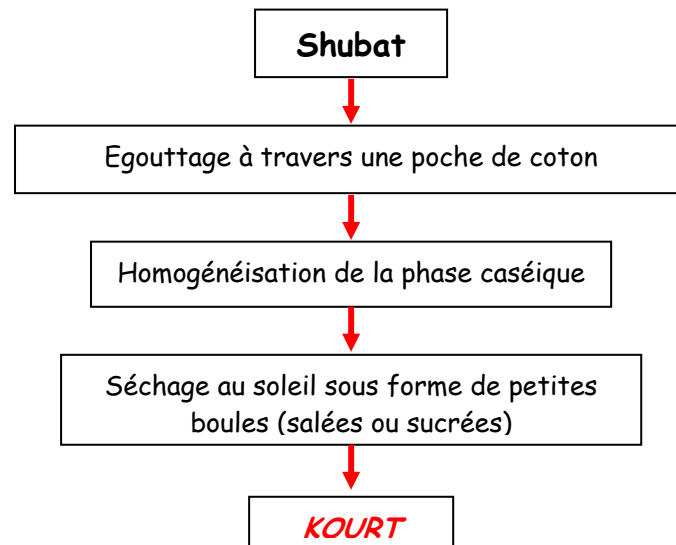


Figure 15. Diagramme de fabrication du « Kourt » à partir de shubat.

IV.5. - Fabrication de « balkaimak »

Environ 10 L de lait de chamelle sont chauffés, puis additionnés d'un bol de sucre. Le produit est soumis à une ébullition jusqu'à la caramélisation des sucres et l'obtention d'une pâte épaisse (Figure 16).

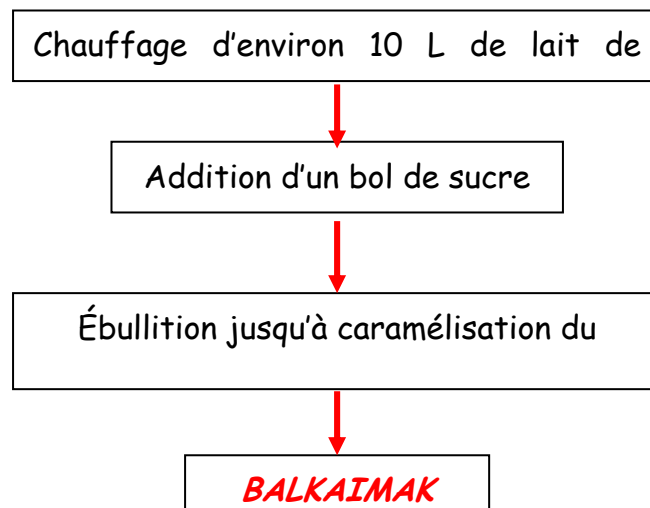


Figure 16. Diagramme de fabrication du « Balkaïmak » traditionnelle d'Aktaou

V - Propriétés du lait de chamelle pour l'industrialisation

D'après le thermogramme publié par Rüegg et Farah (1991), la matière grasse (MG) du lait de chamelle commence à fondre à partir de 26°C et la fonte totale est observée à 43°C. Par rapport à la MG du lait de vache, la MG du lait de chamelle contient plus de triglycérides à point de fusion élevé et un pourcentage plus faible de triglycérides à point de fusion à température moyenne (vers 15°C). Ce profil de température de fusion explique en partie la difficulté d'obtenir du beurre avec le lait de chamelle.

La vitesse d'écémage du lait de chamelle cru ou chauffé est plus lente que celle du lait de vache (Farah et Rüegg, 1991). En comparant les données avec celles du lait de vache, ces auteurs ont conclu que dans le lait de chamelle il n'y a pas suffisamment d'agglutinines, diminuant ainsi la vitesse d'écémage. En effet, cette différence ne peut pas être imputée à la taille des globules gras qui est proche de celle des globules du lait de vache.

Le lait de chamelle est instable lors des traitements thermiques. Les causes de cette instabilité lors du chauffage à haute température ne sont pas encore totalement connues (Farah et Atkins, 1992). Une des causes avancées serait les faibles quantités, voire l'absence de κ -caseine et de β -lactoglobuline responsables de la stabilité à haute température.

Concernant la microbiologie de lait de chamelle, Abu-Taraboush *et al*, ont montré en 1998 que les bifidobactéries avaient un taux de croissance plus élevé dans le lait de chamelle que dans le lait de vache lors de fermentations conduites par la souche *Bifidobacterium longum* 15707. Les souches de *Bifidobacterium angulatum* 27535, *Bifidobacterium bifidum* 2715 et *Bifidobacterium breve* 2258 montrent une plus grande activité protéolytique dans le lait de chamelle que dans le lait de vache.

A partir du lait de chamelle, 10 souches de bactéries psychrotrophes, produisant des lipases (Al-Saleh et Zahran, 1999), ont été extraites et caractérisées. Leur activité lipasique varie entre 0,26-3,43 meq d'acide palmitique 100 g⁻¹ de MG de lait de vache par heure. *Pseudomonas fluorescens* RM₄ est la souche la plus active. Elle peut croître et sécréter des lipases à pH 5,50-8,50. Dans les milieux de culture enrichis en protéines de lait, la production de lipases augmente.

Selon Attia *et al* (2000), les micelles de caséine du lait de chamelle ont un comportement différent de celui des micelles du lait de vache au cours de la

fermentation lactique. Au cours de la fermentation du lait de chamelle en particulier, les ions potassium, magnésium et citrate sont libérés des micelles quand la valeur du pH est de 5,8, soit plus lentement que dans le lait de vache où cette libération est observée à partir d'un pH plus élevé. Lorsque le pH atteint la valeur de 4,9, la solubilisation des micelles devient maximale. Les modifications biochimiques et structurales des caséines du lait de chamelle, s'observent à partir de pH = 5. La microstructure des micelles devient plus ouverte, la viscosité devient minimale et l'hydratation des micelles est maximale. Tous ces paramètres sont utiles pour une transformation industrielle du lait de chamelle.

Les sociétés traditionnelles ont toujours eu des difficultés à transformer le lait de chamelle en fromage. De fait, le lait de chamelle a une faible aptitude à la transformation fromagère.

Pour faire du fromage à partir de lait de chamelle, Kappeler *et al*, (2006) ont étudié les propriétés d'une chymosine de chamelle produite par recombinaison. Ils ont montré que la chymosine de chamelle a des caractéristiques différentes de celles des bovins, elle a en particulier une stabilité thermique accrue.

La coagulation du lait de chamelle cru est aussi impossible avec de la chymosine bovine. Dans le lait de chamelle, l'affinité pour la présure est faible et les gels formés sont peu structurés. Ceci est lié à une teneur réduite en matière sèche totale et en caséines, un diamètre élevé des micelles de caséine, et une teneur réduite en caséine kappa, celle-là même qui joue un rôle essentiel dans le caillage enzymatique. La coagulation du lait n'est de fait possible qu'en ajoutant une grande quantité de présure (50 à 100 fois la quantité nécessaire pour le lait de vache). Dans ces conditions le lait coagule en une dizaine de minutes et se transforme en un coagulum assez mou, friable et d'aspect floconneux. On dit que le lait de chamelle caillé possède de faibles propriétés rhéologiques (14 fois inférieures à celles du lait de vache). De plus, le caillé obtenu dans ces conditions présente une mauvaise aptitude à l'égouttage en raison de l'extrême fragilité des gels formés.

Le caillage lactique n'est pas meilleur. Riche en produits antibactériens, le lait de chamelle a tendance à inhiber naturellement l'acidification lactique par voie fermentaire. Il présente un pouvoir tampon élevé ralentissant la baisse de pH, et au final, on obtient une très faible structuration du gel avec formation d'un précipité floconneux

Il existe cependant dans le commerce des présures spécifiques permettant de coaguler le lait de chamelle dans les meilleures conditions possibles (*Camifloc* N.D.). Ces technologies de transformation fromagère du lait de chamelle ont été testées dans différents pays (Mauritanie, Tunisie, Kenya, Arabie Saoudite, Jordanie), y compris en milieu traditionnel (*touareg* du Niger et du Mali) et la commercialisation du fromage à partir de lait pur ou mélangé est maintenant possible (Bengoumi *et al*, 2005). Les résultats les plus aboutis ont été obtenus sans doute à la laiterie Tiviski de Nouakchott en Mauritanie qui vend le fromage « Caravane », fromage de lait de chamelle de type camembert.

VI - Utilisation médicale et thérapeutique du lait de chamelle

Le lait de chamelle est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti-infectieuse, anti-cancéreuse, anti-diabétique et plus généralement comme reconstituant chez les malades convalescents. Ces propriétés relèvent cependant le plus souvent d'observations empiriques dont les fondements scientifiques mériteraient d'être précisés.

VI.1. - Propriétés anti-infectieuses

Les vertus médicinales de ces produits sont couramment mises à profit dans le traitement de quelques maladies infectieuses (Djangabilov *et al*, 2000 ; Chuvakova *et al*, 2000).

En Asie Centrale, l'utilisation du lait de chamelle pour le traitement adjuvant de la tuberculose humaine en sanatorium est ancienne (Urazakov et Bainazarov, 1974) : les auteurs affirment obtenir une amélioration marquée des malades et un rétablissement significatif des paramètres sanguins avec un régime de 2 litres de lait de chamelle soit cru, soit fermenté par jour pendant 2 à 4 mois.

Ces résultats sont confirmés en Inde sur des patients tuberculeux buvant un litre de lait par jour (Mal *et al*, 2000) et en Libye, avec une cure de 1,5 litre /jour, avec un effet bénéfique observable dès la première semaine de traitement (Alwan et Tarhuni, 2000).

Le shubat est riche en bactéries lactiques qui renforcent les propriétés antimicrobiennes contre des germes pathogènes comme *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Staphylococcus*, *Salmonella* et *Escherichia* (Puzyrevskaya, *et al*, 2000 ; Saoubenova *et al*, 2002). Le shubat est ainsi fréquemment utilisé dans la

prévention et la lutte contre les diarrhées.

L'activité inhibitrice du lait et du colostrum de chamelle a été étudiée par Benkerroum *et al* (2004). *Bacillus cereus* s'est montré résistant contre l'activité inhibitrice, alors que *Listeria monocytogene* LMG 13304 et *Escherichia coli* O78 :K80 se sont avérés plus sensibles. Le lait de chamelle et le colostrum ont un effet bactériostatique sur *Listeria monocytogene* LMG 13304 pendant les 8 premières heures. Cette activité a été observée au-delà de cette période pour le colostrum à une température de 20°C. L'effet inhibiteur est diminué par le chauffage du lait.

Duhaiman (1988) a isolé à partir du lait de chamelle, du lysozyme dont on a testé l'effet lytique. Comparativement au lysozyme de lait de femme et des œufs, l'effet lytique du lysozyme du lait de chamelle s'est avéré moins important contre *Escherichia coli* et *Micrococcus lysodeiktikus*.

VI.2. - Cancer et maladies auto-immunes

On reconnaît au lait de chamelle des propriétés immunostimulantes ayant un rôle dans le contrôle des processus tumoraux. Au Kazakhstan, il est traditionnellement utilisé comme adjuvant à la chimiothérapie de certains cancers, notamment ceux du tube digestif. Il semble également que des résultats probants soient obtenus dans certaines maladies auto-immunes, telles que le lupus, le pemphigus, la maladie de Crohn et la sclérose en plaques (Yagil et Van Creveld, 2000).

VI.3. - Diabète

Sur un échantillon aléatoire de 24 diabétiques atteints de diabète de type I (insulinodépendants), par ailleurs sans troubles cliniques associés, Agrawal *et al.* (2003) ont « traité », 12 d'entre eux avec du lait de chamelle, soit une cure d'un demi-litre par jour pendant 3 mois. Tous les patients étaient tenus de respecter le même régime, d'avoir une activité physique comparable et d'avoir un traitement insulinique comparable. S'agissant d'une étude cas-témoin, on a veillé à ce que chaque groupe soit comparable en terme démographique et clinique (même pyramide des âges par exemple). Un certain nombre de contrôles sanguins ont été réalisés (glycémie, insulïnémie, hémoglobine glycosylée, cholestérolémie, triglycéridémie) et un questionnaire sur la qualité de vie a été soumis aux patients à la fin de leur traitement.

Après 3 mois de traitement, les patients buvant du lait de chamelle ont vu une amélioration de leur glycémie moyenne à jeun qui est passée de 115 à 100 mg/100ml alors qu'elle est restée inchangée dans le groupe non traité. La même évolution est perceptible pour l'hémoglobine glycosylée restée à 9,48% chez les non traités tout le long de l'étude, alors qu'elle diminuait de 9,54 à 9,08% chez les traités. Cela s'est traduit par une diminution de la demande en insuline restant à environ 40 UI/j chez les non traités et diminuant de 42 à 30 UI/j chez les consommateurs de lait de chamelle. Par contre, les autres paramètres sanguins n'ont pas été influencés par le traitement. Cependant, l'indice de satisfaction de la qualité de vie a nettement été amélioré et de façon significative chez les buveurs de lait, celui-ci passant de 28 à 22, alors qu'il est resté à 26,5 chez les non traités tout au long de l'expérimentation.

Agrawal *et al*, (2005) ont publié la suite de ces travaux, après des observations pendant 52 semaines chez 24 patients. Un groupe a reçu le traitement habituel, et l'autre 500 mL de lait de chamelle par jour. Ils ont observé une réduction significative de la dose d'insuline nécessaire chez les patients insulinodépendants.

VI.4. - Reconstituant

Le lait de chamelle est couramment utilisé comme reconstituant chez les malades convalescents et dans les états de fatigue. Il a la réputation de renforcer les défenses immunitaires et de stimuler l'activité physique des organismes en état de surmenage. Ces allégations s'appuient sur des observations purement empiriques qui semblent relever parfois plus de l'auto-persuasion que de réalités biologiques. Cependant, la présence abondante de certaines vitamines (en particulier la vitamine C) dans le lait de chamelle pourrait attester de la pertinence de ces effets.

VI.5. - Allergie

On attribue au lait de chamelle des propriétés anti-allergiques, comparé au lait de vache. De plus en plus, on parle du lait de chamelle comme d'un substitut au lait de vache. Restani *et al*, (1999) ont testé des IgEs d'enfants allergiques au lait de vache contre toutes les protéines du lait de brebis, de chèvre, de bufflesse et de chamelle. Les IgEs ont réagi avec toutes les protéines laitières sauf celles du lait de chamelle. Les anticorps monoclonaux anti protéines laitières bovines ne

reconnaissaient pas celles du lait de chamelle, alors qu'ils reconnaissaient toutes les autres.

VII - Composants du lait de chamelle et propriétés médicinales

Ces observations, bien qu'empiriques, peuvent être reliées à la composition du lait de chamelle dont on fait l'hypothèse que certains des composants jouent un rôle spécifique tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Trois types de facteurs présents dans le lait de chamelle peuvent être associés à ces propriétés : les facteurs anti-bactériens, l'insuline et la vitamine C. A cela s'ajoutent les propriétés probiotiques des bactéries lactiques présentes dans les produits fermentés.

VII.1. - Les facteurs antimicrobiens

Parmi les facteurs antimicrobiens, on retiendra essentiellement : la lactoferrine, le lysozyme, la lactoperoxydase et les immunoglobulines.

- Lactoferrine

La lactoferrine (LF) est une glycoprotéine contenant deux sites capables chacun de fixer un ion ferrique (Fe^{3+}). Cette capacité à capter le fer explique en partie son rôle dans le contrôle de la croissance de certaines bactéries pathogènes (Zagulki *et al*, 1989 ; Diarra *et al*, 2002).

La quantité de LF dans le colostrum de chamelle est de $1,21 \pm 0,28$ mg/mL, et varie entre 0,74 et 1,67 mg/mL. Pour le lait prélevé 90 jours après la mise bas, la valeur moyenne est de $0,14 \pm 0,002$ mg/mL (El-Hatmi *et al*, 2006).

La saturation ferrique d'une molécule de LF est assurée lorsque celle-ci est mise en présence de deux ions ferriques et de deux ions hydrocarbonates (Figure 17).

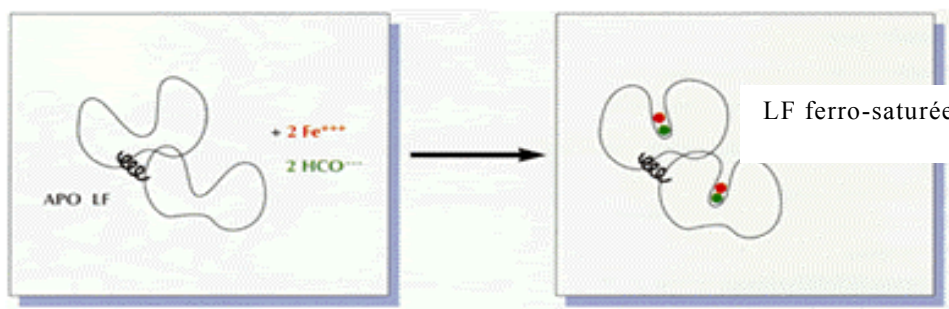


Figure 17. Mécanisme d'activation de la lactoferrine ferro-saturée (a).

La saturation de la lactoferrine n'est pas seulement assurée avec du fer, mais parfois aussi avec les cations K^+ , Na^+ , Mg^{+2} , Mn^{+2} , Ca^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , à une concentration de 1,5 mM (Kanyshkova et al., 2001).

➔ Activités antimicrobiennes de la lactoferrine

La LF n'a pas d'effet bactéricide sur les germes qui ont un très faible besoin en fer. Par exemple, *E. coli* présente un besoin en fer important, alors que *Lactococcus lactis subsp. lactis* n'en demande que très peu. Il n'est donc pas étonnant de constater que la croissance de *E. coli* soit inhibée par la LF, alors que celle de *Lactococcus lactis subsp. lactis* ne le soit pas.

Toutefois, il faut ajouter que si l'activité antibactérienne de la LF a été prouvée maintes fois *in vitro*, elle n'a pas encore été démontrée de façon irréfutable *in vivo*.

De plus, certains spécialistes estiment que l'explication de l'inhibition de la croissance des bactéries par la seule fixation du fer n'est pas satisfaisante.

L'activité bactériostatique de la LF a été démontrée dans le mucus humain, dans le colostrum bovin et dans les sécrétions du pis hors lactation (Linden G., 1994).

Les travaux de Ellass-Rochard et al. (1995) ont montré que la LF humaine et bovine possède deux sites de capture du lipopolysaccharide (LPS) d'*Escherichia coli*. L'affinité de la LF pour la LPS contribue à l'inhibition des endotoxines de la bactérie.

La LF dans les larmes joue un rôle synergique avec les antibiotiques (vancomycine) inhibant la croissance de *Staphylococcus epidermidis*, principal agent pathogène des infections ophtalmiques. En effet, la présence de la LF double l'activité inhibitrice de l'antibiotique (Leitch et Willcox 1999).

Le travail d'Ellison (1994) a prouvé que la LF agissait de façon synergique avec les immunoglobulines, le complément, et les protéines cationiques des neutrophiles contre les bactéries Gram-négatif. Dans la LF, c'est le peptide N-terminal qui fragmente la membrane externe des bactéries Gram-négatif.

Le pouvoir antibactérien des leucocytes de lapin, notamment la capacité à phagocyter les souches de *Pseudomonas aeruginosa*, est du au fait que les cellules contiennent une grande quantité de LF (Bullen et Armstrong, 1979).

Zagulki *et al.* (1989) ont étudié l'effet sur une souche d'*E.coli* de la LF bovine et de la LF humaine. Des expérimentations ont été entreprises pour démontrer et expliquer partiellement l'effet protecteur de la LF bovine une fois administrée en intraveineuse à des souris 24 h avant l'injection d'une dose mortelle d'*Escherichia coli*. Environ 70% des souris traitées préalablement avec la LF ont survécu à l'injection. Les taux de survie chez des souris non traitées et traitées préalablement avec de l'albumine sérique bovine (BSA), étaient de 4 et 8%, respectivement. La LF humaine a eu un effet protecteur comparable à celui de la LF bovine.

Les propriétés antimicrobiennes de la LF (bovine) ont été mises en évidence dans association avec la pénicilline G. La présence de LF augmente de 2 à 4 fois l'activité inhibitrice de la pénicilline G sur la croissance de *Staphylococcus aureus*. L'activité inhibitrice de la LF employée seule est de 16 à 64 fois plus importante que celle de la pénicilline (Diarra *et al.*, 2002).

Singh *et al.* (2002) ont montré que la LF bloque le développement des biofilms dus à des agents pathogènes opportunistes tels que *Pseudomonas aeruginosa*. Ceci a été observé à des concentrations faibles en lactoferrine, inférieures à celles qui détruisent ou empêchent la croissance des bactéries. En chélatant le fer, la LF stimule la motilité extérieure, entraînant les bactéries à errer au lieu de former des faisceaux et des biofilms bactériens.

La LF est capable de lier quelques antigènes de nature virale. Le mécanisme général de l'activité antivirale de la LF dépend de la fixation de celle-ci avec les glucosamineglycanes des membranes eucaryotes. Le complexe LF-glucosamineglycanes joue un rôle protecteur en bloquant la pénétration des virus. Ce mécanisme est observé en cas d'infection par le cytomégalovirus responsable de l'herpès et par le virus de l'immunodéficience acquise humaine (SIDA) (Linden G., 1994).

Les mécanismes de l'activité anti-hantavirale de la LF bovine ont été étudiés par Murphy *et al.* (2001). La LF combinée à un traitement pré- et post-infection par de la ribavirine a complètement empêché la formation de lésions virales. Ceci suggère que la LF empêche l'adsorption virale par les cellules. D'autres études attestent de l'efficacité de la LF dans des utilisations cliniques en tant qu'agent curatif protecteur des hantavirus. La LF associée à la ribavirine est la thérapie de combinaison employée comme mesure contre l'infection à hantavirus chez l'homme.

Anderson *et al.* (2000) ont montré que la LF est la protéine du lait qui inhibe la croissance de mycètes pathogènes. Le lait humain est reconnu pour ses propriétés antimicrobiennes et il a été montré à maintes reprises que les bébés nourris au sein résistent mieux aux infections que les bébés allaités artificiellement. Alors que la plupart des études se sont focalisées sur les activités antibactériennes et antivirales du lait maternel, peu se sont intéressées aux effets antifongiques. Les infections dermiques causées par les mycètes sont communes chez les bébés atteints de retard de croissance. L'effet inhibiteur puissant du lait sur la croissance fongique a été démontré *in vitro* (b : <http://www.lef.org>).

Chissov *et Yakubovskaya* (1997) ont proposé une crème contenant de la LF comme principe actif contre les arthrites rhumatoïdes.

Gohlke *et al.*, 2001, ont élaboré un supplément nutritif qui contient de la LF et du colostrum pour les mammifères et aussi pour la consommation humaine. Les effets sont les suivants : stimulation du système immunitaire, diminution des infections, amélioration de la réhabilitation des tissus lésés.

La LF module le processus inflammatoire, principalement en stimulant précocement l'excrétion des cytokines des monocytes, et en régulant la prolifération et la différenciation des cellules immunisées. Certaines de ces activités sont liées à l'affinité de la LF pour certains lipopolysaccharides (LPS) présents à la surface des monocytes. Prise dans l'ensemble, ces observations suggèrent fortement que la LF est l'une des molécules principales qui modulent la réponse inflammatoire (Baveye *et al.*, 1999).

Fillebeen *et al.* (1999) ont étudié son transport à travers la barrière hémato-méningée dans des conditions inflammatoires. Le transport de la LF par les cellules endothéliales capillaires activées de cerveau de bovin a été nettement augmenté. La LF a été récupérée intacte sur le côté abluminal des cellules, suggérant que l'accumulation accrue de la LF puisse se produire en condition physiopathologique.

L'activité antimicrobienne de la LF du lait de chamelle a rarement été testée. Dans une étude comparative entre du lait de chamelle et du lait de vache (El Agamy *et al.*, 1992) l'activité bactéricide contre *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* s'est montrée similaire pour la LZ des deux espèces animales. Un effet contre les rotavirus a pu être également observé indiquant une action antivirale.

- Lysozyme (LZ)

Le lysozyme est une protéine naturellement présente dans les laits de mammifères où il est un facteur antimicrobien puissant. Le lysozyme contient une chaîne polypeptidique de 129 acides aminés pour un poids moléculaire d'environ 14 kDa. Dans le milieu physiologique, le lysozyme est chargé positivement, son pHi étant compris entre 10,5 et 11 (alcalin). Le lysozyme se lie en conséquence électrostatiquement aux surfaces anioniques des bactéries.

Les bactéries Gram-négatif sont plus résistantes au lysozyme car elles contiennent une paroi riche en lipopolysaccharides qui peut protéger les bactéries contre l'accès du lysozyme. En revanche, les souches de *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus lentus*, *Staphylococcus epidermis*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Actinomyces viscosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Fusobacterium nucleatum*, *Serratia marcescens*, *Actinomyces viscosus*, *Micrococcus luteus*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus stearothermophilus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Listeria monocytogenes*, *Pasteurella pseudotuberculosis*, *Yersinia enterocolitica*, *Bordella bronchiseptica*, *Bacteroides fragilis*, *Capnocytophaga gingivalis*, *Helicobacter pylori*, les levures *Candida krusei*, *Candida parapsilosis*, *Candida albicans*, *Candida glabrata* et le virus *Herpes simplex* sont sensibles au lysozyme.

L'activité antibactérienne du LZ du lait de chamelle, de vache et des œufs contre *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* et l'activité antivirale sur un rotavirus ont été étudiées par El Agamy *et al*, 1992. Les spectres d'activité antibactérienne des LZs de chameaux et de blanc d'œuf sont similaires, et différents de ceux du LZ de bovin.

La quantité de lysozyme dans le lait de chamelle est plus élevée que dans le lait de vache, 15 $\mu\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$ vs 7 $\mu\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$. L'activité enzymatique du lysozyme de lait de chamelle est également plus forte que celle de la vache, mais plus faible que celle de l'œuf (Elagamy *et al*, 1996). Tout comme la lactoferrine de cette espèce, le lysozyme du lait de chamelle est thermorésistant. Après un traitement thermique à 85°C pendant 10 minutes, 44% de l'activité initiale est conservée contre 26% pour celle du lait de vache et 18% pour le lait de bufflesse (Elagamy, 2000).

- Lactoperoxydase

Les peroxydases sont des enzymes qui appartiennent aux systèmes non-immuns normaux de défense du lait et des sécrétions des glandes à sécrétion externe (telles que la salive, les larmes, les sécrétions intestinales, le mucus cervical et la thyroïde).

Le lait contient naturellement une quantité non négligeable de lactoperoxydase. L'action du système peroxydase (LPS) résulte de l'oxydation de l'ion SCN⁻ en présence du peroxyde d'hydrogène, qui fait apparaître des oxi-acides ayant des propriétés bactéricides. Le premier produit de l'oxydation est l'ion hypothiocyanate (OSCN⁻), puis différents acides se succèdent, dont l'action inhibitrice varie en fonction des espèces microbiennes. L'action de la lactoperoxydase est susceptible d'être renforcée artificiellement en optimisant les concentrations des éléments qui entrent en jeu. Des bactéries telles que *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella species*, *Shigella sonnei*, *Listeria monocytogenes*, *Acinetobacter species*, *Neisseria species*, *Haemophilus influenzae*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Capnocytophaga ochracea*, *Selenomonas sputigena*, *Wolinella recta*, *Enterobacter cloaca*, des virus tels que *Herpes simplex virus*, *Immunodeficient virus*, *Respiratory syncytial virus* et la levure *Candida albicans* sont sensibles au système lactoperoxydase.

Cette enzyme dans le lait de chamelle est considérée comme étant plus thermorésistante que celle du lait de vache. La lactoperoxydase du lait de chamelle a des propriétés bactériostatiques contre les bactéries Gram-positif et des propriétés bactéricides contre les souches Gram-négatif. Le système LP est inactif contre rotavirus d'après Elagamy *et al*, (1992). Par ailleurs, la lactoperoxydase du lait de dromadaire présente une stabilité encore plus forte vis-à-vis des traitements thermiques (Elagamy *et al*, 1996). Son activité reste importante dans les échantillons de lait pasteurisé de la laitière de Mauritanie (Sabumukama, 1997). Les résultats de test API ZYM lactoperoxydase sur le lait de dromadaire montrent encore une activité enzymatique importante après un traitement thermique qui entraîne la disparition de cette activité dans du lait de vache (Loiseau *et al*, 2001).

- Immunoglobulines

Les immunoglobulines jouent un rôle dans le système immunitaire chez les nouveaux nés. Le taux des immunoglobulines est très élevé dans le colostrum chez tous les mammifères. Cependant, la concentration des immunoglobulines dans le lait varie selon les espèces concernées.

Trois classes fonctionnelles d'IgG sont définies chez le dromadaire : Ig1 est composé de 2 chaînes légères identiques et de 2 chaînes lourdes comme dans les autres IgG. Il y a donc 2 autres isotopes. Ce qui est remarquable c'est que l'organisation des anticorps chaînes lourdes du dromadaire diffère complètement de ce qui est connu chez les autres vertébrés (Atarhouch *et al.* 1997). Du point de vue structural, les IgG du dromadaire sont plus proches des immunoglobulines humaines que de celles des autres ruminants.

Les immunoglobulines du lait de chamelle ont un faible effet antibactérien et sont surtout des anti- rotavirus (Elagamy *et al.*, 1992).

Concernant la quantité d'IgG dans le colostrum et le lait de chamelle, les données de la littérature apparaissent discutables et contradictoires. Hülsebusch, 1999 observe un pic d'IgG dans le colostrum de $0,26 \pm 0,232$ mg/ml. Il le situe entre 18 et 30 heures après la naissance. El-Hatmi *et al.*, 2006 rapportent que la quantité d'IgG dans le colostrum est de $100,7 \pm 60,4$ mg/mL, et varie entre 11,8-211,1 mg/mL. La concentration chute au 90^{ème} jour après la mise bas à $0,65 \pm 0,01$ mg/mL.

D'après Elagamy, (2000) dans le lait, la concentration est plus faible mais la teneur répertoriée dans le lait de chamelle est 4 fois supérieure à celle du lait de vache à 0°C, et 6 fois plus élevée à 65°C. Par ailleurs, ces protéines sont plus thermorésistantes : il reste encore 0,048 mg/ml d'IgG dans le lait de chamelle après un chauffage à 85°C alors qu'elles ont disparu dans le lait de vache et le lait de bufflesse.

Levieux *et al.*, 2006 ont observés que la température moyenne de dénaturation thermique (50% de dénaturation) pour le lait mature chauffé pendant 30 minutes est de 67,2°C pour les IgG. Pour le premier lait, elle est de 64,8°C. Ainsi, plus le lait est riche en IgG, moins il est thermorésistant.

VII.2. - Le facteur anticancéreux

La lactoferrine jouerait un rôle reconnu dans le traitement de certains cancers et ses effets anti-tumoraux ont été étudiés notamment chez le rat (Jouan, 2002).

Partant de ces résultats observés en laboratoire, Chissov *et al*, (1995) ont élaboré une préparation à base de lactoferrine à utiliser dans les zones oropharyngiennes après une chimiothérapie.

La LF est capable de participer aux processus de prolifération et de différenciations cellulaires. Elle a également été identifiée en tant que « Colony Inhibitory », agissant au niveau des cellules de la moelle épinière durant la myélopoïèse (Linden, 1994). Les cellules traitées à la lactoferrine montrent un arrêt définitif de toutes les fonctions, incluant l'arrêt de l'activité métabolique des précurseurs de l'ADN et de l'ARN.

VII.3. - Le facteur antidiabétique : l'insuline

L'amélioration du statut glycémique chez les diabétiques traités au lait de chamelle serait due à la présence d'insuline en quantité importante : plus 5000 fois la valeur observée chez la vache et 1000 fois la valeur observée chez la femme (52 UI/I). L'insuline est normalement neutralisée lors du caillage du lait dans l'estomac sous l'effet de l'acidité du milieu, mais il semble que le lait de chamelle ne caillant pas comme ceux des autres espèces, l'insuline pourrait être conservée intacte dans l'intestin où elle pourrait être absorbée. En tout état de cause, il semble que la consommation régulière de lait de chamelle ait une action hypoglycémiante et régulatrice de la glycémie chez les patients insulino dépendants (Agrawal *et al*. 2003).

VII.4. - Les facteurs stimulants : la vitamine C

Le taux de vitamine C dans le lait de chamelle est 3 fois plus élevé que dans le lait de vache, soit en moyenne $37,4 \pm 11,0$ mg/L, il varie entre 26,2 et 61,1 mg/L (Farah *et al*, 1991).

La concentration en vitamine C dans le lait varie selon le stade de lactation, dans le colostrum il y a plus de vitamine C que dans le lait (Mohamed *et al*, 2005). Le lait des chammelles multipares est plus riche en acide ascorbique ($46,3 \pm 4,7$ mg/L) que celui des primipares ($44,9 \pm 5,8$). La concentration de vitamine C augmente tout au long de la lactation : $44,2 \pm 4,2$ mg/L à 6-89 jour, $46,7 \pm 4,0$ à 180-269 jour, $48,4 \pm 3,8$ mg/L à 270-360 jour de lactation.

La réputation du lait de chamelle est en grande partie due à sa richesse en vitamine C. De tous les laits de mammifères collectés pour les besoins de l'homme,

celui de la chamelle est le plus riche en cette vitamine dont le rôle tonique permettant de lutter contre la fatigue et l'infection est bien connu. Les facteurs qui affectent la teneur en acide ascorbique dans le lait ont été très peu étudiés (Elkhidir, 2002).

La vitamine C joue un rôle biologique considérable par ses propriétés anti-oxydantes. Récemment, il a été montré qu'elle avait aussi une action positive sur la réponse immunitaire des organismes agressés par diverses maladies.

On observe des variations selon les races de dromadaire : par exemple au Soudan le lait de type Arabi est plus riche que celui du type Anafi, lui-même plus riche que celui du type Bishari. On n'observe pas de variations liées au sexe de l'animal. Cependant, les femelles excrètent plus de vitamine C dans l'urine que les mâles. Par ailleurs, le taux de vitamine C dans le plasma et les leucocytes augmente significativement après les 6 premiers mois de lactation. On remarque une évolution parallèle entre les teneurs sanguines et lactées. Les chamelles multipares ont plus de vitamine C dans leur lait que les primipares, et les chamelons nouveau-nés ont plus de vitamine C dans leur plasma que les mères, puis cela se stabilise après 4 semaines pour atteindre des valeurs similaires à la mère chez qui la tendance est à l'accroissement après la parturition. Le colostrum est d'ailleurs plus riche en vitamine C que le lait, signant ainsi le rôle de transfert actif de la mère vers le jeune.

L'alimentation de la chamelle semble jouer un rôle non négligeable, les rations à base de pâturages naturels étant moins favorables sur la concentration en acide ascorbique dans le plasma et les leucocytes que des rations contenant de la luzerne par exemple.

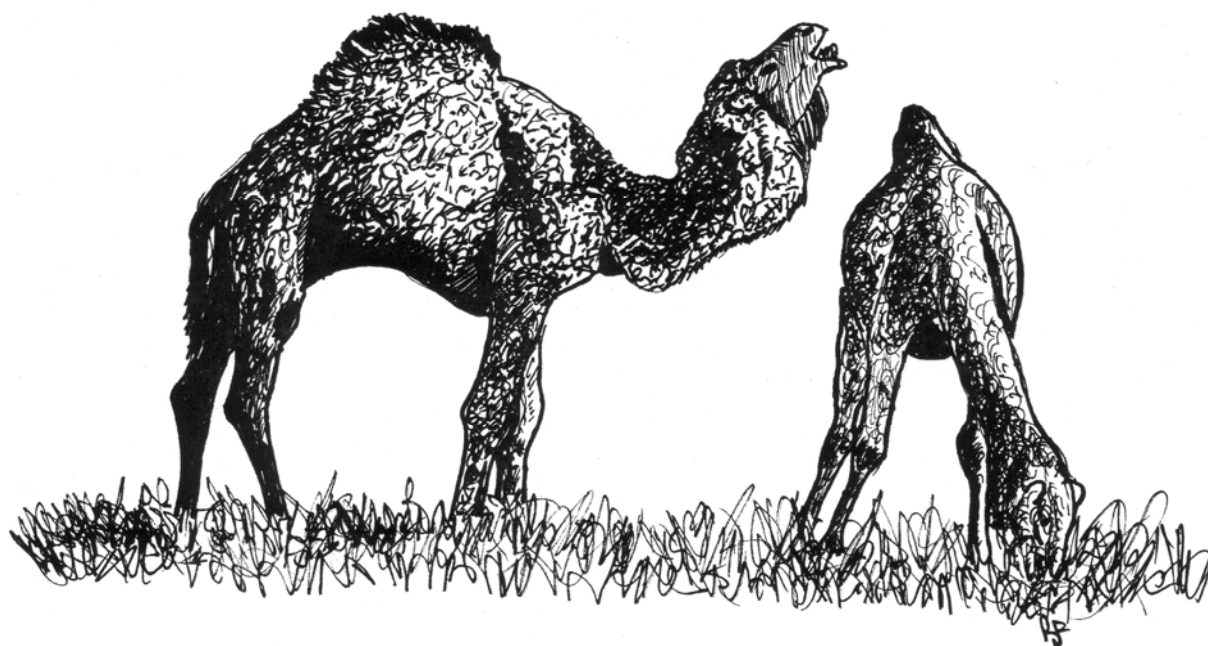
Les maladies parasitaires telles que la gale sarcoptique et la trypanosomose sont associées à une diminution des teneurs dans le plasma et les leucocytes. Chez les animaux cliniquement affectés par la trypanosomose, cette chute est particulièrement marquée : la teneur dans le plasma décroît de 5,8 mg/l en moyenne chez les animaux sains à 1,8 chez les animaux malades. Les maladies infectieuses (brucellose, mammites) présentent le même impact bien que moins marqué. Sans pouvoir préciser si cette chute est une cause ou une conséquence de la maladie, on peut cependant affirmer que la vitamine C joue un rôle essentiel dans la résistance à l'infection. On peut du reste en déduire que les femelles en période de repos sexuel ou en début de lactation sont plus résistantes. Cela dit, l'effet immunostimulant de

l'acide ascorbique, notamment dans des situations de stress (travail intense par exemple) mériterait d'être approfondi.

VII.5. - Les propriétés du shubat

Les produits fermentés issus du lait de chamelle, tel que le shubat bénéficient des avantages de la composition chimique du lait mais aussi des avantages liés à la fermentation lactique et à la présence de bactéries lactiques vivantes présentes en grand nombre. Les bactéries lactiques sont souvent bénéfiques pour la santé humaine, on parle alors de probiotiques. C'est le cas de certaines souches de lactobacilles, lactocoques, les bifidobactéries.

Chez l'homme, les probiotiques ont principalement été utilisés jusqu'ici pour le traitement et la prévention des diarrhées. Au cours des dernières années, on a pu montrer que les probiotiques pouvaient également jouer un rôle dans le traitement des diarrhées chroniques inflammatoires ainsi que dans la prévention des infections respiratoires et des maladies allergiques. Nous ne disposons cependant à ce propos que de peu d'informations liées aux propriétés probiotiques des bactéries du shubat. Cependant compte tenu de la diversité des flores microbiennes lactiques présentes dans le lait de chamelle et le shubat, il convient de dire que ces flores doivent présenter des propriétés retrouvées chez la majorité des bactéries lactiques. Des études devraient pouvoir démontrer la justesse de cette affirmation. Ces effets bénéfiques des probiotiques sont la diminution du taux de cholestérol (donc sur un des principaux facteurs de risque pour la maladie coronarienne), l'absorption du calcium (prophylaxie de l'ostéoporose), un effet anti-carcinogène et plus généralement une augmentation des défenses immunitaires de l'organisme (Roissart, 1994).



Matériels et Méthodes

Matériels et Méthodes

I - Zone des prélèvements du Kazakhstan

L'objectif étant de disposer d'échantillons de lait de tous les types de camélidés présents au Kazakhstan, nous avons mis en place un dispositif permettant d'avoir accès à toute la diversité disponible (chameaux de Bactriane, dromadaires et hybrides). Pour les races de chameau de Bactriane Kazakh, on a choisi la région de Atyraou, où l'on peut trouver les animaux de type *Oralbokeilik*. Les animaux de type *Kzyl-Orda*, ont été échantillonnés autour de la Mer d'Aral. Les Bactrianes de type *Ongtüstik Kazakhstan*, ont été prélevés dans l'oblys de Ongtüstik-Kazakhstan, la capitale de cette région étant la ville de Chymkent.

Pour les dromadaires, une seule race est présente au Kazakhstan, à savoir la race Arvana, originaire du Turkménistan. On a pu trouver ce type d'animal dans les régions déjà choisies pour les races de Bactriane Kazakh, cet-à-dire à Atyraou, Aral et Chymkent.

Les animaux hybrides ont été échantillonnés dans les mêmes régions que pour les Bactrianes et les dromadaires.

Les premières analyses physicochimiques et biochimiques ont été réalisées à la faculté de biologie de l'Université Al Farabi à Almaty, d'autres échantillons ont également été prélevés dans la région d'Almaty. Almaty, étant au centre du dispositif, à l'origine de tous les déplacements, et très éloignée des autres zones d'étude avec des durées de déplacement longues, il était possible de disposer d'échantillons rapidement conservés dans de très bonnes conditions de stockage pour estimer les modifications de la composition du lait de chamelle dues aux conditions éloignées de prélèvement. Les lieux de prélèvements proches d'Almaty sont pour le lait de Bactriane « Aldabergenova », un village situé à 250 km d'Almaty, et pour le lait de dromadaire, le village Akshi, distant de 150 km.

On définit ainsi 4 régions de prélèvements (Almaty, Atyraou, Aral, Chymkent) et trois espèces (Bactriane avec ses trois types, dromadaire et hybrides). Tous ces prélèvements ont été réalisés au moins une fois au cours des 4 saisons de l'année.

Dans certaines fermes, des animaux d'espèces différentes cohabitaient. Pour la fabrication du shubat, le lait est toujours mélangé quelle que soit l'espèce aussi certains prélèvements de lait sont constitués de mélange (lait d'un troupeau).

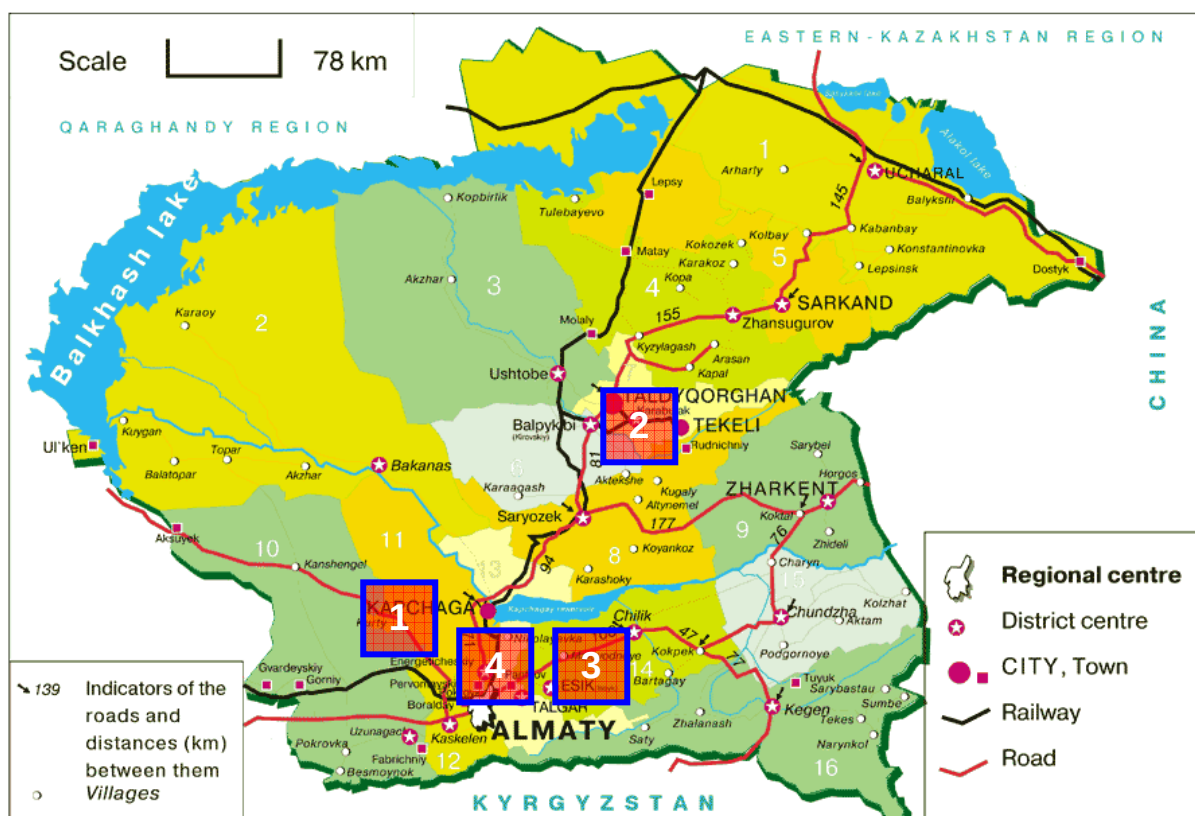
Selon la régularité des passages dans les fermes, l'objectif était d'avoir des échantillons du lait de 2-3 chameles de chaque espèce à chaque saison (Tableau 1 correspondance avec les cartes des régions), mais le dispositif complet permettant de renseigner toutes les cellules d'une matrice « espèce » * « région » * « saison » n'a pu être que partiellement réalisé (fermes difficilement accessibles à certaines saisons, espèces non présentes, traites non faites lors de notre passage).

Pour chaque échantillon, une quantité entre un demi-litre et un litre a été prélevé dans une bouteille de plastique préalablement nettoyée et séchée, soit à la fin de la traite individuelle pour les échantillons par animal, soit dans le lait de mélange pour les échantillons de troupeau. Les bouteilles étaient placées immédiatement dans une glacière contenant des blocs de réfrigérant et transportés vers le laboratoire. Les durées de transport ont varié de 2 à 60 heures selon l'éloignement des lieux de prélèvement (tableau 1). Afin de tenir compte des conditions réelles de terrain, aucun conservateur (azide de sodium par exemple) n'a été rajouté, d'autant plus que des analyses microbiologiques ont également été réalisées.

Tableau 1. Liste des fermes du Kazakhstan où ont été prélevés les échantillons du lait des chameilles et du *shubat*.

#	Régions	Nom de ferme ou de village	Distance d'Almaty	Durées des trajets	Les espèces	Nombre d'animaux, Nombre de traites journalières	Transhumances	Note
1	Almaty	TOO « Daulet-Beket »	121 km	En voiture 1,5-2 heures	Pur dromadaire de race Arvana	400 têtes, dont 150 chameilles en lactation. traites quotidiennes, 2 en hiver, 3 en été	En hiver le troupeau est déplacé à 150 km d'Almaty au nord	
2	Almaty	KCh Aldabergenova	380 km	En voiture 2,5-3 heures ou en bus 5-6 heures	** Pur Bactriane	Nombre d'animaux traits : 3 chameilles en lactation depuis 2 ans. Nombre de traite 3	Les chameilles laitières ne participent pas à la transhumance	
3	Almaty *	AO « Agromercure »			Pur dromadaire de race Arvana	Nombre d'animaux en traits pas identifié Nombre de traites en hiver 2, 3 en été	Sans transhumance	La traite est mécanique, les animaux sont en système intensif.
4	Almaty *	KCh « Baïserke-Agro »	20 km	En voiture 0,3-1 heure	** Bactriane, dromadaire	Nombre d'animaux en traite nul la plupart du temps	En transhumance permanent	Un seul échantillon a été prélevé
5	Atyraou	AO « Birinshi mamyr »		En avion 3,5 heures jusqu'à Atyraou, puis 1,5-2 heures en voiture	Pur Bactriane de type <i>Oralbokeilik</i>	Nombre total d'animaux 700 têtes, en traite ~120-150 chameilles. Nombre de traites en l'hiver 2, 3 en été	En été, à 96 km au Nord-est d'Atyraou, en hiver au Nord à 20 km d'Atyraou	Statut de ferme de race pure de Bactriane de type <i>Oralbokeilik</i> .
6	Atyraou	KCh Tendik		En avion 3,5 heures jusqu'à Atyraou, puis 3-3,5 heures de voiture	** Bactriane, dromadaire, hybride	Nombre total d'animaux 120 têtes, en traite ~30-40 chameilles. Nombre de traites en hiver 2, 3 en été	En été à 170 km à l'Est d'Atyraou. En l'hiver à 25 km à l'Est d'Atyraou	
7	Aralsk	Station d'Aralkoum, P«Beisenbayev Daouletbas»		38 heures de train	** Bactriane, dromadaire, hybride	Nombre d'animaux en traite 3-4 chameilles. Nombre de traites en hiver 2, 3 en été	Sans transhumance	Producteur indépendant autonome et
8	Aralsk *	Ville Aralsk		60 heures de train	** Bactriane, dromadaire, hybride	Marché de Aralsk : Nombre d'animaux en traite indéterminé Nombre de traites en hiver 2, 3 en été	—	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Aralsk *	TOO Koulandy, la 1 ferme « Kosamann »		60 heures de train, puis 2,5-3 heures de route	Pur Bactrian de type <i>Kyzylorda</i>	Nombre total d'animaux dans le TOO 1700 têtes, à «Kosaman» ~400 têtes, possible pour la traite 200 chamelles. Traites irrégulières	En été à l'Ouest à 80-100 km d'Aralsk.	L'une des plus grandes fermes de race pure. Peu de traite à cause des distances au marché.
10	Chymkent	AO Sary-Arka		16 heures de train et 1-1,5 heure de voiture (60 km de Chymkent)	** Bactriane, dromadaire, hybride	Nombre total d'animaux ~200 têtes, en traite 40-60 chamelles. Nombre de traites en hiver 2, 3 en été	Absence de transhumance.	Elevage en métayage.
11	Chymkent	TOO Karakalpak		16 heures de train et 2,5-3 heures de voiture (180 km de Chymkent)	Pur Bactriane de type <i>Ongtustik-Kazakhstan</i> , dromadaire, hybride	Nombre total d'animaux ~350 têtes, en traite ~50-70 chamelles. Nombre de traites en hiver 2, 3 en été	Absence de transhumance.	Statut de ferme de race pure, mais en réalité il existe tout les types d'animaux.
12	Chymkent	Ville de Turkestan P «Esenov Mahmoud»			** Bactriane, Dromadaire, hybride	Nombre total 27 têtes, en traite 6-7 chamelles. Nombre de traite en hiver 2, 3 en été	Absence de transhumance.	Producteur indépendant et autonome.
AO – associations des actionnaires KCh – agriculture paysanne TOO – associations commerciales coopératives P – chez particuliers ayant des animaux chez eux					5 – Nature des déplacements depuis Almaty et nombre d'heure de voyage jusqu'aux fermes * - les lieux de prélèvement ne sont pas réguliers ou bien n'ont eu lieu qu'une seule fois ** - les races ne sont pas très bien définies (uniquement par leurs phénotypes) et absence de certificats			



- 1 – Ferme de chameaux de Bactriane (Aldabergenov)
- 2 – Ferme de dromadaires (Daulet-Beket)
- 3 – Ferme de dromadaires (Agromercure)
- 4 – Ferme de chameaux de Bactriane (Baiserke-Agro)



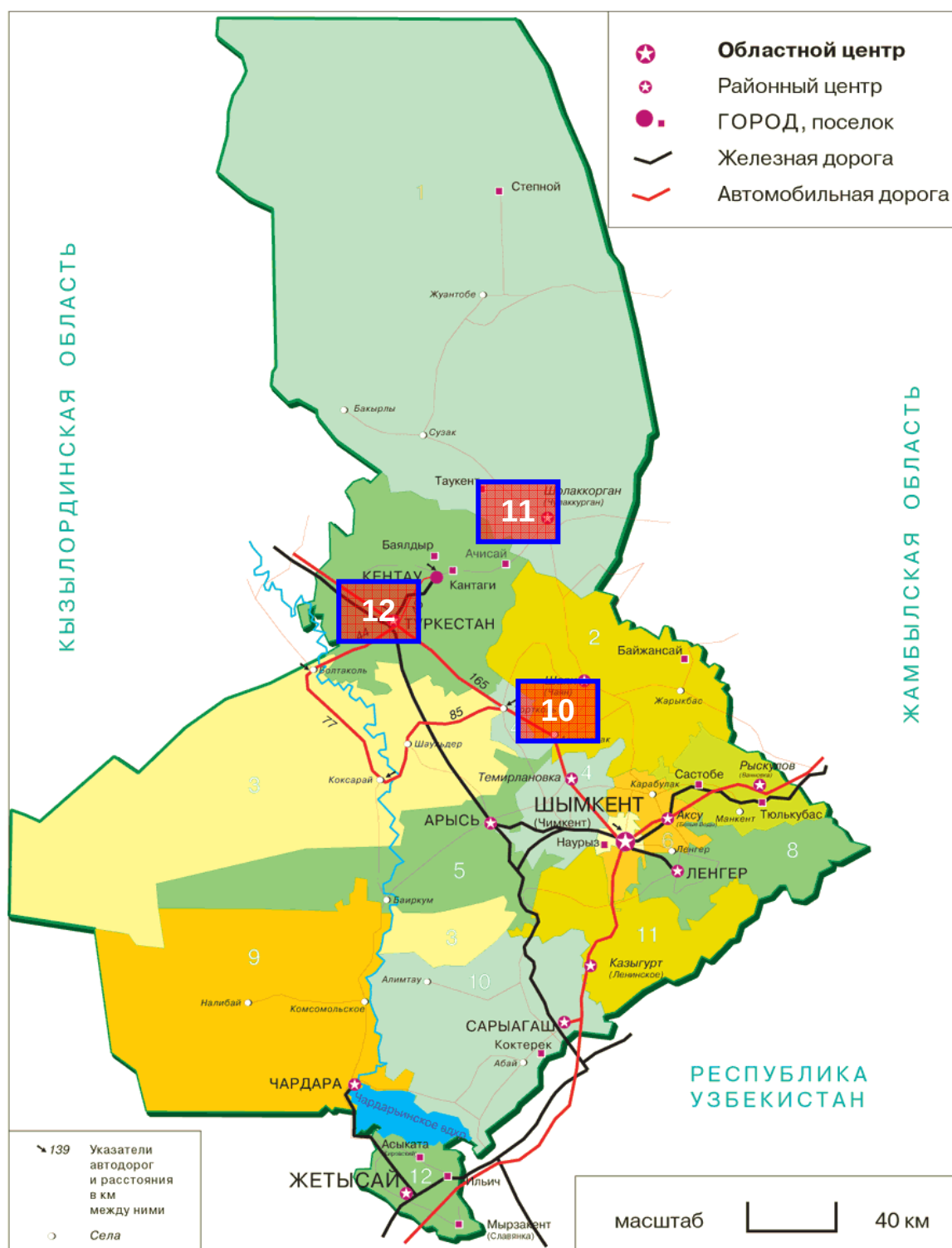
- 5 – Ferme de race pure de chameaux de Bactriane AO « Birinshi Mamyr »
- 6 – Ferme KCh « Tendik », toutes les espèces



7 – Agriculteur paysan Beisenbayev, Station « Aralkum », toutes les espèces

8 – Marché de la ville Aralsk, toutes les espèces

9 – Ferme de race pure de chameaux de Bactriane TOO « Kulandy »



- 10 – Ferme OAO « Sary-Arka », toutes les espèces
 11 – Ferme de race pure de Bactrianes AO « Karakalpak »
 12 – Agriculteur paysan, ville de Turkestan, toutes les espèces

II - Echantillonnage du lait, du colostrum et du shubat

Comme nous l'avons vu, les prélèvements de lait individuel et de lait de troupeaux ont été réalisés selon les facteurs espèces, saisons et régions entre janvier 2003 et mars 2005 (Tableau 2).

Tableau 2. Dispositif des échantillons de lait de chamelle prélevé.

Facteurs		Almaty	Atyraou	Aralsk	Chymkent	Grand Total
Bactriane	Hiver	4	7	2		13
	Printemps	5	5	5	3	18
	Eté	4	7	1	2	14
	Automne	4	6	1	1	12
Bactriane Total		17	25	9	6	57
Dromadaire	Hiver	5	2	2	2	11
	Printemps	14	2	2	4	22
	Eté	20	1	1	6	28
	Automne	2	1		6	9
Dromadaire Total		41	6	5	18	70
Hybrides	Hiver				2	2
	Printemps		1	4	5	10
	Eté			2	5	7
	Automne				1	1
Hybrides Total			1	6	13	20
Mélange	Hiver				1	1
	Printemps		2	2	7	11
	Eté		1		6	7
	Automne		1	1	2	4
Mélange Total			4	3	16	23
Inconnus	Printemps				6	6
Total inconnus					6	6
Total		58	36	23	59	176

Le tableau n'est pas complètement rempli car nous nous sommes heurtés à certaines difficultés liées à des contraintes :

- saisonnières : compte tenu des variations climatiques et des difficultés d'accès chez les éleveurs en hiver et en automne, certaines cases du tableau n'ont pu être renseignées sauf à Almaty, région plus accessible en toutes saisons ;
- régionales : dans la région d'Almaty, les troupeaux étant de race pure homogène, et les échantillons de lait de mélange étant absents, il n'y a pas eu de prélèvements réalisés sur des hybrides ou des laits de mélange, à Atyraou, les effectifs des dromadaires et hybrides étaient faibles. De plus, du fait de l'éloignement, les prélèvements n'ont pu être

effectués qu'une fois par saison ; pour la région d'Aralsk, la prise d'échantillons, a été difficile, car TOO Kulandy était trop éloigné et les fermiers ne pouvaient vendre leurs produits, donc le lait était laissé au chamelon ; à KCh Beisenbayev, il n'y avait que des animaux en fin de lactation, suivie d'une année de tarissement ; A Chymkent, les informations ont manqué pour 6 prélèvements de lait (réalisés par une tierce personne), ils sont donc considérés comme « inconnus ».

Sur 186 échantillons de lait, 32,4% sont de Bactriane, 40% de dromadaire, 11,4% d'hybride, 13,1% de mélange, et 3,1% de lait individuel inconnu.

Pour les régions : 33% des échantillons proviennent d'Almaty, 20,5% d'Atyraou, 13% d'Aralsk et 33,5% de Chymkent.

Concernant les saisons : 15% en hiver, 38% au printemps, 32% en été et 15% en automne.

11 échantillons de colostrum ont été prélevés dans 3 régions seulement chez des dromadaires pour la plupart et 2 chez des Bactrianes (Tableau 3).

Tableau 3. Dispositif d'échantillonnage du colostrum

Facteurs	Almaty	Atyraou	Aralsk	Grand Total
Bactriane		1	1	2
Dromadaire	9			9
Total	9	1	1	11

Les échantillons du shubat ont été prélevés là où l'on avait des échantillons de lait de mélange (Tableau 4).

Tableau 4. Dispositif d'échantillonnage du shubat

Facteurs	Almaty	Atyraou	Aralsk	Chymkent	Grand Total
Hiver	2	1	3	1	7
Printemps	2	3	1	4	10
Eté	1	2		5	8
Automne	2	2		2	6
Total	7	8	4	12	31

Les contraintes de prélèvement de shubat sont les mêmes que pour le lait, notamment l'impossibilité de prélever des échantillons à Aralsk en absence de production de lait.

Pour les 31 échantillons de shubat, la répartition est, par région : 22% à Almaty, 26% à Atyraou, 13% à Aralsk et 39% à Chymkent ; par saison : 22% en hiver, 32% au printemps, 27% en été et 19% en automne.

III - Choix des paramètres et des méthodes d'analyse physico-chimique

III.1 - Analyse des matières azotées

III.1.1 - Matières azotées totales (MAT) ISO 8968 – 1 : 2001

La concentration en protéines d'un aliment est estimée en fonction de sa teneur en azote N total sur la base d'une teneur moyenne en azote de 16% dans les protéines végétales ou animales ($N \times 100/16$ ou $N \times 6,38$).

Le dosage de l'azote total et non des protéines est justifiée par la fiabilité de celui-ci et par la présence d'azote sous différentes formes (protéique et non protéique) dans les échantillons.

Principe : La matière organique contenue dans l'échantillon est minéralisée par l'acide sulfurique, en présence d'un catalyseur. L'azote organique est réduit en azote minéral sous forme de sulfate d'ammonium. La minéralisation est suivie d'une distillation en présence d'hydroxyde de sodium concentré à 400g/L qui permet le dégagement de l'ammoniaque. L'ammoniaque est distillé puis piégé dans de l'acide borique pour former du borate d'ammonium qui est titré par pH-métrie avec de l'acide sulfurique.

Minéralisation

Mode opératoire en utilisant le Kjeldatherm de chez Gerhardt (France, 78)

Peser dans un matras à 0,1 mg près 0,5 g ou 1 mL d'échantillon de lait ou de produits laitiers. Soit PE la prise d'essai. Inclure un échantillon témoin par série.

Sous la hotte aspirante, ajouter une pastille de catalyseur, quatre billes de verre, puis 15 ml d'acide sulfurique à 95-96% de pureté à l'aide d'une dispensette, en mouillant entièrement l'échantillon pour une meilleure oxydation de la matière organique.

Placer les matras dans le bloc à minéraliser chauffant, poser le récupérateur de vapeurs sur les matras et régler la température du bloc à 350°C. Ouvrir l'eau du robinet de la trompe à vide, brancher l'aspiration des hottes et fermer la porte de la hotte.

Laisser minéraliser pendant 4 heures, temps nécessaire pour obtenir une décoloration complète du contenu des matras (3 h + 1 h supplémentaire).

Une fois les échantillons minéralisés, éteindre le bloc. Placer aussitôt les matras sur le portoir sous aspiration. Attendre leur refroidissement au minimum pendant une heure. Lorsque les matras sont froids, fermer l'alimentation en eau de la trompe à vide.

Distillation (Vapodest de chez Gerhardt France, 78)

Vérification de l'appareil

Le premier échantillon distillé sera la solution étalon de sulfate d'ammonium à 1 g/l : introduire 10 ml de cette solution dans un matras, positionner le matras dans le distillateur, ainsi qu'un bécher de 250 ml contenant 10 ml d'acide borique 0,2 M et quelques gouttes de rouge de méthyle (dans ce bécher sera récupéré environ 150 ml de distillat) et un barreau aimanté.

Démarrer la distillation : l'appareil ajoute automatiquement 40 ml d'eau distillée et 60 ml de soude à 40%, puis distille pendant 4 minutes.

Titrer le distillat obtenu et comparer les valeurs obtenues avec celles attendues (voir le calcul en 6.1).

Distillation des échantillons

Dans un bécher de 250 ml, introduire 10 ml d'acide borique à l'aide d'une dispensette, quelques gouttes de rouge de méthyle, et un barreau aimanté.

Placer le matras dans le distillateur et le bécher à la sortie du réfrigérant. Déclencher la distillation : l'appareil ajoute automatiquement 40 ml d'eau distillée et 60 ml de soude à 40%, puis distille pendant 4 minutes (durée nécessaire pour obtenir environ 150 ml de distillat). La solution contenue dans le matras doit devenir bleue, sinon rajouter de la soude.

En fin de distillation, retirer le matras chaud à l'aide d'une pince. Secouer légèrement la canule de sortie des vapeurs plongeant dans le bécher afin de récupérer tout le distillat. Retirer le bécher et titrer le distillat ainsi obtenu.

Titration

Avant chaque utilisation, le titrateur est étalonné.

Le distillat est titré avec de l'acide sulfurique 0,1 N.

Le bécher contenant le distillat est placé sur l'agitateur ; y plonger l'électrode préalablement rincée à l'eau déminéralisée, déclencher l'agitation et démarrer la titration (le virage à observer a lieu à pH 5,65). Relever le volume V d'acide sulfurique 0,1 N versé.

Calculs

Calcul de la teneur en azote total dans une solution étalon de sulfate d'ammonium

Soient :

M_{sa} : quantité en g de sulfate d'ammonium introduit dans la fiole jaugée de 100 ml

V_d : volume en ml de la solution de sulfate d'ammonium distillé

V_a : volume en ml d'acide sulfurique 0,1 N versé lors de la titration du sulfate d'ammonium

Le % d'azote attendu de la solution préparée est :

$$C = M_{sa} \times \frac{28}{132}$$

Le % d'azote obtenu est :

$$C = \frac{V_a \times 0,14}{V_d}$$

Calcul de la teneur en azote dans un échantillon

Soient :

PE : la prise d'essai en grammes

V : le volume d'acide sulfurique 0,1 N ajouté lors de la titration

La teneur en azote est :

$$\%N = \frac{V \times 0,14}{PE}$$

La teneur en matières Azotées Totales est :

$$\%MAT = \frac{V \times 0,14 \times 6,25}{PE}$$

Exprimer le résultat à 0,01% près.

La différence entre les résultats de 2 déterminations effectuées simultanément par le même analyste ne doit pas dépasser (0,228+0,014 x %MAT).

III.1.2 - Matières protéiques – titrables

Un échantillon précis de lait liquide frais ou pasteurisé de 20 mL est versé dans un bécher. Ajouter quelques gouttes de solution de phénolphtaléine à 1% w/v dans

de l'éthanol. Titrer le mélange avec une solution de NaOH 0,1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose stable pendant 30 seconde sans relever le volume de soude. Ajouter dans le bécher 4 mL de formaldéhyde préalablement neutralisé avec NaOH 0,1N (jusqu'au virage de la couleur rose). Le mélange obtenu est homogénéisé et titré à nouveau avec une solution de NaOH 0,1N jusqu'à la couleur rose, noter le volume de NaOH (V1).

Calculs

$$\% \text{ de protéines} = V1 * 0,959$$

0,959 est le coefficient de conversion pour les matières protéiques du lait.

III.1.3 - Analyse de l'azote non protéique

Dosages enzymatiques de l'urée et de l'ammoniaque dans le lait (kit UV-method, Enzymatic BioAnalysis / Food Analysis, Cat. No. 0 542 946. Boehringer Mannheim distribué par R-Biopharm France 69).

Le principe des dosages repose sur l'hydrolyse de l'urée en ammoniaque et en dioxyde de carbone par l'uréase. Puis, en présence de glutamate déshydrogénase (GLDH) et de NADH, H^+ l'ion ammonium avec du 2-oxoglutarate donne du L-glutamate et du NAD^+ . La quantité de NADH oxydé est stoechiométrique de celle de l'urée et de l'ammoniaque contenues dans les échantillons. La disparition du NADH est mesurée à 334 ou 340 nm,

Préparation des échantillons

Pour l'urée, prélever 1 mL d'échantillon de lait homogénéisé et le placer dans un tube de centrifugeuse, ajouter 4 mL d'acide trichloracétique 0.3M et centrifuger pendant 5 minutes à 4000 tours/mn. Prélever 0,100 mL de surnageant pour la suite de l'analyse.

Pour l'ammoniaque, le surnageant obtenu après centrifugation est neutralisé avec une solution de KOH, 10M, ensuite filtrer et utiliser 1 à 2 mL de filtrat pour les analyses.

Mode opératoire

Préparation du blanc d'urée. Dans un tube, placer 1 mL de mélange, solution de la boîte 1 (triethanolamine buffer, pH ~8,0 ; 2-oxoglutarate, ~220 mg) et de la boîte 2 (tablette de NADH ~0,4 mg). Ajouter 0,020 mL de solution d'uréase et 2 mL d'eau

distillée. Mélanger le contenu du tube et laisser reposer 5 minutes à 20-25°C. Mesurer ensuite l'absorbance (A_1) à 340 nm. Ajouter dans le tube 0,020 mL de solution GLDH, mélanger et laisser reposer 20 minutes. Lire l'absorbance (A_2) de la solution obtenue à 340 nm.

Préparation de blanc d'ammoniaque. Dans un tube, prélever 1 mL de mélange solution des boîtes 1 (triethanolamine buffer, pH ~8,0 ; 2-oxoglutarate, ~220 mg) et 2 (tablette de NADH ~0,4 mg). Ajouter 2,020 mL d'eau distillée. Mélanger le contenu du tube et laisser reposer 5 minutes à 20-25°C. Mesurer ensuite l'absorbance (A_1) à 340 nm. Ajouter dans le tube 0,020 mL de solution GLDH, mélanger et laisser reposer 20 minutes. Lire l'absorbance (A_2) de la solution obtenue à 340 nm.

Préparation d'échantillons pour le dosage de l'urée. Dans un tube, prélever 1 mL de la solution de triethanolamine buffer, pH ~8,0 ; 2-oxoglutarate, ~220 mg) et 1 pastille de NADH ~0,4 mg. Ajouter dans le tube 0,100 mL de solution d'échantillon (obtenue comme décrit dans le paragraphe « préparation d'échantillon d'urée »). Ensuite introduire 0,020 mL de solution d'uréase et 1,900 mL d'eau distillée. Mélanger le contenu du tube et laisser reposer 5 minutes à 20-25°C, ensuite mesurer l'absorbance (A_1) à 340 nm. Ajouter dans le tube 0,020 mL de solution GLDH, mélanger et laisser reposer 20 minutes. Lire l'absorbance (A_2) de la solution obtenue à 340 nm.

Préparation d'échantillons pour le dosage d'ammoniaque. Dans un tube, placer 1 mL de la solution de triethanolamine buffer, pH ~8,0 ; 2-oxoglutarate, ~220 mg) et 1 pastille de NADH ~0,4 mg. Ajouter dans le tube 0,100 mL de solution d'échantillon (obtenue comme décrit dans le paragraphe « préparation d'échantillon d'ammoniaque »). Ensuite introduire 1,920 mL d'eau distillée. Mélanger le contenu du tube et laisser reposer 5 minutes à 20-25°C. Mesurer ensuite l'absorbance (A_1) à 340 nm. Ajouter dans le tube 0,020 mL de solution GLDH, mélanger et laisser reposer 20 minutes. Lire l'absorbance (A_2) de solution obtenue à 340 nm.

Calculs

Equation générale de concentration (c) des produits (urée et ammoniaque) :

$$c = \frac{V * MW}{\varepsilon * d * v * 1000} * \Delta A [g / L]$$

V – volume final [mL],

v – volume d'échantillon [mL],

MW – poids moléculaire : 60,06 pour l'urée et 17,03 pour l'ammoniaque

d – trajet optique [cm],

ε – coefficient d'extinction molaire du NADH (340 nm = 6,3 [l * mmol⁻¹ * cm⁻¹].

$\Delta A_{\text{urée + ammoniac}} = (A_1 - A_2)_{\text{échantillon}} - (A_1 - A_2)_{\text{blanc}}$ (de l'analyse d'urée),

$\Delta A_{\text{ammoniac}} = (A_1 - A_2)_{\text{échantillon}} - (A_1 - A_2)_{\text{blanc}}$ (de l'analyse d'ammoniac)

$\Delta A_{\text{urée}} = \Delta A_{\text{urée + ammoniac}} - \Delta A_{\text{ammoniac}}$.

III.2 - Analyse des matières grasses

III.2.1 - Matières grasses (MG)

La méthode acido-butyrométrique ISO 488 : 1983

Principe : La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle qui, lorsqu'elle est appliquée à un lait entier, de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne, à 20°C, donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100 ml de lait qui est équivalente à celle obtenue par la méthode de référence gravimétrique (2). Cette technique de dosage rapide, applicable au lait entier et partiellement écrémé, n'est pas applicable aux laits homogénéisés tels les laits UHT.

Les protéines du lait sont dissoutes par l'acide sulfurique, les matières grasses, résistantes à l'action de l'acide sulfurique concentré sont séparées par centrifugation, à chaud en présence d'alcool isoamylique (3-méthyl-1-butanol) qui facilite la séparation. On en mesure le volume vers 65-70°C dans un butyromètre de Gerber.

Mode opératoire : Mesurer 10 mL d'acide sulfurique concentré (densité 20°C : 1,820) et les introduire dans un butyromètre sec. Prélever 11 ml de lait (doucement homogénéisé avec une baguette de verre) avec la pipette spéciale et les verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci, de façon qu'il forme une couche au dessus de l'acide, ajouter 1 mL d'alcool isoamylique (densité 20°C : 0,813). Bien boucher le butyromètre avec un bouchon sec sans perturber son contenu.

Envelopper le butyromètre dans un chiffon, puis, en maintenant le bouchon, le retourner lentement 3 ou 4 fois ; agiter alors énergiquement pour dissoudre complètement la caséine. Le mélange brunit, s'échauffe vers 80°C et s'homogénéise.

Centrifuger aussitôt en plaçant le butyromètre dans la centrifugeuse à butyromètres, bouchons vers la périphérie, pendant 5 minutes. Si la centrifugation ne peut pas avoir lieu immédiatement après l'homogénéisation, maintenir le butyromètre dans un bain thermostaté à 65 ± 2°C pour que la matière grasse reste en fusion. Réchauffer le butyromètre en le plaçant, bouchon vers le bas, dans un bain

thermostaté à $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ quelques minutes. S'assurer que la colonne grasse est entièrement dans l'échelle graduée, sinon agir sur le bouchon en conséquence. Repérer la position inférieure de la colonne grasse, soit x , lire aussitôt la position supérieure, soit x' . Vérifier que la position du niveau inférieur n'a pas variée. Sinon, réajuster et refaire une nouvelle lecture de x' . Retenir x' lorsque deux lectures consécutives sont identiques. Si l'on n'a pas réussi ceci en 10 seconde, replonger le butyromètre dans le bain thermostaté et refaire un cycle de lecture après 2 à 3 minutes.

La graduation est en g de matière grasse pour 100 mL de lait, $x' - x$ représente la valeur recherchée.

III.2.2 - Méthode rapide

La mesure de la MG a aussi été réalisée en utilisant un appareil « LACTAN-4 » (Fédération de Russie), qui est basé sur une méthode de spectrophotométrie en infra rouge.

III.2.3 - L'indice d'iode par méthode de Margoshes.

Principe.

L'indice de l'iode représente la quantité de diode (I_2) pouvant se fixer sur les insaturations (doubles liaisons, le plus souvent) de 100 g de matière grasse. C'est donc un indicateur du niveau de saturation de la matière grasse [Anonyme n°1].

Mode opératoire.

Préparation du blanc. Prélever dans une fiole jaugée 10 mL d'éthanol. Ajouter 5 mL de solution alcoolique d'iode à 5% (w/v), bien mélanger et ajouter 200 mL d'eau distillée chaude. Fermer les fioles pour que l'iode ne se volatilise pas, et laisser reposer pendant 5 minutes. L'excédent de l'iode est titré avec une solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N après ajout de 1 mL d'amidon à 1% w/v comme indicateur coloré. Le virage est indiqué par la disparition de la couleur bleue.

Préparation des échantillons de lait et de shubat. Prélever 5-8 mL de l'échantillon de lait ou de shubat et les centrifuger à 4000 g pendant 10-15 minutes à 4°C . Pour récupérer facilement la matière grasse placer les tubes de centrifugation à 4°C pendant quelques minutes. Prélever dans les tubes refroidis, 0,10 à 0,12 g de matières grasses (phase supérieure) et les placer dans une fiole jaugée à rodage. La

matière grasse est dissoute par 10 mL d'éthanol. On peut chauffer dans le bain-marie à 50-60°C pour faciliter cette dissolution. Ajouter 5 mL de solution alcoolique d'iode à 5% w/v, bien mélanger et ajouter 200 mL d'eau distillée chaude. Fermer les fioles pour que l'iode ne se volatilise pas, et laisser reposer pendant 5 minutes. L'excédent de l'iode est titré avec une solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N après ajout de 1 mL d'amidon à 1% w/v comme indicateur coloré. Le virage est indiqué par la disparition de la couleur bleue.

Calcul.

L'indice d'iode est calculé selon l'équation suivante :

$$x = \frac{(a - b) \times 0,0127 \times 100}{C}$$

x – Indice de l'iode de matière grasse,
 a – Volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N pour le blanc, en mL,
 b – Volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N, pour l'essai, en mL,
 C – Masse de matière grasse analysée, en gramme,
 0,0127 – Quantité d'iode correspondant à 1 mL de solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1N.

III.3 - Analyse des vitamines et glucides

III.3.1 - Vitamine C

Méthode colorimétrique avec le 2,6 di-chloreindophénol (2,6-DIPh)

L'acide ascorbique est réduit par oxydoréduction en présence de 2,6-DIPh qui oxyde la vitamine C et qui sert aussi d'indicateur coloré. La forme réduite du 2,6DIPh est incolore et sa forme oxydée rouge ainsi, la première goutte en excès de 2.6 DIPh colore en rose la solution en milieu acide.

Préparation d'échantillons de lait. Dans un bécher de 100 mL prendre 50 mL de lait à température ambiante, ajouter 4 mL de solution de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_2$ saturée, puis 10 mL de NaCl saturée, bien homogénéiser. Laisser reposer 30 minutes et ensuite filtrer sur papier filtre. Prendre 25 mL de filtrat et les titrer avec du 2,6-DIPh jusqu'à l'obtention d'une couleur rose.

Le volume de 2,6-DIPh est utilisé pour le calcul de la quantité de vitamine C en mg par litre selon l'équation suivante :

$$[\text{mg/L}] = 51(\text{coefficient de titration avec 2,6-DIPh}) * V (\text{volume de 2,6-DIPh, en mL})$$

Pour chaque analyse de lait ou de *shubat*, au moins 2 répétitions sont réalisées (annonime n°10).

III.3.2 - Lactose

Le lait est déféqué par l'hexacyanoferrate (II) de zinc ; une solution cupro-alkaline est réduite à chaud par le filtrat obtenu. Le précipité d'oxyde cuivreux formé est oxydé par une solution de sulfate ferrique et le sulfate ferreux formé est dosé par manganimétrie en présence d'orthophénantroline ferreuse comme Indicateur. [Réf Norme française homologuée. NF V 04-213 Janvier 1971. Lait. Détermination de la teneur en lactose].

Préparation des réactifs

L'eau utilisée doit être de l'eau distillée ou de pureté au moins équivalente.

1. Solution aqueuse d'hexacyanoferrate (II) de potassium

-K ₄ Fe (CN) ₆ 3 H ₂ O	15 g
-Eau distillée	100 mL

2. Solution aqueuse d'acétate de zinc

-Zn (CH ₃ COO) ₂ , 2 H ₂ O	30 g
- Eau distillée	100 mL

3. Solution cuivrique

-CuSO ₄ , 5 H ₂ O	40 g
-H ₂ SO ₄ ρ 20 = 1,83 g/mL	2 mL
-eau distillée	1000 mL

4. Solution tartro-alkaline

-Na K (H ₄ C ₄ O ₆), 4 H ₂ O	200 g
-NaOH	150 g
-eau distillée	1000 mL

5. Solution ferrique

-Fe ₂ (SO ₄) ₃	50 g
-H ₂ SO ₄ ρ 20 = 1,83 g/mL	200 g
-eau distillée	1000 mL

Avant emploi, oxyder exactement, s'il y a lieu, par addition d'une solution de permanganate de potassium 0,1 N, la petite quantité de sel ferreux éventuellement présente dans cette solution de sel ferrique.

6. Solution titrée de permanganate de potassium 0,1 N. 1 mL de cette solution correspond à 6,35 mg de cuivre.

7. Solution d'orthophénantroline ferreuse

-FeSO ₄ , 7 H ₂ O	0,695 g
-orthophénantroline	1,485 g
-eau distillée	100 mL

Mode opératoire

Prélever à la pipette, sur l'échantillon préparé, 20 mL de lait, ou peser à 1 mg près, environ 20 g de lait.

Dans la fiole jaugée de 200 mL, introduire successivement
la prise d'essai,

- 2 ml de solution d'hexacyanoferrate (II) de potassium (1). Agiter.
- 2 ml de solution d'acétate de zinc (2). Agiter.

Compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée tout en mélangeant. Ajouter alors à la pipette 2 ml d'eau distillée (pour tenir compte du volume du précipité). Agiter, laisser reposer 10 à 15 minutes et filtrer. Filtrer à nouveau si le filtrat n'est pas absolument limpide.

Dans la fiole conique, introduire :

- 10 ml du filtrat obtenu après défécation, exactement mesuré
- 10 ml d'eau distillée.

Ensuite

- 20 ml de solution cuivrique (3),
- 20 ml de solution tartro-alcaline (4).

Porter le mélange à ébullition modérée et maintenir celle-ci pendant exactement 3 minutes. Refroidir ensuite immédiatement le contenu de la fiole sous un courant d'eau froide et laisser déposer le précipité d'oxyde cuivreux formé. Le liquide surnageant doit demeurer de couleur bleue. Dans le cas contraire, recommencer la détermination sur une dilution appropriée.

Verser le liquide surnageant sur un filtre en amiante ou en verre fritté en activant la filtration par aspiration. Il faut éviter d'entraîner le précipité avec le filtrat et de le laisser au contact de l'air.

Laver trois fois le précipité d'oxyde cuivreux avec 20 mL d'eau distillée bouillie froide, décantier et filtrer à chaque fois le liquide sur le filtre. Rejeter ce filtrat.

Dissoudre ensuite le précipité par une quantité suffisante de solution ferrique (5) (20 à 30 mL). Filtrer la solution obtenue sur le même filtre en ayant soin de dissoudre complètement tout le précipité et de recueillir le filtrat dans la fiole conique à filtrer propre. Rincer la fiole et le filtre avec trois fois 20 mL d'eau distillée bouillie froide.

Ajouter à ce dernier filtrat une goutte d'orthophénantroline ferreuse (7) et titrer par la solution de permanganate de potassium (6).

Le virage est obtenu lorsque la couleur passe du brun orangé au vert foncé. Soit V le nombre de millilitres de solution (6) nécessaires.

REMARQUE :

L'addition de l'indicateur à l'orthophénantroline peut être supprimée. Le virage se produit alors du vert pâle au rose.

Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon préparé.

Calcul et formule

La teneur en lactose, exprimée en grammes de lactose hydraté par litre de lait est égale à :

$$m = \frac{M * 1000 * 200}{1000 * 20 * 10} [g / L]$$

La teneur en lactose, exprimée en grammes de lactose hydraté pour 100 grammes, est égale à :

$$\frac{M * 1000 * 200}{1000 * 20 * 10} = \frac{2m}{E} [\%]$$

Où :

E est la masse, en grammes, de la prise d'essai,

M est la masse, en milligrammes de lactose hydraté lue sur le tableau A en fonction du volume V de solution de permanganate de potassium nécessaire.

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des résultats obtenus lors des déterminations, si les conditions de répétabilité sont remplies. Dans le cas contraire, effectuer à nouveau les déterminations (Tableau 5).

RÉPÉTABILITÉ

La différence entre les résultats de deux déterminations, effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par le même analyste, ne doit pas être supérieure à 0,5 g de lactose hydraté par litre ou 0,05 g pour cent grammes de lait.

Tableau 5. Tableau de correspondance entre la quantité de lactose hydraté, exprimée en milligrammes, et le volume de la solution de permanganate de potassium 0,1 N.

KMnO ₄ 0,1N	Lactose hydraté	KMnO ₄ 0,1N	Lactose hydraté	KMnO ₄ 0,1N	Lactose hydraté
5,0	23,8	8,9	43,0	12,8	63,1
5,1	24,1	9,0	43,5	12,9	63,6
5,2	24,6	9,1	44,0	13,0	64,1
5,3	25,1	9,2	44,5	13,1	64,7
5,4	25,6	9,3	45,0	13,2	65,2
5,5	26,1	9,4	45,5	13,3	65,7
5,6	26,6	9,5	46,0	13,4	66,2
5,7	27,1	9,6	46,5	13,5	66,8
5,8	27,6	9,7	47,1	13,6	67,3
5,9	28,0	9,8	47,6	13,7	67,8
6,0	28,5	9,9	48,1	13,8	68,4
6,1	29,0	10,0	48,6	13,9	68,9
6,2	29,5	10,1	49,1	14,0	69,4
6,3	30,0	10,2	49,6	14,1	69,9
6,4	30,5	10,3	50,1	14,2	70,5
6,5	31,0	10,4	50,6	14,3	71,0
6,6	31,5	10,5	51,2	14,4	71,5
6,7	32,0	10,6	51,7	14,5	72,0
6,8	32,5	10,7	52,2	14,6	72,6
6,9	33,0	10,8	52,7	14,7	73,1
7,0	33,5	10,9	53,2	14,8	73,6
7,1	34,0	11,0	53,7	14,9	74,1
7,2	34,5	11,1	54,2	15,0	74,7
7,3	35,0	11,2	54,8		
7,4	35,5	11,3	55,3		
7,5	36,0	11,4	55,8		
7,6	36,5	11,5	56,3		
7,7	37,0	11,6	56,8		
7,8	37,5	11,7	57,4		
7,9	38,0	11,8	57,9		
8,0	38,5	11,9	58,4		
8,1	39,0	12,0	58,9		
8,2	39,5	12,1	59,9		
8,3	40,0	12,2	60,0		
8,4	40,5	12,3	60,5		
8,5	41,0	12,4	61,0		
8,6	41,5	12,5	61,5		
8,7	42,0	12,6	62,1		
8,8	42,5	12,7	62,6		

III.4 - Analyses physico-chimiques

Acidité Dornic

Norme Française 04-206 (Janvier 1969).

Elle n'est pas applicable au lait additionné d'un conservateur, ce dernier pouvant fausser les résultats. Un échantillon précis de 10 mL de lait est placé dans un bécher de 100 mL en présence de 0,1 mL de phénolphthaléine à 1% dans l'alcool à 95%. La soude Dornic (N/9) est ajoutée à la burette jusqu'au virage au rose. La coloration rose doit persister au moins 10 secondes. Dans ces conditions, l'acidité exprimée en degrés Dornic est équivalente au nombre de dixièmes de mL de soude Dornic versée pour avoir le virage de l'indicateur. C'est-à-dire en décigrammes d'acide lactique par litre.

Acidité Thurner

Un échantillon de 10 mL lait ou produits laitier et 10 mL d'eau distillée sont placés dans un bécher de 100 mL en présence de 0,1 mL de phénolphthaléine à 1% w/v dans de l'éthanol à 95%. La soude Dornic (N/9) est ajoutée à la burette jusqu'au virage au rose de l'échantillon : la coloration rose doit persister au moins 10 secondes. Les résultats sont exprimés en degré Thurner, qui est calculé par volume de la soude Dornic multiplié par 10.

Acidité Soxlet-Henkel

Elle est exprimée en « degrés Soxhlet-Henkel », c'est-à-dire en nombre de millilitres d'une solution alcaline 0,25 N nécessaire pour neutraliser l'acidité de 100 ml de lait.

Théoriquement pour passer des degrés Dornic aux degrés Soxhlet-Henkel, il faut multiplier le premier résultat par 4/9.

pH

La mesure du pH est réalisée au pH-mètre.

Densité

La mesure de densité est réalisée sur appareil « LACTAN-4 » (Fédération de la Russie). Exprimé en degré A°, par exemple $1,0301 \text{ g/cm}^3 = 30,1 \text{ A}$.

Matière sèche écrémée (MSE)

La mesure de Matière sèche écrémé est réalisée sur appareil « LACTAN-4 », qui est basé sur les méthodes colorimétrique automatisé (Fédération de la Russie).

III.5 - Analyse des minéraux

Dosages du Calcium (Ca), Phosphore (P) et Fer (Fe)

Mise en solution : minéralisation par voie sèche et élimination de la silice par l'acide fluorhydrique (HF).

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE : Comité inter institut d'étude des techniques analytiques : méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux – *Oléagineux*, 1973, **28**, 87-92. Méthodes Unité Opérationnelle Matériel Végétal CIRAD-AMIS / US49 – ANALYSES

En éliminant la matière organique et la silice des échantillons, cette méthode permet de mettre en solution, en vue de leur dosage, des éléments minéraux tels que P, K, Ca, Mg, Na, B, Cu, Fe, Zn, Mn, Al, Ni, Cr, Mo, Cd, Pb, Co.

Elle s'applique à toutes matrices végétales et biologiques.

Mode opératoire

Une prise d'essai d'environ 10 g d'échantillon laitier est introduite dans une capsule en platine. Après séchage sur plaque chauffante, la capsule est placée dans un four dont la température est augmentée progressivement jusqu'à 500°C et maintenue ainsi pendant 2 heures. Un pallier est effectué aux alentours de 200°C jusqu'à la fin du dégagement de fumées.

Après refroidissement, les cendres sont humectées avec quelques gouttes d'eau puis on ajoute 2 ml de HCl 6N. On évapore à sec sur plaque chauffante.

Après avoir ajouté 2 ml de HCl au 1/2, on laisse en contact 10 minutes et on filtre dans des fioles jaugées de 50 ml. Le filtre contenant le résidu est alors calciné à 500°C.

De l'acide fluorhydrique est ajouté sur les cendres puis évaporé sur plaque chauffante, la silice contenue dans les cendres est volatilisée sous forme de SiF₆.

Le résidu est repris par 1ml de HCl 6N puis filtré dans la même fiole de 50 ml.

Après avoir ajusté au trait de jauge puis homogénéisé par agitation manuelle, les solutions sont transvasées dans des godets préalablement rincés avec la solution et sur lesquels le numéro de l'échantillon est inscrit.

Dosages par spectrométrie d'émission plasma I.C.P. VARIAN-VISTA

Lorsque les échantillons sont mis en solution selon la procédure de minéralisation par voie sèche, les solutions sont prêtes à analyser par spectrométrie d'émission plasma à couplage inductif (ICP).

Le spectromètre, de marque Varian Vista, est équipé du détecteur CCD (Coupled Charge Device) qui autorise la détermination simultanée, à plusieurs longueurs d'ondes, de tous les éléments de la classification périodique des éléments, à l'exception des corps gazeux. Cet appareil permet l'analyse rétrospective des résultats.

Les dosages sont effectués en réalisant un étalonnage qui respecte les conditions du milieu analysé : matrice, acidité.

Les calculs sont effectués par interpolation par rapport à la gamme d'étalonnage.

La validation des résultats analytiques repose sur l'analyse d'échantillons de référence internes, dont la teneur en éléments minéraux est connue.

IV - Analyses biochimiques spécifiques

IV.1 - Analyse des lactoprotéines : Lactoferrine et Immunoglobulines

L'immunodiffusion radiale sur plaques de verre est une technique qui s'applique à tout système antigène-anticorps précipitant. Sont donc exclus les antigènes de masse inférieure à environ 10 kDa et les anticorps monoclonaux, sauf s'ils sont utilisés en combinaison.

La limite de détection est de l'ordre de 1 à 10 µg/mL, selon la taille de l'antigène.

L'analyse contient les phases suivantes : préparation de la gélose à 1,2% ; préparation des plaques d'immunodiffusion radiale ; utilisation des plaques d'immunodiffusion radiale pour le dosage de protéines ; calcul des concentrations.

Préparation de la gélose à 1,2%

Verser 1 litre d'eau distillée dans un erlen de 2 litres en pyrex contenant un barreau aimanté, ajouter 1 g d'azide de sodium et 10 comprimés de tampon de Mayer (« Complement fixation test diluent tablets, Oxoid », boîte de 100 comprimés, Unipath SA 69572 Dardilly Cedex). Mettre sous agitation magnétique. Après dissolution totale de la poudre et des comprimés, maintenir une agitation magnétique

douce et verser en pluie fine 12 g d'agar Noble (Difco). Fermer l'erlen avec un papier aluminium, et porter à ébullition en agitant. La suspension se clarifie par dissolution de la gélose au fur et à mesure du chauffage. Maintenir l'ébullition pendant 3 minutes environ.

Repartir la gélose dans les flacons de 100 mL tout en la filtrant sur de la gaze. Boucher et étiqueter les flacons.

La gélose ainsi préparée peut être conservée à température ambiante, dans un placard, pendant plusieurs mois.

Préparation des plaques d'immunodiffusion radiale

Faire fondre 10 mL de gélose dans un bain marie à ébullition (bêcher inox).

Contrôler, à l'aide du niveau à bulle, que la surface de coulage soit parfaitement horizontale. Dégraisser la face supérieure d'une plaque de verre (7,5 x 11,5 cm) à l'aide d'un Kleenex imbibé d'alcool. La numéroter (dans le coin, sur la face inférieure avec un marqueur indélébile) et la placer sur la zone de coulage horizontale.

Une fois la gélose fondue, la transférer dans un bain-marie à 56°C et laisser s'équilibrer la température.

Dans un bêcher de 50 mL ajouter successivement : 16 mL de gélose (à 56°C) avec une pipette de 20-25 mL ; 210 µL de l'antisérum spécifique de la LF et 140 µL de l'antisérum de l'IgG ; 0,1 mL de Tween 20 à 3% ; 0,1 mL de la solution de bleu de bromophénol. Pour bien homogénéiser les réactifs, agiter le flacon par rotation dans le plan horizontal, tout en le maintenant dans le bain-marie de façon à ne pas refroidir la gélose.

Sortir le flacon, essuyer rapidement l'extérieur et verser la gélose au centre de la plaque de verre, en un mouvement continu et régulier.

Laisser la gélose se solidifier pendant 30 minutes. Placer la plaque dans une chambre humide, et placer le tout à +4°C pendant une heure au minimum. Les plaques ainsi préparées et stockées peuvent être conservées 4 à 5 jours à 4°C, sur une surface horizontale.

Préparation des échantillons pour l'analyse

Au total 105 échantillons de lait et 17 échantillons de shubat ont été analysés pour la quantité de la LF et de l'IgG (Tableaux 6 et 7).

Tableau 6. Caractéristiques des échantillons de lait de chamelle cru analysés pour leur teneur en LF et IgC.

	Almaty (n=35)				Atyraou (n=28)			
	hiver	printemps	été	automne	hiver	printemps	été	automne
Bactriane		5	4	3	2	4	7	6
Dromadaire	4	11	6	2	2	2	1	1
Mélange						1	1	1
	Aralsk (n=8)				Chymkent (n=34)			
	hiver	printemps	été	automne	hiver	printemps	été	automne
Bactriane	2	1				2	1	
Dromadaire	2	1				2	2	6
Hybride					1	1	4	
Mélange		1		1		4	3	2
Inconnu						6		
Total	105							

Tableau 7. Caractéristiques des échantillons de lait de chamelle fermenté (*shubat*) analysés pour leur teneur en LF et IgG par région * saison.

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Almaty	1	2		1
Atyraou		2	2	2
Aralsk	3			
Chymkent	1	2	1	
Total			17	

Les échantillons sont décongelés lentement. Pour obtenir le sérum, les échantillons ont été centrifugés à 18 000 tours/minutes (26 443 g) à 4°C pendant 15 minutes. Le lactosérum est séparé et centrifugé à nouveau à 13,2 rpm (ou 16 000 g) pendant 5 minutes. Le lactosérum obtenu est utilisé pour dépôt dans les puits.

Les échantillons de colostrum et certains échantillons riches en protéines ont été dilués au tiers pour l'analyse de la LF, et respectivement au vingtième et quinzième pour l'analyse des IgG dans le colostrum et dans le lait.

Utilisation des plaques d'immunodiffusion radiale pour le dosage de protéines

Préparer la gamme d'étalonnage et diluer les échantillons dans du tampon Mayer-albumine (Tampon de Mayer contenant 0,1% d'albumine bovine ou humaine et 0,1% d'azide de sodium). Pour l'analyse de la LF sont 400, 200, 100, 40 et 20 µL/mL. Pour l'analyse de l'IgG sont 200, 100, 50, 20 et 10 µL/mL.

Relier l'emporte-pièce métallique à la trompe à vide et vérifier que l'aspiration soit modérée. Percer des puits en se servant du guide (guide de perçage en plexiglas de 7,6 x 11,5 cm et de 1 cm d'épaisseur) en enfonçant une seul fois, l'emporte-pièce jusqu'à la plaque de verre. Si nécessaire, éliminer la gélose résiduelle présente dans les puits avec l'emporte-pièce de 1 mm de diamètre relié à la trompe à vide, tenu à main levée.

Avec une seringue Hamilton (de 5 µL) déposer 3 µL des solutions étalons et des échantillons dans les puits formés. Rincer entre chaque échantillon en aspirant au moins 5 fois de l'eau distillée.

La gamme étalon est déposée en double.

Placer les plaques dans la chambre humide et le tout dans une étuve à 37°C. Laisser diffuser 18-24 heures. Immerger la plaque de gélose dans un bain d'acide acétique à 2% v/v pendant 1 minute exactement puis ensuite délicatement dans de l'eau distillée pendant au moins 10 minutes. Manipuler la plaque avec douceur et horizontalement pour ne pas décoller la gélose. Les plaques sont photographiées avec une caméra et les diamètres de précipitation sont mesurés.

Calcul des concentrations

Dans les conditions de diffusion définies, la surface du halo de précipitation est linéairement proportionnelle à la concentration de l'antigène à doser. Le diamètre est donc proportionnel à la racine carrée de la concentration. Calculer l'équation de la droite de régression linéaire en utilisant les résultats obtenus avec les solutions étalons, soit $Y = A * (\sqrt{X}) + B$, avec Y = diamètre et X = concentration. Le coefficient de corrélation de la droite de régression pour 5 solutions étalons est généralement supérieur à 0,995.

IV.2 - Analyse des matières lipidiques

Mesure de la teneur en lipides totaux

La nature du lait de chamelle étant plus complexe que celle du lait de vache, des essais préalables ont été nécessaires. Le choix s'est porté sur la méthode d'extraction des lipides de Rose-Gottlieb (Contarini, 2002), basée sur la méthode d'homogénéisation des prises d'essai de lait et des produit laitiers de la norme IDF/ISO 172:1995.

Mise au point de la méthode d'extraction des lipides

Les échantillons étant disponibles en quantité limitée, les protocoles d'optimisation ont été nécessaires et réalisés sur du lait de vache du commerce : lait entier UHT Lactel® (à 3,4% de matière-grasses) et de lait ½ écrémé UHT Lactel® (à 1,5% de matières grasses).

Protocole d'extraction des lipides

L'échantillon de lait est porté à 40°C, puis soumis aux ultrasons pendant 10 minutes pour l'homogénéiser. 10 ml d'échantillon de lait sont mélangés à 2 ml d'ammoniaque et 10 ml d'éthanol dans un tube à bouché à vis. Le mélange est homogénéisé 10 minutes.

Dans une ampoule à décanter de 500 ml, 10 ml de lait sont mélangés par retournement (en laissant s'échapper les gaz de temps en temps) à 1 ml d'ammoniaque à 30% (en NH_3) et 10 ml d'éthanol à 95% (v/v). 20 ml d'éther-éthylique sont ajoutés et l'ampoule est agitée vigoureusement par retournement, pendant 1 min. 20 ml d'hexane sont ajoutés et l'ampoule est agitée par retournement. L'ampoule est laissée au repos jusqu'à la séparation complète des deux phases.

La phase inférieure (aqueuse) est récupérée et la phase supérieure (organique) est transvasée dans une ampoule à décanter de 250 ml. L'extraction est répétée deux fois avec 20 ml d'hexane sur la phase aqueuse. La phase organique est filtrée sur un coton imbibé d'hexane et recouvert de sulfate de sodium anhydre.

Le filtrat est récupéré dans un ballon taré, séché au préalable 30 minutes à l'étuve (100°C), puis refroidi 30 minutes dans un dessiccateur à température ambiante. L'hexane est évaporé dans un rotavapeur à 50°C, et le ballon est séché 30 minutes à l'étuve à 100°C puis refroidi 45 minutes au dessiccateur avant d'être pesé.

Pour chaque échantillon, l'extraction des lipides a été répétée trois fois. Les matières grasses extraites sont conservées dans de l'hexane à 4°C, pour l'analyse de la composition en acides gras et la détermination de la teneur en cholestérol.

Étude de la composition en acides gras

Méthode utilisée

La méthode utilisée est la chromatographie en phase gazeuse (CPG). Les

acides gras libres sont difficiles à analyser par CPG du fait de leur faible volatilité et de leur tendance à s'adsorber. Ainsi les acides gras sont analysés sous la forme d'esters méthyliques. Tous les échantillons ont été analysés par CPG et des échantillons ont aussi été traités en spectrométrie de masse pour assurer et confirmer la bonne identification des pics d'acides gras.

Préparation des esters méthyliques

A l'aide d'une pipette Pasteur, 2 à 3 gouttes de lipides extraits sont introduites dans un ballon à col rodé de 50 ml. Sont ajoutés : deux pierres ponce ; 3 ml de méthylate de sodium (62 ml de méthylate de sodium 0.5 M dans du méthanol à 30% de benzène, et une pointe de spatule de phénolphtaléine pure). Une canne à saponification est placée au dessus du ballon et le mélange est chauffé à reflux pendant 10 minutes.

3 ml de la solution de méthanol chlorhydrique (50ml de chlorure d'acétyle mélangé à 625 ml de méthanol) sont ajoutés dans le ballon par le haut de la canne à saponification jusqu'à décoloration de la phénolphtaléine. Le mélange est chauffé à reflux pendant 10 minutes.

Après refroidissement du mélange à température ambiante, environ 10 ml d'eau distillée et 8 ml d'hexane sont ajoutés dans le ballon. 3 à 4 ml de la phase hexanique (esters méthyliques d'acides gras) sont transférés dans des tubes en verre hermétiquement clos pour l'analyse en CPG.

Conditions chromatographiques en CPG

Le chromatographe utilisé est un "Varian 3400 gas chromatograph", équipé d'une colonne capillaire de type DB-Wax apolaire (silice fondue), d'une longueur de 60 m, d'un diamètre de 0,32 mm, et d'une épaisseur de 0,25 μm . Le gaz vecteur est de l'hélium avec un débit de 1mL/min. La détection est assurée par un détecteur à ionisation de flamme (FID). Le logiciel utilisé pour l'intégration des pics est Chrom-Card.

La température de l'injecteur splitless est de 245°C, du détecteur, de 250°C, et celle de la colonne est de 50°C/5 min, 14°C/min jusqu'à 165°C, 1 min à 165°C, 2°C/min jusqu'à 225°C, 15 min à 225°C. Ces valeurs sont celles décrites par Collomb et Bühler (2000).

Afin d'identifier les pics d'acides gras présents dans le lait de chamelle, du beurre Candia® a été chromatographié et le chromatogramme obtenu a été comparé à ceux obtenus par Roy *et al.* (2006). Pour les acides gras à longue chaîne, de l'huile de palme a été utilisée comme référence.

Spectrométrie de masse

Le spectromètre de masse utilisé est un "Agilent 6890 Series GC System", équipé du logiciel gcms 5973 Data analysis. Concernant les conditions de séparation des pics, elles sont identiques à celle de la CPG.

Analyse des stérols (kit enzymatique)

La détermination de la teneur en cholestérol a été réalisée en utilisant le kit enzymatique R-Biopharm (Référence : 10 139050 035), pour le dosage du cholestérol dans les aliments. Le principe de ce dosage enzymatique comprend trois étapes. Le cholestérol est oxydé en cholesténone par la cholestérol-oxydase. Le peroxyde d'hydrogène formé au cours de cette réaction oxyde le méthanol en formaldéhyde en présence de catalase. L'aldéhyde réagit avec l'acétylacétone et les ions ammonium pour former un composé jaune, la lutidine qui absorbe à $\lambda = 405 \text{ nm}$. Dans ces conditions la teneur en cholestérol dans la prise d'essai est proportionnelle à l'absorbance mesurée.

Préparation des échantillons

Peser 5 g de matière grasse (lipides totaux extraits) dans un ballon rond de 250 ml, ajouter 50 ml de potasse méthanolique 2 M, puis chauffer 30 minutes à reflux.

La solution encore chaude est ensuite transférée dans une ampoule à décanter de 1L contenant 100 ml d'eau distillée. Après refroidissement à la température ambiante, 100 ml d'une solution éther éthylique/éther de pétrole (1 + 1) sont ajoutés et le mélange est agité par retournement.

Après 20 à 30 minutes au repos pour la séparation des phases, la couche aqueuse est recueillie et la phase organique est transférée dans un ballon de 500 ml. L'extraction doit être répétée deux fois. La phase étherée recueillie est évaporée à l'aide d'un évaporateur rotatif à 35°C. Le résidu dissout dans un petit volume

d'isopropanol est transféré dans une fiole jaugée de 50 ml, puis complété à 50 ml avec de l'isopropanol. Le mélange est ensuite filtré sur un filtre plissé. La solution limpide est utilisée pour l'essai.

Mode opératoire

Un tube témoin est préparé avec 5 ml de mélange réactionnel et 0,4 ml d'échantillon. L'essai est préparé dans un tube avec 2,5 ml du tube témoin et 0,02 ml de la solution de cholestérol-oxydase.

Boucher le témoin et l'essai, bien mélanger, puis incubé 60 minutes au bain marie à 37-40°C. Laisser refroidir à température ambiante et transvaser dans des cuves de 1 cm de côté. L'absorbance du tube essai est lue à 405 nm contre le tube témoin.

Calculs

La formule générale pour le calcul des concentrations du cholestérol est la suivante :

$$c(\text{mg} / \text{mL}) = \frac{PV \times V}{\varepsilon * d * v * 1000} * \Delta A$$

V = volume du test (mL)

V = volume de l'essai (mL)

PM = poids moléculaire de la substance à doser

d = épaisseur de la cuve (cm)

ε = coefficient d'absorption molaire de la lutidine
à 405 nm = 7,4 (l .mmol⁻¹ .cm⁻¹)

En tenant compte de la dilution effectuée (facteur de dilution : 2,52/2,5 = 1,008), La teneur en stérols exprimée en g cholestérol/L de solution d'essai est donnée par la relation :

$$c = \frac{386,64 * 5,4 * 1,008}{7,41 * 1 * 0,4 * 1000} * \Delta A = 0,711 * \Delta A$$

IV.3 - Analyses statistiques sur R © et WinStat-CIRAD ©

L'analyse statistique comprend trois phases :

- (1) **phase exploratoire descriptive** (analyses descriptives univariées)
- (2) **phase confirmatoire** (méthodes inférentielles)
- (3) **phase structurale descriptive** par des analyses des structures multivariées (typologie), et **structurale explicative** par des analyses discriminantes (identification des paramètres discriminants).

IV.3.1 - Analyses descriptives univariées

Cette étape consiste à décrire les paramètres les uns séparément des autres (distribution des valeurs, moyenne-écart-type – min/max par paramètre) et à réaliser des tests de corrélation (corrélation de Pearson) pour analyser les liens entre les paramètres.

IV.3.2 - Analyses inférentielles

Pour tester l'effet des facteurs de variation, nous avons utilisé un modèle linéaire d'analyse de variance multi variée sur données brutes ou transformées selon l'homogénéité de leur variance (ANOVA) en tenant compte des interactions entre espèces, saisons et régions.

IV.3.3 - Analyses exploratoires multivariées

Pour déterminer les profils de lait, nous avons mis en œuvre une analyse en composantes principales suivie d'une classification automatique (classification ascendante hiérarchique), ce qui a permis la réalisation d'une typologie des laits tenant compte de l'ensemble de la composition, et l'analyse des liens avec les facteurs de variation.

IV.3.4 - Analyses confirmatoires multivariées

Afin d'identifier les paramètres discriminants les laits en fonction d'un facteur (espèce, région ou saison), indépendamment des autres effets, nous avons procédé à une analyse en composantes principales sur variables instrumentales (ACPVI) en utilisant les résidus de la variance des deux facteurs à éliminer. Cette analyse a été suivie d'une détermination des coefficients discriminants et du pourcentage de bien classés par la fonction discriminante.



Résultats et discussion

Résultats

I - Lait Cru

I.1 - Analyses univariées

On trouvera en annexe, la totalité des résultats de ces analyses univariées paramètre par paramètre selon chacune des interactions « espèce » * « région » * « saison ». Pour plus de clarté, ne seront commentées ci-dessous que l'essentiel des résultats statistiquement représentatifs.

Pour l'exposé des résultats, les unités et abréviations utilisées sont celles répertoriées dans le tableau 1.

Tableau 1. Abréviations et unités des paramètres physico-chimiques.

#	Paramètres	Abréviations	Unités	Noms des variables
1	Matières grasses	MG	% = g / 100 g	mg
2	Matière sèche écrémé	MSE	% = g / 100 g	mse
3	Densité	Densité	A° = degré aréomètre	den
4	pH	pH	pH	ph
5	Acidité Dornic	Dornic	D° = degré Dornic	dornic
6	Acidité en Soxhlet-Heinkel	SH°	SH° = degré Sphxlet-Heinkel	sh
7	Acidité Thurner	Thurner	T° = degré en Thurner	thurner
8	Protéines	prot	% = g / 100 g	prot
9	Lactose	Lactose	% = g/ 100 g	lactose
10	Vitamine C	vitC	mg/L	vitc
11	Indice de l'iode	lode	Echelle de l'indice d'iode	iode
12	Matière protéique	MAT	% = g/ 100 g	mat
13	Calcium	Ca	g/L	ca
14	Phosphore	P	g/L	p
15	Fer	Fe	mg/L	fe
16	Urée	Urée	mg/L	urée
17	Ammoniaque	Ammon	mg/L	ammon

I.1.1 - Description univariée des paramètres

Paramètres physico-chimiques

Pour chaque paramètre déterminé, sont présentés le nombre d'échantillons prélevés, la moyenne, l'écart-type et les valeurs extrêmes mesurées pour la totalité des échantillons de lait prélevés (Tableau 2).

Tableau 2. Composition moyenne du lait cru de chamelle au Kazakhstan.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG, %	170	5,96 ± 2,52	24,77	0,00
2	MSE, %	170	11,02 ± 3,78	29,54	5,71
3	Densité, A°	170	33,97 ± 6,50	61,06	18,00
4	pH	149	6,45 ± 0,51	7,35	4,67
5	Dornic, D°	175	26,6 ± 15,2	101,7	15,8
6	SH°	175	11,8 ± 6,8	45,2	7,0
7	Thurner, °T	109	26,5 ± 13,0	116,5	17
8	Protéines, %	173	3,46 ± 0,79	6,71	1,44
9	Lactose, %	125	3,00 ± 0,86	5,90	0,00
10	Vitamine C, mg/L	155	154 ± 105	435	15
11	Iode	146	17,54 ± 11,04	91,69	0,00
12	MAT, %	162	3,20 ± 0,78	5,63	1,31
13	Ca, g/L	164	1,232 ± 0,292	2,340	0,530
14	P, g/L	163	1,003 ± 0,217	1,770	0,520
15	Fer mg/L	163	2,02 ± 1,24	12,40	0,70
16	Urée, mg/L	102	82 ± 60	291	0
17	Ammoniaque, mg/L	102	5 ± 10	46	0

* nombre d'échantillons analysés

1.1.2. - Facteurs de variation

Dans les tableaux suivants, sont répertoriés les valeurs mesurées par région (Tableaux 3, 4, 5 et 6), par saison (Tableaux 7, 8, 9 et 10), et par espèce (Tableaux 11, 12, 13 et 14).

Selon les régions

Tableau 3. Composition moyenne du lait cru de chamelle de la région d'Almaty.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG, %	56	6,43 ± 1,78	11,24	3,10
2	MSE, %	56	10,75 ± 1,93	21,31	8,34
3	Densité, A°	56	34,94 ± 4,22	46,62	27,04
4	pH	57	6,64 ± 0,35	7,35	5,65
5	Dornic, D°	58	21,52 ± 3,99	31,50	15,75
6	SH°	58	9,6 ± 1,8	14,0	7,0
7	Thurner, °T	38	24,2 ± 4,9	35,0	17,0
8	Protéines, %	58	3,30 ± 0,86	5,90	1,44
9	Lactose, %	42	3,05 ± 0,96	4,35	0,00
10	Vitamine C, mg/L	52	161 ± 96	335	15
11	Iode	52	16,89 ± 8,38	32,68	4,02
12	MAT, %	52	3,25 ± 0,54	5,03	1,64
13	Ca, g/L	52	1,305 ± 0,332	1,950	0,560
14	P, g/L	51	0,989 ± 0,223	1,490	0,550
15	Fer mg/L	51	1,91 ± 1,70	12,40	0,70
16	Urée, mg/L	33	85 ± 37	165	0
17	Ammoniaque, mg/L	33	5 ± 9	46	0

* nombre d'échantillons analysés

Tableau 4. Composition du lait cru de chamelle de la région d'Atyraou.

Paramètres	n	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 MG,%	36	6,01 ± 1,88	10,09	0,00
2 MSE,%	36	11,33 ± 4,57	29,14	5,71
3 Densité, A°	36	32,13 ± 6,55	46,15	18,00
4 pH	27	6,16 ± 0,55	6,69	4,88
5 Dornic, D°	36	30,13 ± 15,64	81,45	16,65
6 SH°	36	13,4 ± 7,0	36,2	7,4
7 Thurner, °T	30	26,8 ± 5,8	40,0	17,5
8 Protéines, %	36	3,78 ± 0,69	5,51	2,59
9 Lactose,%	26	2,82 ± 0,62	3,99	1,00
10 Vitamine C, mg/L	30	175 ± 118	387	18
11 Iode	32	16,08 ± 9,22	37,75	0,00
12 MAT,%	35	3,29 ± 0,81	4,81	1,31
13 Ca, g/L	36	1,195 ± 0,196	1,680	0,797
14 P, g/L	36	1,020 ± 0,160	1,390	0,790
15 Fer mg/L	36	1,94 ± 0,66	3,80	1,10
16 Urée, mg/L	29	70 ± 37	133	0
17 Ammoniaque, mg/L	29	7 ± 13	37	0

* nombre d'échantillons analysés

Tableau 5. Composition du lait cru de chamelle de la région d'Aralsk.

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 MG,%	23	6,26 ± 1,82	9,50	3,01
2 MSE,%	23	10,29 ± 2,44	17,35	6,74
3 Densité, A°	23	34,20 ± 8,40	58,76	23,85
4 pH	18	6,61 ± 0,33	7,34	6,12
5 Dornic, D°	22	31,48 ± 22,35	101,70	17,55
6 SH°	22	14,0 ± 9,9	45,2	7,8
7 Thurner, °T	9	44,8 ± 38,5	116,5	18,5
8 Protéines, %	20	3,93 ± 0,79	6,71	3,12
9 Lactose,%	16	3,18 ± 1,13	5,90	2,11
10 Vitamine C, mg/L	15	80 ± 61	203	19
11 Iode	15	20,69 ± 13,22	46,00	4,23
12 MAT,%	19	3,58 ± 0,98	5,63	1,55
13 Ca, g/L	19	1,299 ± 0,394	2,340	0,596
14 P, g/L	19	1,156 ± 0,279	1,770	0,780
15 Fer mg/L	19	1,75 ± 0,72	3,90	1,10
16 Urée, mg/L	6	49 ± 42	97	0
17 Ammoniaque, mg/L	6	11 ± 15	37	0

* nombre d'échantillons analysés

Tableau 6. Composition du lait cru de chamelle de la région de Chymkent.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG, %	55	5,33 ± 3,52	24,77	0,00
2	MSE, %	55	11,41 ± 4,95	29,54	7,03
3	Densité, A°	55	34,10 ± 7,38	61,06	20,68
4	pH	47	6,32 ± 0,61	7,00	4,67
5	Dornic, D°	59	27,55 ± 17,55	89,55	16,20
6	SH°	59	12,2 ± 7,8	39,8	7,2
7	Thurner, °T	32	23,7 ± 6,0	47,0	17,5
8	Protéines, %	59	3,27 ± 0,65	4,70	1,77
9	Lactose, %	41	2,98 ± 0,77	4,16	0,52
10	Vitamine C, mg/L	58	157 ± 109	435	28
11	Iode	47	18,25 ± 13,79	91,69	4,44
12	MAT, %	56	2,95 ± 0,80	4,63	1,46
13	Ca, g/L	57	1,167 ± 0,250	1,710	0,530
14	P, g/L	57	0,953 ± 0,198	1,430	0,520
15	Fer mg/L	57	2,25 ± 1,15	5,60	0,80
16	Urée, mg/L	34	94 ± 89	291	0
17	Ammoniaque, mg/L	34	1 ± 7	40	0

* nombre d'échantillons analysés

Selon les saisons

Tableau 7. Composition du lait cru de chamelle en hiver au Kazakhstan.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG, %	23	6,89 ± 2,15	11,24	1,00
2	MSE, %	23	10,31 ± 3,99	24,87	5,71
3	Densité, A°	23	28,76 ± 4,52	34,54	18,00
4	pH	14	6,62 ± 0,34	7,35	6,30
5	Dornic, D°	27	25,39 ± 5,00	42,30	17,10
6	SH°	27	11,3 ± 2,2	18,8	7,6
7	Thurner, °T	27	26,5 ± 4,3	39,0	18,5
8	Protéines, %	25	3,79 ± 0,64	5,08	2,92
9	Lactose, %	7	3,58 ± 1,56	5,90	2,40
10	Vitamine C, mg/L	11	166 ± 56	274	77
11	Iode	14	13,48 ± 4,41	21,57	7,46
12	MAT, %	26	3,20 ± 0,90	5,03	1,43
13	Ca, g/L	26	1,231 ± 0,291	1,790	0,596
14	P, g/L	26	1,088 ± 0,167	1,430	0,860
15	Fer mg/L	26	2,10 ± 0,69	3,90	1,20
16	Urée, mg/L	22	76 ± 29	120	22
17	Ammoniaque, mg/L	22	0 ± 2	10	0

* nombre d'échantillons analysés

Tableau 8. Composition du lait cru de chamelle au printemps au Kazakhstan.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG,%	65	5,50 ± 1,95	10,37	0,00
2	MSE,%	65	11,14 ± 3,89	29,18	6,74
3	Densité, A°	65	34,36 ± 5,65	58,76	20,66
4	pH	55	6,41 ± 0,57	7,34	4,67
5	Dornic, D°	66	26,66 ± 15,08	89,55	16,20
6	SH°	66	11,8 ± 2,2	18,8	7,6
7	Thurner, °T	33	24,7 ± 7,1	47,0	17,0
8	Protéines, %	66	3,71 ± 0,83	6,71	1,77
9	Lactose,%	42	3,09 ± 0,54	4,21	2,38
10	Vitamine C, mg/L	62	74 ± 56	284	18
11	Iode	58	21,13 ± 14,27	91,69	4,02
12	MAT,%	61	3,44 ± 0,70	5,63	1,31
13	Ca, g/L	61	1,350 ± 0,277	2,340	0,797
14	P, g/L	60	1,106 ± 0,218	1,770	0,740
15	Fer mg/L	60	1,85 ± 1,00	5,60	0,70
16	Urée, mg/L	37	112 ± 79	291	0
17	Ammoniaque, mg/L	37	3 ± 7	37	0

* nombre d'échantillons analysés

Tableau 9. Composition du lait cru de chamelle en été au Kazakhstan.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG,%	56	6,06 ± 2,22	14,06	0,00
2	MSE,%	56	11,38 ± 3,17	29,54	7,72
3	Densité, A°	56	36,63 ± 6,43	59,63	21,90
4	pH	54	6,42 ± 0,51	6,92	4,78
5	Dornic, D°	56	25,03 ± 14,28	86,40	15,75
6	SH°	56	11,1 ± 6,3	38,4	7,0
7	Thurner, °T	27	23,5 ± 4,9	37,0	17,5
8	Protéines, %	56	3,15 ± 0,72	4,80	1,44
9	Lactose,%	50	3,26 ± 0,63	4,35	1,00
10	Vitamine C, mg/L	56	225 ± 111	435	15
11	Iode	49	15,43 ± 8,61	33,95	0,00
12	MAT,%	49	3,05 ± 0,68	4,20	1,56
13	Ca, g/L	51	1,101 ± 0,290	1,940	0,530
14	P, g/L	51	0,861 ± 0,183	1,400	0,520
15	Fer mg/L	51	2,21 ± 1,68	12,40	1,00
16	Urée, mg/L	21	72 ± 41	133	0
17	Ammoniaque, mg/L	21	8 ± 13	37	0

* nombre d'échantillons analysés

Tableau 10. Composition du lait cru de chamelle en automne au Kazakhstan.

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 MG,%	26	6,08 ± 4,12	24,77	0,00
2 MSE,%	26	10,58 ± 4,58	29,14	7,03
3 Densité, A°	26	31,90 ± 7,04	61,06	20,68
4 pH	26	6,50 ± 0,47	7,34	4,93
5 Dornic, D°	26	30,93 ± 22,82	101,70	16,65
6 SH°	26	13,7 ± 10,1	45,2	7,4
7 Thurner, °T	22	32,9 ± 26,1	116,5	17,5
8 Protéines, %	26	3,19 ± 0,65	4,99	1,97
9 Lactose,%	26	2,20 ± 0,95	3,49	0,00
10 Vitamine C, mg/L	26	188 ± 62	272	38
11 Iode	25	15,61 ± 6,36	30,20	4,23
12 MAT,%	26	2,88 ± 0,90	4,10	1,31
13 Ca, g/L	26	1,213 ± 0,220	1,630	0,850
14 P, g/L	26	0,957 ± 0,144	1,310	0,760
15 Fer mg/L	26	1,95 ± 1,16	5,60	0,70
16 Urée, mg/L	22	46 ± 39	108	0
17 Ammoniaque, mg/L	22	9 ± 14	46	0

* nombre d'échantillons analysés

Selon l'espèce

Tableau 11. Composition du lait cru de chamelle de Bactriane.

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 MG,%	56	6,67 ± 2,93	24,77	1,00
2 MSE,%	56	10,64 ± 3,11	24,87	5,71
3 Densité, A°	56	33,02 ± 6,77	61,06	18,00
4 pH	46	6,55 ± 0,40	7,35	5,02
5 Dornic, D°	56	27,47 ± 12,48	101,70	17,55
6 SH°	56	12,2 ± 5,5	45,2	7,8
7 Thurner, °T	46	29,7 ± 14,0	116,5	18,5
8 Protéines, %	55	3,86 ± 0,66	5,90	2,35
9 Lactose,%	40	2,77 ± 0,96	5,80	0,00
10 Vitamine C, mg/L	43	177 ± 109	382	18
11 Iode	44	14,99 ± 6,94	30,77	0,00
12 MAT,%	52	3,33 ± 0,74	4,68	1,31
13 Ca, g/L	52	1,303 ± 0,287	1,950	0,780
14 P, g/L	52	1,075 ± 0,177	1,490	0,770
15 Fer mg/L	52	2,11 ± 1,63	12,40	0,70
16 Urée, mg/L	42	74 ± 44	222	0
17 Ammoniaque, mg/L	42	9 ± 13	46	0

* nombre d'échantillons analysés

Tableau 12. Composition du lait cru de Dromadaire.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG,%	67	5,94 ± 2,26	14,06	0,00
2	MSE,%	67	10,87 ± 3,19	29,14	6,74
3	Densité, A°	67	34,66 ± 5,85	59,63	20,66
4	pH	64	6,46 ± 0,51	7,34	4,78
5	Dornic, D°	70	24,04 ± 13,92	86,40	15,75
6	SH°	70	10,7 ± 6,2	38,4	7,0
7	Thurner, °T	43	22,9 ± 5,6	47,0	17,0
8	Protéines, %	69	3,10 ± 0,72	5,51	1,44
9	Lactose,%	54	3,12 ± 0,92	5,90	0,52
10	Vitamine C, mg/L	65	152 ± 91	342	15
11	Iode	60	16,62 ± 9,40	37,75	4,02
12	MAT,%	64	3,03 ± 0,76	5,03	1,46
13	Ca, g/L	63	1,163 ± 0,273	1,877	0,560
14	P, g/L	62	0,915 ± 0,190	1,500	0,550
15	Fer mg/L	62	1,93 ± 1,06	5,60	0,70
16	Urée, mg/L	34	78 ± 57	240	0
17	Ammoniaque, mg/L	34	2 ± 7	40	0

* nombre d'échantillons analysés

Tableau 13. Composition du lait cru d'animaux hybrides.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG,%	19	6,09 ± 1,81	9,54	3,15
2	MSE,%	19	11,01 ± 2,66	17,35	7,03
3	Densité, A°	19	37,04 ± 8,54	58,76	26,39
4	pH	15	6,36 ± 0,56	6,99	4,91
5	Dornic, D°	20	27,27 ± 11,47	63,45	17,10
6	SH°	20	12,1 ± 5,1	28,2	7,6
7	Thurner, °T	3	24,2 ± 2,2	26,7	22,5
8	Protéines, %	20	3,68 ± 1,04	6,71	2,16
9	Lactose,%	12	3,04 ± 0,60	3,83	1,78
10	Vitamine C, mg/L	19	133 ± 133	435	24
11	Iode	17	22,29 ± 8,53	40,40	7,70
12	MAT,%	20	3,28 ± 1,01	5,63	1,70
13	Ca, g/L	20	1,257 ± 0,268	1,650	0,570
14	P, g/L	20	1,067 ± 0,273	1,720	0,530
15	Fer mg/L	20	2,01 ± 0,78	4,80	1,20
16	Urée, mg/L	7	77 ± 44	139	0
17	Ammoniaque, mg/L	7	1 ± 3	8	0

* nombre d'échantillons analysés

Tableau 14. Composition du lait cru de chamelle « mélangé ».

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 MG, %	22	4,49 ± 2,26	7,87	0,00
2 MSE, %	22	12,70 ± 6,93	29,54	7,72
3 Densité, A°	22	31,44 ± 5,45	41,30	20,68
4 pH	18	6,19 ± 0,73	6,95	4,67
5 Dornic, D°	23	33,77 ± 24,99	96,75	16,65
6 SH°	23	15,0 ± 11,1	43,0	7,4
7 Thurner, °T	11	31,5 ± 25,7	108,0	18,5
8 Protéines, %	23	3,42 ± 0,61	4,36	1,77
9 Lactose, %	13	3,03 ± 0,44	3,79	2,20
10 Vitamine C, mg/L	22	155 ± 119	405	31
11 Iode	19	23,40 ± 20,44	91,69	5,08
12 MAT, %	20	3,15 ± 0,90	4,47	1,56
13 Ca, g/L	23	1,271 ± 0,360	2,340	0,530
14 P, g/L	23	1,010 ± 0,260	1,770	0,520
15 Fer mg/L	23	1,87 ± 0,73	3,60	1,10
16 Urée, mg/L	14	84 ± 87	291	0
17 Ammoniaque, mg/L	14	3 ± 10	37	0

Tableau 15. Composition du lait cru d'origine inconnue de chamelle.

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 MG, %	6	4,58 ± 1,59	6,22	2,49
2 MSE, %	6	10,13 ± 0,58	10,86	9,44
3 Densité, A°	6	34,74 ± 2,33	38,32	31,70
4 pH	6	6,59 ± 0,06	6,65	6,50
5 Dornic, D°	6	17,93 ± 1,88	20,7	16,2
6 SH°	6	8,0 ± 0,8	9,2	7,2
7 Thurner, °T	6	19,4 ± 2,1	22,5	17,5
8 Protéines, %	6	3,43 ± 0,42	4,17	2,97
9 Lactose, %	6	3,24 ± 0,38	3,63	2,64
10 Vitamine C, mg/L	6	91 ± 29	136	59
11 Iode	6	13,42 ± 6,65	26,65	8,88
12 MAT, %	6	3,62 ± 0,30	4,10	3,30
13 Ca, g/L	6	1,107 ± 0,182	1,367	0,831
14 P, g/L	6	1,030 ± 0,114	1,150	0,890
15 Fer mg/L	6	2,75 ± 1,82	5,60	0,80
16 Urée, mg/L	5	171 ± 83	276	81
17 Ammoniaque, mg/L	5	0 ± 0	0	0

1.1.3. - Résultat de l'analyse ANOVA (effet des facteurs et des interactions)

Pour chaque paramètre sont listés les seuils de signification des différents facteurs et de leurs interactions issus de l'analyse de variance (Tableau 16).

Tableau 16. Analyse de variance ANOVA pour chaque paramètre (p value).

Paramètres	Région	Saison	Espèce	Région*Saison	Espèces*Saison
Densité	0,40	<0,001	<0,001	<0,001	0,80
MSE	0,67	0,70	0,24	0,02	0,72
MAT	0,001	0,02	0,11	0,04	0,29
Prot	0,005	<0,001	<0,001	0,003	<0,001
MG	0,73	0,43	0,04	<0,001	0,57
Iode	0,90	0,05	0,02	0,80	0,60
Vitamine C	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Lactose	0,39	<0,001	0,45		
pH	<0,001	0,42	0,05	0,018	0,07
Dornic	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
SH					
Turner	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ca	0,09	<0,001	0,003	0,14	0,56
P	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,014
Fe	0,29	0,35	0,55	0,22	0,48
Ammoniaque	X	X	X	X	X
Urée	X	X	X	X	X

Matières grasses (MG)

La teneur en MG des 166 échantillons de lait cru de chamelle varie de 1 à 24,8% avec une moyenne générale de $6,1 \pm 2,4\%$. La répartition des valeurs (Figure 1), montre qu'il existe quelques rares échantillons avec des concentrations exceptionnellement élevées.

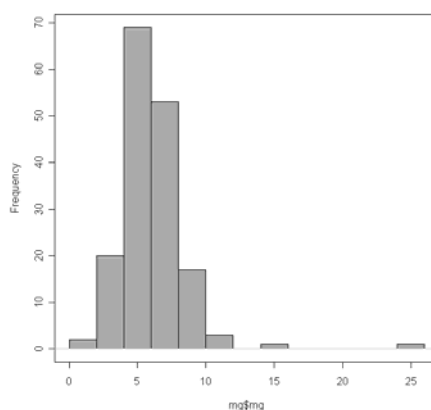


Figure 1. Répartition des teneurs en MG du lait cru de chamelle (n=166).

L'analyse de variance révèle un effet espèce faiblement significatif ($p < 0,05$). De fait, en moyenne, le taux de MG dans le lait de chameau de race Bactriane est de $6,7 \pm 2,9\%$ ($n=56$) soit une valeur sensiblement plus élevée que celle du lait de dromadaire : $6,0 \pm 2,2\%$ ($n=66$), et du lait des hybrides : $6,1 \pm 1,8\%$ ($n=19$). Toutefois cette différence est plus marquée selon les régions (Figure. 2), notamment la teneur moyenne chez les Bactriane de Chymkent est de $8,3 \pm 8,0$ soit une valeur nettement plus élevée que chez les dromadaires et les hybrides ($5,5 \pm 2,8\%$ et $5,7 \pm 1,9\%$ respectivement).

Selon les saisons, hormis en hiver où le taux de MG apparaît plus élevé chez les dromadaires que chez les Bactriane, le lait de ces derniers est toujours plus riche, en particulier au printemps et en automne (Figure 3).

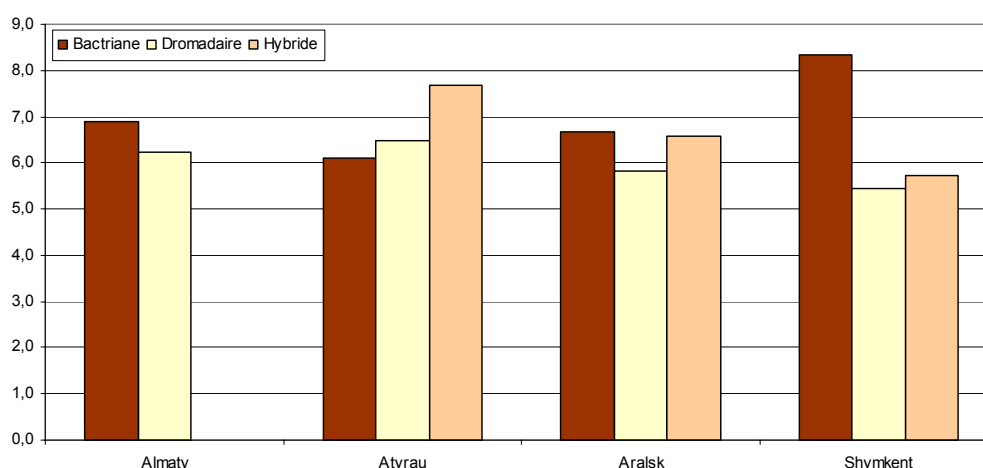


Figure 2. Taux moyen de MG chez les différentes espèces en fonction des régions.

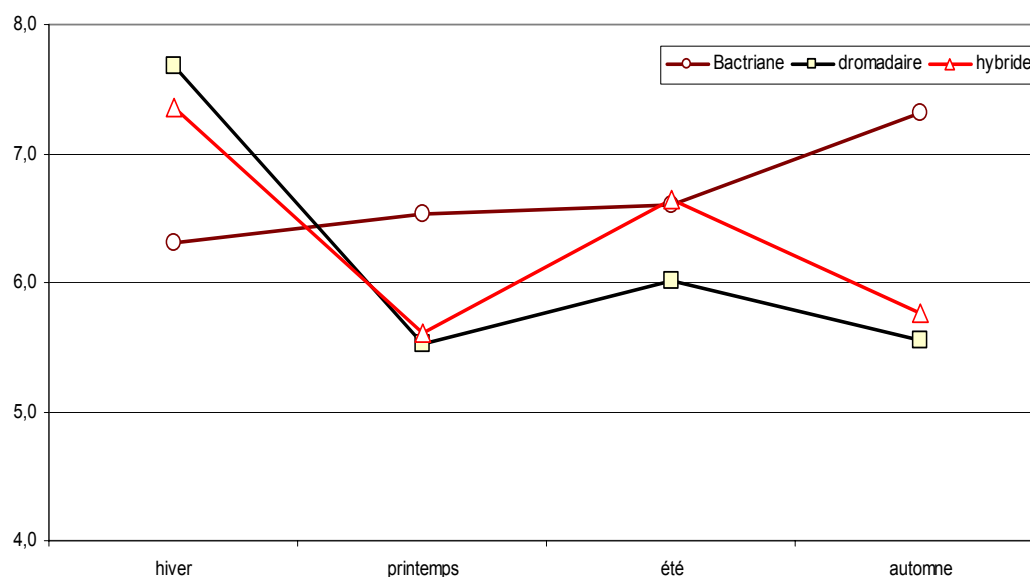


Figure 3. Taux moyen de MG dans le lait cru des différentes espèces de chameaux en fonction des saisons.

Teneur en protéines (TP)

La teneur en protéines a été mesurée selon deux méthodes d'analyse : (1) la méthode de Kjeldhal qui permet d'obtenir une teneur en protéines après conversion de la quantité d'azote total (MAT), et (2) par l'analyse des protéines titrables qui donne spécifiquement la quantité de protéines (prot). L'analyse comparative des résultats obtenus en utilisant les deux méthodes permet de vérifier que les résultats obtenus sont non corrélés ($r^2=0,174$; n.s) (Figure 4). En conséquence, dans les analyses ultérieures, la méthode PROT ne sera pas prise en compte.

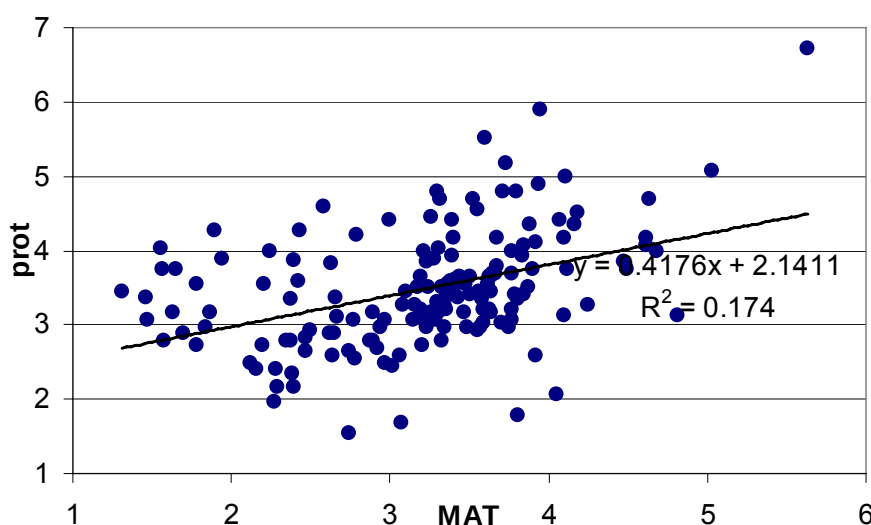


Figure 4. Matrice de corrélation entre MAT et prot ($n=160$), $r^2=0,174$ n.s.

La teneur en protéines mesurée en utilisant la méthode de Kjeldhal ou matières azotes totales (MAT) dans les 162 échantillons de lait cru de chamelle varie entre 2,06 % et 8,84% avec une moyenne de $5,02 \pm 1,23\%$ et une médiane à 5,20% (Figure 5). La répartition des valeurs montre l'homogénéité de la variance des échantillons et l'absence de valeurs extrêmement élevées ou basses.

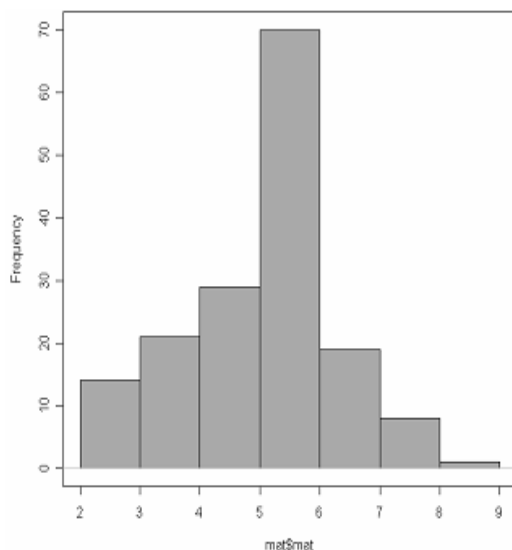


Figure 5. Répartition des valeurs de MAT dans le lait de chamelle cru ($n=162$).

L'analyse de variance montre les effets significatifs région ($p<0,001$) et saison ($p<0,05$). Au cours de l'année, le taux de TP chute remarquablement dans les échantillons de Chymkent ($n=56$) de 5,90% à 3,49% par rapport aux autres régions (Figure 6). Selon les saisons, les valeurs du TP présentent une plus grande dispersion en été et en automne.

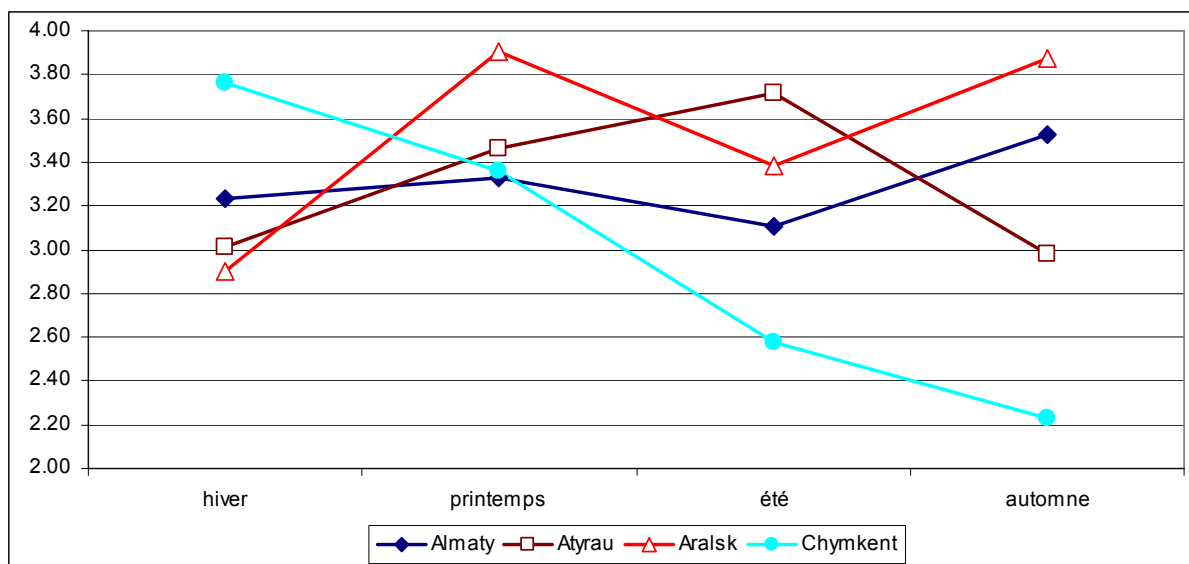


Figure 6. Evolution de MAT des laits des différentes régions au cours des saisons au Kazakhstan.

Le taux de protéines mesuré par l'analyse des protéines titrables (prot) des 173 échantillons de lait cru de chamelle varie entre 1,4% et 6,7%, avec une moyenne de $3,5 \pm 0,8\%$. La répartition des valeurs (Figure 7), montre l'homogénéité de la variance des échantillons et l'absence de valeurs extrêmement élevées ou basses.

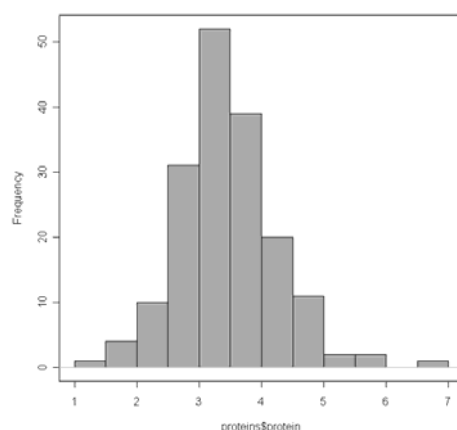


Figure 7. Répartition des valeurs de la teneur en protéines titrables (prot) du lait cru de chamelle ($n=173$).

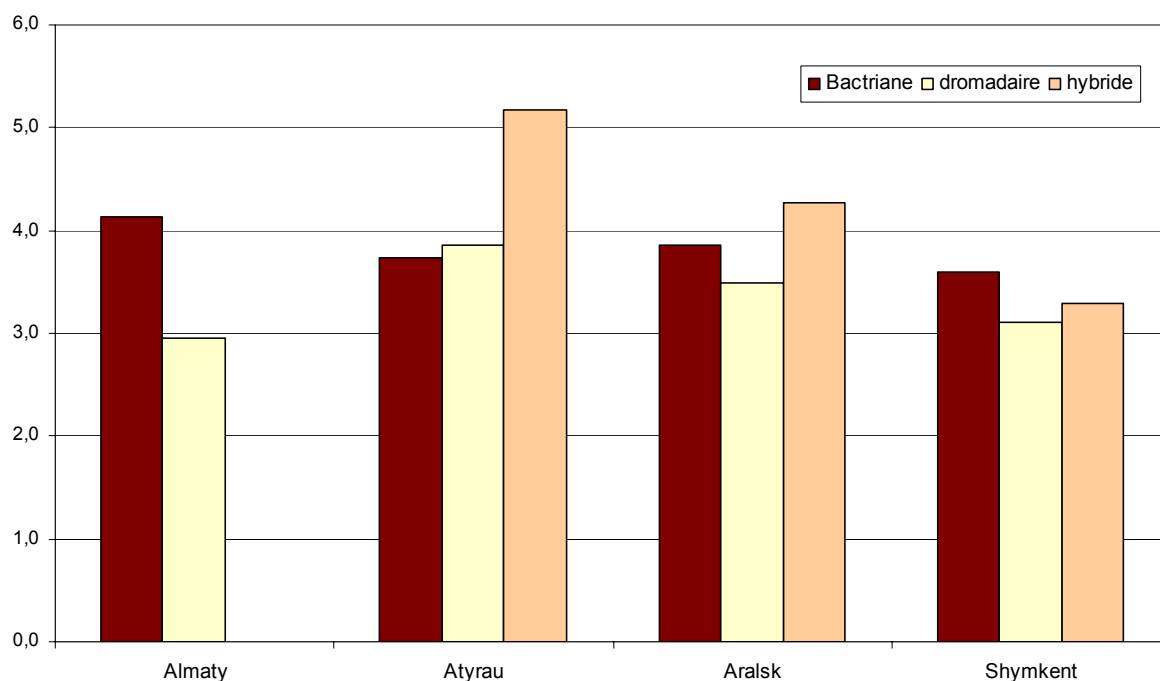


Figure 8. Teneur en protéines (prot) moyenne du lait cru des différentes espèces de chameaux en fonction des régions.

Les résultats de l'analyse de variance du TP (prot) (Tableau 16, page 89) montrent des effets significatifs pour les 3 facteurs : espèce ($p<0,001$), région ($p<0,001$) et saison ($p<0,05$). La moyenne par espèce est de $3,86 \pm 0,66\%$ ($n=55$) pour le lait de chameaux de Bactriane, $3,10 \pm 0,72\%$ ($n=69$) pour le lait de dromadaire et $3,68 \pm 1,04\%$ ($n=20$) pour le lait des hybrides (Figure 8). Les moyennes par région sont : à Almaty $3,30 \pm 0,86\%$ ($n=58$), à Atyraou $3,78 \pm 0,69\%$ ($n=36$), à Aralsk $3,93 \pm 0,79\%$ ($n=20$) et à Chymkent $3,27 \pm 0,65\%$ ($n=59$).

La valeur moyenne par saison est en hiver de $3,79 \pm 0,64\%$ ($n=25$), $3,71 \pm 0,83\%$ ($n=66$) au printemps, $3,15 \pm 0,72\%$ ($n=56$) en été, et en automne de $3,19 \pm 0,65\%$ ($n=26$). La variabilité des valeurs observées est plus faible en début d'année (hiver et même printemps) pour être maximale en automne. Cette plus grande variabilité automnale est surtout due à la chute observée chez les hybrides et dans une moindre mesure chez les Bactrianes (Figure 9).

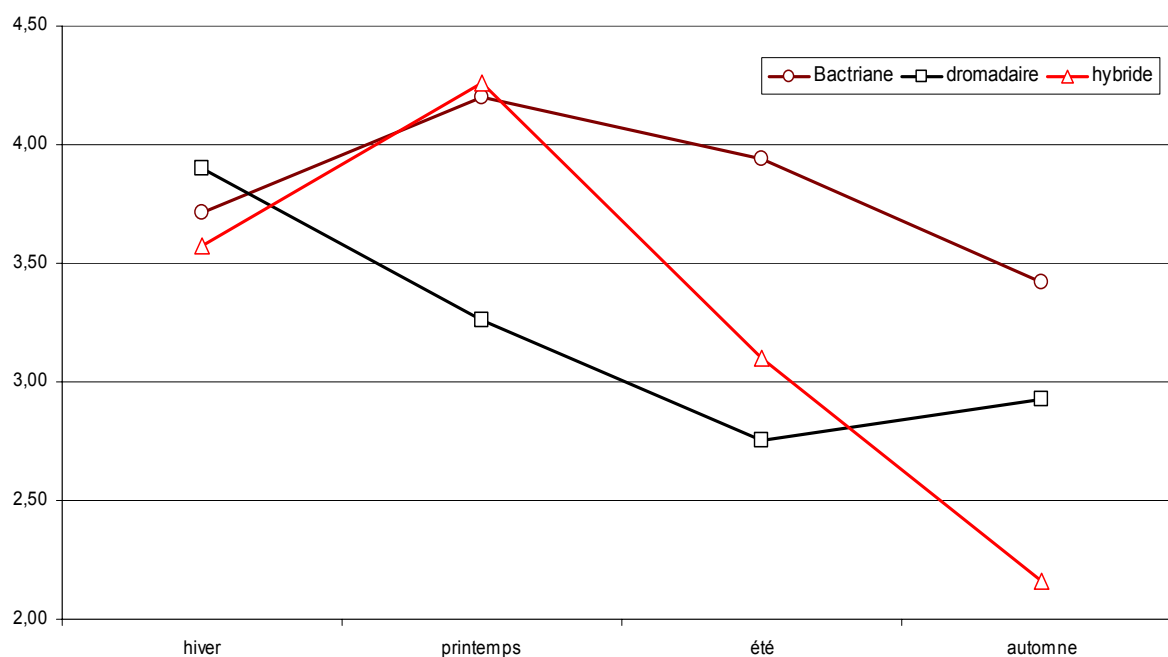


Figure 9. Taux de protéines titrables (prot) dans le lait cru des différentes espèces de chameaux en fonction des saisons.

Vitamine C ou acide ascorbique

La richesse du lait de chamelle en vitamine C est un élément connu qui justifie pleinement sa détermination. Dans notre échantillon, la teneur moyenne a été de 154 ± 105 mg/L ($n=155$) avec un champ de variation allant de 15 à 435 mg/L, soit une variabilité de 1 à 29 (Figure 10).

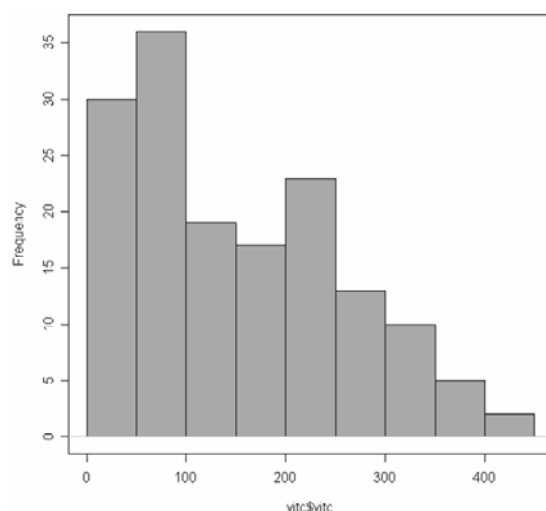


Figure 10. Répartition des teneurs en vitamine C dans le lait cru de chamelle au Kazakhstan ($n=155$).

L'analyse de variance indique que tous les facteurs sont hautement significatifs ($p<0,001$). Le taux de vitamine C selon les régions est en moyenne, à Almaty, de 161 ± 96 mg/L, à Atyraou de 175 ± 118 mg/L, à Aralsk de 80 ± 61 mg/L et à Chymkent de 157 ± 109 mg/L. La concentration en vitamine C dans le lait de chameaux Bactriane est plus élevée dans 3 régions et est plus faible à Chymkent (Figure 11). Dans une même région, le taux de vitamine C varie fortement, par exemple à Almaty 201 ± 99 mg/L ($n=12$) chez les Bactrianes et 149 ± 93 mg/L ($n=40$) chez les dromadaires.

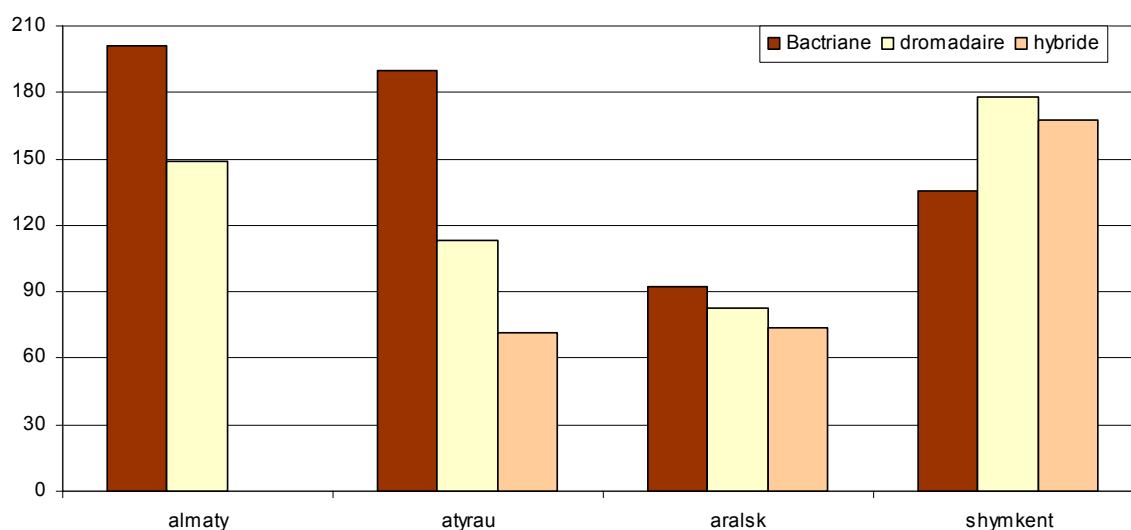


Figure 11. Taux moyen de vitamine C dans le lait cru des différentes espèces de chameaux en fonction des régions.

L'évolution saisonnière est similaire chez toutes les espèces (Figure 12). En hiver les laits de dromadaires sont plus riches que ceux des chameaux Bactriane, à l'inverse des autres saisons. Les valeurs pour les échantillons de lait des hybrides sont intermédiaires entre celles des valeurs des deux espèces (Bactriane et dromadaire) tout au long de l'année.

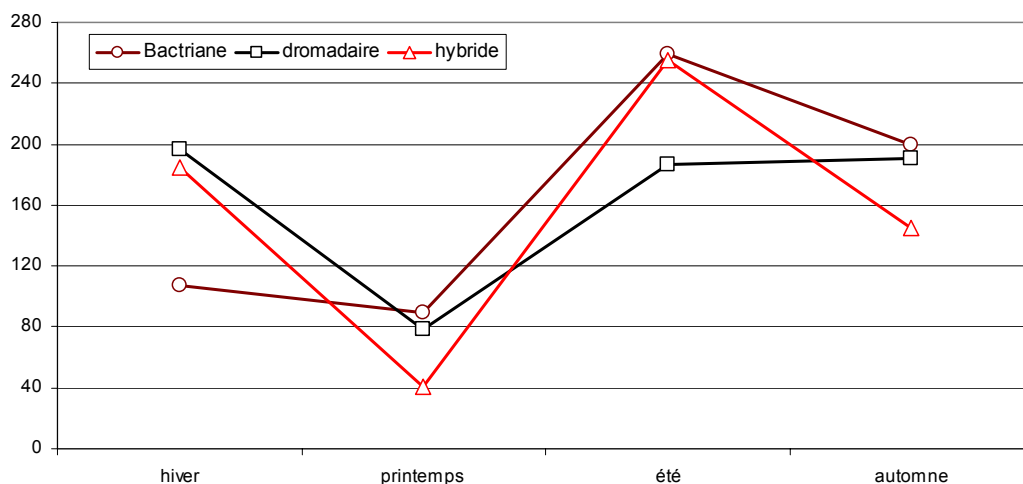


Figure 12. Evolution du taux moyen de vitamine C dans le lait cru des différentes espèces de chameaux au cours des saisons.

Lactose

Contrairement à ce qui était attendu en rapport avec la bibliographie, les valeurs de la concentration en lactose apparaissent plutôt faibles : en moyenne $3,02 \pm 0,82\%$ ($n=124$), avec une variation de 0,52% à 5,90% (Figure 13).

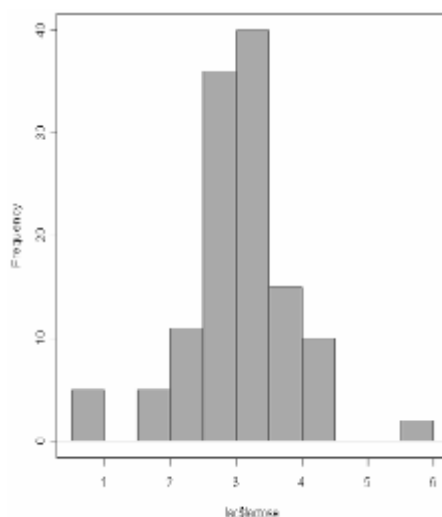


Figure 13. La répartition des valeurs de la teneur en lactose dans le lait cru de chamelle ($n=124$).

Seul l'effet saisonnier est significatif ($p<0,001$). Chez les chameaux Bactriane, le taux en lactose chute depuis l'hiver jusqu'en automne, de $3,67 \pm 1,84\%$ ($n=3$) à

$2,28 \pm 0,78\%$ ($n=11$) (Figure 14). Chez les dromadaires, cette chute est également observée, de $3,75 \pm 1,88\%$ ($n=3$) à $1,99 \pm 1,04\%$ ($n=9$), mais avec une remontée en été de $3,48 \pm 0,51\%$ ($n=23$). Chez les hybrides, l'évolution est différente : faible quantité en hiver et au printemps entre 2,62% et 2,78%, augmentation en été, $3,24 \pm 0,68\%$ ($n=7$) comme chez les dromadaires ; maintien au même niveau en automne avec 3,20%, valeur maximale pour l'automne chez les 3 espèces.

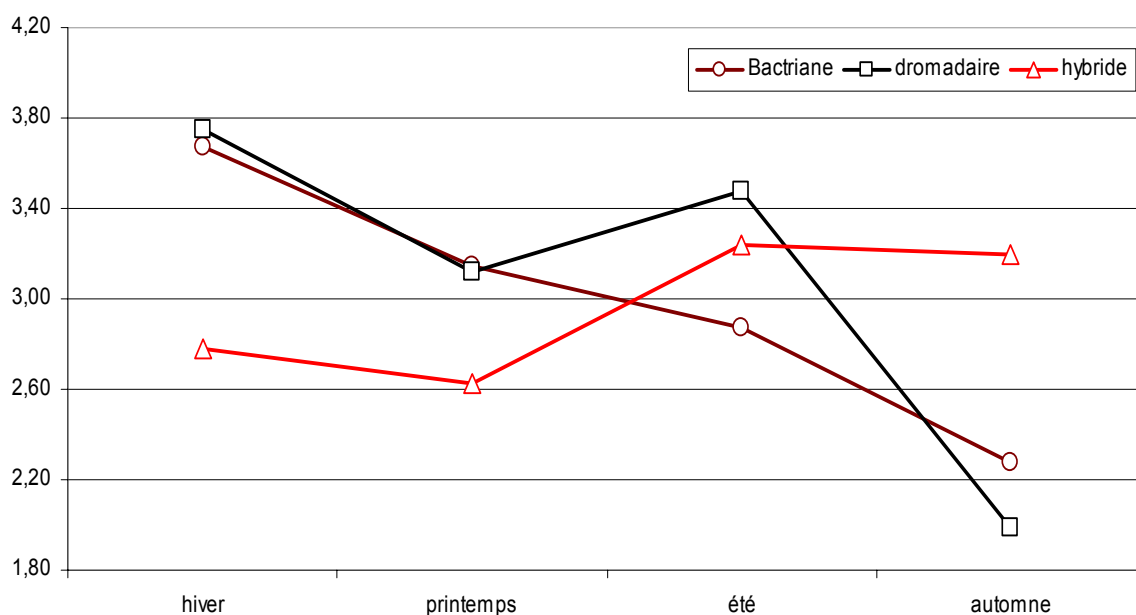


Figure 14. Evolution de la teneur en lactose du lait cru de différentes espèces de chameaux au cours des saisons ($n= 124$).

Densité

La densité de 170 échantillons de laits crus a été mesurée. Elle est en moyenne de $34,0 \pm 6,5 \text{ } ^\circ\text{A}$. La répartition des valeurs se situe entre $18,0 \text{ } ^\circ\text{A}$ à $61,1 \text{ } ^\circ\text{A}$ (Figure 15).

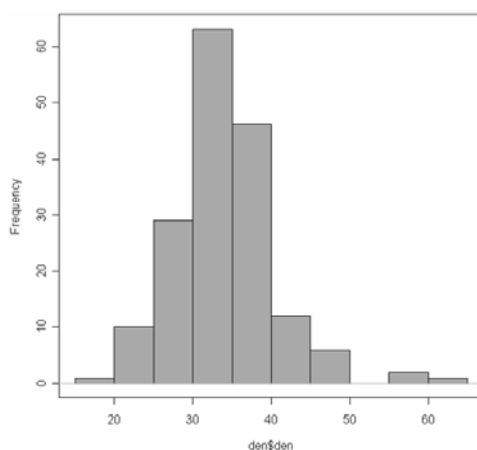


Figure 15. Répartition des valeurs de la densité en A du lait de chamelle cru ($n=170$).

Selon les résultats de l'analyse de variance, les effets « espèce » et « saison » sont très significatifs ($p < 0,001$), mais aussi l'interaction « région * saison » ($p < 0,001$). Les évolutions saisonnières de la densité du lait cru chez les trois espèces sont similaires, mais avec une chute automnale plus marquée chez les hybrides (Figure 16).

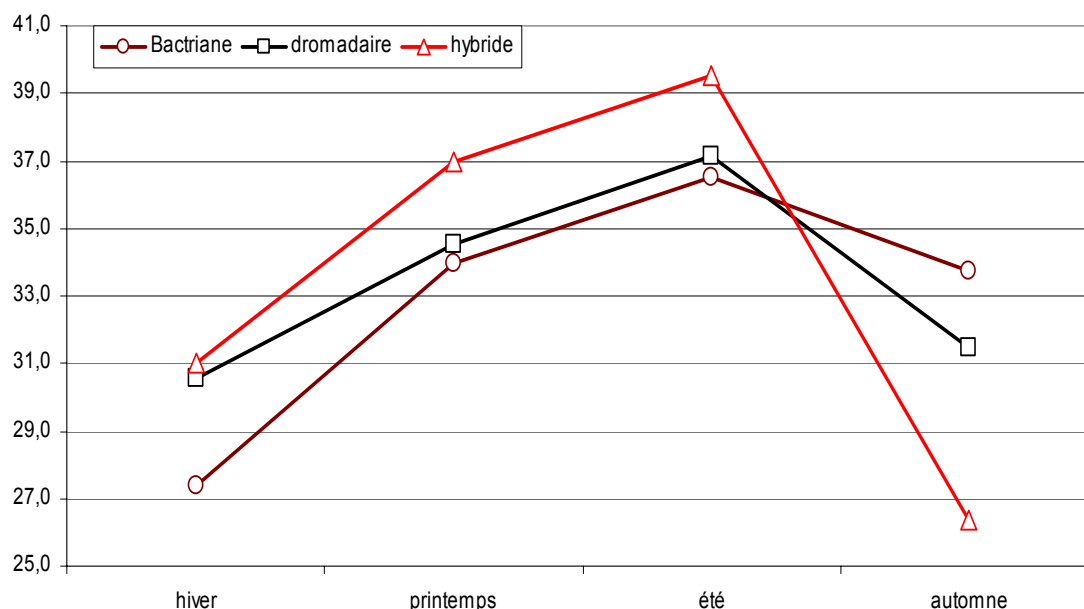


Figure 16. Evolution de la densité du lait cru des différentes espèces de chèvres au cours des saisons.

Matières sèches écrémées (MSE)

Les 170 échantillons analysés, ont une moyenne de $11,0 \pm 3,8\%$, avec une variation de 5,7% à 29,5% (Figure 17). L'analyse de variance montre absence d'un effet significatif.

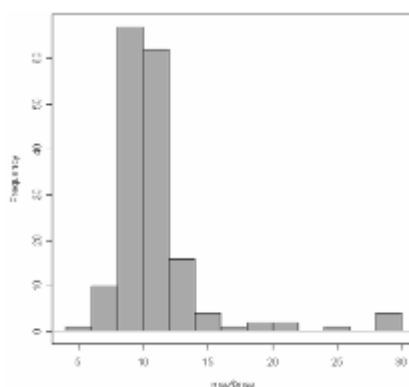


Figure 17. Répartition des valeurs de la MSE du lait de chèvre cru ($n=170$).

L'indice d'iode

L'indice de l'iode a été mesuré dans 146 échantillons de lait cru. La moyenne est de $17,8 \pm 10,9$ avec une très grande variabilité de 4,0 à 91,7 (Figure 18).

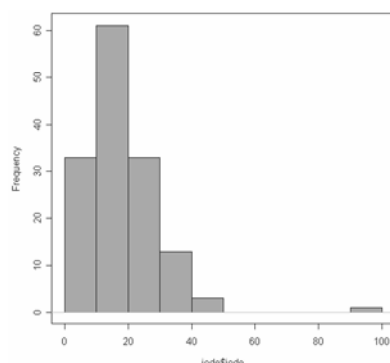


Figure 18. Répartition de la valeur de l'indice d'iode du lait de chamelle cru au Kazakhstan ($n=146$).

L'analyse de variance indique un « effet espèce » ($p<0,05$) et dans la limite de signification, un « effet saison » (Figure 19). Aucun échantillon de lait d'hybrides n'est disponible en hiver. La variation de l'indice d'iode a été plus marquée au printemps et en été.

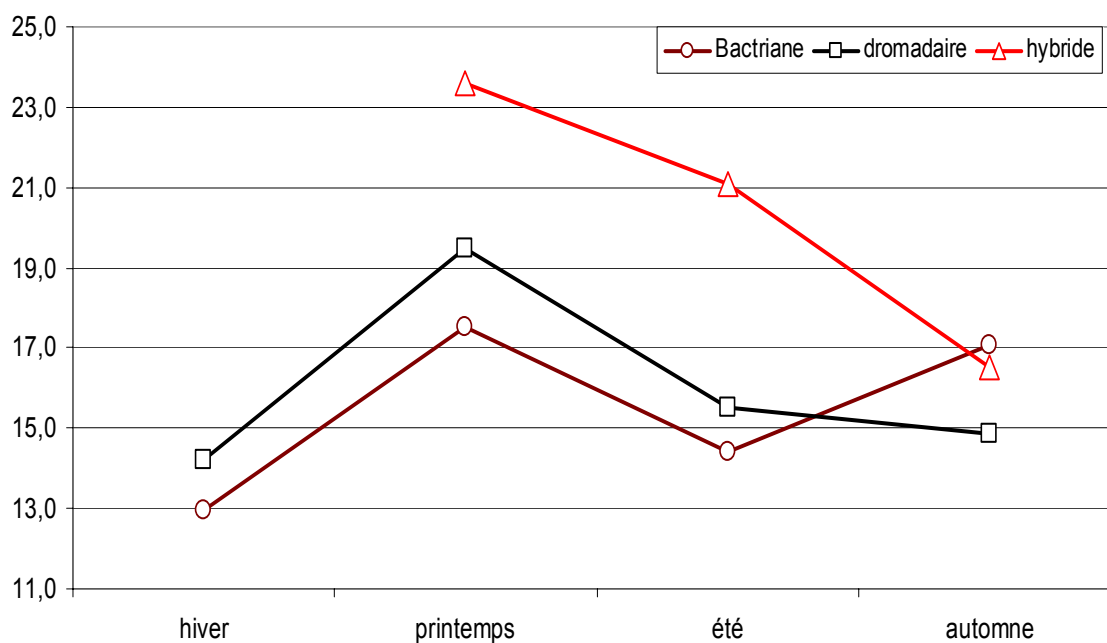


Figure 19. Evolution de l'indice d'iode du lait cru de chameaux des différentes espèces au cours des saisons ($n=146$).

Acidité

L'acidité totale des échantillons de lait cru a été mesurée par la méthode standard de l'URSS exprimée en degrés Thurner (Th), (2) par la méthode internationale actuelle exprimée en degrés Dornic (D°), et en degrés °Soxlet-Henkel (°SH). Le pH des échantillons a aussi été mesuré.

La corrélation entre les 4 paramètres qualifiant l'acidité pour 93 échantillons communs (Tableau 17 ; Figure 20) indiquent que :

Tableau 17. Corrélation des paramètres de l'acidité des laits crus de chamelle ($n=93$).

	pH	Th	D°	SH
pH	-	-0,23	-0,23	-0,23
Th	-0,23	-	0,99	0,99
D°	-0,23	0,99	-	-
SH	-0,23	0,99	-	-

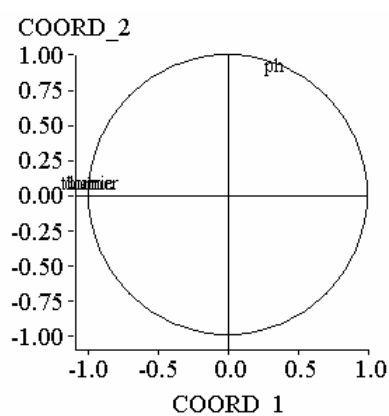


Figure 20. Cercle de corrélation des paramètres d'acidité.

L'acidité Thurner, Dornic et Soxlet-Henkel indiquent les mêmes données, et que les méthodes sont donc remplaçables l'une par l'autre.

En revanche, la corrélation entre les valeurs de l'acidité titrable et celles du pH n'est pas significative, indiquant que les informations à en tirer sont différentes.

Acidité de Thurner. Pour 109 échantillons de lait cru, la moyenne de l'acidité Thurner est de $26,5 \pm 13,0^{\circ}\text{T}$, la teneur variant de $17,0$ à $116,5^{\circ}\text{T}$ (Figure 21).

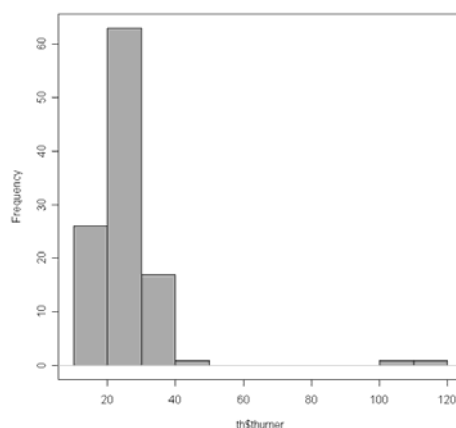


Figure 21. Répartition des valeurs de l'acidité Thurner des laits crus de chamelle ($n=109$).

L'analyse de variance a montré l'effet des trois facteurs ($p<0,001$). Cependant, il convient de noter l'absence d'échantillons de certaines espèces à certaines saisons dans certaines régions, les hybrides n'étant présents qu'à Chymkent (Figure 22 et 23). Les échantillons du lait des Bactriane sont plus acides, $29,7 \pm 14,0^{\circ}\text{T}$ ($n=46$), que ceux des dromadaires et hybrides, $22,9 \pm 5,6^{\circ}\text{T}$ ($n=43$) et $24,2 \pm 2,2^{\circ}\text{T}$ ($n=3$) respectivement.

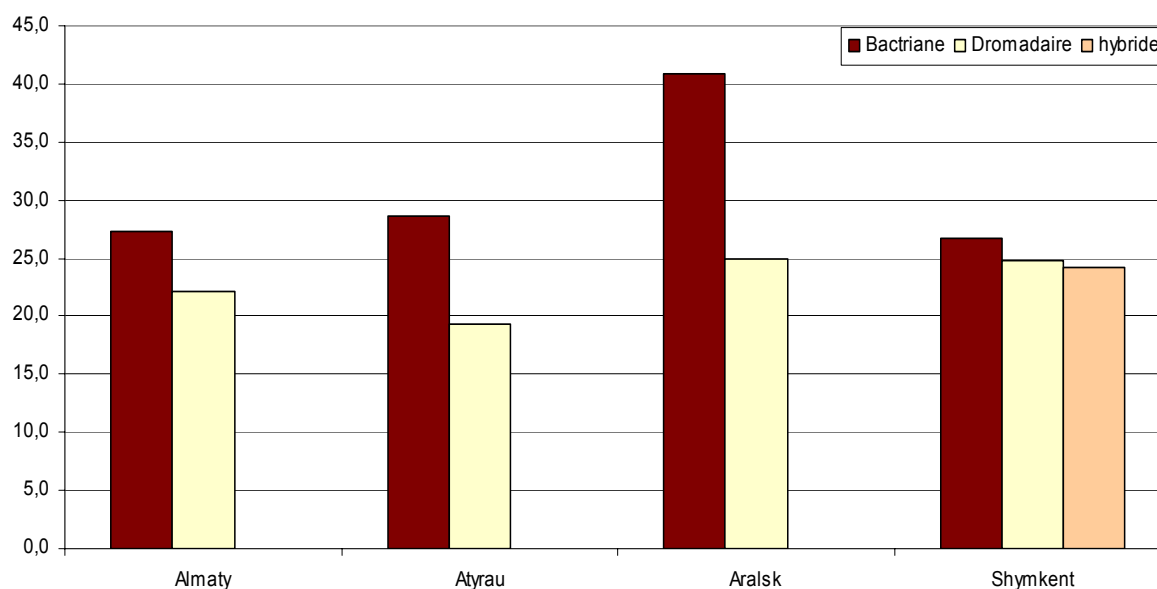


Figure 22. Acidité de Thurner du lait cru des différentes espèces de chameaux selon la région.

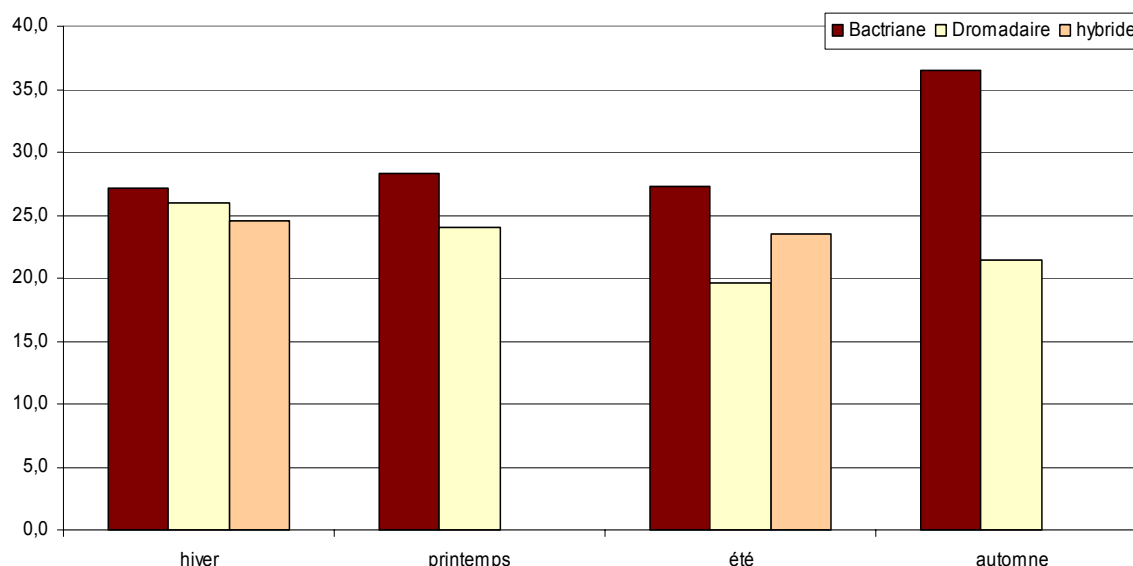


Figure 23. Acidité de Thurner du lait cru des différentes espèces de chameaux selon la saison.

L'acidité Thurner varie peu d'une saison à l'autre, sauf chez les chameaux Bactriane avec une valeur variant de $36,5 \pm 26,8^{\circ}\text{T}$ en automne ($n=11$).

Acidité Dornic et SH

Les valeurs de l'acidité exprimée en degrés Dornic et en degrés SH sont interdépendantes aussi nous ne présenterons que l'analyse des valeurs de l'acidité Dornic.

Au total, 175 échantillons de lait cru ont été analysés. La valeur moyenne de l'acidité Dornic est de $26,6 \pm 15,2^{\circ}\text{D}$, avec une variation de $15,8^{\circ}\text{D}$ à $101,7^{\circ}\text{D}$ (Figure 24), exprimée en degrés, SH la moyenne est de $11,8 \pm 6,8\text{SH}$ et varie entre $7,0^{\circ}\text{SH}$ et $45,2^{\circ}\text{SH}$.

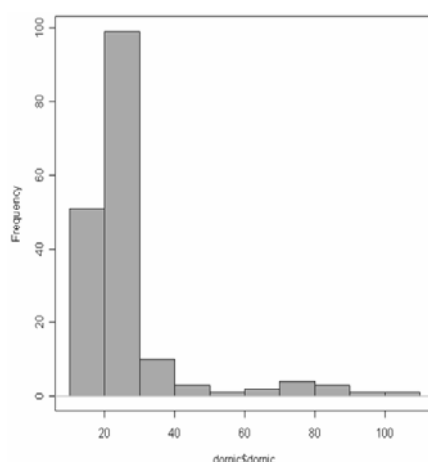


Figure 24. Répartition des valeurs de l'acidité Dornic de lait cru de chameau ($n=175$).

L'analyse de variance a montré les mêmes résultats que dans le cas de l'acidité Thurner, c'est-à-dire avec des résultats hautement significatifs pour tous les facteurs ($p<0,001$) (Figure 25). Les différences interspécifiques sont moins marquées à Almaty et Chymkent. Les évolutions saisonnières sont comparables à celles de l'acidité Thurner (Figure 26). La moyenne pour les Bactriane est de $27,5 \pm 12,5^{\circ}\text{T}$ ($n=56$), pour les dromadaires de $24,0 \pm 13,9^{\circ}\text{T}$ ($n=70$) et pour les hybrides de $27,3 \pm 11,5^{\circ}\text{T}$ ($n=20$).

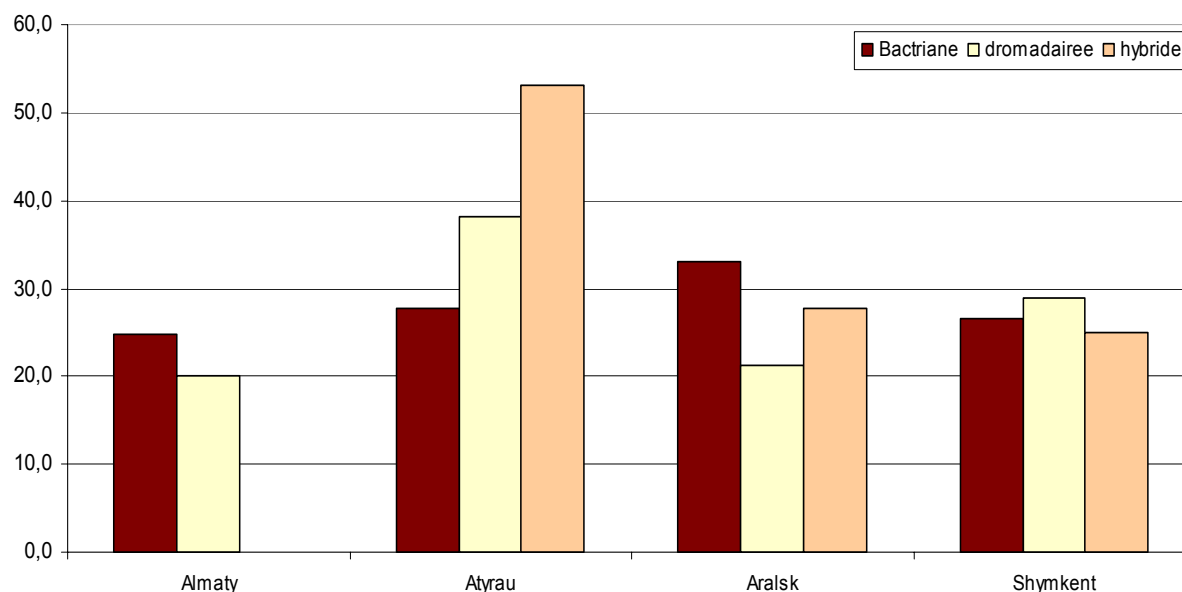


Figure 25. Acidité Dornic du lait cru des différentes espèces de chameaux selon la région.

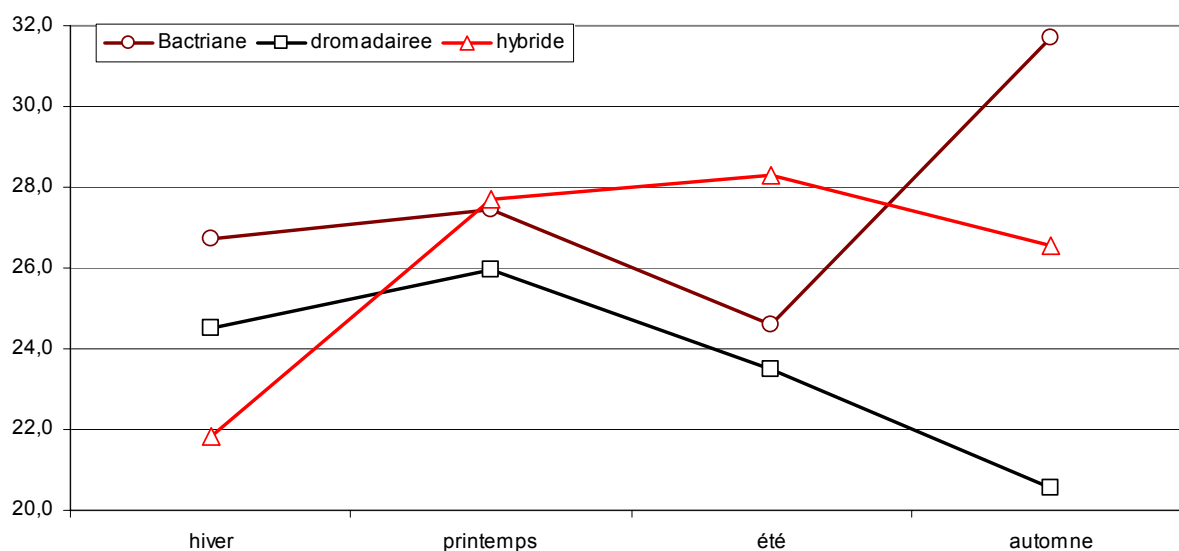


Figure 26. Evolution de l'acidité Dornic du lait cru des différentes espèces de chameaux selon la saison.

pH

La valeur moyenne du pH du lait cru de chamelle est de $6,45 \pm 0,51$ pour 149 échantillons, avec une variabilité de 4,67 à 7,35 (Figure 27).

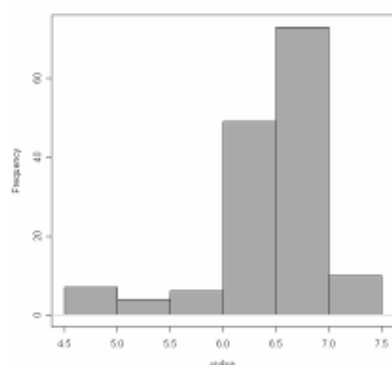


Figure 27. Répartition des valeurs du pH pour le lait cru de chamelle ($n=149$).

L'analyse de variance a mis en évidence un effet « saisonnier » hautement significatif ($p < 0,001$), et à la limite du seuil de signification pour l'effet « espèce » ($p < 0,05$) (Figure 28).

La moyenne des valeurs du pH du lait de chamelle Bactriane est de $6,55 \pm 0,4$ ($n=46$), chez les dromadaires de $6,46 \pm 0,51$ ($n=64$) et pour les hybrides de $6,36 \pm 0,56$ ($n=15$). Par saison les moyennes sont les suivantes : en hiver $6,62 \pm 0,34$ ($n=14$), au printemps $6,41 \pm 0,57$ ($n=55$), en été, $6,42 \pm 0,51$ ($n=54$) et en automne $6,45 \pm 0,52$ ($n=26$).

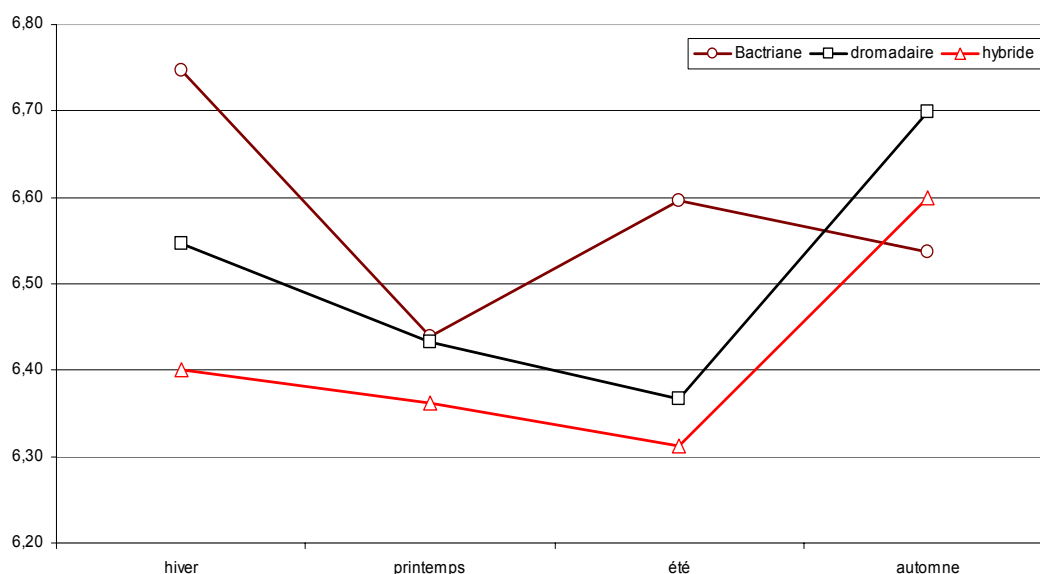


Figure 28. Evolution du pH du lait cru de chamelles des différentes espèces, au cours des saisons.

Minéraux

Les teneurs mesurées sont celles du calcium, du phosphore et du fer dans le lait cru.

La concentration en **calcium** dans les 164 échantillons du lait cru de chamelle analysés a été en moyenne de $1,23 \pm 0,29$ mg/mL, avec une variabilité de 0,53 mg/mL à 2,34 mg/mL (Figure 29).

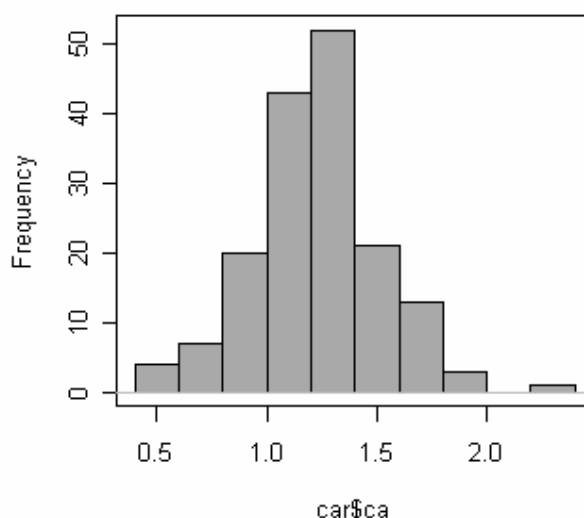


Figure 29. Répartition de la concentration en calcium dans le lait cru de chamelle (en g/L).

L'analyse de variance a mis en évidence un effet « saison » ($p < 0,05$) et « espèce ». Généralement, le taux en calcium du lait varie au cours de l'année de façon similaire entre les espèces, avec une légère augmentation au printemps, une diminution en été, notamment chez les dromadaires et les hybrides, puis une sensible remontée en automne, sauf chez les hybrides (Figure 30). Les moyennes saisonnières ont été en hiver $1,23 \pm 0,29$ (n=26), au printemps $1,35 \pm 0,28$ g/L (n=61), en été $1,10 \pm 0,29$ g/L (n=51) et en automne $1,21 \pm 0,22$ g/L (n=26).

Les moyennes par espèce sont les suivantes : chez les Bactriane $1,30 \pm 0,29$ g/L (n=52), chez les dromadaires $1,16 \pm 0,27$ g/L (n=63) et chez les hybrides $1,26 \pm 0,27$ g/L (n=20).

La concentration en **phosphore** a été de $1,00 \pm 0,22$ g/L pour 163 échantillons de lait (Figure 31).

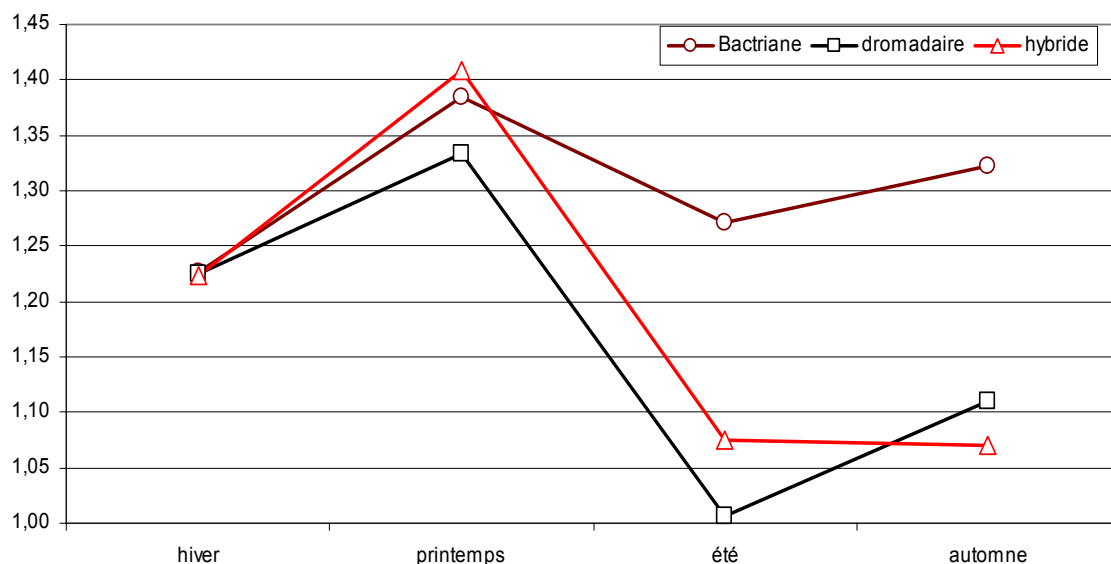


Figure 30. Evolution de la teneur en calcium dans le lait des trois espèces différentes de chameelles au cours des saisons (en g/L).

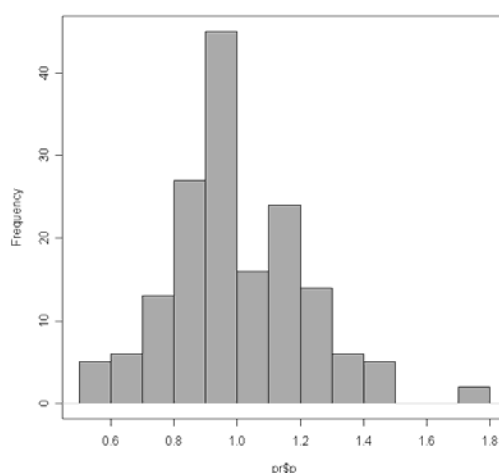


Figure 31. Répartition des valeurs de la concentration en phosphore dans le lait cru (en g/L).

Les résultats de l'analyse de variance ont mis en évidence des effets hautement significatifs ($p < 0,001$) pour tous les facteurs. Les valeurs moyennes sont donc ainsi réparties: $1,08 \pm 0,18$ g/L ($n=52$), chez les Bactriane, $0,91 \pm 0,19$ g/L ($n=62$) chez les dromadaires, et $1,07 \pm 0,27$ g/L ($n=20$) chez les hybrides ; en hiver $1,09 \pm 0,17$ g/L ($n=26$), au printemps $1,11 \pm 0,22$ g/L ($n=60$), en été $0,86 \pm 0,18$ g/L ($n=51$), en automne $0,96 \pm 0,14$ g/L ($n=26$) ; à Almaty $0,99 \pm 0,22$ g/L ($n=51$), à Atyraou $1,02 \pm 0,16$ g/L ($n=36$), à Aralsk $1,16 \pm 0,28$ g/L ($n=19$) et à Chymkent $0,95 \pm 0,20$ g/L ($n=57$).

Une chute estivale de la concentration en phosphore est observée chez toutes les espèces (Figure 32). Les évolutions saisonnières sont comparables chez toutes les espèces avec un écart inter-espèces moindre, cependant, en hiver.

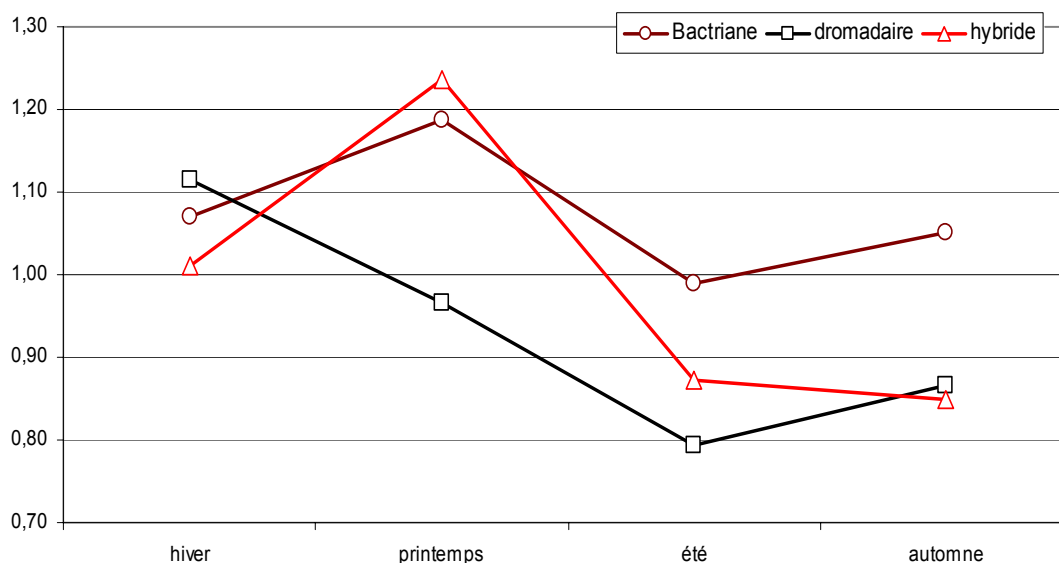


Figure 32. Evolution de la teneur en phosphore dans le lait des trois espèces différentes de chameelles au cours des saisons (en g/L).

En fonction des régions, on observe de plus fortes valeurs du phosphore dans le lait de Bactriane à Almaty, et sensiblement aussi à Chymkent. Dans les autres régions, la concentration est plus élevée chez les hybrides (Figure 33).

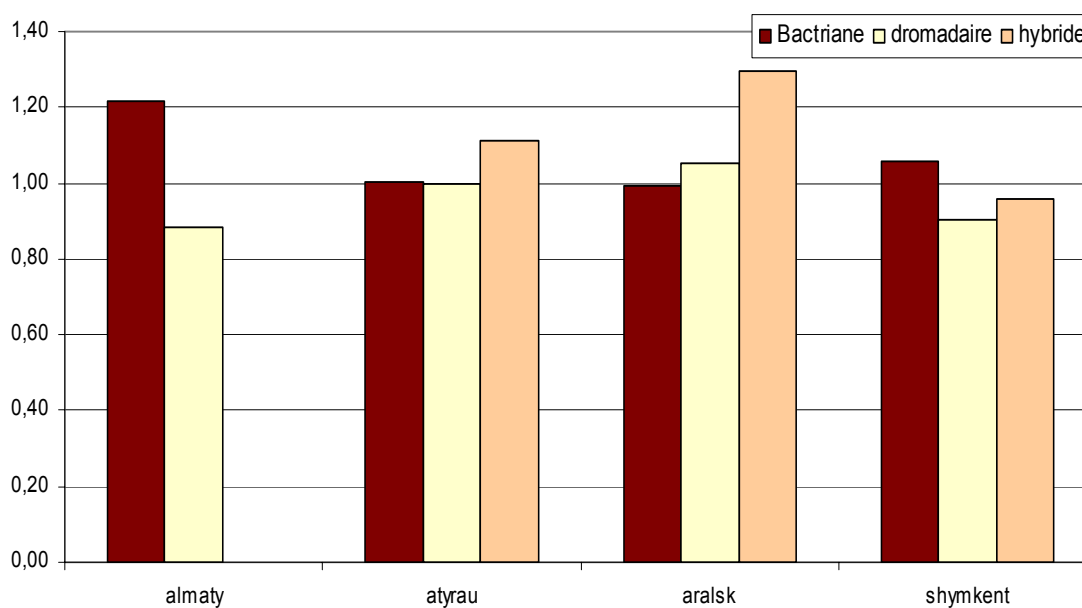


Figure 33. Teneur en phosphore du lait cru des différentes espèces de chameelles selon la région.

La moyenne du **taux de fer** dans le lait cru de chamelle est de $2,02 \pm 1,24$ mg/L pour 163 échantillons. La variabilité est de 0,70 à 12,40 mg/L. L'analyse de variance n'a montré aucun effet des trois facteurs étudiés (Figure 34).

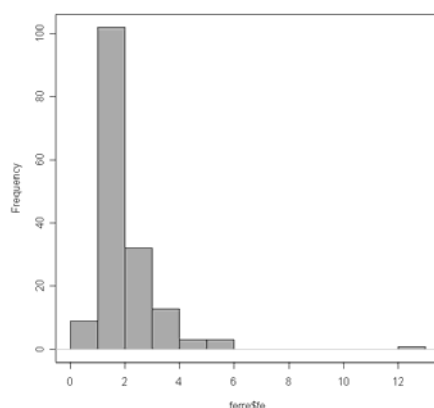


Figure 34. Répartition des valeurs de la concentration en fer dans le lait cru (en mg/L).

Urée et ammoniacque

Les résultats montrent la présence d'urée assez systématique dans 102 échantillons du lait cru de chamelle, Le taux d'urée est en moyenne de $81,6 \pm 60,4$ mg/L pour une variation de 0,0 à 290,5 mg/L (Figure 35).

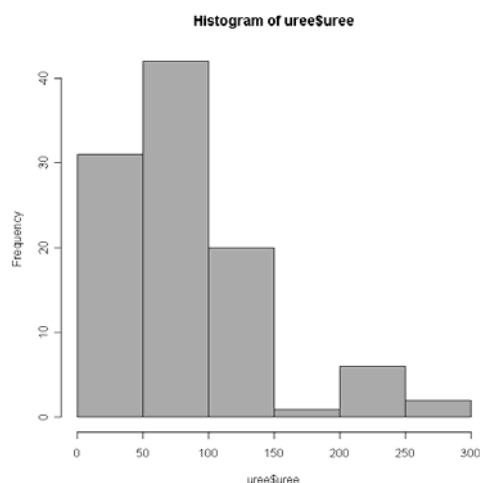


Figure 35. Répartition des valeurs de la concentration en urée dans 102 échantillons du lait cru (en mg/L).

Dans 102 échantillons de lait, seuls 25 échantillons contenaient de l'ammoniacque avec une teneur moyenne de $19,4 \pm 12,7$ mg/L avec des variations de 8,3 à 45,9 mg/L.

I.2. - Analyses multi-variées

Les analyses univariées ont permis de mieux comprendre les variations observées pour chacun des paramètres physico-chimiques en fonction des facteurs retenus. Cependant, cette approche ne met pas en évidence les interactions entre les différents paramètres décrivant un lait. Les analyses multi-variées visent à prendre en compte simultanément l'ensemble des paramètres.

L'objectif est dès lors :

- de réaliser une typologie des laits en tenant compte de l'ensemble des paramètres et de confronter les types de lait ainsi identifiés aux facteurs de variation,
- d'analyser l'effet d'un facteur (« espèce », « région » ou « saison ») en supprimant l'effet des autres facteurs afin de tester l'effet propre de chacun d'entre eux,
- de hiérarchiser les paramètres discriminant les modalités des différents facteurs.

I.2.1. - Typologie des laits globaux

Dans un premier temps, nous chercherons à identifier des « types » de lait définis à partir du profil de leur composition chimique. Pour réaliser cette typologie, nous avons travaillé sur un tableau comprenant l'ensemble des paramètres et l'ensemble des facteurs pour 176 échantillons de lait de chamelle. En cas de données manquantes, nous avons remplacé celles-ci par la valeur moyenne de la colonne. La typologie a été réalisée en s'appuyant sur une méthode de classification automatique (classification ascendante hiérarchique) utilisant la distance de Ward. D'après l'histogramme des indices de niveaux de la hiérarchie, la coupure la plus pertinente permet d'obtenir 3 classes distinguant les laits de chamelle (Figure 36).

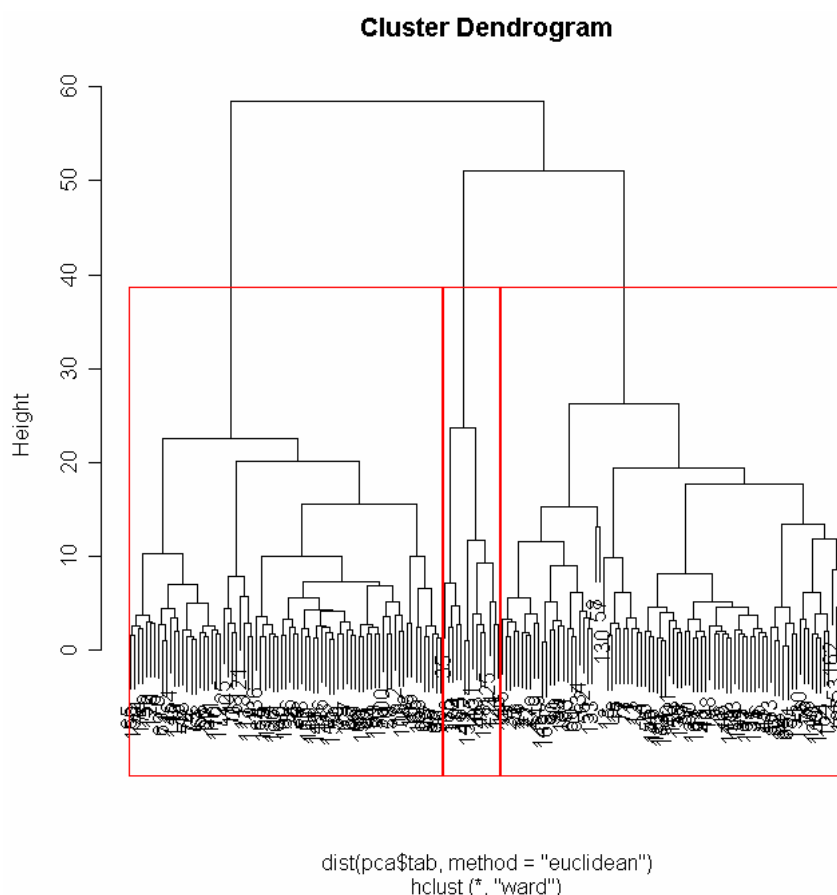


Figure 36. Dendrogramme issu de la classification des 176 laits de chameilles. Trois classes sont retenues représentant plus de 60% de la variance.

Les effectifs de ces trois classes sont de 85, 77 et 14 échantillons. La composition des classes obtenues permet de différencier très clairement les laits « riches », les laits « pauvres » et les laits acides (Figure 37, Tableau 18).

La classe I des laits riches a plus de MG, MAT, phosphore, calcium, iode, a *contrario* de la classe II des laits pauvres, pour lesquels ces paramètres sont en moyenne en moindre quantité. La 3^{ème} classe contient les laits un peu acides, possédant plus de MSE.

Tableau 18. Composition des classes de lait de chamelle.

	MG	MAT	Lactose	Vitamine C	pH	Iode
I	6,75 ± 2,55	3,48 ± 0,75	3,13 ± 0,45	149 ± 110	6,58 ± 0,29	19,8 ± 11,9
II	5,27 ± 1,52	2,83 ± 0,65	3,10 ± 0,95	157 ± 82	6,48 ± 0,30	14,5 ± 6,7
III	5,02 ± 4,41	3,57 ± 0,36	2,97 ± 0,39	142 ± 130	5,22 ± 0,53	20,7 ± 9,7
	Den	MSE	Dornic	Ca	P	Fe
I	11,03 ± 5,94	35,42 ± 2,41	24,0 ± 5,1	1,39 ± 0,24	1,12 ± 0,19	2,02 ± 1,33
II	9,61 ± 4,63	32,18 ± 1,35	21,2 ± 3,7	1,04 ± 0,22	0,87 ± 0,15	2,01 ± 1,10
III	18,71 ± 12,77	35,00 ± 7,89	71,8 ± 20,7	1,31 ± 0,18	1,05 ± 0,16	1,94 ± 0,77

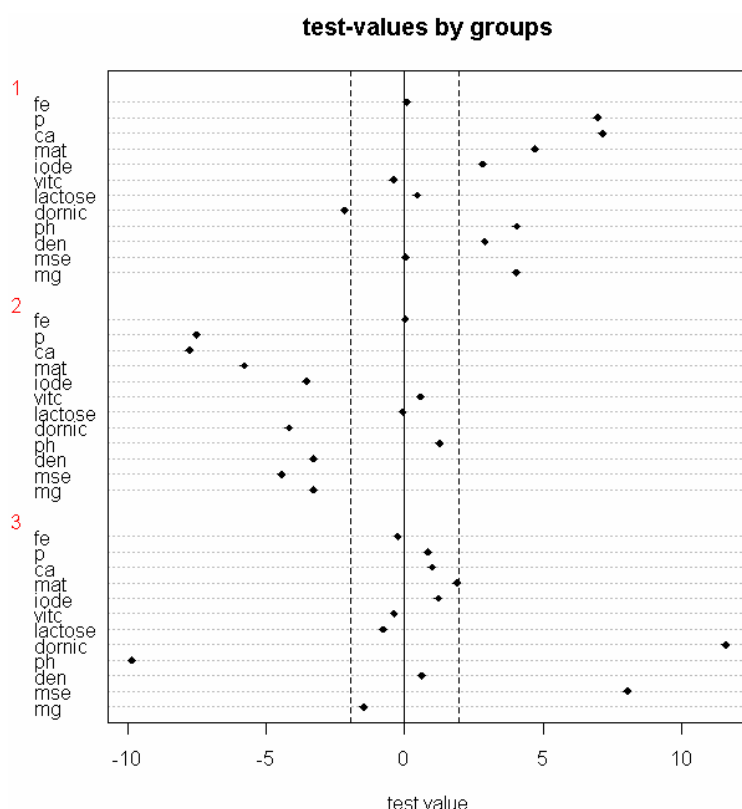


Figure 37. Valeurs-tests des différentes classes de lait. Les points au-delà des lignes pointillées expriment les valeurs supérieures à deux écart-types.

La contribution des facteurs de variation à chacune des classes permet d'interpréter le rôle de ces facteurs dans cette classification. La répartition des régions montrent la distribution suivante : pour la classe I, la part la plus importante des laits provient d'Almaty ; la classe II comprend surtout des échantillons de Chymkent et d'Almaty ; la classe III, des échantillons d'Atyraou et Chymkent (Tableau 19).

Tableau 19. Contribution des régions aux classes de la hiérarchie (en %).

	Almaty	Atyraou	Aralsk	Chymkent	Total	Effectifs
I	34,12	20,00	18,82	27,06	100	85
II	37,66	16,88	6,49	38,96	100	77
III	0	42,86	14,29	42,86	100	14

La répartition des échantillons n'étant pas équilibrée selon les régions, l'analyse de la contribution des classes aux régions permet d'apporter des informations complémentaires (Tableau 20). On notera notamment l'absence des échantillons d'Almaty dans la classe III ; une majorité des échantillons d'Atyraou et d'Aralsk dans la classe I ; la majorité les échantillons de Chymkent présents dans la classe II.

Tableau 20. Contribution des classes aux régions (en %).

	I	II	III	Total	Effectifs
Almaty	50,00	50,00	0	100	58
Atyraou	47,22	36,11	16,67	100	36
Aralsk	69,57	21,74	8,70	100	23
Chymkent	38,98	50,85	10,17	100	59

Il est donc possible de dire que la classe des laits riches contient plus d'échantillons en provenance d'Almaty, d'Atyraou et d'Aralsk. Les laits de la classe pauvre sont plutôt originaires de Chymkent. La classe III contient les échantillons de lait éloignés d'Almaty, ce qui nécessite une durée de transport plus long avant d'arriver au laboratoire pour réaliser les analyses, augmentant ainsi les risques d'acidification microbienne d'autant plus que la température ambiante est élevée.

La même analyse a été réalisée pour caractériser l'effet saison sur les profils de lait (Tableau 21). Les laits de printemps contribuent surtout à la classe II et III, ceux d'été à la classe II. Les laits de printemps apparaissent également plus nombreux dans la classe III.

Tableau 21. Contribution des saisons aux classes de la hiérarchie (en %).

	L'hiver	Le printemps	L'été	L'automne	Total	Effectifs
I	18,72	49,41	24,71	7,06	100	85
II	12,99	24,68	40,26	22,08	100	77
III	7,14	42,86	28,57	21,43	100	14

Les effectifs par saison étant également équilibrés, l'analyse de la contribution des classes à chaque saison (Tableau 22) donne les informations complémentaires suivantes : l'hiver et le printemps sont plus représentés dans la classe I, l'été et l'automne dans la classe II.

Tableau 22. Contribution des classes aux saisons (en %).

	I	II	III	Total	Effectifs
L'hiver	59,26	37,04	3,70	100	27
Le printemps	62,69	28,36	8,96	100	67
L'été	37,50	55,36	7,14	100	56
L'automne	23,08	65,38	11,54	100	26

Ainsi on peut considérer que les laits d'hiver et de printemps ont tendance à être plus riches au contraire des laits d'été et d'automne. L'hiver est à l'évidence la saison la plus favorable pour éviter l'acidification du lait.

La répartition selon le facteur « espèce » est d'un grand intérêt pour décrire les deux espèces (Bactriane et dromadaires) qui cohabitent au Kazakhstan et aussi pour situer les hybrides. La composition des trois classes de la hiérarchie selon le facteur « espèce » montre que la première classe est majoritairement composée de laits de Bactriane, la classe II de lait de dromadaire et le lait de mélange caractérise la classe III (Tableau 23).

Tableau 23. Contribution des espèces aux classes de la hiérarchie (en %).

	Bactriane	Dromadaires	Hybride	Mélange	Inconnu	Total	Effectifs
I	44,71	24,71	16,47	11,76	2,35	100	85
II	20,78	58,44	5,19	10,39	5,19	100	77
III	21,43	28,57	14,29	35,71	0	100	14

Comme pour les autres facteurs, les effectifs ne sont pas équilibrés (notamment le nombre d'échantillons « inconnus » est faible), il est donc utile d'analyser la répartition des classes par espèce (Tableau 24).

Tableau 24. Contribution des classes aux différentes espèces (en %).

	I	II	III	Total	Effectifs
Bactriane	66,67	28,07	5,26	100	57
Dromadaire	30,00	64,29	5,71	100	70
Hybride	70,00	20,00	10,00	100	20
Mélange	43,48	34,78	21,74	100	23
Inconnu	33,33	66,67	0	100	6

Les échantillons lait de Bactriane sont bien en majorité dans la classe I (ainsi que ceux des hybrides), et ceux de dromadaires dans la classe II. Le lait « inconnu » se répartit entre les classes I et II, selon la même proportion que les échantillons de dromadaire.

1.2.2. - L'analyse de l'effet « espèce »

Objectif de l'analyse

Le chameau de Bactriane et le dromadaire sont des espèces proches pour lesquelles on dispose dans le contexte de cette étude de la composition du lait. La

question est de savoir s'il est possible d'identifier les paramètres discriminants dans cette composition permettant de distinguer avec une certaine probabilité les deux espèces. Pour ce faire, nous avons procédé à une analyse factorielle discriminante descriptive (identification d'une fonction discriminante) suivie d'une analyse prédictive (évaluation de la probabilité d'appartenance à un groupe).

Préparation des données

Pour décrire la variabilité globale de la composition biochimique du lait en fonction de plusieurs espèces, deux étapes sont proposées :

(i) construire une typologie des profils physico-chimiques et décrire la répartition de ces profils dans les différentes espèces en éliminant les effets « région » + « saison ».

(ii) établir la fonction discriminante de la composition biochimique du lait séparant au mieux les espèces.

En effet, la principale contrainte tient au fait que les échantillons ont été prélevés dans des régions et à des saisons très contrastées qui induisent une variabilité indépendante des espèces. La description en fonction de l'espèce est donc conditionnée à ces deux facteurs. Une possibilité est de préparer un tableau de données conditionnées à ces deux facteurs (région + saison) en ne travaillant que sur les résidus de la variance due à ces facteurs. La préparation d'un tel tableau s'appuie sur une méthode d'analyse en composantes principales sur variables instrumentales orthogonales ou ACPVI appliquée au tableau de composition biochimique contraint par le plan expérimental région et saison.

Dans un premier temps, nous avons comparé les 4 types liés au facteur « espèce » (Bactriane, dromadaire, hybride, lait de mélange). Les laits de mélange étant souvent des laits de différentes espèces, les résultats ont été difficiles à interpréter car on est incapable de préciser la part de chaque espèce dans ce mélange. Comme nous l'avons également signalé précédemment, les hybrides ont des degrés d'hybridation très variés, certains étant proches du dromadaire ou du Bactriane ($3/4$ ou $5/8^{\text{ème}}$ de sang), d'autres parfaitement intermédiaires (demi-sang). Dans un second temps, nous avons donc comparé la composition chimique des laits de Bactriane et dromadaire exclusivement. Cette comparaison n'a jamais été réalisée et elle est d'un intérêt majeur car différents auteurs perçoivent ces laits comme différents sans en avoir apporté la preuve formelle.

Typologie des laits

Pour réaliser la typologie, seuls les paramètres physico-chimiques liés à l'effet « espèce » suite aux résultats de l'ANOVA (Tableau16) ont été retenus dans le modèle. Il s'agit des paramètres suivant : MG, densité, pH, Dornic, prot, Vitamine C, indice d'iode, concentration en calcium et phosphore. Cependant, les analyses univariées ayant montré la faible fiabilité des valeurs « prot », nous avons conservé les valeurs MAT pour caractériser les matières protéiques, même si la variable MAT n'était pas significativement associée à l'effet « espèce ». Les paramètres densité, concentration de calcium et Dornic ont été ensuite éliminés. En effet, la densité est une variable grossièrement synthétique liée à toutes les autres, le calcium est très corrélé au phosphore ($r=0,78$), l'acidité Dornic est corrélée négativement au pH ($r=0,73$). De plus, dans ce dernier cas, la corrélation est largement induite par un faible nombre de points et la relation est vraisemblablement non linéaire avec un effet de seuil.

La classification sur le tableau des facteurs issus de l'ACPVI décrite plus haut a permis d'obtenir le dendrogramme ci-joint (Figure 38) d'où il ressort quatre classes bien distinctes expliquant plus de 50% de la variance. Ces quatre classes comprennent respectivement 51, 64, 29 et 26 échantillons (Figure 38).

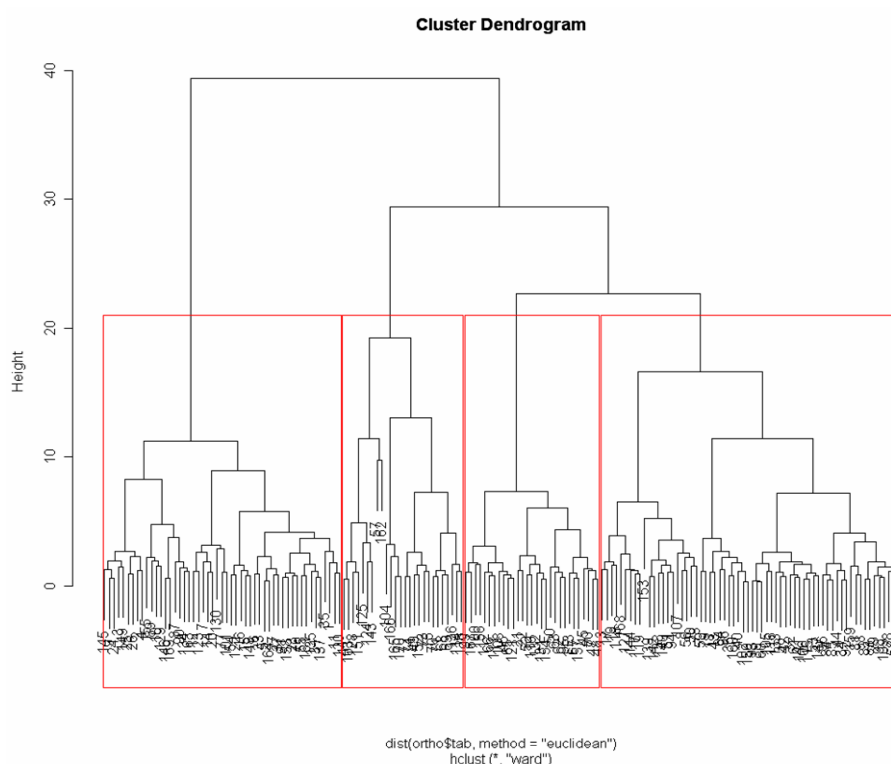


Figure 38. Dendrogramme issu de la classification des laits de chèvres, sans les effets « région » + « saison ». Quatre classes sont retenues.

La composition moyenne de chaque classe (Tableau 25, Figure 39) indique que la classe 1 regroupe les laits « riches », la classe 2 les laits pauvres en protéines, la classe 3 les laits à faible indice d'iode et la classe 4, les laits légèrement acides et pauvres en vitamine C.

Tableau 25. Composition physico-chimique des classes de lait (sur tableau des résidus sans effet saison et région).

	MG	MAT	Vitamine C	Indice d'iode	Phosphore	pH
1	6,45 ± 1,86	3,73 ± 0,56	199 ± 112	19,74 ± 8,54	1,13 ± 0,19	6,61 ± 0,29
2	5,93 ± 1,45	2,60 ± 0,64	150 ± 86	19,22 ± 6,92	0,94 ± 0,22	6,53 ± 0,30
3	5,55 ± 1,86	3,55 ± 0,55	118 ± 75	9,74 ± 4,73	0,96 ± 0,15	6,52 ± 0,24
4	5,86 ± 5,03	3,20 ± 0,55	115 ± 108	18,56 ± 18,05	0,94 ± 0,19	5,70 ± 0,69

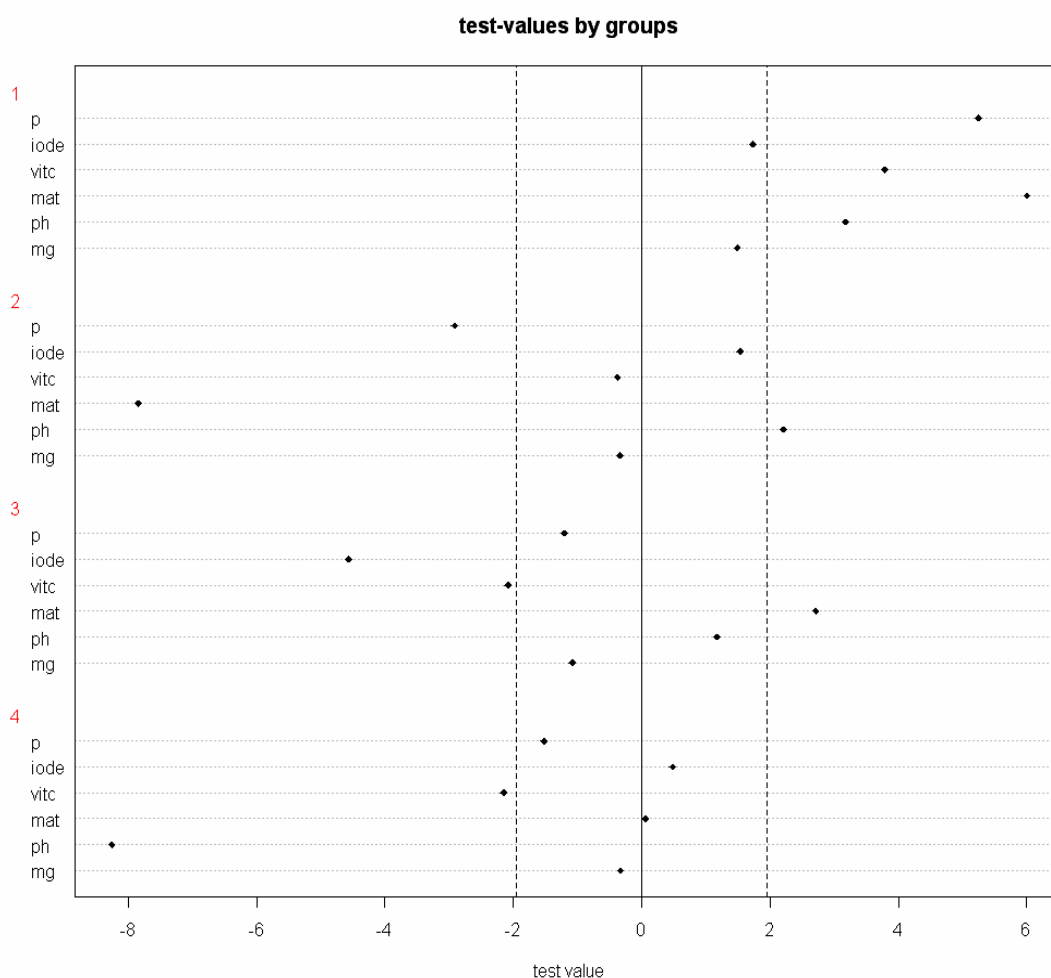


Figure 39. Valeurs-tests des différentes classes de lait. Les points au-delà des lignes pointillées expriment les valeurs supérieures à deux écart-types.

L'analyse de la contribution des différentes espèces aux classes de lait indique que la classe 1 comprend en majorité des échantillons de laits de Bactriane (Tableau 26). Les échantillons de lait de dromadaire sont surtout présents dans les classes 2, 3, 4. L'analyse de la contribution des classes aux différentes espèces (pourcentage en colonne) confirme en fait que les échantillons de lait de dromadaire sont surtout en nombre important dans la classe 2. Pour les laits d'hybrides et les laits de mélange, aucune classe n'apparaît prépondérante.

Tableau 26. Contribution des espèces aux classes de la typologie (en %).

	Bactriane	Dromadaire	Hybride	Mélange	Total	Effectifs
1	58,98	19,61	13,73	15,69	100	51
2	31,25	48,44	12,50	7,81	100	64
3	27,59	51,72	6,90	13,79	100	29
4	11,54	53,85	11,54	23,08	100	26

Analyse discriminante

L'analyse factorielle discriminante a donc été appliquée au même tableau des résidus (sans effet région et saison), avec tous les échantillons de lait de toutes les espèces. Seuls les paramètres non corrélés entre eux ayant été retenus, chaque paramètre peut contribuer de manière indépendante à la discrimination interspécifique (Figure 40).

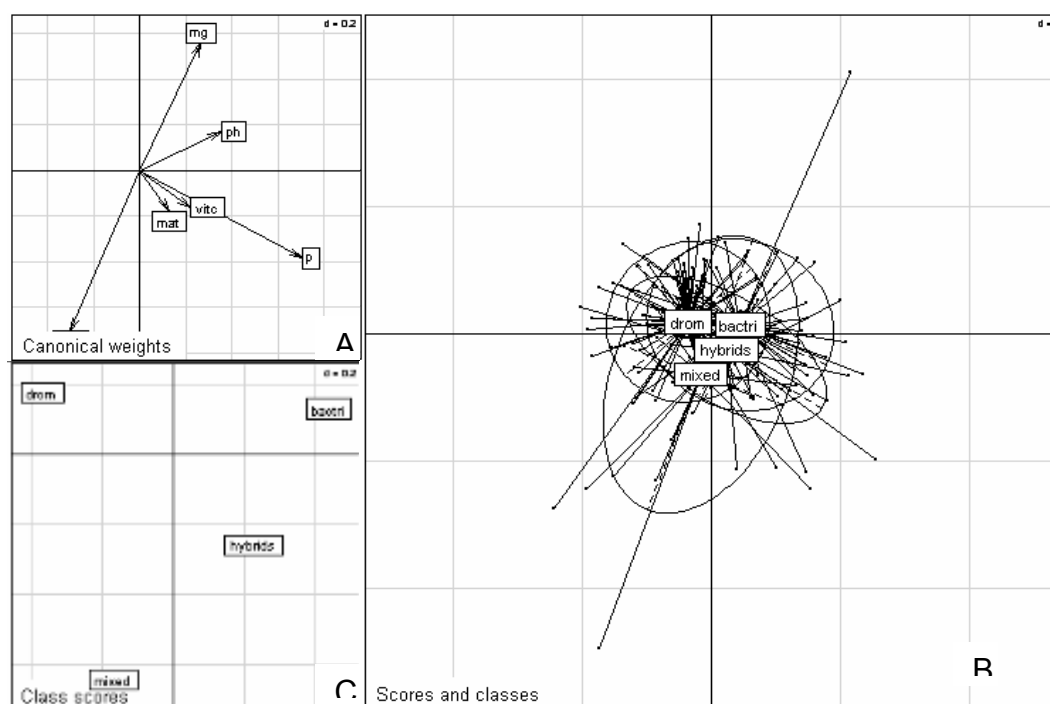


Figure 40. Résultats graphiques de l'analyse discriminante descriptive sur le facteur « espèce ».

- a : Contribution des paramètres aux facteurs de l'analyse discriminante.
- b : Répartition des individus (échantillons de lait) et ellipse d'inertie des différentes espèces sur le plan factoriel discriminant.
- c : Projection des centres de gravité des différentes espèces sur le plan factoriel discriminant.

Graphiquement, on peut observer une certaine séparation des espèces : dromadaire et Bactriane s'opposent bien sur le premier facteur (Figure 38), les hybrides étant intermédiaires et le lait de mélange s'exprimant sur le second facteur de l'analyse. Cependant, comme l'indique le graphique de la répartition des 4 espèces sur le plan factoriel principal, le chevauchement des ellipses d'inertie demeure important. L'analyse discriminante linéaire prédictive donne d'ailleurs un pourcentage de bien classés plutôt faible de 52%, relatant un faible pouvoir discriminant des paramètres retenus. Dans la mesure où on dispose d'échantillons d'animaux hybrides intermédiaires et de lait de mélange aux caractéristiques englobant les trois espèces, il n'est pas surprenant de relever une faible probabilité de discriminer les espèces.

Aussi, nous avons renouvelé les analyses en ne s'intéressant qu'aux deux espèces, Bactriane et dromadaire. Dans ces conditions, le résultat obtenu est de 71% de bien classés (Figure 41). Autrement dit, on peut distinguer le lait de Bactriane de celui du dromadaire à partir des 6 paramètres retenus dans le présent modèle avec une assez bonne probabilité de 71% de ne pas se tromper.

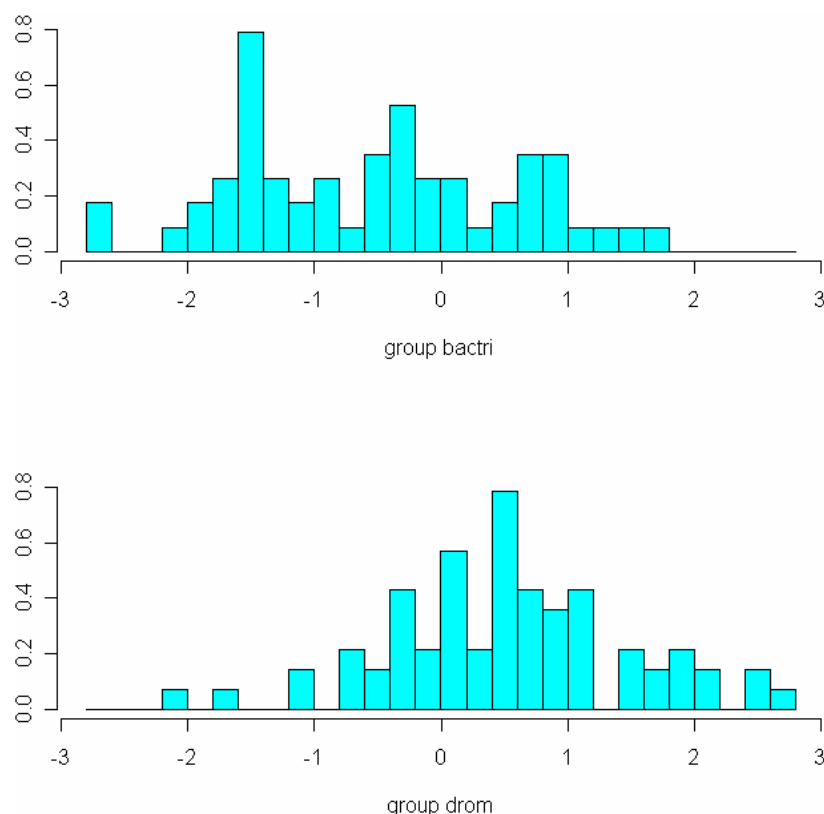


Figure 41. Répartition des individus des deux espèces autour du barycentre de l'analyse discriminante.

Les coefficients linéaires discriminants confirment qu'il est possible de discriminer les laits de ces deux espèces (Tableau 27). Ces coefficients montrent que parmi les 6 paramètres retenus dans le modèle, le phosphore est le plus discriminant (coefficient discriminant de -0.968). Les échantillons de lait de Bactriane sont plus riches en phosphore que ceux de dromadaires. L'indice d'iode est un peu plus élevé pour les laits de dromadaires que pour celui des Bactrianes. Les paramètres pH, vitamine C et MG sont un peu plus élevés dans les laits de Bactrianes que dans ceux des dromadaires.

Tableau 27. Coefficients discriminants linéaires prédictifs.

	LD1
MG	-0,264
pH	-0,383
MAT	0,015
Vitamin C	-0,334
Iode	0,387
Phosphore	-0,968

Le pouvoir discriminant est moins élevé pour les Bactrianes (63% de bien classés) que pour les dromadaires (72% de bien classés). La fonction discriminante séparant de façon optimale les laits des deux espèces s'écrit donc :

$$Y = -0,968 P + 0,383 \text{ iode} - 0,383 \text{ pH} - 0,334 \text{ vit C} - 0,264 \text{ MG} + 0,015 \text{ MAT}$$

1.2.3. - Typologie et discrimination par « région »

La procédure statistique mise en place pour analyser l'effet espèce, a été répétée pour le facteur « région ». Pour cette analyse, nous avons pris en compte les mêmes 176 échantillons du lait. Les paramètres chimiques significativement associés à l'effet région d'après l'analyse de variance (Tableau 16, page 89) pris en compte sont : pH, acidité Dornic, MAT, concentration en vitamine C, en calcium et phosphore. Pour obtenir les données sans effet « espèce » + « saison » nous avons utilisé le tableau des résidus issu de l'ACPVI.

La représentation graphique du nuage des individus avec les centres de gravité des quatre régions montre une structure bien répartie dans l'espace montrant cependant un fort chevauchement entre les régions (Figure 42).

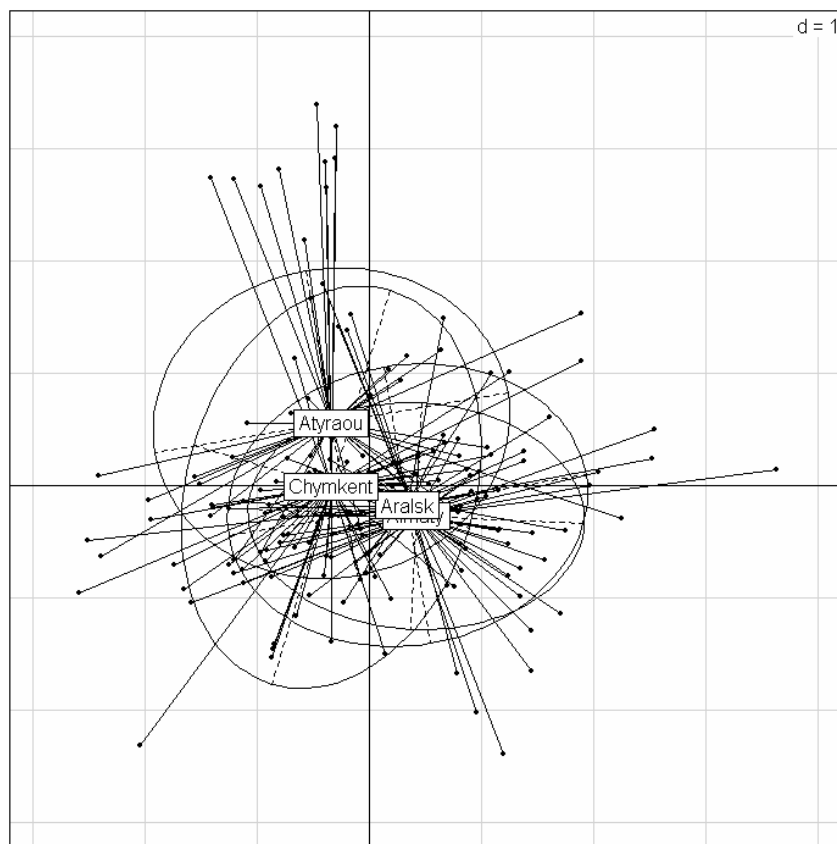


Figure 42. Nuages de points avec les centres de gravité des 4 régions, sans effet « espèce » + « saison ».

On note de fait une difficulté de représentation et de compréhension des données.

Suite à l'ACPVI, nous avons procédé à une classification ascendante hiérarchique (CAH), indiquant que les 176 références peuvent être agrégées en 4 classes de lait (Figure 43) représentant 67% de la variance.

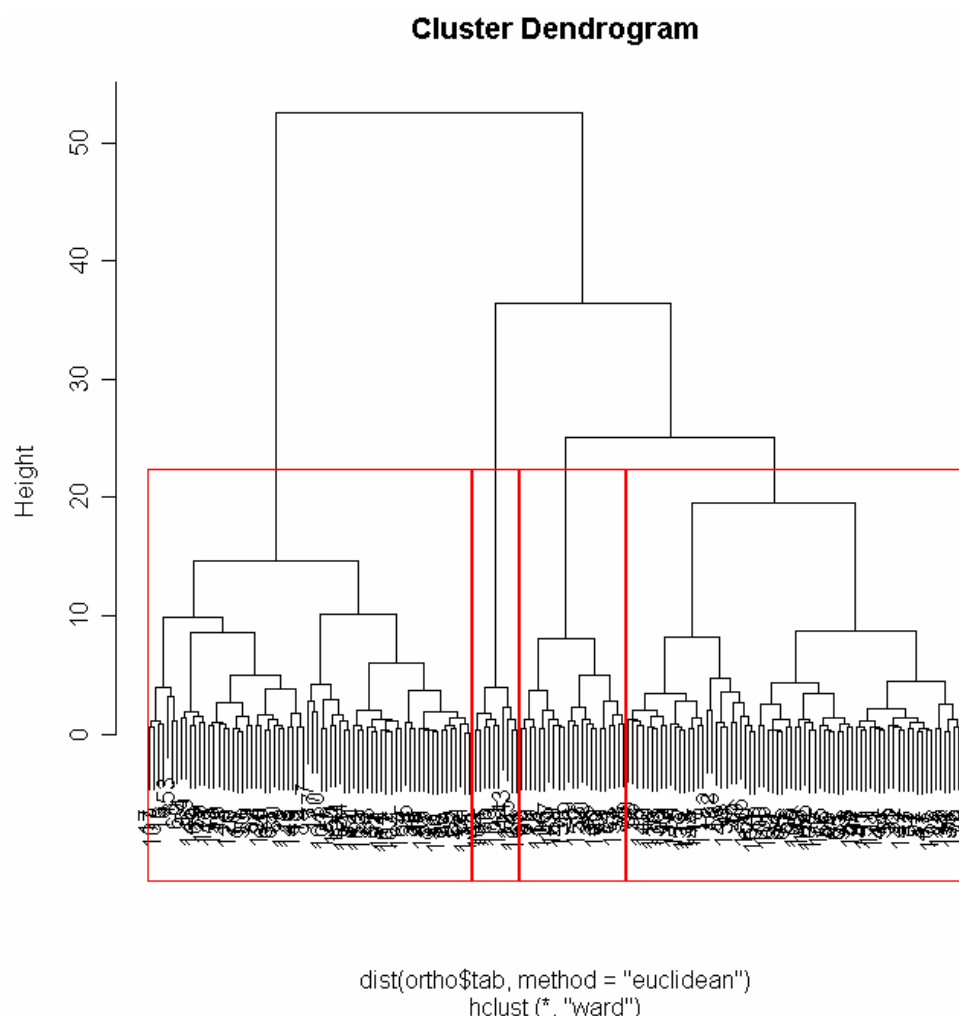


Figure 43. Dendrogramme issu de la classification des laits de chameilles, sans les effets « espèce » + « saison ». Quatre classes sont retenues.

Les 4 classes obtenues ont des effectifs très inégaux : 73, 70, 23, 10 laits. Les valeurs moyennes calculées dans chacune des classes de la typologie permettent de considérer que le classe A caractérise les laits pauvres en MAT (Tableau 28, Figure 44). La classe B est riche en MAT, Vitamine C et calcium. La classe C est pauvre en vitamine C et la classe D regroupe les laits acides.

Tableau 28. Composition des classes de lait de chamelle (%) selon la région.

Classes	MAT	VitC	Ca	pH
A	2,74 ± 0,70	139 ± 75	1,07 ± 0,23	6,49 ± 0,25
B	3,61 ± 0,66	186 ± 114	1,43 ± 0,25	6,66 ± 0,28
C	3,34 ± 0,59	79 ± 47	1,12 ± 0,19	6,22 ± 0,34
D	3,48 ± 0,31	175 ± 142	1,27 ± 0,20	4,93 ± 0,16

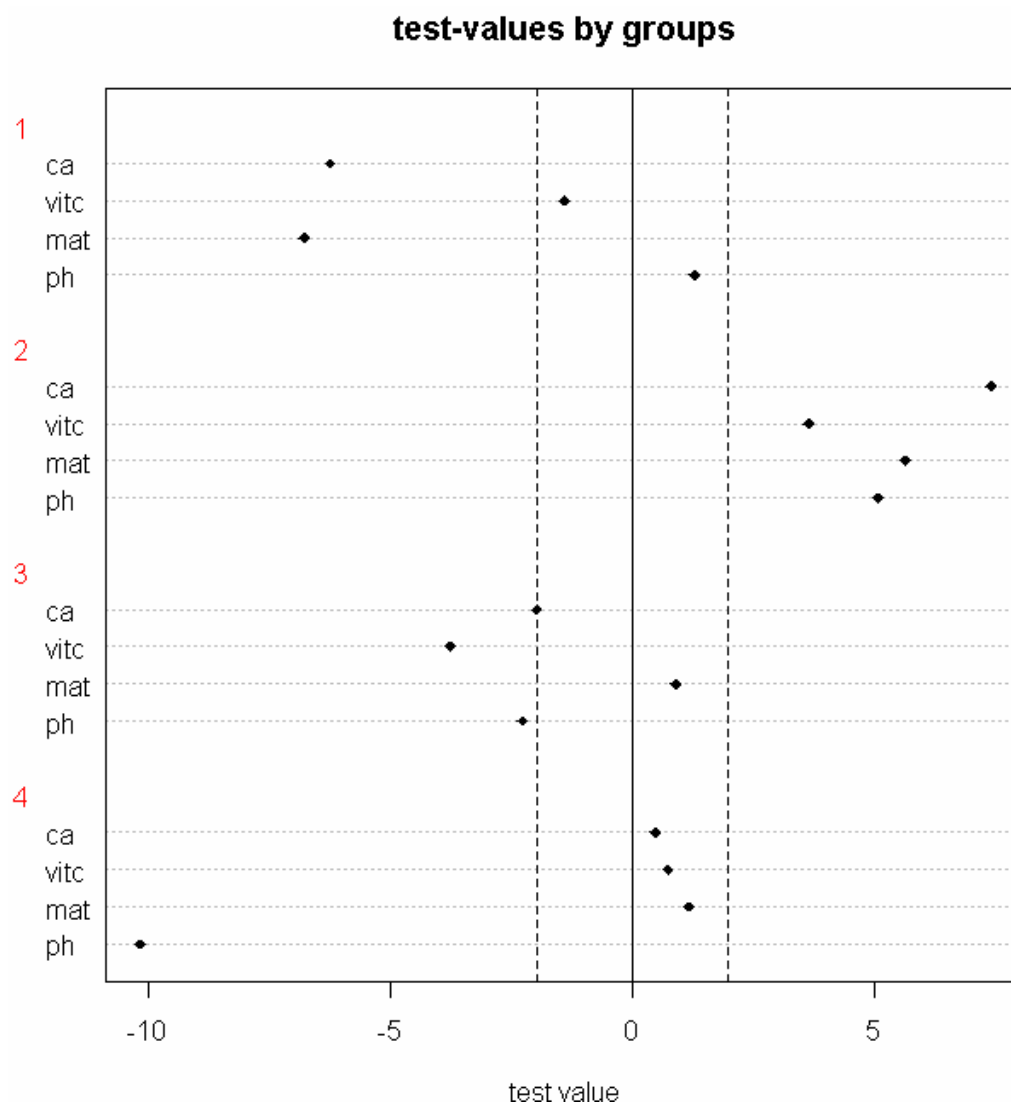


Figure 44. Valeurs-tests des différentes classes de lait. Les points au-delà des lignes pointillées expriment les valeurs supérieures à deux écart-types.

La contribution des régions à ces classes montre la distribution suivante : pour la classe A la majorité des références proviennent de Chymkent, la classe B – d’Almaty, la classe C – encore d’Almaty et la classe D – de Chymkent (Tableau 29).

Tableau 29. Contributions des régions aux classes de la hiérarchie (en %).

	Almaty	Atyraou	Aralsk	Chymkent	Total	Effectifs
A	24,66	20,55	13,70	41,10	100	73
B	44,29	15,71	12,86	27,14	100	70
C	39,13	26,09	17,39	17,39	100	23
D	0	40,00	0	60,00	100	10

La contribution des classes ajoute l'information (Tableau 30) suivant : les classes A et B regroupent l'essentiel des laits des quatre régions avec une présence plus importante des laits d'Atyraou, d'Aralsk et de Chymkent dans la class A. Les laits d'Almaty sont plus présents dans la classe B. Il est intéressant de noter l'absence dans la classe D, des laits des régions d'Almaty et d'Atyraou.

Tableau 30. Contribution des classes aux régions (en %).

	A	B	C	D	Total	Effectifs
Almaty	31,03	53,45	15,52	0	100	58
Atyraou	41,67	30,56	16,67	11,11	100	36
Aralsk	43,48	39,13	17,39	0	100	23
Chymkent	50,85	32,20	6,78	10,17	100	59

L'analyse discriminante linéaire prédictive donne d'ailleurs un pourcentage de bien classés plutôt faible de 44%, relatant un faible pouvoir discriminant des paramètres retenus (Figure 45).

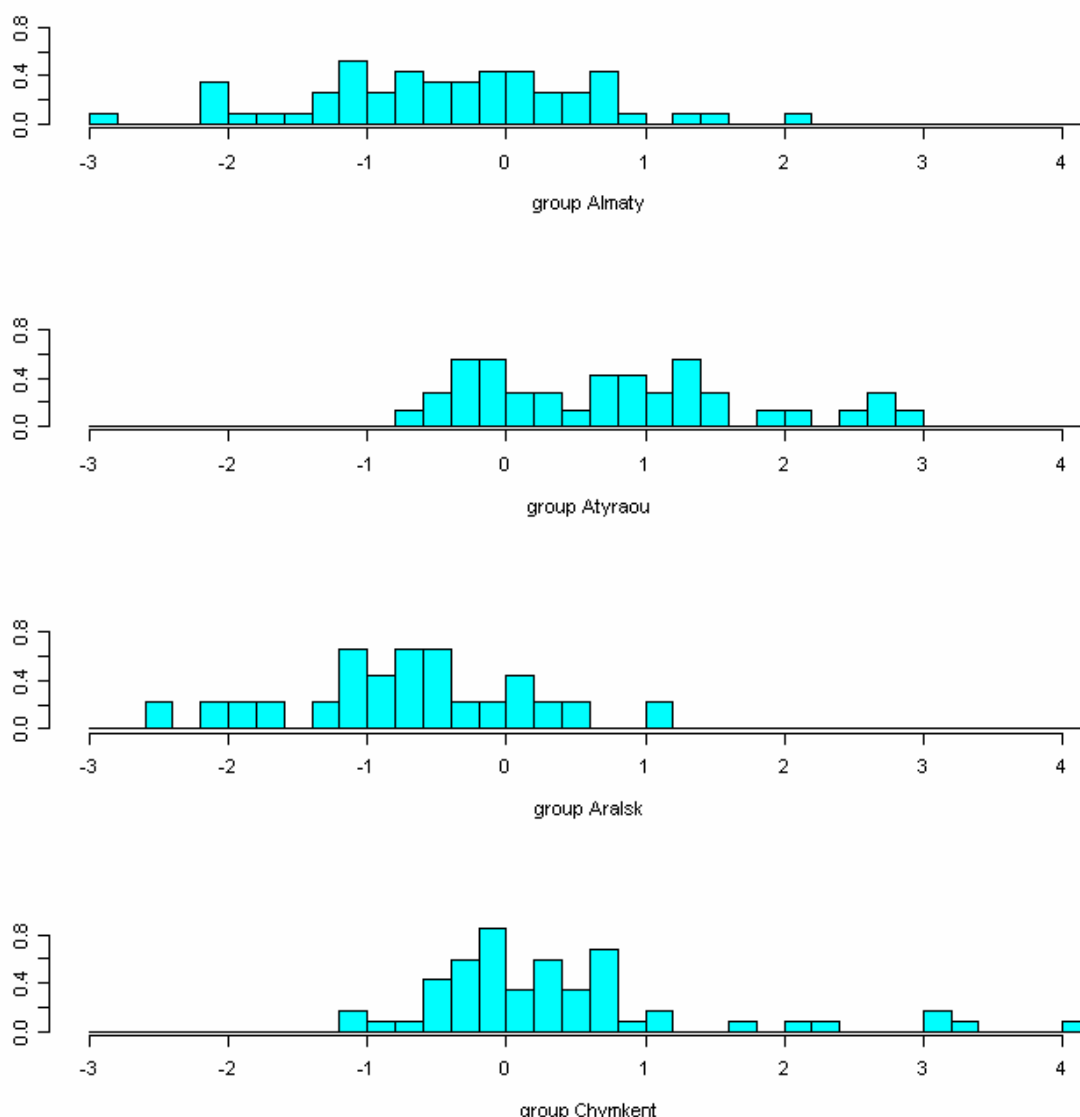


Figure 45. Répartition des individus des quatre régions autour du barycentre de l'analyse discriminante.

Ces résultats semblent ainsi indiquer un faible effet propre de la région d'origine sur les profils de lait, ne permettant qu'une faible discrimination. L'analyse discriminante permet de mieux prédire la composition des laits de Chymkent (57% de bien classés) et Almaty (55%) que ceux d'Atyraou (22%) et d'Aralsk (17%). Le tableau des coefficients linéaires discriminants du facteur principal révèle que le paramètre le plus discriminant est le pH ($LD1 = -0,924$), les laits acides étant caractéristiques d'Atyraou, suivi de la vitamine C (+ 0,579) dont la faiblesse caractérise les laits d'Aralsk, du calcium (-0,380) plus élevé à Almaty et Atyraou et de MAT (-0,332) plus faible à Chymkent.

1.2.4. - L'analyse de l'effet « saison »

Selon le même schéma que précédemment, nous avons réalisé une typologie des échantillons de lait en isolant l'effet saisonnier. Seuls les paramètres physico-chimiques liés à cet effet suite aux résultats de l'ANOVA (Tableau 16, page 89) ont été retenus dans le modèle. Il s'agit des paramètres suivants : densité, Dornic, MAT, Vitamine C, lactose, indice d'iode, concentration en calcium et en phosphore. Les paramètres densité et concentration en phosphore ont été ensuite éliminés : la densité, pour la même raison que dans l'analyse du facteur « espèce », le phosphore parce qu'il est très corrélé au calcium ($r=0,78$).

La classification sur le tableau des facteurs issus de l'ACPVI décrite plus haut a permis d'obtenir le dendrogramme ci-joint (Figure 46) d'où il ressort cinq classes bien distinctes expliquant plus de 50% de la variance. Ces cinq classes comprennent respectivement 46, 36, 50, 31 et 13 échantillons (Figure 46).

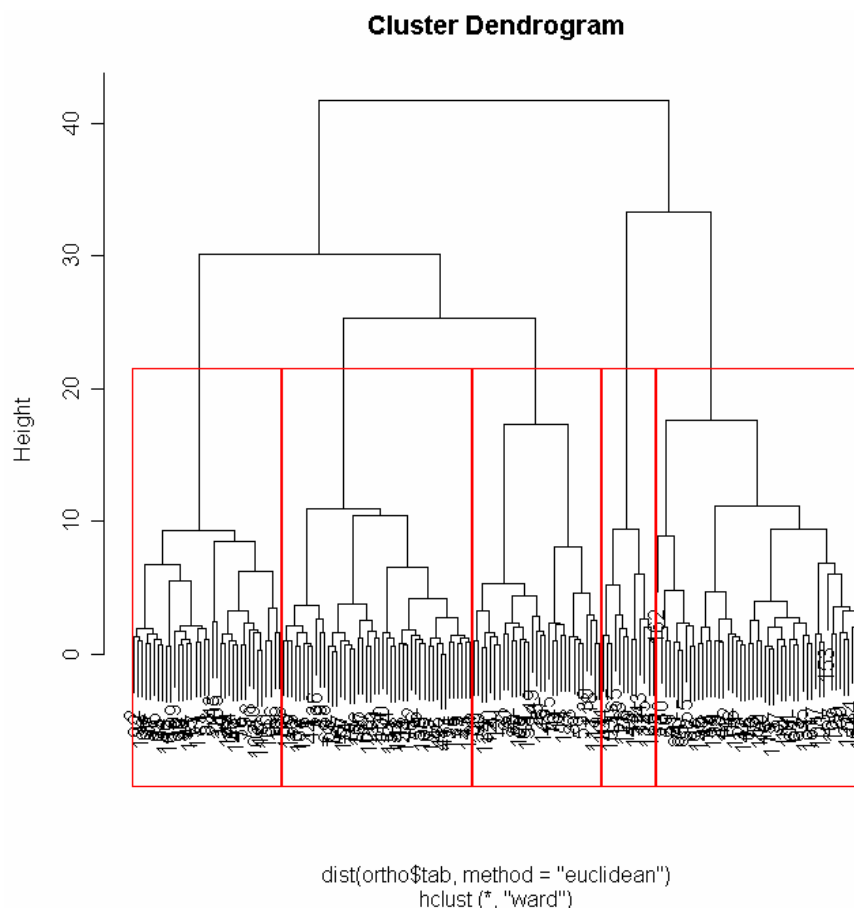


Figure 46. Dendrogramme issu de la classification des laits de chèvres, sans les effets « espèce » + « région ». Quatre classes sont retenues.

Les valeurs moyennes calculées dans chacune des classes de la typologie permettent de considérer que la classe 1 caractérise les laits pauvres en tous les paramètres sauf le MAT (Tableau 31, Figure 47). La classe 2 est riche en lactose et Vitamine C, pauvre en calcium et MAT. La classe 3 est pauvre en vitamine C, mais riche en lactose, iode, calcium et MAT. Les laits de la classe 4 sont pauvres en lactose, mais riches en vitamine C et la classe 5 est la classe des laits acides.

Tableau 31. Composition des classes de lait de chamelle (en %) selon la saison.

Classes	MAT	Vit C	Ca	Indice d'iode	Lactose	Dornic
1	3,41 ± 0,60	97 ± 54	1.11 ± 0.22	12.7 ± 6.1	2.88 ± 0.42	21.8 ± 3.6
2	2,52 ± 0,60	210 ± 77	1.00 ± 0.19	18.8 ± 5.9	3.65 ± 0.65	22.3 ± 4.1
3	3,42 ± 0,77	85 ± 53	1.45 ± 0.26	21.6 ± 14.2	3.28 ± 0.48	23.9 ± 6.5
4	3,19 ± 0,78	274 ± 64	1.31 ± 0.23	15.2 ± 7.7	2.61 ± 0.99	22.5 ± 3.4
5	3,54 ± 0,31	152 ± 131	1.28 ± 0.19	20.6 ± 10.2	2.88 ± 0.37	75.3 ± 16.7

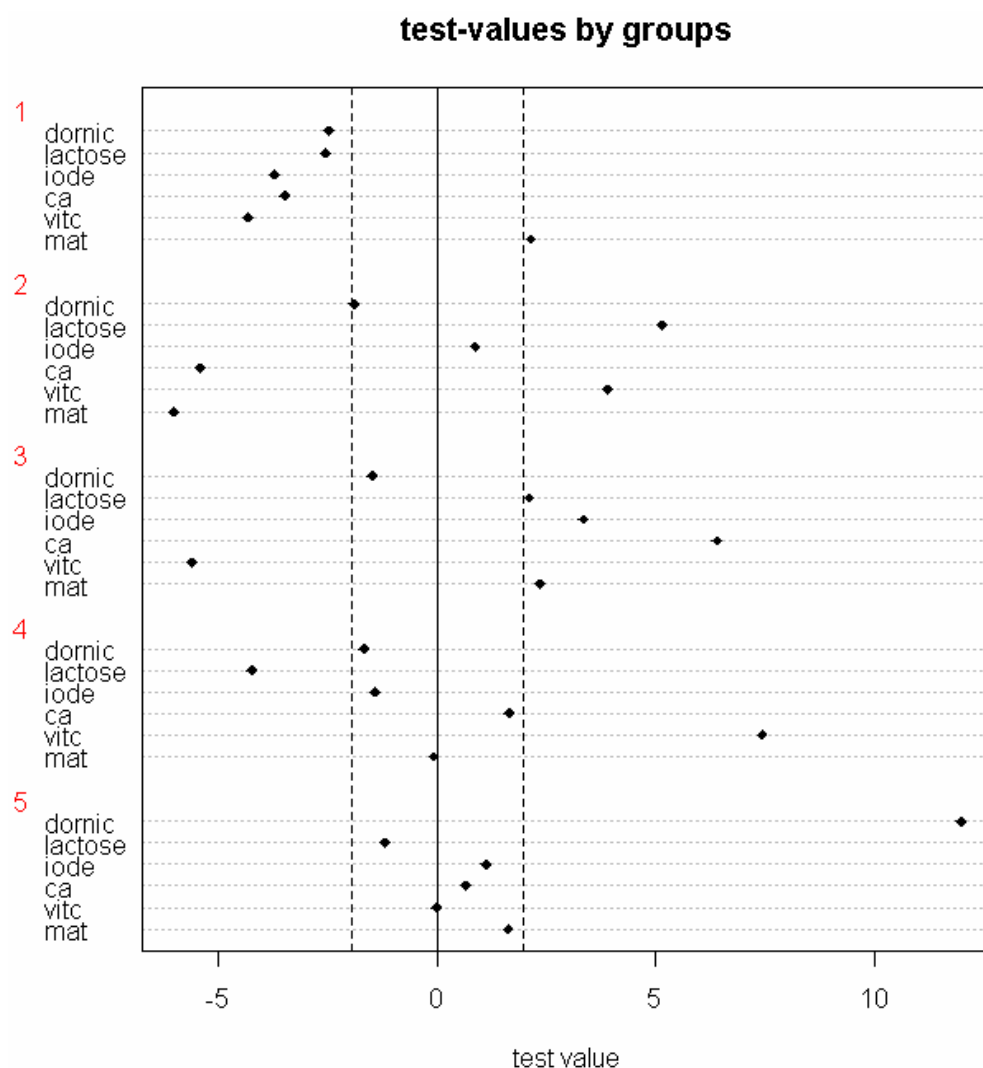


Figure 47. Valeurs-tests des différentes classes de lait. Les points au-delà des lignes pointillées expriment les valeurs supérieures à deux écart-types.

La répartition des saisons dans les classes montre que la classe 1 est en majorité composée de laits de printemps, la classe 2, de laits d'été, la classe 3 presque exclusivement de laits de printemps, la classe 4 également de laits d'été et enfin la classe 5, de laits de printemps (Tableau 32).

Tableau 32. Contribution des saisons aux classes de la hiérarchie (en %).

	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Total	Effectifs
1	10,87	45,65	32,61	10,87	100	46
2	25,00	5,56	50,00	19,44	100	36
3	24,00	72,00	4,00	0	100	50
4	3,23	6,45	54,84	35,48	100	31
5	0	46,15	30,77	23,08	100	13

La contribution des saisons par classe apporte d'utiles informations complémentaires (Tableau 33). Les échantillons du lait d'hiver sont dans la classe 3, et un peu moins dans la classe 2. Le lait de printemps est présenté en majorité dans la classe 3 et un peu moins dans la classe 1. Le lait de l'été se répartit un peu dans toutes les classes sauf la 3. Le lait automnal est surtout présent dans la classe 4, absent de la classe 3.

Tableau 33. Contribution des classes aux saisons (en %).

	1	2	3	4	5	Total	Effectifs
Hiver	18,52	33,33	44,44	3,70	0	100	27
Printemps	31,34	2,99	53,73	2,99	8,95	100	67
Eté	26,79	32,14	3,57	30,36	7,14	100	56
Automne	19,23	26,92	0	42,31	11,54	100	26

Cette analyse confirme que la saison hivernale est défavorable à l'acidification du lait. Les laits de printemps sont pauvres en tous les paramètres sauf MAT. Cependant, une part de ces laits peut être riche en lactose, en calcium et MAT et avoir un indice d'iode élevé et pauvre en Vitamine C (classe 3). Une partie du lait d'été est riche en vitamine C et lactose (classe 2), et une autre partie, riche en vitamine C mais pauvre en lactose (classe 4).

Graphiquement, on peut observer une certaine séparation des saisons : printemps et été s'opposent bien sur le premier facteur (Figure 48), l'hiver et l'automne s'opposent sur le second facteur de l'analyse. Cependant, comme l'indique le graphique de la répartition des 4 saisons sur le plan factoriel principal, le

chevauchement des ellipses d'inertie demeure assez important. L'analyse discriminante linéaire prédictive donne un pourcentage de bien classés de 63%, relatant un pouvoir discriminant non négligeable des paramètres retenus.

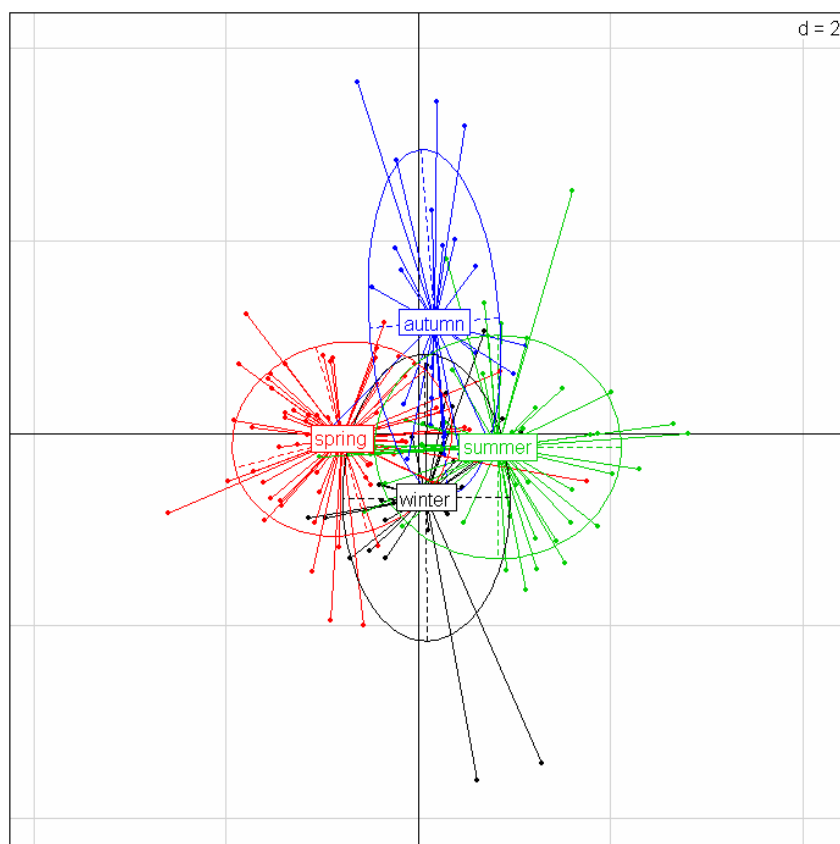


Figure 48. Répartition des individus (échantillons de lait) et ellipse d'inertie des différentes saisons sur le plan factoriel discriminant.

Ces résultats indiquent un effet propre de la saison sur la composition du lait, permettant une bonne discrimination. L'analyse discriminante permet de mieux prédire la composition des laits de printemps (85% de bien classés) et d'été (73%), moins bien en automne (42%) et pas du tout celle des laits d'hiver (11%).

Les coefficients linéaires discriminants sur le facteur principal de l'analyse factorielle discriminante indiquent la prépondérance de la teneur en vitamine C ($LD1 = -1,141$), très faible au printemps et élevée en été et du calcium ($LD1 = +0,581$) caractéristique des laits de printemps, pour discriminer les saisons. Ces paramètres sont suivis de l'indice d'iode ($LD1 = +0,252$), plus élevé au printemps. Lactose élevé en hiver et très faible en automne ($LD1 = -0,149$). MAT ($+0,081$) et acidité Dornic ($LD1 = -0,096$) jouent un rôle secondaire dans la discrimination des saisons.

I.3. - Effet du stade physiologique

Nous disposons dans la ferme de « Daulet-Beket », d'un échantillon de dromadaires pour lesquels les prélèvements (n=15) ont été effectués à intervalles réguliers pendant la lactation. Ces données nous autorisent donc à analyser plus précisément l'effet du stade de lactation sur la composition chimique du lait. Les valeurs observées indiquent une légère baisse de MG au cours de la lactation avec cependant une évolution en « dent-de-scie » et une valeur minimale à la 14^{ème} semaine correspondant globalement au pic de lactation (Figure 65). Ces variations sont moins marquées pour MAT, mais la valeur minimale est également observée au cours de la semaine 14. La valeur minimale pour le lactose est relevée à la semaine 5 (Figure 65).

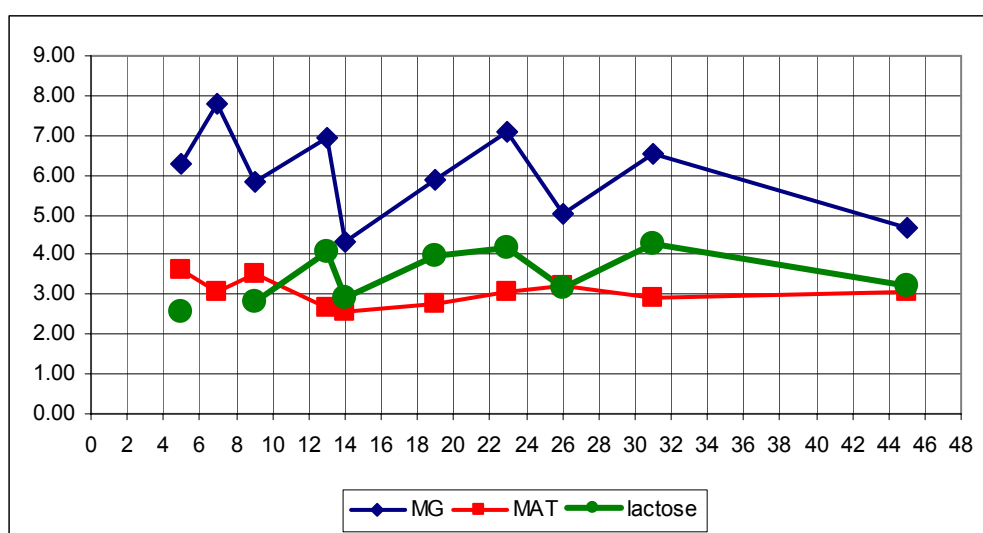


Figure 65. Evolution des valeurs de matières grasses, de MAT et de lactose au cours des 48 premières semaines de lactation dans le lait cru de chamelle

La concentration en vitamine C présente une forte tendance à l'augmentation au cours de la lactation avec une brusque montée entre la semaine 5 et la semaine 7 (Figure 66). Une légère baisse survient à la semaine 14 (pic de lactation) et le maximum est observé à la semaine 31, c'est-à-dire compte-tenu de la date de mise-bas, pendant la saison estivale.

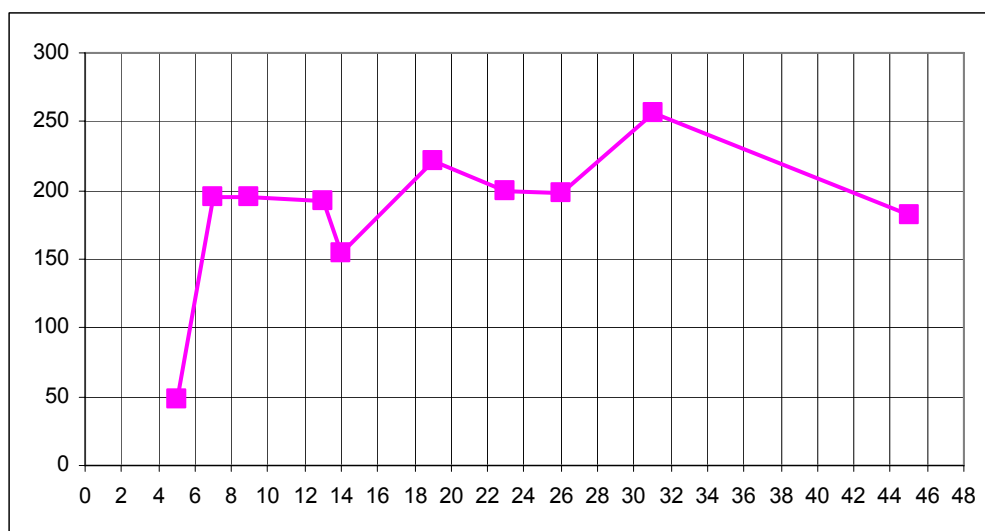


Figure 66. Evolution des valeurs de vitamine C au cours des 48 premières semaines de lactation dans le lait cru de chamelle au Kazakhstan.

Concernant les minéraux, il est remarquable de noter l'évolution parallèle des taux de calcium et de phosphore, caractérisée par des courbes en « dent-de-scie » (Figure 67). Les valeurs maximales sont observées en début de lactation et les valeurs minimales autour de la période du pic de lactation.

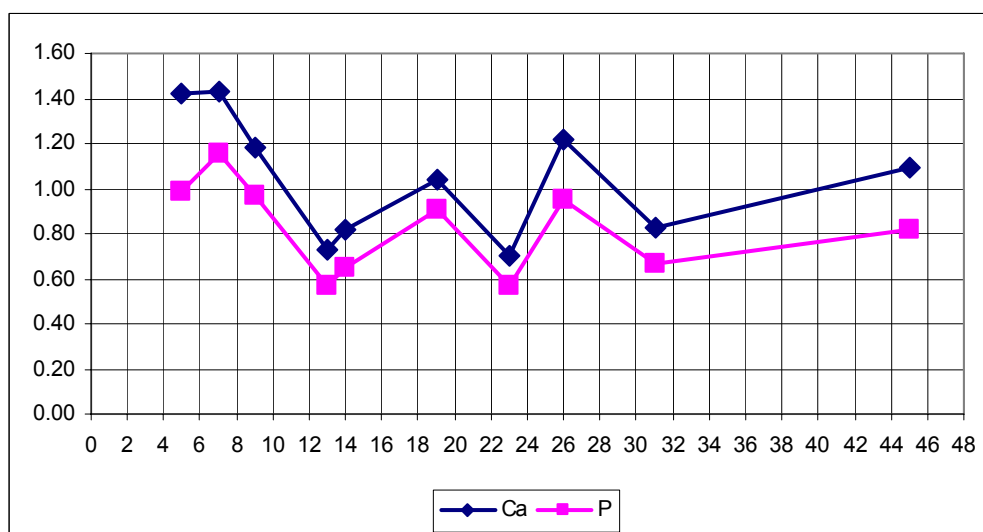


Figure 67. Evolution des valeurs de calcium et phosphore au cours des 48 premières semaines de lactation dans le lait cru de chamelle au Kazakhstan

II - Colostrum

Seuls quelques échantillons de colostrum ont pu être prélevés peu après des mises bas lors des passages dans les fermes et uniquement en fin d'hiver et au début du printemps. En effet, la saison des mises bas survenant uniquement à cette période de l'année, le colostrum n'a pu être prélevé qu'au cours d'une seule saison. Dans ces conditions, l'éventail du dispositif initial couvrant la variabilité « région » * « saison » * « espèce » n'a pas été étudié et les résultats présentés ici ne se focalisent donc que sur les facteurs « espèce » et « région » sans analyse de variance, du fait du faible nombre d'échantillons.

II.1. - Description univariée des paramètres physico-chimiques

La composition des échantillons de colostrum est présentée dans le tableau 34.

Tableau 34. Composition moyenne du colostrum de chamelle au Kazakhstan.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG, %	9	9,08 ± 7,83	25,94	1,56
2	MSE, %	9	14,41 ± 10,11	41,13	9,18
3	Densité, A°	9	36,20 ± 7,89	45,86	20,60
4	pH	11	6,49 ± 0,36	6,96	5,80
5	Dornic, D°	11	27,37 ± 3,73	35,55	22,5
6	SH°	11	12,2 ± 1,7	15,8	10,0
7	Turner, °T	7	32,0 ± 6,4	43,5	26,0
8	Protéines, %	11	5,27 ± 2,66	12,56	3,21
9	Lactose, %	3	2,94 ± 0,60	3,63	2,53
10	Vitamine C, mg/L	9	73 ± 78	207	18
11	Iode	5	16,25 ± 7,89	27,28	7,61
12	MAT, %	10	5,82 ± 4,16	17,20	3,19
13	Ca, g/L	11	0,698 ± 0,674	1,877	0,104
14	P, g/L	11	0,545 ± 0,514	1,430	0,083
15	Fer mg/L	11	2,52 ± 1,00	3,70	1,20
16	Urée	10	67 ± 47	120	0
17	Ammoniaque	10	2 ± 5	16	0

n* nombre d'échantillons analysés

Facteurs de variation par « région » et par « espèce »

Région

Trois régions sont disponibles : Almaty, Atyraou et Aralsk. Mais du fait des contraintes de distance, nous ne disposons que d'un seul échantillon à Atyraou et Aralsk (Tableaux 35, 36).

Tableau 35. Composition de colostrum de chamelle de la région d'Almaty.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG, %	7	7,88 ± 8,23	25,94	1,56
2	MSE, %	7	15,61 ± 11,33	41,13	9,79
3	Densité, A°	7	38,53 ± 6,01	45,86	31,57
4	pH	9	6,52 ± 0,39	6,96	5,80
5	Dornic, D°	9	27,75 ± 3,83	35,55	22,5
6	SH°	9	12,3 ± 1,7	15,8	10,0
7	Thurner, °T	5	33,5 ± 7,2	43,5	26,0
8	Protéines, %	9	5,40 ± 2,86	12,56	3,55
9	Lactose, %	1	3,63	-	-
10	Vitamine C, mg/L	8	79 ± 80	207	19
11	Iode	4	16,19 ± 9,11	27,28	7,61
12	MAT, %	8	6,03 ± 4,68	17,20	3,19
13	Ca, g/L	9	0,589 ± 0,700	1,877	0,104
14	P, g/L	9	0,404 ± 0,438	1,030	0,083
15	Fer mg/L	9	2,50 ± 0,97	3,70	1,20
16	Urée	9	74 ± 43	120	0
17	Ammoniaque	9	2 ± 5	16	0

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 36. Composition de colostrum de chamelle des régions d'Atyraou et d'Aralsk.

	Paramètres	n*	Valeurs Atyraou	n*	Valeurs Aralsk
1	MG, %	1	8,87	1	17,68
2	MSE, %	1	11,24	1	9,18
3	Densité, A°	1	35,46	1	20,60
4	pH	1	6,41	1	6,30
5	Dornic, D°	1	28,35	1	22,95
6	SH°	1	12,6	1	10,2
7	Thurner, °T	1	29,5	1	27,0
8	Protéines, %	1	3,21	1	6,09
9	Lactose, %	1	2,53	1	2,66
10	Vitamine C, mg/L	1	18	-	-
11	Iode	1	16,50	-	-
12	MAT, %	1	4,26	1	5,70
13	Ca, g/L	1	1,300	1	1,082
14	P, g/L	1	1,430	1	0,930
15	Fer mg/L	1	1,50	1	3,70
16	Urée	-	-	1	0
17	Ammoniaque	-	-	1	0

n* nombre d'échantillons analysés

Espèce

Nous ne disposons que de deux échantillons de colostrum de Bactriane et de 9 échantillons de dromadaires (Tableaux 37, 38).

Tableau 37. Composition du colostrum de chamelle Bactrianes.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG, %	2	13,28 ± 6,23	17,68	8,87
2	MSE, %	2	10,21 ± 1,46	11,24	9,18
3	Densité, A°	2	28,03 ± 10,51	35,46	20,60
4	pH	2	6,36 ± 0,08	6,41	6,30
5	Dornic, D°	2	25,65 ± 3,82	28,35	22,95
6	SH°	2	11,4 ± 1,7	12,6	10,2
7	Thurner, °T	2	28,3 ± 1,8	29,5	27,0
8	Protéines, %	2	4,65 ± 2,04	6,09	3,21
9	Lactose, %	2	2,60 ± 0,09	2,66	2,53
10	Vitamine C, mg/L	1	18	-	-
11	Iode	1	16,50	-	-
12	MAT, %	2	4,98 ± 1,02	5,70	4,26
13	Ca, g/L	2	1,191 ± 0,154	1,300	1,082
14	P, g/L	2	1,180 ± 0,354	1,430	0,930
15	Fer mg/L	2	2,60 ± 1,56	3,70	1,50
16	Urée	1	0	-	-
17	Ammoniaque	1	0	-	-

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 38. Composition du colostrum de Dromadaires.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	MG, %	7	7,88 ± 8,23	25,94	1,56
2	MSE, %	7	15,61 ± 11,33	41,13	9,79
3	Densité, A°	7	38,53 ± 6,01	45,86	31,57
4	pH	9	6,52 ± 0,39	6,96	5,80
5	Dornic, D°	9	27,75 ± 3,83	35,55	22,5
6	SH°	9	12,3 ± 1,7	15,8	10,0
7	Thurner, °T	5	33,5 ± 7,2	43,5	26,0
8	Protéines, %	9	5,40 ± 2,86	12,56	3,55
9	Lactose, %	1	3,63	-	-
10	Vitamine C, mg/L	8	79 ± 80	207	19
11	Iode	4	16,19 ± 9,11	27,28	7,61
12	MAT, %	8	6,03 ± 4,70	17,20	3,19
13	Ca, g/L	9	0,589 ± 0,700	1,877	0,104
14	P, g/L	9	0,404 ± 0,438	1,030	0,083
15	Fer mg/L	9	2,50 ± 0,97	3,70	1,20
16	Urée	9	74 ± 43	120	0
17	Ammoniaque	9	2 ± 5	16	0

n* nombre d'échantillons analysés

II.2. - Analyses multivariées de la composition du colostrum

II.2.1. - Analyse de la matrice de corrélation

Seuls 15 paramètres ont été retenus pour réaliser la matrice de corrélation (Figure 49) car la teneur en lactose et l'indice d'iode qui n'ont pas pu être systématiquement déterminés ont été écartés de l'analyse.

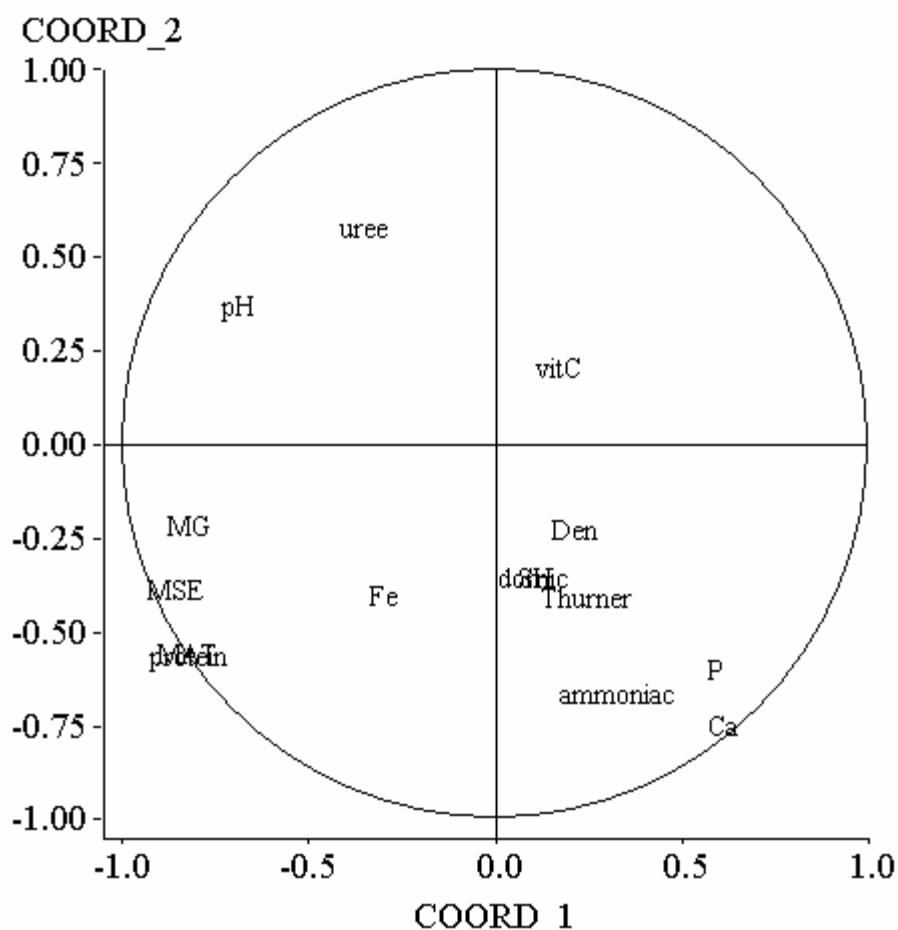


Figure 49. Cercle de matrice de corrélation de la composition du colostrum de chamelle de Kazakhstan.

On constate que MG, MSE, protéines et MAT du colostrum de chamelle sont positivement corrélés ($p < 0,01$) et sont situés dans le cercle de matrice de corrélation proche l'un de l'autre (Tableau 39). Les acidités : Dornic, SH et Thurner sont situées près du cercle de corrélation, elles sont corrélées entre elles et avec Densité ($p < 0,01$), mais pas avec les autres paramètres. Le pH est opposé à toutes les acidités sur le cercle de corrélation, mais le coefficient de corrélation n'est pas significatif. Le pH est corrélé négativement avec le calcium et le phosphore ($p < 0,01$). Il y a une corrélation positive entre calcium, phosphore et ammoniac ($p < 0,01$). L'ammoniac est

opposée à l'urée sur le cercle de corrélation, mais le coefficient n'est pas significatif. Pour les paramètres vitamine C, fer et urée les coefficients de corrélation ne sont pas significatifs et sur le cercle ils se retrouvent assez proches vers le centre de gravité indiquant une faible variabilité.

Tableau 39. Coefficients de corrélation significatifs dans matrice de corrélation des 15 paramètres physico-chimiques dans le colostrum de chamelle

	MG	MSE	Den	pH	Dornic	SH	Th	prot	vitC	MAT	Ca	P	Fe	Urée	Ammon
MG	1	0,75						0,76		0,76					
MSE		1								0,95					
Den			1		0,63	0,63	0,65								
pH				1							0,71	0,66			
Dornic					1	1	0,81								
SH						1	0,81								
Thurner							1								
prot								1		0,98					
vitC									1						
MAT										1					
Ca											1	0,93			0,62
P												1			
Fe													1		
Urée														1	
Ammon															1

La composition du colostrum se différencie du lait et il n'est pas étonnant d'observer des relations différentes entre les paramètres (Tableau 36 et Annexe n°1 Tableau 1). Seule la corrélation entre la concentration en calcium et phosphore est commune au colostrum et au lait

II.2.2. - Variation de la composition du colostrum après la mise bas

Les échantillons de colostrum ont été prélevés sur des animaux différents et on connaît cependant l'intervalle de temps qui s'est écoulé entre le prélèvement et la mise bas. La variabilité la plus élevée étant liée au stade physiologique *post-partum*, il n'est pas inutile d'examiner les changements dans la composition même si les animaux ne sont pas les mêmes, d'autant plus que les échantillons proviennent essentiellement de dromadaires de la ferme « Daulet-Beket » (Tableau 40).

Pour les paramètres tels que MG, MSE, Densité, prot, MAT, une diminution de leur concentration a été observée au cours de la période post-partum. Au cours des premiers 7 jours après la mise bas, MG a diminué de plus de 8 fois, MAT de 4 fois. Il

est intéressant de noter que la teneur en vitamine C, à l'inverse de MG et MAT, a augmenté.

Tableau 40. Variations post-partum de la composition du colostrum de chamelle.

jours	1	2	4	6	7
MG	25,94	9,62 ± 11,40	5,70	4,46	3,11
MSE	41,13	10,73 ± 2,18	13,31	10,08	12,09
Den	35,13	32,90 ± 17,39	45,86	34,50	43,32
pH	6,93	6,30 ± 0,00	6,96	6,81	6,05 ± 0,35
Dornic	28,8	25,4 ± 3,5	29,3	27,5	29,5 ± 8,6
prot	12,56	6,33 ± 0,34	5,03	4,03	3,91 ± 0,04
Vit C	26		32	19	113 ± 127
MAT	17,20	6,30 ± 0,84	5,09	4,17	4,22 ± 0,71
Ca	0,20	1,48 ± 0,56	0,16	0,13	1,29 ± 0,31
P	0,14	0,98 ± 0,07	0,14	0,11	0,97 ± 0,06
Fer	3,40	3,70 ± 0,00	2,90	1,90	2,10 ± 0,85
Urée	97,1	0,0 ± 0,0	119,7	101,1	70,2 ± 18,5
ammon	0,0	8,1 ± 11,5	0,0	0,0	0,0 ± 0,0

Par contre, on n'observe pas de variations nettes pour la teneur en lactose et en minéraux (calcium, phosphore, fer), Les variabilités observées sont probablement liées à des différences individuelles.

III - Shubat

III.1. - Analyses univariées

III.1.1. - Description univariée des paramètres physico-chimiques

Les paramètres mesurés dans les échantillons de shubat sont les mêmes que pour le lait cru ou le colostrum, mais les facteurs de variation à prendre en compte ne correspondent que partiellement. En effet, le shubat étant fabriqué à partir de mélange de lait de troupeau, le facteur « espèce » ne peut pas être considéré. En revanche, le shubat étant le produit d'une transformation en ferme, nous avons pris en compte un facteur « ferme ». Certaines fermes sont néanmoins homogènes du point de vue des espèces élevées, ce qui permet de comparer les fermes sur la base de la composition génétique de leur troupeau.

La composition moyenne de tous les shubats pour les 13 paramètres mesurés (Tableau 41) permet de constater, par rapport au lait cru, une augmentation de l'acidité, une disparition du lactose et de très légères modifications dans la composition minérale.

Tableau 41. Composition globale du shubat au Kazakhstan

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	pH	22	4,08 ± 0,28	4,72	3,55
2	Dornic, D°	30	139 ± 29	189	86
3	SH°	30	62 ± 13	84	38
4	Thurner, °T	18	165 ± 31	215	106
5	Protéines, %	30	4,47 ± 1,34	8,20	2,40
6	Vitamine C, mg/L	24	156 ± 110	417	28
7	Iode	14	18,64 ± 11,27	52,79	6,98
8	MAT, %	29	3,34 ± 0,84	5,63	1,19
9	Ca, g/L	30	1,355 ± 0,224	1,877	1,030
10	P, g/L	30	0,988 ± 0,317	1,800	0,111
11	Fer mg/L	30	3,04 ± 1,95	9,10	0,80
12	Urée	19	33 ± 44	150	0
13	Ammoniaque	19	17 ± 14	44	0

n* nombre d'échantillons analysés

*III.1.2. - Facteurs de variation***Région**

Le faible nombre d'échantillons entraîne une répartition inégale des effectifs par région (Almaty, Atyraou, Aralsk, Chymkent) rendant difficile l'analyse statistique des interactions (Tableaux 42, 43, 44, 45).

Tableau 42. Composition du shubat de la région d'Almaty.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	pH	5	4,14 ± 0,33	4,72	3,94
2	Dornic, D°	7	147 ± 37	189	91
3	SH°	7	65 ± 16	84	41
4	Thurner, °T	6	172 ± 34	215	135
5	Protéines, %	7	5,20 ± 1,62	8,20	3,26
6	Vitamine C, mg/L	5	78 ± 64	186	28
7	Iode	2	19,06 ± 3,92	21,83	16,29
8	MAT, %	6	3,85 ± 0,96	5,63	2,89
9	Ca, g/L	7	1,507 ± 0,282	1,877	1,200
10	P, g/L	7	1,013 ± 0,234	1,390	0,760
11	Fer mg/L	7	2,31 ± 1,22	4,40	0,80
12	Urée	6	25 ± 41	96	0
13	Ammoniaque	6	17 ± 17	44	0

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 43. Composition du shubat de la région d'Atyraou.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	pH	5	4,21 ± 0,23	4,46	3,98
2	Dornic, D°	7	140 ± 31	176	86
3	SH°	7	62 ± 14	78	38
4	Thurner, °T	6	150 ± 26	180	107
5	Protéines, %	7	4,88 ± 1,03	6,33	3,55
6	Vitamine C, mg/L	7	201 ± 93	300	72
7	Iode	5	19,49 ± 18,92	52,79	6,98
8	MAT, %	8	3,48 ± 0,50	4,33	2,66
9	Ca, g/L	8	1,447 ± 0,121	1,695	1,270
10	P, g/L	8	0,871 ± 0,471	1,270	0,111
11	Fer mg/L	8	3,63 ± 2,91	9,10	1,30
12	Urée	7	27 ± 32	82	0
13	Ammoniaque	7	20 ± 13	41	0

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 44. Composition du shubat de la région d'Aralsk.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	pH	3	4,08 ± 0,23	4,35	3,94
2	Dornic, D°	4	119 ± 11	131	107
3	SH°	4	53 ± 5	58	47
4	Thurner, °T	3	168 ± 43	198	119
5	Protéines, %	4	5,22 ± 0,74	6,14	4,32
6	Vitamine C, mg/L	1	51	-	-
7	Iode	-	-	-	-
8	MAT, %	4	3,57 ± 0,46	4,58	3,08
9	Ca, g/L	4	1,259 ± 0,203	1,560	1,125
10	P, g/L	4	1,063 ± 0,152	1,280	0,940
11	Fer mg/L	4	3,63 ± 2,12	6,20	1,40
12	Urée	3	44 ± 41	81	0
13	Ammoniaque	3	3 ± 5	9	0

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 45. Composition du shubat de la région de Chymkent.

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	pH	9	3,98 ± 0,30	4,55	3,55
2	Dornic, D°	12	140 ± 28	184	92
3	SH°	12	62 ± 12	82	41
4	Thurner, °T	3	174 ± 21	195	152
5	Protéines, %	12	3,56 ± 1,00	5,53	2,40
6	Vitamine C, mg/L	11	172 ± 123	417	33
7	Iode	7	17,92 ± 5,70	27,92	11,42
8	MAT, %	11	2,87 ± 0,94	4,42	1,19
9	Ca, g/L	11	1,227 ± 0,176	1,500	1,030
10	P, g/L	11	1,031 ± 0,283	1,800	0,790
11	Fer mg/L	11	2,86 ± 1,42	5,60	1,40
12	Urée	3	50 ± 87	150	0
13	Ammoniaque	3	19 ± 17	34	0

n* nombre d'échantillons analysés

Saison

La répartition du nombre d'échantillons de shubat par saison est bien équilibrée (Tableaux 46, 47, 48, 49).

Tableau 46. Composition du shubat fabriqué en hiver.

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	4	4,06 ± 0,20	4,35	3,94
2 Dornic, D°	6	132 ± 21	172	113
3 SH°	6	59 ± 9	77	50
4 Thurner, °T	6	165 ± 33	198	119
5 Protéines, %	6	5,70 ± 1,42	8,20	3,93
6 Vitamine C, mg/L	1	59	-	-
7 Iode	1	16,29	-	-
8 MAT, %	7	3,95 ± 0,95	5,63	2,89
9 Ca, g/L	7	1,264 ± 0,206	1,640	1,058
10 P, g/L	7	0,881 ± 0,384	1,390	0,127
11 Fer mg/L	7	3,63 ± 1,42	6,20	2,40
12 Urée	7	19 ± 33	81	0
13 Ammoniaque	7	14 ± 17	41	0

Tableau 47. Composition du shubat fabriqué au printemps.

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	7	3,97 ± 0,29	4,46	3,55
2 Dornic, D°	10	154 ± 28	189	107
3 SH°	10	68 ± 12	84	47
4 Thurner, °T	5	168 ± 27	195	135
5 Protéines, %	10	4,69 ± 0,90	6,33	3,79
6 Vitamine C, mg/L	9	94 ± 81	300	33
7 Iode	4	26,21 ± 17,79	52,79	16,07
8 MAT, %	9	3,23 ± 0,73	3,95	1,73
9 Ca, g/L	10	1,469 ± 0,270	1,877	1,050
10 P, g/L	10	1,172 ± 0,271	1,800	0,790
11 Fer mg/L	10	2,77 ± 2,07	7,30	0,80
12 Urée	6	42 ± 62	150	0
13 Ammoniac	6	14 ± 12	28	0

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 48. Composition du shubat fabriqué en été.

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	6	4,05 ± 0,25	4,46	3,79
2 Dornic, D°	8	144 ± 22	185	116
3 SH°	8	64 ± 10	82	52
4 Thurner, °T	4	173 ± 33	215	136
5 Protéine, %	8	3,82 ± 1,13	5,37	2,45
6 Vitamine C, mg/L	8	244 ± 120	417	36
7 Iode	4	16,71 ± 7,93	27,92	10,79
8 MAT, %	7	3,13 ± 0,95	3,97	1,19
9 Ca, g/L	7	1,364 ± 0,195	1,640	1,030
10 P, g/L	7	1,030 ± 0,119	1,160	0,810
11 Fer mg/L	7	2,54 ± 1,38	5,40	1,40
12 Urée	3	48 ± 5	53	43
13 Ammoniaque	3	31 ± 12	44	20

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 49. Composition du shubat fabriqué en automne.

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	5	4,30 ± 0,33	4,72	3,98
2 Dornic, D°	6	114 ± 33	167	86
3 SH°	6	51 ± 15	74	38
4 Thurner, °T	3	146 ± 37	180	107
5 Protéines, %	6	3,76 ± 1,37	5,85	2,40
6 Vitamine C, mg/L	6	149 ± 64	218	28
7 Iode	5	14,61 ± 6,74	21,83	6,98
8 MAT, %	6	3,04 ± 0,54	3,57	2,23
9 Ca, g/L	6	1,262 ± 0,126	1,480	1,100
10 P, g/L	6	0,925 ± 0,114	1,120	0,820
11 Fer mg/L	6	3,38 ± 2,92	9,10	1,30
12 Urée	3	32 ± 55	96	0
13 Ammoniac	3	12 ± 11	23	0

n* nombre d'échantillons analysés

Ferme

Nous connaissons le nom des fermes d'origine des échantillons de shubat, ces fermes sont décrites dans la partie « Matériels et Méthodes ». Parmi les 12 fermes participant au suivi, seulement nous avons pu obtenir des échantillons de shubat dans 8 d'entre elles. Ces huit fermes sont : TOO « Daulet-Beket », KCh « Aldabergenova », AO « Birinshi Mamyr », KCh « Tendik », P « Beïsenbayev Daouletbas », AO « Sary-Arka », TOO « Karakalpak », P « Esenov

Mahmoud », soit 2 fermes de la région d'Almaty, 2 fermes de la région d'Atyraou, une ferme de la région d'Aralsk et 3 fermes de celle de Chymkent (Annexe 1, Tableau 1).

Résultats de l'ANOVA

L'analyse de variance a permis de quantifier l'effet des facteurs principaux, mais toutes les interactions n'ont pu être testées du fait du très faible nombre d'échantillons pour certaines d'entre elles (Tableau 50). Ne seront commentés ci-après que les paramètres ayant variés significativement.

Tableau 50. Résultats d'analyse de variance ANOVA de la composition de shubat de 8 fermes du Kazakhstan.

#	Paramètres	Région	Saison	Ferme	Région * Saison
1	MAT	0,06	0,22	0,11	0,73
2	Protéines	<0,001	<0,001	<0,001	0,82
3	Vitamine C	0,05	0,009	1	0,32
4	Iode	0,98	0,51	0,79	0,18
5	Dornic	0,20	0,003	0,002	0,50
6	Thurner	0,70	0,80	0,30	0,70
7	pH	0,43	0,19	0,62	0,14
8	Ca	<0,001	0,001	0,04	0,13
9	P	0,97	0,03	0,30	0,13
10	Fer	0,36	0,49	0,002	0,23
11	Urée	1	0,50	1	0,50
12	Ammoniaque	<0,001	<0,001	0,3	<0,001

Taux protéique (TP)

Comme pour le lait cru, nous avons vérifié au préalable la corrélation entre les deux méthodes de dosage utilisées : MAT et protéines (Figure 50).

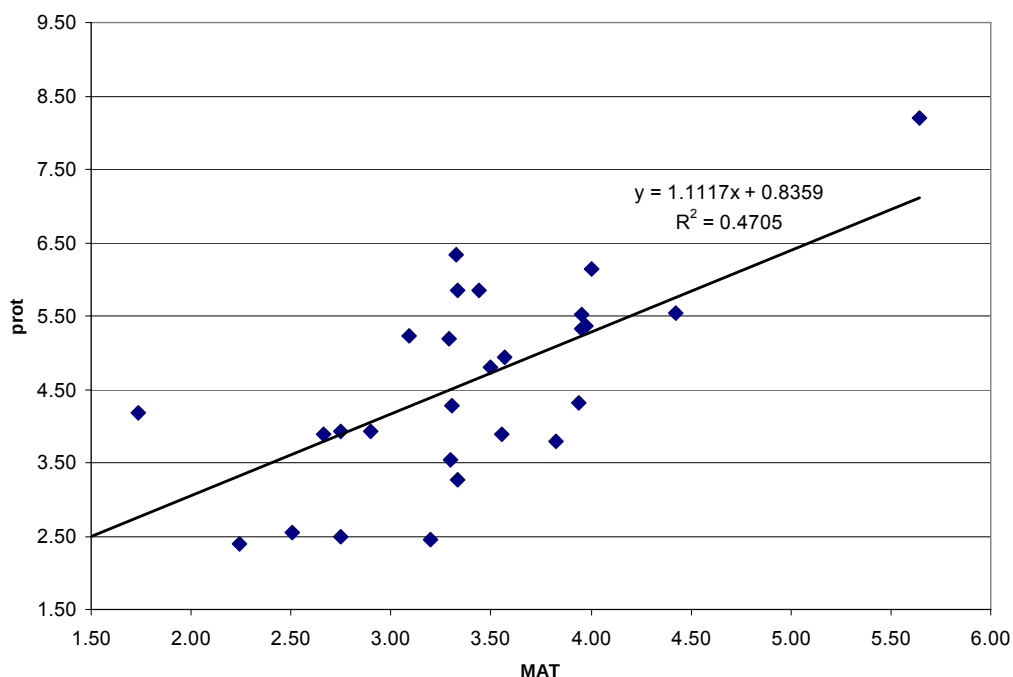


Figure 50. Régression entre les valeurs de MAT et prot du shubat ($n=28$), $r^2=0,47$ $p<0,01$

La corrélation ($n=28$) est faible ($r^2= 0,47$) bien que significative, corroborant les résultats obtenus sur le lait cru.

Selon la méthode « prot » on obtient des résultats hautement significatifs pour tous les facteurs (Figure 51).

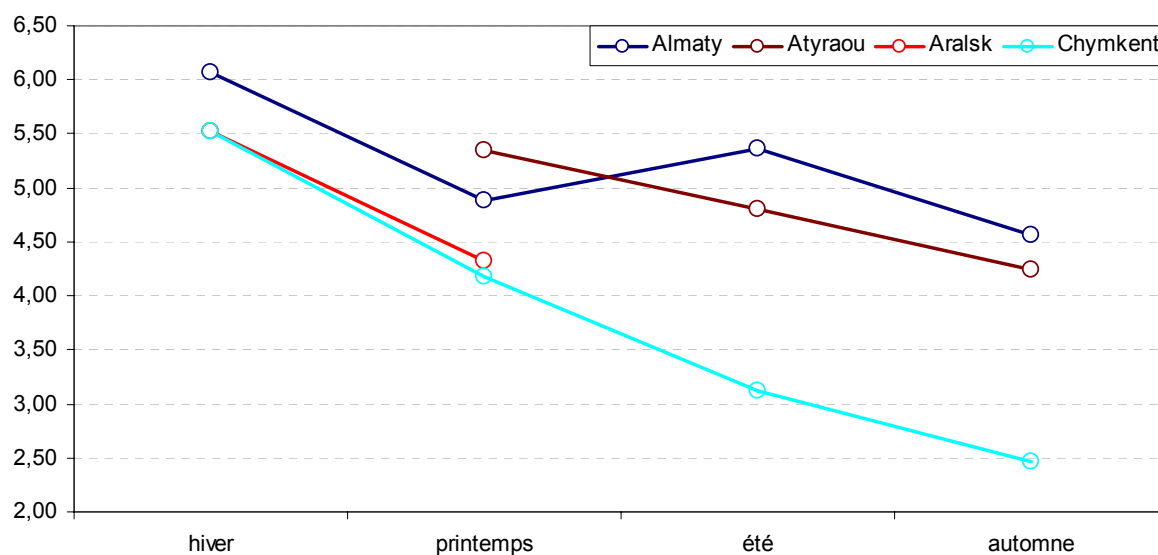


Figure 51. Evolution du taux de protéines (méthode « prot ») dans le shubat des 4 régions au cours de l'année.

Du fait de contraintes de terrain au cours de l'année, certains points de prélèvement n'ont pu être atteints : Atyraou en hiver et Aralsk en été et en automne. On peut constater cependant globalement une décroissance du taux protéique au cours de l'année, les valeurs diminuant en moyenne de 5,70% en hiver à 3,76% en automne.

Vitamine C ou acide ascorbique

Au total, 24 échantillons de shubat ont été utilisés pour quantifier le taux de vitamine C. La valeur en acide ascorbique varie de 28 mg/L à 417 mg/L. Selon les résultats de l'analyse de variance, la quantité de vitamine C varie significativement selon les régions ($p < 0,05$) et les saisons ($p < 0,01$) (Tableau 50).

Nous ne disposons pas d'échantillons de shubat de la région d'Aralsk pour toutes les saisons, à l'exception du printemps. Un seul échantillon étant disponible en hiver dans la région d'Almaty, nous n'en avons pas tenu compte dans les analyses ultérieures.

En moyenne, le shubat d'Atyraou et de Chymkent est plus riche en vitamine C que celui d'Almaty, 201 mg/L et 172 mg/L vs 78 mg/L respectivement (Figure 52).

Le taux en vitamine C augmente du printemps (94 mg/L; $n=9$), à l'été (244 mg/L ; $n=8$), pour diminuer à nouveau en automne (149 mg/L $n=6$).

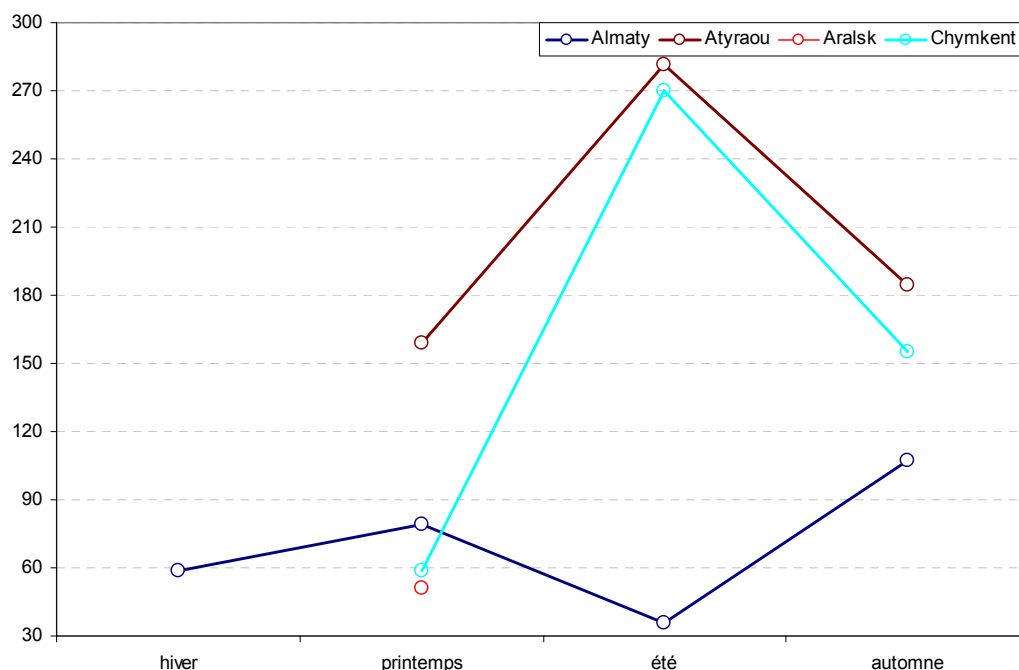


Figure 52. Evolution du taux moyen de vitamine C dans le shubat par région en fonction des saisons.

Acidité Dornic

Au total, 30 échantillons de shubat ont été analysés pour ce paramètre. Seul le facteur saison est apparu significatif ($p < 0,01$). En moyenne, le taux de l'acidité Dornic est de $139 \pm 29^\circ\text{D}$ (Figure 53) et apparaît plus élevé au printemps.

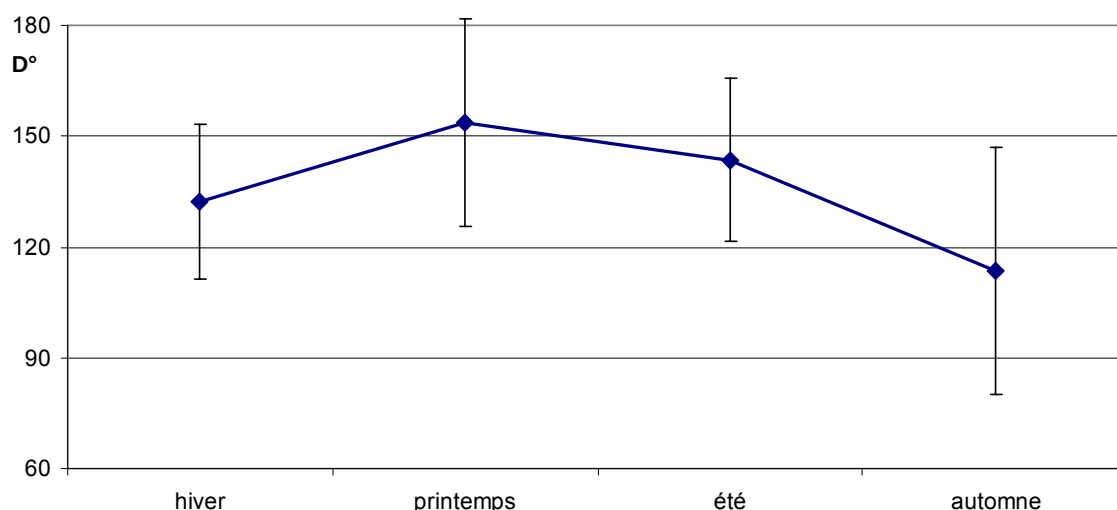


Figure 53. Evolution de l'acidité Dornic du shubat au cours des saisons.

Minéraux

La teneur en **calcium** a été déterminée dans 30 échantillons de shubat. Les résultats d'analyse de variance ont montré des variations hautement significatives selon les régions et les saisons ($p < 0,001$).

Les conditions des prélèvements n'autorisent qu'une présentation facteur par facteur (Figure 54, 55). Le taux de calcium apparaît ainsi plus élevé dans le shubat de la région d'Almaty et au printemps.

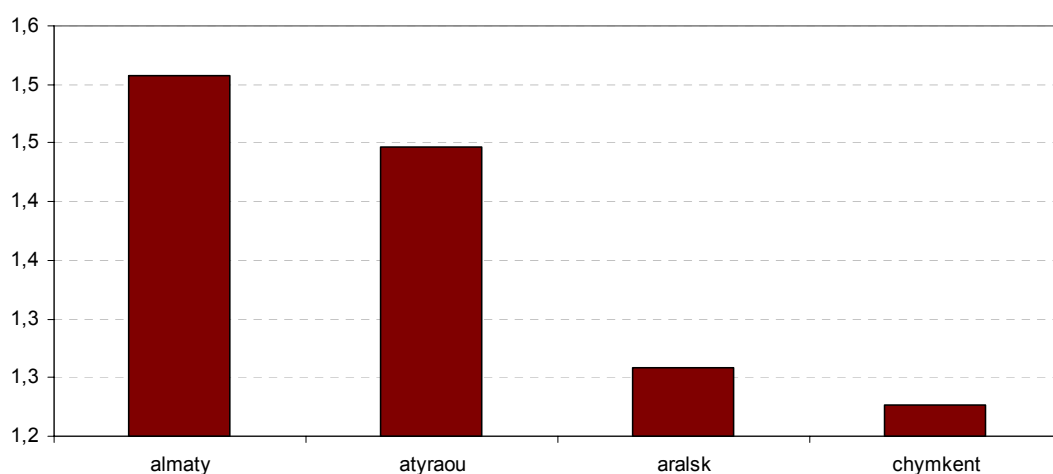


Figure 54. Teneur en calcium [g/L] du shubat (n=30) dans les différentes régions.

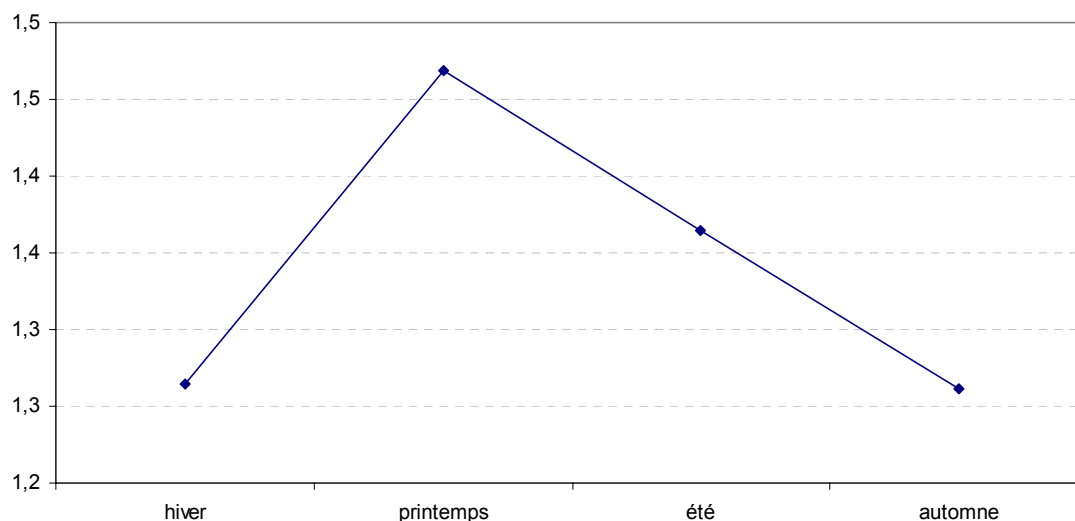


Figure 55. Teneur en calcium [g/L] du shubat (n=30) au cours des saisons.

La teneur en **phosphore** a été mesurée dans 30 échantillons de shubat. Les résultats d'analyse de variance ont montré un effet saisonnier significatif ($p < 0,05$). Les valeurs de la concentration en phosphore varient dans le shubat entre 0,127 g/L et 1,800 g/L (Figure 56).

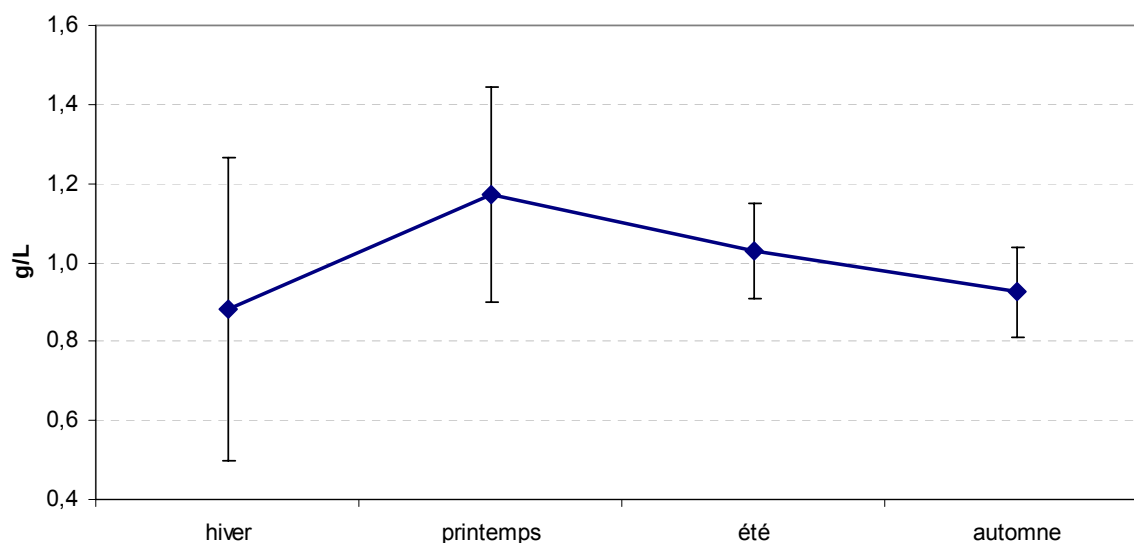


Figure 56. Concentration de phosphore dans le shubat (n=30) au cours des saisons.

III.2. - Analyses multivariées

Les analyses univariées de shubat ont permis de mieux comprendre les variations observées pour chacun des paramètres physico-chimiques en fonction des facteurs retenus (« région » et « saison »). Cependant, pour mettre en évidence les interactions entre les différents paramètres décrivant le shubat, nous avons réalisé une analyse en composante principale (ACP), puis dans un second temps, nous

avons analysé simultanément l'ensemble des paramètres avec les facteurs (ACP-inter) pour pouvoir décrire la variabilité observée du shubat selon les facteurs « région » et « saison ». Enfin, dans un dernier temps, une classification automatique a été mise en œuvre afin d'identifier des types de shubats, mis ultérieurement en relation avec les facteurs de variation.

Les données de shubat ont été traitées selon la même logique que pour l'analyse multivariée du lait cru. Nous n'avons donc retenu dans le modèle que les paramètres physico-chimiques liés aux effets étudiés selon les résultats de l'ANOVA (Tableau 50). Il s'agit des paramètres suivants : MAT, prot, vitamine C, Ca, P, Fer, ammoniacque. Parmi ces paramètres, prot et ammoniacque sont éliminés car le paramètre prot est obtenu en utilisant une méthode de dosage peu fiable et le paramètre ammoniacque parce que la distribution des données n'est pas normale, avec beaucoup de valeurs nulles. Ainsi au final, 6 paramètres physico-chimiques ont été retenus : Dornic, vitC, MAT, Ca, P, Fer pour traiter des données de 31 échantillons de shubat.

III.2.1. - Analyse de matrice de corrélation

La projection des régions dans le nuage de points sur le plan factoriel principal issu de l'ACP montre une opposition des échantillons d'Almaty et de Chymkent sur le 1^{er} facteur (Figure 57). Les échantillons de shubat d'Aralsk sont plutôt sur le 1^{er} facteur, proche de Chymkent. Alors que shubat d'Atyraou est exprimé sur le 2^{ème} facteur tout seul, indépendamment des autres régions.

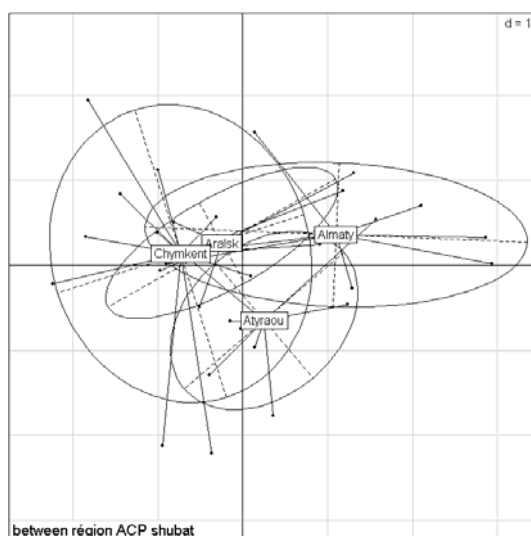


Figure 57. Répartition des individus (échantillons de shubat) et ellipse d'inertie des différentes régions sur le plan factoriel principal.

La projection des modalités du facteur « région » avec les variables explique selon quels paramètres physico-chimiques les shubats se différencient (Figure 58).

Il est possible de considérer que le shubat de Chymkent est plutôt pauvre en MAT et Ca, mais aussi qu'il est moins acide. Le shubat d'Aralsk contient assez peu de vitamine C, alors que shubat d'Atyraou est plutôt riche en vitamine C, en fer et calcium par rapport aux autres régions. Le shubat d'Almaty est riche en MAT.

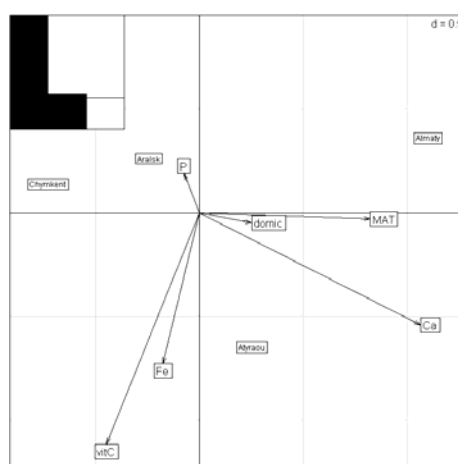


Figure 58. Répartition des paramètres et centre d'inertie des régions sur le plan factoriel principal.

La projection de l'effet « saison » selon la même logique ajoute des informations sur la variabilité du shubat. On constate sur le 1^{er} facteur de l'ACP, une opposition entre « printemps » et « automne » (Figure 59). L'« été » se situe nettement sur le 2^{ème} facteur de l'ACP. L'« hiver » se retrouve entre 2 facteurs. On peut noter également que les ellipses d'inertie correspondant aux échantillons d'hiver et d'été ne se chevauchent pas, contrairement aux autres, ce qui indique une différence plus marquée de la composition du shubat entre ces deux saisons.

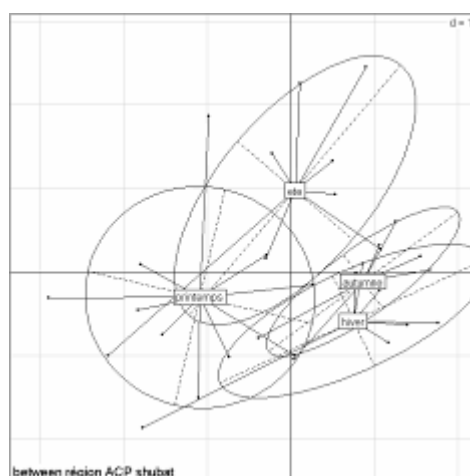


Figure 59. Répartition des individus (échantillons de shubat) et ellipse d'inertie des différentes saisons sur le plan factoriel principal.

En projetant les saisons avec les variables, on observe que le 1^{er} facteur est défini en majorité par l'acidité et la concentration en calcium et en phosphore (Figure 60). Le shubat de printemps est plus acide que celui d'automne. Le 2^{ème} facteur est exprimé par MAT et fer, les shubats d'hiver étant plus riche et ceux d'été plus pauvres en ces paramètres. La vitamine C contribue nettement au 2^{ème} facteur confirmant la plus grande richesse des échantillons du shubat d'été en acide ascorbique.

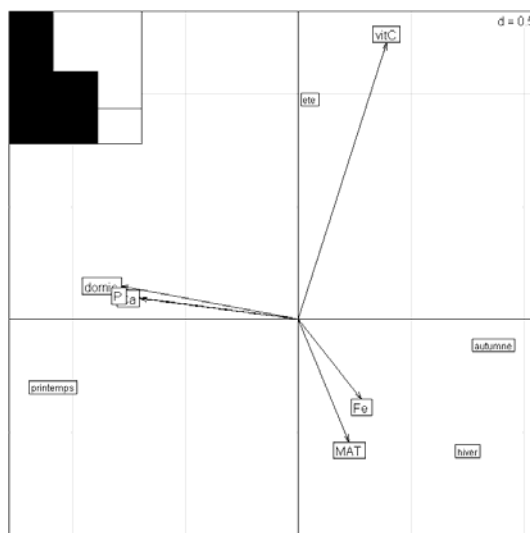


Figure 60. Répartition des paramètres et centre d'inertie des différentes saisons sur le plan factoriel principal

Enfin, pour obtenir quelques informations sur le « savoir-faire » dans chaque ferme pour fabriquer du shubat, nous avons choisi de prendre en compte le facteur « ferme » selon la même procédure statistique. Les fermes sont numérotées comme il a été décrit dans le chapitre « Matériels et méthodes », soit la ferme n°1 – « Daulet-Beket », n°2 – Aldabergenova, n°5 – « Birinshi Mamyr », n°6 – « Tendik », n°7 - « Beisenbayev », n° 10 – « Sary-Arka », n°11 – « Karakalpak », n°12 – « Esenov ». En projetant l'effet « ferme » sur le nuage des individus (Figure 61), on observe sur le 1^{er} facteur une opposition entre la ferme des chameaux de Bactriane « Aldabergenova » à Almaty (n°2) et la ferme « Esenov » à Turkestan où cohabitent des dromadaires et des hybrides de différents niveaux d'hybridation (n°12). La ferme « Birinshi Mamyr » (n°5), ferme de race pure de chameaux de Bactriane est plus liée au 2^{ème} facteur, et est assez à part des autres fermes. Sinon, les fermes n°1, 11, 6, et les fermes n°7, 10 se situent près du centre de gravité et se séparent peu les unes des autres.

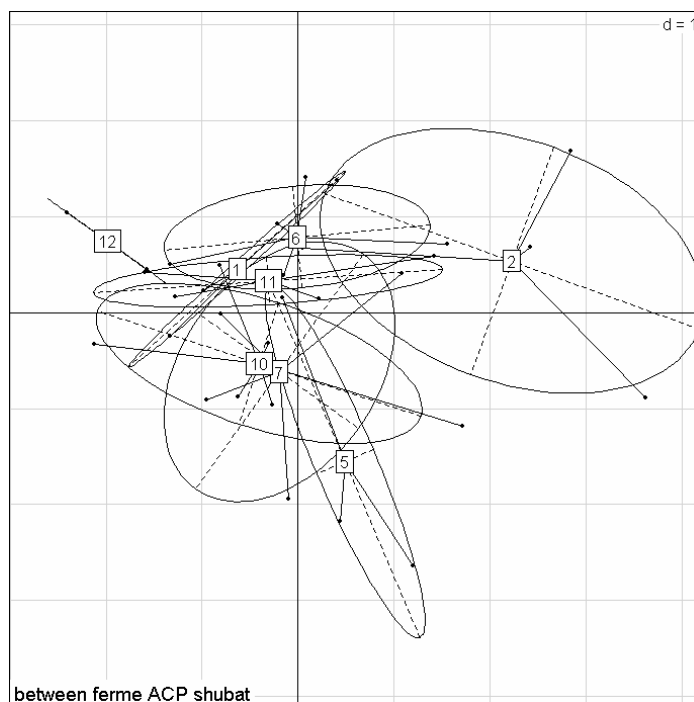


Figure 61. Répartition des individus (échantillons de shubat) et ellipses d'inertie des différentes fermes sur le plan factoriel principal.

n°1 – « Daulet-Beket », n°2 – « Aldabergenova », n°5 – « Birinshi Mamyr », n°6 – « Tendik »,
n°7 – « Beisenbayev », n°10 – « Sary-Arka », n°11 – « Karakalpak », n°12 – « Esenov ».

En projetant le facteur « ferme » avec les variables, on peut interpréter les rapprochements de la manière suivante (Figure 62) : le shubat de « Esenov » est riche en vitamine C, mais moins acide et moins riche en MAT et en Ca alors que le shubat d'Aldabergenova est plus acide, mais plus riche en MAT et calcium et il contient moins de vitamine C. Le shubat de « Birinshi Mamyr » est riche en fer, alors que le shubat de « Tendik » est plutôt pauvre en fer, bien que ces fermes soient de la même région (Atyraou). Le groupement des shubats des fermes « Daulet-Beket », « Karakalpak » et « Tendik », caractérise leur produit comme assez riche en vitamine C, pauvre en fer et en phosphore. A l'inverse, les shubats de « Beisenbayev » et « Sary-Arka » sont assez riches en vitamine C, et assez riches en phosphore et fer.

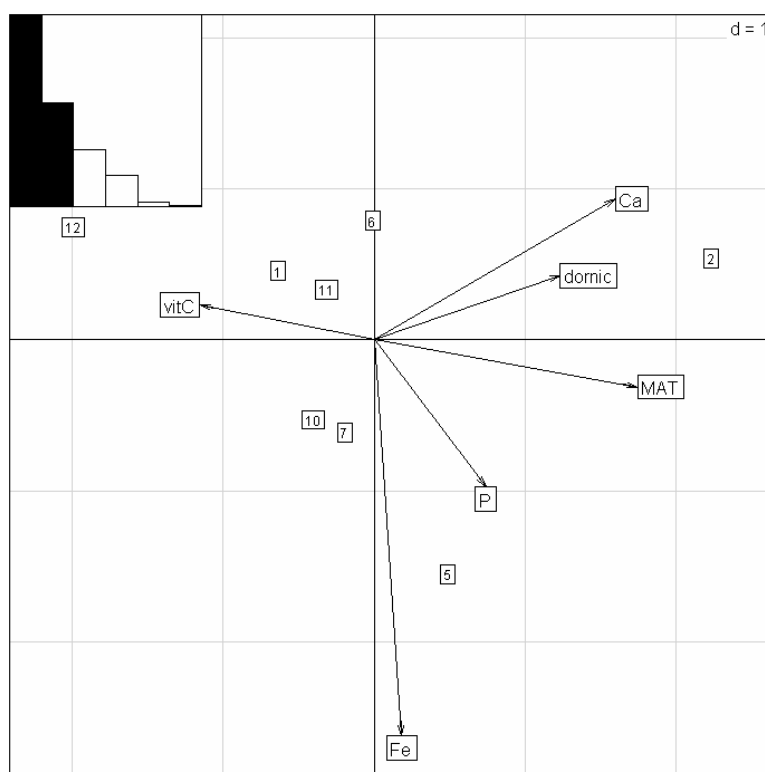


Figure 62. Répartition des variables et centre d'inertie des différentes fermes sur le plan factoriel.

n°1 – « Daulet-Beket », n°2 – « Aldabergenova », n°5 – « Birinshi Mamyr », n°6 – « Tendik », n°7 – « Beisenbayev », n°10 – « Sary-Arka », n°11 – « Karakalpak », n°12 – « Esenov ».

III.2.2. - Typologie du shubat

Ensuite, nous chercherons à identifier des « types » de shubat définis à partir du profil de leur composition chimique. Pour réaliser cette typologie, nous avons travaillé sur le même tableau des échantillons de shubat. La typologie a été réalisée en s'appuyant sur une méthode de classification automatique (classification ascendante hiérarchique) utilisant la distance de Ward. D'après l'histogramme des indices de niveaux de la hiérarchie, la coupure la plus pertinente permet d'obtenir 4 classes distinguant les shubats de chamelle (Figure 63).

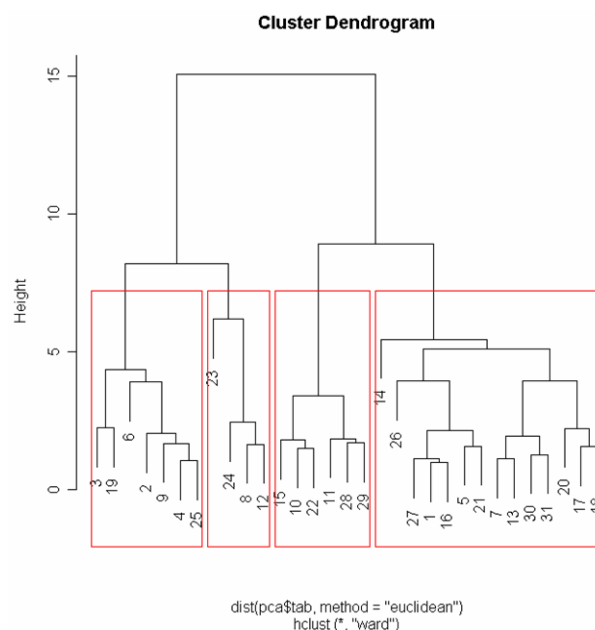


Figure 63. Dendrogramme issu de la classification des 31 shubats. Quatre classes sont retenues représentant plus de 60% de la variance.

Les effectifs de ces 4 classes sont de 14, 7, 4 et 6 échantillons de shubat. La composition des classes obtenues permet de différencier les shubats. La classe 1 contient les shubats moins acides, mais pauvre en calcium et phosphore; la classe 2 comprend les shubats pauvres en vitamine C, mais riches en MAT et calcium ; la classe 3 contient les shubats riches en fer et phosphore ; les shubats de la classe 4 sont riches en vitamine C (Figure 64, Tableau 51).

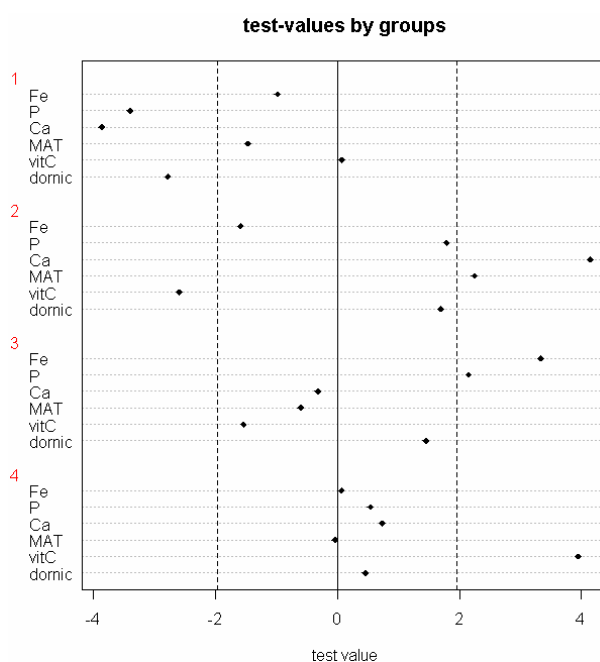


Figure 64. Valeurs-tests des différentes classes de shubat. Les points au-delà des lignes pointillées expriment les valeurs supérieures à deux écart-types.

Tableau 51. Composition physico-chimique des différents types de shubat.

	Dornic	Vitamine C	MAT	Calcium	Phosphore	Fer
1	122,7 ± 23,3	157 ± 53	3,10 ± 0,84	1,18 ± 0,11	0,84 ± 0,22	2,66 ± 1,33
2	155,2 ± 33,1	72 ± 40	3,96 ± 0,78	1,66 ± 0,12	1,18 ± 0,17	2,01 ± 1,16
3	158,5 ± 21,0	86 ± 53	3,11 ± 0,93	1,32 ± 0,18	1,29 ± 0,34	6,08 ± 2,89
4	143,7 ± 22,6	298 ± 82	3,33 ± 0,43	1,42 ± 0,04	1,07 ± 0,06	3,09 ± 1,26

Pour compléter l'information, la classe 1 contient en majorité des shubats de Chymkent, la classe 2 – d'Almaty, les classe 3 et 4 – entre Atyraou et Chymkent (Tableau 52).

Tableau 52. Contribution des régions aux classes de la hiérarchie (en %).

	Almaty	Atyraou	Aralsk	Chymkent	Total	Effectifs
1	21,43	14,29	21,43	42,86	100	14
2	57,14	14,29	14,29	14,29	100	7
3	0	50,00	0	50,00	100	4
4	0	50,00	0	50,00	100	6

La contribution des classes à chaque région dans cette typologie montre que les shubats d'Almaty se répartissent entre les classes 1 et 2 exclusivement. Les shubats d'Atyraou sont présents un peu dans chaque classe. La majorité des shubats d'Aralsk et de Chymkent se retrouvent dans la classe 1 (Tableau 53).

Tableau 53. Contribution des classes de shubat aux régions (en %).

	1	2	3	4	Total	Effectifs
Almaty	42,86	57,14	0	0	100	7
Atyraou	25,00	12,50	25,00	37,50	100	8
Aralsk	75,00	25,00	0	0	100	4
Chymkent	50,00	8,33	16,67	25,00	100	12

La contribution des saisons aux classes indiquent pour la classe 1, une majorité de shubats d'hiver, puis en automne. La classe 2 est constituée de shubats de printemps et aucun d'automne. La classe 3 est nettement marquée par les shubats de printemps (75%), pour la classe 4, il s'agit des shubats d'été, à plus de 83% (Tableau 54).

Tableau 54. Contribution des saisons aux classes de la hiérarchie (en %).

	L'hiver	Le printemps	L'été	L'automne	Total	Effectifs
1	42,86	7,14	14,29	35,71	100	14
2	14,29	71,43	14,29	0	100	7
3	0	75,00	0	25,00	100	4
4	0	16,67	83,33	0	100	6

Le printemps apparait majoritaire dans deux classes différentes. L'analyse de la contribution des saisons aux classes permet d'apporter des informations complémentaires (Tableau 55).

Tableau 55. Contribution des classes de shubat aux saisons (en %).

	1	2	3	4	Total	Effectifs
L'hiver	85,71	14,29	0	0	100	7
Le printemps	10,00	50,00	30,00	10,00	100	10
L'été	25,00	12,50	0	62,50	100	8
L'automne	83,33	0	16,67	0	100	6

Ainsi, l'hiver est surtout représenté dans la classe 1, le printemps dans la classe 2, l'été dans la classe 3, et l'automne dans la classe 1. La classe 1 correspond donc aux shubats d'hiver et d'automne, la classe 2 à ceux du printemps, la classe 4 ceux d'été. Dans la classe 3, se retrouvent les shubats de printemps et d'automne, d'origine d'Atyraou et de Chymkent.

La répartition des fermes dans les différentes classes présente peu d'intérêt car le nombre de prélèvements par ferme a été insuffisant. Toutefois, on observe des tendances (Tableau 56).

Tableau 56. Répartition des shubats de 8 fermes dans la typologie.

Fermes	n°	1	2	3	4
Daulet-Beket	1	2	1		
Aldabergenova	2	1	3		
Birinshi Mamy	5			2	1
Tendik	6	2	1		2
Beisenbayev	7	3	1		
Sary-Arka	10	3		2	1
Karakalpak	11	1	1		2
Esenov	12	2			

Dans les classes 1 et 2, se retrouvent presque toutes les fermes, à l'exception de Birinshi Mamyr. Les shubats de Birinshi Mamyr participent surtout à la classe 3 avec le shubat de Sary-Arka. Ces deux fermes se situent à Atyraou et à Chymkent, respectivement.

En résumé de ce chapitre, on observe des shubats les moins acides, mais pauvres en minéraux majeurs essentiellement en hiver et dans les régions de Chymkent et d'Aralsk ; les shubats pauvres en vitamine C mais riches en protéines proviennent surtout d'Almaty au printemps ; Les shubats les plus riches en fer et phosphore sont des shubats de printemps en provenance de Chimkent et d'Atyraou. Enfin, les shubats riches en vitamine C sont les shubats d'été en provenance d'Atyraou et de Chimkent dans une moindre mesure.

Journal of Dairy Science Vol 90, No 1, 38–46, 2007

Lactoferrin and Immunoglobulin Contents in Camel's Milk (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius*, and Hybrids) from Kazakhstan

G. Konuspayeva,*† B. Faye,†‡ G. Loiseau,† and D. Levieux‡

*Kazakh State University Al Farabi, 71 av. Al-Farabi, 050013 Almaty, Kazakhstan

†Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement,
Campus international de Baillarguet TA 30/A, 34398 Montpellier cedex, France

‡Institut National de la Recherche Agronomique, Qualité des Produits Animaux–Immunochimie, Theix,
63122 Saint-Genes-Champanelle, France

Commentaire

Cet article a été publié dans *Journal Of Dairy Sciences* afin d'exposer les résultats obtenus après analyse IDR (Immunodiffusion radiale), méthode différente de la plupart des références (El-Gawad, 1996, El-Agamy, 2000) sur la lactoferrine de lait de chamelle. L'article avait aussi pour objectif de contribuer aux travaux sur le rôle de la lactoferrine et des immunoglobulines G aux « allégations santé » du lait de chamelle qui, selon certains auteurs en contenait une grande quantité. Or, nos résultats montrent que la concentration de ces protéines est certes un peu plus élevée par rapport au lait de vache, mais pas dans les proportions relevées dans la littérature. L'évaluation de ces concentrations dans cet article est très comparable en revanche à celle relevée dans les publications récentes à ce sujet (El-Hatmi, 2006).

Lactoferrin and Immunoglobulin Contents in Camel's Milk (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius*, and Hybrids) from Kazakhstan

G. Konuspayeva,*† B. Faye,†‡ G. Loiseau,† and D. Levieux‡

*Kazakh State University Al Farabi, 71 av. Al-Farabi, 050013 Almaty, Kazakhstan

†Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement,

Campus international de Baillarguet TA 30/A, 34398 Montpellier cedex, France

‡Institut National de la Recherche Agronomique, Qualité des Produits Animaux-Immunochimie, Theix,

63122 Saint-Genès-Champagnelle, France

ABSTRACT

Lactoferrin (Lf) and IgG were estimated in camel's milk from Kazakhstan, where 2 species of camels (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius*) and their hybrids cohabit. The concentrations of Lf and IgG were determined according to 3 variation factors: region ($n = 4$), season ($n = 4$), and species ($n = 5$; sample 4 was mixed milk and sample 5 was of unknown origin). The mean values in raw camel's milk were 0.229 ± 0.135 mg/mL for Lf concentration and 0.718 ± 0.330 mg/mL for IgG concentration. The seasonal effect was the only significant variation factor observed, with the highest values in the spring for Lf and in the winter for IgG. The Lf concentration varied in 1-wk postpartum milk from 1.422 to 0.586 mg/mL. The range in IgG concentration was wide and decreased from 132 to 4.75 mg/mL throughout the 7 d postpartum, with an important drop after parturition. In fermented milk, the lactoproteins are generally hydrolyzed. For milk samples from undefined species, discriminant analyses did not allow the origin of the species to be determined. A slight correlation between Lf and IgG concentrations was observed in raw milk. The values were slightly higher than those reported in cow's milk, but this difference was insufficient to attribute medicinal virtues to camel's milk.

Key words: lactoferrin, immunoglobulin, camel's milk, colostrum

INTRODUCTION

The current camel population in Kazakhstan is around 130,000 head (Statistical Agency of the Republic of Kazakhstan, 2006). This country is well known for the cohabitation of 2 species of camels (*Camelus bactrianus* and *Camelus dromedarius*) and their hybrids. Within the Kazakh Bactrian breed, 3 types have

been described according to their geographic distribution: *uralobukeevskii*, *kyzylordinskii*, and *yuzhnokazakhstanskii* (Terenyev, 1975; Konuspayeva and Faye, 2004). For the Dromedary camel, only the Arvana breed, which originated from Turkmenistan, is present in Kazakhstan. Different levels of hybridization have occurred, resulting in a wide range of crossbreeds (Terenyev, 1975).

The consumption of camel's milk, especially in fermented form, is a very old tradition in Kazakhstan. Many beneficial properties are attributed to camel's milk and to a fermented product called *shubat*. It is traditionally used for the treatment of tuberculosis, gastroenteritis, and for many infections, and is also drunk as a tonic (Sharmanov and Dzhangabylov, 1991). These antimicrobial properties of camel's milk and *shubat* can be attributed to substances such as proteins, lipids, and vitamins (Elagamy et al., 1992; Farah, 1993; Elagamy, 2000; Benkerroum et al., 2004; Konuspayeva et al., 2004). Among the milk proteins, lactoferrin (Lf), IgG, lactoperoxidase, lysozyme, and some peptides are the main components that have been implicated (Barbour et al., 1984; Duhaime, 1988). However, the quantity of those components and their overall variability in camel's milk are not well documented. In the present study, we determined the Lf and IgG contents in raw and fermented camel's milk from *C. bactrianus*, *C. dromedarius*, and their hybrids under different seasonal and geographic conditions.

MATERIALS AND METHODS

Sampling Procedure

To obtain the maximum variability, the camel's milk was sampled from 4 different regions at extreme points of Kazakhstan: Almaty, Atyrau, Aralsk, and Shymkent (the maximum distance between the different points was more than 3,500 km) and in 4 seasons of the year. In total, 128 samples were used for quantitative and qualitative determination of the Lf and IgG contents in camel's milk (Table 1). Those samples, collected ran-

Received July 4, 2006.

Accepted August 24, 2006.

Corresponding author: faye@cirad.fr

Table 1. Camel raw milk sampling design by region (Almaty, Atyrau, Aralok, and Shymkent), species, and season

Breed	Almaty (n = 35)				Atyrau (n = 28)				Aralok (n = 8)				Shymkent (n = 34)			
	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn
Bactrian		5	4	3	2	4	7	6	2	1						
Dromedary	4	11	6	2	2	2	1	1	2	1				2	1	
Hybrid														2	2	6
Mixed milk						1	1	1		1				1	4	
Unknown									1					4	3	2
Total																
																105

domly among lactating females on 2 private farms per region, comprised 105 raw milk samples, 6 colostrum samples, and 17 fermented milk samples (*shubat*). The raw milk samples were collected at milking time in Bactrian (n = 37), Dromedary (n = 42), and hybrid (n = 6) animals. In some cases, samples were collected from different species after the whole milking (n = 14; hereafter referred to as "mixed milk"). In 6 cases, information on species origin was not available (hereafter referred to as "unknown"). Bactrian camel's milk samples were from different Kazakh types, as described above. Milk samples from Dromedary camels were from the Turkmen Arvana breed. Hybrid samples involved F₁ or F₂ crossbred animals. Milk samples collected within 8 d of parturition were called colostrum. The colostrum originated from the Almaty region; samples were collected from 6 Dromedaries in the spring only (i.e., in the main calving period for this area, from January to April). *Shubat* samples were collected, like the "mixed milk" samples, by region and season (Table 2). In all cases, milk was obtained by manual milking and kept frozen at -20°C until analysis.

Reference Materials for Laboratory Analysis

Noble Agar was supplied by Difco (Detroit, MI). Bovine serum albumin, trichlorotrifluoroethane, and Freund's complete and incomplete adjuvants were purchased from Sigma-Aldrich (Saint Quentin Fallavier, France). Individual colostrum samples, used for protein purification, were obtained from lactating camels (*C. dromedarius*) at the Experimental Station of the Arid Land Institute of Medenine (Tunisia).

For protein purification, colostrum was first defatted by centrifugation at $2,500 \times g$ for 30 min and diluted 3.5-fold (vol/vol) with distilled water. Caseins were then precipitated by decreasing the pH to 4.2 with 1 M HCl. After centrifugation at $20,000 \times g$ and 4°C for 20 min, the supernatant was dialyzed overnight against 0.02 M Tris-HCl buffer (pH 8.4) and centrifuged at $20,000 \times g$ and 4°C for 30 min.

Purified Proteins

Immunoglobulin G was purified as previously described (El-Hatmi et al., 2006). Briefly, IgG was obtained from camel colostrum by a combination of gel permeation chromatography on Sephadex G200 (Amersham Biosciences, Orsay, France) and ion-exchange chromatography on Q-Sepharose Fast Flow (Amersham).

For the purification of Lf, the third peak obtained by gel permeation chromatography of colostrum whey on Sephadex G200 equilibrated in 0.02 M Tris-HCl buffer

Table 2. Fermented camel's milk (*shubat*) sampling design by region and season

Region	Winter	Spring	Summer	Autumn
Almaty	1	2		1
Atyrau		2	2	2
Aralsk	3			
Shymkent	1	2	1	
Total			17	

(pH 8.6) was passed through a 5-mL HiTrap heparin column (Amersham Biosciences) and equilibrated in the same buffer. Elution was performed at 2 mL/min over a 0 to 1 M NaCl gradient (60 mL) using HPLC equipment (pump 420, detector 430; Kontron Instruments, St-Quentin-en-Yvelines, France). Lactoferrin eluted as a single peak at 0.3 M NaCl. Purity was checked by polyacrylamide gel electrophoresis (12.5% acrylamide) with or without denaturing agents (SDS and mercaptoethanol with heating for 5 min in a boiling water bath).

Polyclonal Antibodies

Rabbits were immunized at monthly intervals by multiple intradermal injections of antigen-adjuvant mixture (Levieux et al., 2005) prepared by emulsifying 1 vol of saline containing 0.5 to 1 mg of purified protein/mL and 1 vol of complete (first injection) or incomplete (booster injections) Freund's adjuvant. Each rabbit received 2 mL of the emulsion. Animals were bled 7 d after each booster injection and the sera were analyzed for antibody activity and specificity by immunoelectrophoresis (Scheidegger, 1955) and single radial immunodiffusion assay (SRID; Mancini et al., 1965). The immunogens used were purified IgG and Lf.

Immunochemical Assay of Proteins

Concentrations of IgG and Lf in individual colostrum and milk samples were determined by the SRID assay using 1.9-mm-thick agar plates containing 1.2% agar in 0.005 M barbital buffer (pH 7.3) and suitable quantities of each specific antiserum, as described by Levieux (1991) and adapted for Lf determination according to Levieux et al. (2005). Circular wells (1.5-mm diameter) were punched out of the gel and filled with 3- μ L aliquots of adequately diluted samples or 3 μ L of purified proteins of known concentration as standards. The purified proteins and samples were diluted in the barbital buffer containing 1% nonimmunized rabbit serum and 1 mg of sodium azide/mL. Plates were incubated in a moist box at 37°C for 15 to 20 h, and the diameter of the ring-shaped precipitates was measured using a magnifying video camera system (Levieux, 1991). Standard curves

were constructed by plotting the diameter of the precipitating ring vs. the square root of the protein concentration. With the diffusion time used, a linear regression was always obtained. Samples and standards were plated in duplicate. The coefficients of variation of the assays were 3 to 5%.

Statistical Analysis

A linear model was tested, with IgG and Lf concentrations as dependent variables. The tested variation factors were region, species, season, and their interactions. The significance level for the variance analysis was set at 0.05. The results are presented as mean $\pm$ standard error. Because the variances were not homogeneous, data were log-transformed to attain a normal distribution of values. The correlation between Lf and IgG was tested using a Pearson correlation. To identify the factors linked to low and high values for IgG and Lf simultaneously, the samples were divided into IgG1 and Lf1 (concentrations below the median values) and IgG2 and Lf2 (concentrations above the median values), giving 4 groups of samples (IgG1/Lf1, IgG2/Lf1, IgG1/Lf2, and IgG2/Lf2). The partitioning into those groups by species, season, and region was evaluated by a χ^2 test. Separate analyses were conducted for raw camel's milk, colostrum, and *shubat*. The R software was used for all statistical analyses (Ihaka and Gentleman, 1996).

RESULTS

Camel Raw Milk Samples

Lf Content. The mean Lf concentration in raw camel's milk was 0.229 ± 0.135 mg/mL. According to geographic factors, the Lf content was higher, on average, in the Shymkent region (Table 3), but the differences were not significant (Table 4). Also, no significant differences were found among species in spite of the higher mean Lf content in hybrids (Tables 3 and 4). The ANOVA showed a significant seasonal effect (Table 4) only for Lf ($P < 0.05$), with the Lf content being higher in the spring (0.271 ± 0.161 mg/mL) than in the autumn (0.176 ± 0.083 mg/mL; Table 4).

Because the seasonal effect was significant, the monthly changes in Lf concentration are shown (Figure 1). Peak Lf concentrations were clearly observed in April (0.294 ± 0.152 mg/mL) and in June (0.312 ± 0.194 mg/mL; $P < 0.05$). The lowest Lf concentrations were observed from July to October (0.190 ± 0.072 mg/mL).

IgG Content. The mean IgG concentration in raw camel's milk was 0.718 ± 0.330 mg/mL. The IgG content was, on average, higher in the Aralsk region (Table 3), but like Lf, the differences were not significant (Table 4). Also, no significant difference was found for species

Table 3. Mean $\pm$ standard error of lactoferrin (Lf) and IgG content (in mg/mL) in camel raw milk according to the region, season, and species

Item	Region				
	Almaty	Atyrau	Aralsk	Shymkent	
Lf	0.209 ± 0.105	0.225 ± 0.148	0.227 ± 0.126	0.254 ± 0.154	
IgG	0.795 ± 0.383	0.605 ± 0.311	0.857 ± 0.196	0.698 ± 0.286	
	Season				
	Winter	Spring	Summer	Autumn	
Lf	0.221 ± 0.124	0.271 ± 0.161	0.214 ± 0.119	0.176 ± 0.83	
IgG	0.849 ± 0.204	0.826 ± 0.427	0.550 ± 0.157	0.659 ± 0.243	
	Species				
	Bactrian	Dromedary	Hybrid	Mixed milk	Unknown
Lf	0.223 ± 0.132	0.209 ± 0.131	0.320 ± 0.255	0.249 ± 0.102	0.273 ± 0.58
IgG	0.638 ± 0.282	0.833 ± 0.375	0.802 ± 0.511	0.598 ± 0.135	0.597 ± 0.06

in spite of the higher mean IgG concentration in the Dromedary (Tables 3 and 4). Similar to Lf, the seasonal change in IgG content was significant ($P < 0.001$), with higher values in the winter (0.849 ± 0.204 mg/mL) than in the summer (0.550 ± 0.157 mg/mL; Table 4). There was a significant interaction ($P < 0.01$) between region and species for IgG concentration, which can be explained by the significantly higher IgG concentration in Dromedary raw camel's milk samples from Aralsk (0.955 ± 0.243 mg/mL) compared with the Bactrian samples from Almaty (0.591 ± 0.128 mg/mL).

The monthly change in IgG concentration is shown (Figure 2). The IgG concentration decreased regularly ($P < 0.001$) throughout the year, with the highest value found in January (0.975 ± 0.132 mg/mL) and the lowest in July (0.511 ± 0.121 mg/mL).

Correlation Between Lf and IgG

The correlation between IgG and Lf concentrations in all raw camel's milk samples was significant ($r^2 = 0.530$, $P < 0.01$). The regression equation was

$$[\text{IgG}] = 421 + 1,295[\text{Lf}] \pm 281.$$

The number of milk samples from Bactrian and Dromedary camels was sufficient to compare the regression lines (Figure 3). The Pearson correlation coefficient was significant for the Bactrian camel ($r^2 = 0.706$, $P < 0.05$), mainly because of few samples having a high concentration of both Lf and IgG, but not for the Dromedary ($r^2 = 0.327$, NS). However, after omitting a single outstanding point, the Pearson correlation coefficient for the Bactrian camel was still significant ($r^2 = 0.340$, $P < 0.05$).

Based on their concentrations of both Lf and IgG (Table 5), the 4 groups of samples were significantly linked ($P < 0.001$) to some factors: The samples with low concentrations of both IgG and Lf (IgG1/Lf1) were linked to summer milk from the Dromedary at Shymkent, whereas the samples with high concentrations of both IgG and Lf (IgG2/Lf2) were linked to spring milk from the Bactrian at Atyrau. The group IgG1/Lf2 was more frequent in summer milk from the Dromedary, whatever the region, and the group IgG2/Lf1 was more

Table 4. *F*-value and probability level from ANOVA for the lactoferrin (Lf) and IgG contents of camel raw milk.

Factors and their interactions	Lf		IgG	
	<i>F</i> -value	<i>P</i> (> <i>F</i>)	<i>F</i> -value	<i>P</i> (> <i>F</i>)
Region	1.138	0.289	0.472	0.494
Season	5.685	0.019*	12.480	0.001***
Species	1.781	0.185	0.105	0.747
Region $\times$ season	1.330	0.252	2.049	0.156
Region $\times$ species	0.035	0.852	7.275	0.008**
Season $\times$ species	1.064	0.305	1.539	0.218
Region $\times$ season $\times$ species	0.191	0.663	1.102	0.297

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

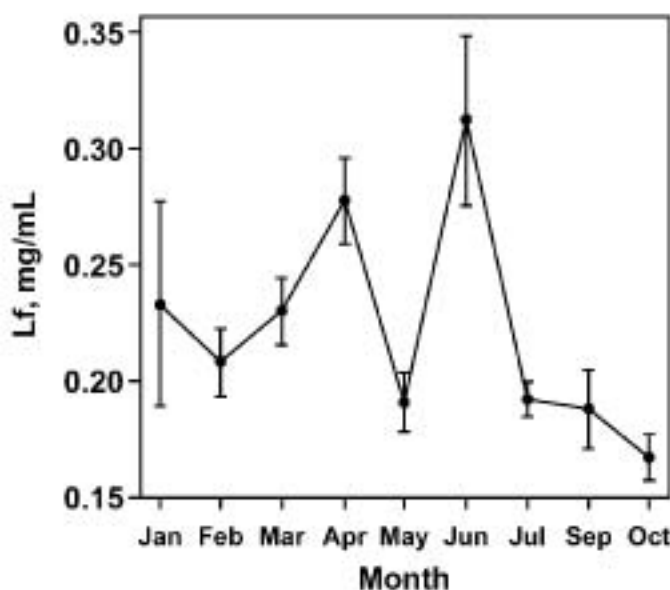


Figure 1. Monthly changes (mean $\pm$ SE) in the lactoferrin (Lf) content of raw camel's milk.

common in spring milk from Aralsk, whatever the species.

Colostrum Samples

Six samples of colostrum were collected, in 2 time repetitions on d 7 after parturition. The Lf concentration varied from 1.422 to 0.586 mg/mL throughout the

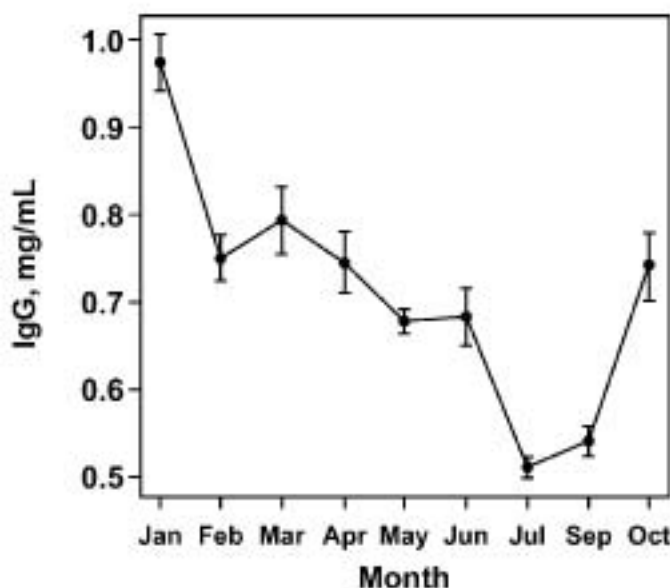


Figure 2. Monthly changes (mean $\pm$ SE) in the IgG content of raw camel's milk.

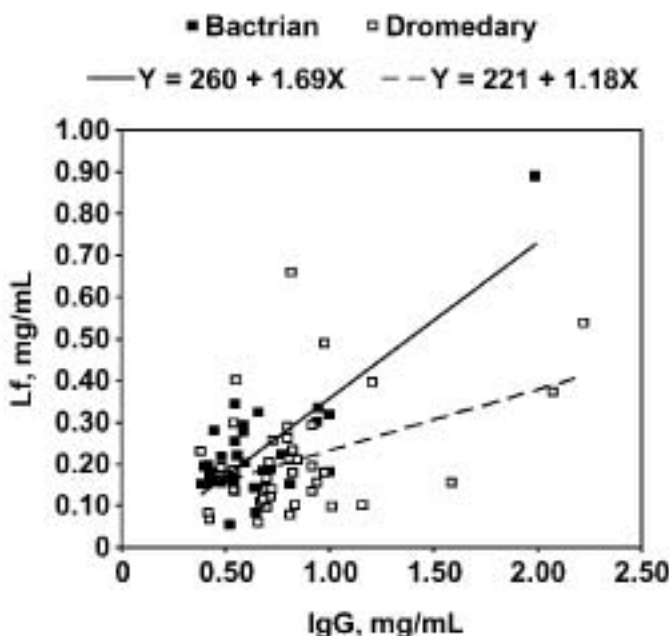


Figure 3. Relationships between the IgG and lactoferrin (Lf) concentrations in Bactrian (■) and Dromedary (□) camel's milk, and regression lines for the Bactrian (—) and Dromedary (- -) breeds.

7 d postpartum. This concentration did not decrease as did the IgG concentration, but the quantity was, on average, 0.813 ± 0.311 mg/100 mL (i.e., more than 3 times higher than in milk samples; Figure 4). The range of IgG concentrations in the colostrum samples was wide (from 132.563 to 4.750 mg/mL), with an important decrease after parturition (Figure 5).

Shubat Samples

In total, 17 samples of fermented camel's milk (*shubat*) were collected from different regions and seasons, and were quantified for Lf and IgG contents. However, for some samples the appearance of the ring-shaped precipitate with the SRID technique was indicative of Lf or IgG proteolysis occurring during the fermentation process. Thus, the Lf concentration was determined in 9 samples (values between 0.037 and 0.571 mg/mL) and IgG in 3 cases (values between 0.344 and 0.719 mg/mL).

Table 5. Immunoglobulin G and lactoferrin (Lf) concentration (mg/mL, mean $\pm$ SE) in each group of samples according to the values below (IgG1, Lf1) or above (IgG2, Lf2) the median value

Sample	IgG concentration	Lf concentration
Group IgG1/Lf1	0.513 $\pm$ 0.96	0.142 $\pm$ 0.42
Group IgG1/Lf2	0.523 $\pm$ 0.77	0.270 $\pm$ 0.51
Group IgG2/Lf1	0.880 $\pm$ 0.323	0.146 $\pm$ 0.56
Group IgG2/Lf2	0.942 $\pm$ 0.397	0.358 $\pm$ 0.174

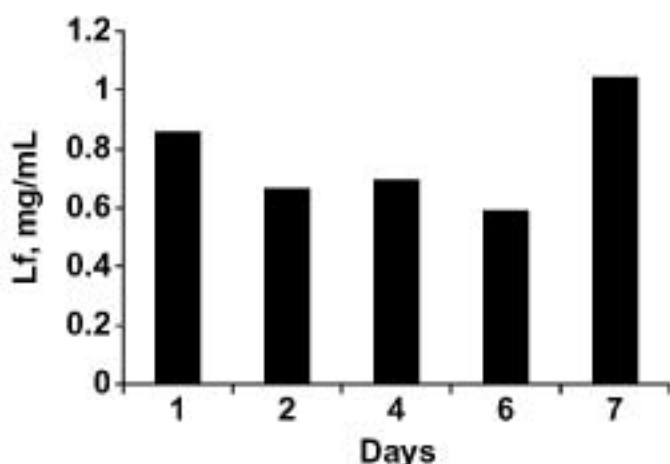


Figure 4. Changes in the lactoferrin (Lf) concentration in colostrum samples from the Dromedary after parturition.

DISCUSSION

Sampling Procedure

The sampling design aimed to optimize the variability in milk composition according to the main variation factors generally described in the literature: species (single- or double-humped camels and their hybrids), region (including farming practices and feeding systems), and season (including the feeding system and physiological status as the calving period occurred between January and April). However, because of the long distances between regions and harsh conditions in the winter, and because of the specific presence of Bactrian or Dromedary camels in some regions, it was not possible to collect milk samples in some cases and to provide

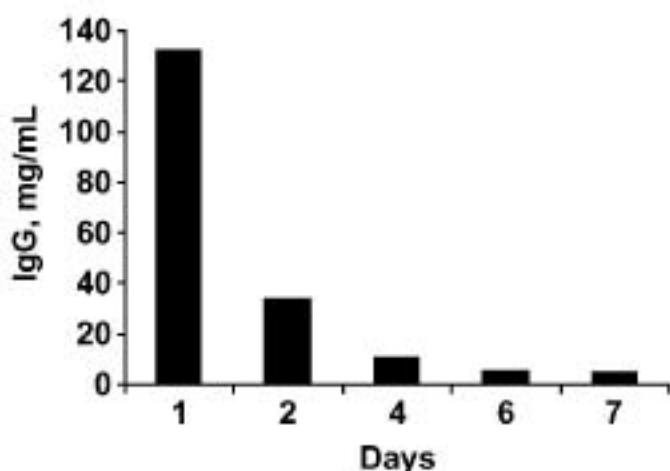


Figure 5. Changes in the IgG concentration of colostrum samples from the Dromedary after parturition.

Table 6. Concentration of lactoferrin in camel's milk (in mg/mL) according to the literature

Reference	Minimum value	Maximum value
Qian (1995)	2.000	6.000
El-Gawad et al. (1996)		2.480
Elagamy et al. (1996)	0.020	0.080
Zhang et al. (2005) ¹	2.350	7.280
El-Hatmi (2006)	0.140	0.420
Present results	0.055	0.888

¹Expressed as the percentage of total proteins for the Bactrian camel only.

information for all the cells (species $\times$ region $\times$ season). Thus, our sampling design was unbalanced because of field constraints. Because some cells were not informed or had a limited number of samples, nonsignificant results could have been due to a lack of statistical power and to questionable results.

Laboratory Methods

The methods used in the present study were tested all along the process to control the critical points at each step. The analytical method retained was that of Mancini (1965), as modified by Leveux (1991). For determination, the Lf and IgG proteins were purified by classical methods (ion-exchange chromatography) and then controlled for purity. Rabbits were immunized against camel Lf and camel IgG to obtain polyclonal antibodies. Those antibodies were tested by the method of Ouchterlony (Mancini et al., 1965) with standard solutions of proteins and also other milk proteins to see whether the polyclonal serum presented another immunity activity to other proteins. The specificity of the anti-Lf-camel and anti-IgG-camel activity was tested with controlled bovine polyclonal antibodies. Finally, the polyclonal serum was tested by immunoelectrophoresis (Leveux et al., 2005; El-Hatmi et al., 2006). After these tests, the methods used were determined to be adequate to describe variations in the Lf and IgG concentrations.

Lf Concentrations in Milk and Colostrum

The Lf concentration increased in spring milk. The main reason could be a better quality of pasture from March to June, but no data are available in the literature on the effect of feeding on camel's milk composition. Most of the animals sampled in the spring were probably at the beginning of lactation, when the protein content in milk is generally higher.

Some studies of the Lf content in camel's milk have shown different concentrations of this protein (Table 6). However, the authors have used different methods

for quantitative analyses and different units, and sometimes the analytical methods have not been clearly described. Thus, comparisons with our data were quite difficult most of the time, and some results could be debatable.

For example, to determine the Lf concentration in Bactrian camel's milk, Zhang et al. (2005) used SDS-PAGE and densitometry. All the results are presented as the percentage of total proteins. According to the authors, Lf represented between 2.35 and 7.28% of the total protein in the milk. Those results are quite different from our findings. Indeed, related to the total protein content of the Bactrian milk samples (results not presented), the Lf concentration represented 0.121 to 1.33% of total protein (mean = $0.424 \pm 0.217\%$). More generally, the Lf concentration in Bactrian camel's milk has rarely been studied. Our results showed that there was no significant difference between the Bactrian and Dromedary species. The Lf concentration seemed, on average, very high in milk from hybrids, but the variability was also more important than in pure species and the difference was not significant. In fact, the hybrid population was very heterogeneous. In Kazakhstan, 2 hybridizing schema are described (*Kurt-Nar* and *Kez-Nar*) according to the male sex in the Bactrian $\times$ Dromedary cross (Terenyev, 1975). In our sampling, no information on the hybridizing schema and generation (F_1 , F_2 , or F_3) was available.

Elagamy (2000) used laboratory methods similar to ours but did not refer to the same authors as those cited here. The Lf concentration in Dromedary camel's milk reported by Elagamy (2000) was somewhat lower than our results (0.170 vs. 0.209 mg/mL). According to recent results from El-Hatmi et al. (2006) using the same method as in the present study, the Lf concentration in Dromedary camel's milk from Tunisia was 0.140 ± 0.002 mg/mL, which is, on average, lower than our results (0.209 ± 0.135 mg/mL). In late-lactation Dromedary camel's milk, Kappeler et al. (1999) found a similar Lf concentration (0.22 mg/mL).

Camel's milk has been renowned for its rich Lf content, compared with cow's milk, since the data of El-Gawad et al. (1996) were published. According to those authors, the Lf concentration in raw camel's milk was higher (2.48 mg/mL) than in cow's milk (0.07 to 0.28 mg/mL, depending on the breed of cow). However, their data were based on HPLC analyses obtained with very few animals. Our results in the Dromedary camel (0.059 to 0.659 mg/mL) also appeared slightly higher but in a lower proportion. In a comparison published by Elagamy (2000), the Lf concentration in cow's milk (0.0767 ± 0.022 mg/mL) was also lower than in Dromedary camel's milk (0.170 ± 0.021 mg/mL). Those results differed slightly from the results of other authors, who showed

that the Lf concentration in cow's milk comprised only between 0.05 and 0.15 mg/mL (Rainard et al., 1982; Xiuyun and Yoshida, 1995), values that are closer to those observed by El-Hatmi et al. (2006) in the Dromedary camel. In the study by Kappeler (1998), the Lf concentration was, on average, 0.220 mg/mL in the camel and 0.140 in the cow.

The Lf content in colostrum is richer than that in mature milk in most species (Kappeler, 1998). El-Hatmi et al. (2006) found a range between 0.74 and 1.67 mg/mL in colostrum of the Dromedary camel from Tunisia, with a significant decrease in Lf concentration after d 8. Those values are comparable to our results (0.58 to 1.42 mg/mL), and we observed a similar change in the first week postpartum. Those values are considerably lower than those published by El-Gawad et al. (1996) of 5.10 mg/mL, on average, in 0- to 2-d camel's milk. Only Mahfouz et al. (1997) found more Lf in milk (1.42 mg/mL) than in colostrum (0.13 mg/mL).

In the Bactrian camel, Zhang et al. (2005) found a Lf concentration in colostrum of between 2.88 and 4.82% of total proteins. In our results it was between 0.32 and 2.43% (mean 1 ± 0.73), which is quite different.

The Lf concentration in camel colostrum (0.586 to 1.422 mg/mL in our results) seemed comparable to that in cow's colostrum: 0.64 to 4.2 mg/mL (El-Gawad et al., 1996). According to different authors cited by El-Hatmi et al. (2006), the Lf concentration in cow's colostrum constituted between 1.0 and 4.0 mg/mL.

IgG Concentration in Milk and Colostrum

The IgG concentration in milk was higher in the winter. The main calving season was between January and March or April. At the beginning of lactation, the milk is known to be richer in IgG even if the colostrum is not taken into account, as in our study. The regular decrease in IgG concentration could probably not be linked only to a dilution effect by increasing milk production in the spring, compared with the winter. First, the dairy yield was low throughout the year, especially for the Bactrian camel. Second, the more favorable seasons were spring and autumn, but the lowest concentrations were found in summer. No seasonal variation of IgG concentration was reported in published papers on camel's milk.

Like Lf, the importance of IgG in camel's milk has been emphasized by many authors to explain the health effects of camel's milk (Sawaya et al., 1984; Elagamy et al., 1992; Farah, 1993; Konuspayeva et al., 2004). The IgG concentration is very high after parturition. In a previous study of the Tunisian camel (El-Hatmi et al., 2006), the IgG concentration at the first milking was between 11.8 and 211.1 mg/mL (mean 100.7 ± 60.4

mg/mL), which is comparable to the 132.5 mg/mL found in the only milk sample obtained at the first milking in our survey. This concentration fell sharply but the level stayed above 4.82 mg/mL at d 7. This trend was similar to those described by El-Hatmi et al. (2006) and Elagamy (1998). Of course, our results were obtained from different animals, in contrast to those in the references mentioned. However, our results are consistent with other data published on camel colostrum (Ungar-Waron et al., 1987). On average, the IgG concentration in camel colostrum seemed to be higher than that in other species (El-Hatmi et al., 2006). In the Bactrian camel, Zhang et al. (2005) mentioned that IgG represented 0.90 to 2.52% of the total proteins from d 1 up to d 7. In our results, the IgG was between 6.6 and 49.1% (mean $19.5 \pm 17.1\%$) of the total protein. The results of Zhang et al. (2005) could be debatable, possibly because of a misreading of the SDS-PAGE owing to the segmentation into H and L chains of IgG.

In the study by Elagamy (2000), the IgG concentration in late-lactation camel's milk was higher than that in our results (2.217 vs. 0.718 mg/mL). In any case, those values appeared higher than the IgG concentration observed in cow's milk: 0.520 ± 0.064 mg/mL (Elagamy, 2000). In the Bactrian camel, the IgG concentration was 0.65 to 1.60% of total protein (Zhang et al., 2005), comparable to our data (0.61 to 2.97%; mean $1.24 \pm 0.53\%$).

Lf and IgG Correlation

To our knowledge, no data showing the correlation between Lf and IgG in camel's milk is available in the literature. The observed correlation in our results was significant, but some milk samples were rich in both Lf and IgG. Those rare milk samples allowed us to build a regression line, but with a high error type. Most of those samples were spring milk from the Bactrian breed at Atyrau, close to the Caspian Sea. Omission of those outstanding points led to a lower correlation coefficient (0.34), which is at the limit of the significant level. It is probably more convenient to consider different types of milk with high concentrations of Lf and IgG compared with poor milk (low concentrations of both proteins), as we proposed.

Lf and IgG in Shubat

The fermentation process leads to the degradation of proteins in the milk. In Kazakhstan, traditionally the milk is not heated before the fermentation process. Thus, the observed degradation cannot be attributed to heat denaturation. Elsewhere, the ring-shaped precipitates observed with *shubat* samples were very pale,

which is characteristic of proteolysis, as has been observed in comparison with heat-treated samples (Levieux et al., 2005). In *shubat*, Lf and IgG are probably mainly hydrolyzed into polypeptides with similar antigenic properties as the original protein. This degradation is increased with the age of the *shubat*. Moreover, the technology for *shubat* fermentation is neither controlled nor standardized. Thus, the degree of fermentation is not known (i.e., the importance of the protein hydrolyzing). With the method of Mancini et al. (1965) for SRID, the antibodies, and the standards used in the current study, it was not possible to take in account the content of polypeptides and to differentiate them from the original proteins. The values obtained in some samples from our study could be attributed to "young" *shubat* at the beginning of the protein degradation process. No data on this process are available in the literature.

CONCLUSIONS

Lactoproteins such as Lf and IgG are known as health factors that play an important role for milk consumers. In particular, camel's milk, which is consumed in many countries (such as Kazakhstan) for its medicinal virtues, is renowned for being richer in some lactoproteins compared with cow's milk. In fact, the concentrations of Lf and IgG in camel's milk seem to be only slightly higher than those in other milks. However, this quantitative difference does not explain the highly renowned quality of camel's milk. The quantity of those proteins is probably not the only aspect particular to camel's milk. Other proteins such as lysozyme, lactoperoxidase, and growth factors could be linked to its health effects.

Our results showed that the difference between Bactrian and Dromedary camel's milk was not clear with our observational design, and that the seasonal effect was more important than other variation factors. The seasonal effect is a complex factor that includes a camel's physiological status and feeding. However, these results are a first step toward explaining the observed variability in camel's milk.

ACKNOWLEDGMENTS

The study was supported by the French Ministry of Foreign Affairs (ECONET Programme) and by the French Embassy at Almaty (Kazakhstan). We thank also the Kazakh farmers for their continuing hospitality.

REFERENCES

- Barbour, E. K., N. H. Nabbut, W. M. Frerichs, and H. M. Al Nakhl. 1984. Inhibition of pathogenic bacteria by camel's milk: Relation to whey lysozyme and stage of lactation. *J. Food Prot.* 47:838-840.

- Benkerroum, N., M. Mekkaoui, N. Bennani, and K. Hidane. 2004. Antimicrobial activity of camel's milk against pathogenic strains of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*. *Int. J. Dairy Technol.* 57:39–43.
- Duhaiman, A. S. 1988. Purification of camel's milk lysozyme and its lytic effect on *E. coli* and *Micrococcus lysodeikticus*. *Comp. Biochem. Physiol.* 91b:793–796.
- Elagamy, E. I. 1998. Camel's colostrums: Antimicrobial factors. Pages 227–232 in *Proc. Workshop Dromedaires et chameaux, animaux laitiers*. P. Bonnet, ed. CIRAD, Montpellier, France.
- Elagamy, E. I. 2000. Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: A comparison with cows' and buffalo milk proteins. *Food Chem.* 68:227–232.
- Elagamy, E. I., R. Ruppanner, A. Ismail, C. P. Champagne, and R. Assaf. 1992. Antibacterial and antiviral activity of camel's milk protective proteins. *J. Dairy Res.* 59:169–175.
- Elagamy, E. I., R. Ruppanner, A. Ismail, C. P. Champagne, and R. Assaf. 1996. Purification and characterization of lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme and immunoglobulins from camel's milk. *Int. Dairy J.* 6:129–145.
- El-Gawad, I. A., E. M. El-Sayed, M. B. Mahfouz, and A. M. Abd El-Salam. 1996. Changes of lactoferrin concentration in colostrum and milk from different species. *Egypt. J. Dairy Sci.* 24:297–308.
- El-Hatmi, H., A. Leveux, and D. Leveux. 2006. Camel (*Camelus dromedarius*) immunoglobulin G, α -lactalbumin, serum albumin and lactoferrin in colostrum and milk during the early post partum period. *J. Dairy Res.*, doi:10.1017/S0022029906001713.
- Farah, Z. 1993. Composition and characteristics of camel milk. *J. Dairy Res.* 60:603–626.
- Ikaka, R., and R. Gentleman. 1996. A language for data analysis and graphics. *J. Comput. Graph.* 5:299–314.
- Kappeler, S. R. 1998. Compositional and structural analysis of camel milk proteins with emphasis on protective proteins. PhD thesis no. 12947, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, Switzerland.
- Kappeler, S. R., R. Ackerman, Z. Farah, and Z. Puhon. 1999. Sequence analysis of camel (*Camelus dromedarius*) lactoferrin. *Int. Dairy J.* 9:481–486.
- Konuspayeva, G., and B. Faye. 2004. A better knowledge of milk quality parameters: A preliminary step for improving the camel milk market opportunity in a transition economy—The case of Kazakhstan. Pages 28–36 in *Proc. Intl. Conf. "Saving the Camel and Peoples' Livelihoods"*, Sadri, Rajasthan, India, Nov. 23–25, 2004. LPPS Publ., Sadri, India.
- Konuspayeva, G., G. Loiseau, and B. Faye. 2004. La plus-value "santé" du lait de chamelle cru et fermenté: L'expérience du Kazakhstan. Pages 47–50 in *Proc. 11th Rencontre autour des Recherches sur les Ruminants*, Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, Dec. 8–9, 2004. Institut d'Elevage, Paris, France.
- Leveux, D. 1991. Dosage des IgG du lait de vache par immunodiffusion radiale semi-automatisée, pour la détection du colostrum, des laits de mammites ou de fin de gestation. I. Mise au point du dosage. *Lait* 71:327–338.
- Leveux, D., A. Leveux, H. El-Hatmi, and J. P. Rigaudière. 2005. Immunochemical quantification of heat denaturation of camel (*Camelus dromedarius*) whey proteins. *J. Dairy Res.* 72:1–9.
- Mahfouz, M. B., E. M. El-Sayed, L. A. El-Gawad, H. El-Etriby, and A. M. Abd El-Salam. 1997. Structural studies on colostrum and milk lactoferrin from different species. *Egypt. J. Dairy Sci.* 25:41–53.
- Mancini, G., A. O. Carbonara, and J. F. Heremans. 1965. Immunochemical quantification of antigens by single radial immunodiffusion. *Immunochemistry* 2:235–254.
- Qian, Z. Y., P. Jollès, D. Migliore-Samouir, and A. M. Fiat. 1995. Isolation and characterization of sheep lactoferrin, an inhibitor of platelet aggregation and comparison with human lactoferrin. *Biochim. Biophys. Acta* 1243:25–32.
- Rainard, P., B. Poutrel, and J. P. Caffin. 1982. Lactoferrin and transferrin in bovine milk in relation to certain physiological and pathological factors. *Ann. Rech. Vet.* 13:321–328.
- Sawaya, W. N., J. K. Khalil, A. Al-Shalhat, and H. Al-Mohammad. 1984. Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *J. Food Sci.* 49:744–747.
- Scheidegger, J. J. 1955. Une microméthode de l'immuno-électrophorèse. *Int. Arch. Allergy Appl. Immunol.* 7:103–110.
- Sharmanov, T. S., and A. K. Dzhangabylov. 1991. Medical Properties of Kumis and Shubat (in Russian). Gylm, Almaty, Kazakhstan.
- Statistical Agency of the Republic of Kazakhstan. 2006. Short Review of the Statistical Agency of the Republic of Kazakhstan: Social-economic Development of Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan.
- Terentyev, C. M. 1975. Camel Farming (in Russian). Kolos, Moscow, Russia.
- Ungar-Waron, H., E. Elias, A. Gluckman, and Z. Trainin. 1987. Dromedary IgG: Purification, characterization and quantification in sera of dams and newborns. *Israel J. Vet. Med.* 43:198–203.
- Xiuyun, Y. E., and S. Yoshida. 1995. Lactoperoxidase and lactoferrin: Changes in post partum milk during bovine lactational disorders. *Milchwissenschaft* 50:67–70.
- Zhang, H., J. Yao, D. Zhao, H. Liu, J. Li, and M. Guo. 2005. Changes in chemical composition of Aba Bactrian camel milk during lactation. *J. Dairy Sci.* 88:3402–3410.

FATTY ACIDS COMPOSITION OF DROMEDARY AND BACTRIAN CAMEL MILK IN KAZAKHSTAN

M Narmuratova, G Konuspayeva, G Loiseau, A Serikbaeva, Barouh Nathalie, Montet Didier and B Faye

Commentaire

Les études sur la composition d'acide gras ont été effectuées pendant le stage de Mlle Narmuratova (une collègue actuellement en thèse au Kazakhstan) et le mémoire de Master Mlle Lemarie dans le cadre de mon travail de thèse sur les mêmes échantillons du lait et shubat. Dans cet article, a été publiée une partie des résultats obtenus sur un sous-échantillonnage. Au cours de la réalisation de ce travail, nous avons rencontré des difficultés méthodologiques d'extraction de la matière grasse du lait, car les résultats ne s'avéraient pas répétables. Ce problème a été résolu par la suite, mais les résultats sur l'ensemble des échantillons n'ont pas encore été publiés. L'objectif de cet article était surtout de décrire dans le détail la composition et les proportions des acides gras, par rapport aux résultats peu nombreux disponibles dans la littérature. Nous avons confirmé la relative importance des acides gras mono-insaturés.

FATTY ACIDS COMPOSITION OF DROMEDARY AND BACTRIAN CAMEL MILK IN KAZAKHSTAN

M Narmuratova¹, G Konuspayeva², G Loiseau³, A Serikbaeva¹, Barouh Nathalie³,
Montet Didier³ and B Faye⁴

¹Agrarian University, 11 Ahar Avenue, 050008 Almaty, Kazakhstan, ²Kazakh National University Al-Farabi, 050078, Almaty, Kazakhstan, ³CIRAD-AMIS, Avenue du Val de Montferand, 34390, Montpellier Cedex, France

⁴CIRAD-EMVT, Campus International de Baillarguet, 34398, Montpellier Cedex, France

ABSTRACT

The fatty acid composition is probably linked to one of the health effects attributed to camel milk. In the present paper, the fatty acid compositions of dromedary camel, bactrian camel and hybrids are analysed in Kazakhstan where all these species cohabit. The results confirm the higher quantity of unsaturated fatty acids compared to cow milk. Palmitic acid, stearic acid, oleic acid and myristic acid are the most important part of the camel milk fat. As our sampling method included 3 variation factors (species, season, regions) with not more than one sample per case, only general trends were observed. The milk samples collected in summer, on bactrian camel and in the Caspian region (Atyrau, Aralsk) tend to be richer in long-chain fatty acids. At reverse, the milk samples taken in winter, on hybrids or dromedary and from the southern part of Kazakhstan seem richer in short-chain fatty acids.

Keywords: Camel, fatty acid, Kazakhstan, milk composition, milk fat.

The genus *Camelus* includes two species: the one-humped camel (*C. dromedarius*) and the bactrian two-humped camel (*C. bactrianus*). In Kazakhstan, these two species cohabit in the same areas and even in the same farms (Konuspayeva and Faye, 2004). This particularity allows comparing the milk composition of those animals reared in similar environment. Elsewhere, crude camel milk and fermented product (named *shubat*) were always an important food of Kazakh peoples. Especially *shubat* is renowned and used for some medicinal purpose (Djanguzbylov *et al*, 2000; Konuspayeva *et al*, 2004). The fatty acid composition of milk is one of the aspects linked to the discussion on the health effect of milk and milk products (Wahle and Heys, 2002). However, the fatty acid composition of camel milk is not well documented (Farah, 1996), especially in bactrian camel (Zhang *et al*, 2005). No recent data are available in Kazakhstan. The present study aims to present results on fatty acid composition in dromedary and bactrian camel living in the same areas of Kazakhstan and to compare the results with some references concerning camels in other countries.

Materials and Methods

Animals and milk samples

In order to have a high variability in fatty acid composition, the healthy animals were randomly

selected in 4 different regions of Kazakhstan during 4 different seasons where the whole 31 of milk samples were collected. The samples came from 4 farms : Daulet-Beket (Almaty region, n = 10), Sary-Arka (close to Shimkent in South-Kazakhstan region, n = 11), Aralkoum (close to Aralsk in Kyzylorda region, n = 4) and Tendik (Atyrau region, n = 6). The maximum distance between those farms was more than 2000 km.

The number of milk samples was balanced between winter (n = 8), spring (n = 7), summer (n = 8) and autumn (n = 8). The 31 milk samples included 11 bactrian camels, 10 dromedaries, 3 hybrids, and finally 3 mixed crude milks (bactrian and dromedary) and 4 fermented milks (got from mixed milk also).

Milk was collected at milking time at the end of milking. It was stored in ice-box up to the laboratory then frozen at -20°C up to the analysis.

Lipid analysis

Milk fat extraction

The milk fat was extracted from milk in liquid form by hexane. After formation of two-phases, the water phase was poured into another flask and the same quantity of a hexane was added. This procedure was repeated 3 times and the 3 organic phases were collected. Further, the hexane was removed by distillation with a rotavapor at 30°C. The mass of fat

SEND REPRINT REQUEST TO B FAYE

Table 1. Mean, standard-deviation, minimum and maximum of each fatty acid (in %) in camel milk and shubat (n = 31)

Fatty acids	N4	N6	N8	N10	N12	N14	N16	N16:1	N18	N18:1/9	N18:1/7	N18:2/6	N18:3	N20 N20:1	Res.
Mean	0.16	0.08	0.10	11.24	1.05	12.78	24.55	7.16	18.84	14.86	4.64	2.35	0.87	1.34	8.72
SD	0.29	0.09	0.10	18.08	0.52	5.94	11.74	3.56	8.83	11.26	4.97	1.33	0.14	0.00	11.60
Min	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	6.73	0.00	0.00	0.00	0.77	1.34	0.05
Max	0.95	0.28	0.31	89.13	2.310	28.62	42.041	17.55	38.35	36.930	26.50	5.64	0.97	1.34	31.15

obtained was about 1 gram. This fat was used for further analyses.

GC analysis for fatty acid composition

One gram of fat was dissolved in 5 ml hexane. Seventy-five μ l of the solution was placed under a nitrogen pump to remove hexane. Then a mixture of hexane and isopropanol (3/2, V/V) was added. One ml of a mixture of isopropanol (1 ml) with 36N sulfuric acid (200 ml) was added to the mixture. Then the mixture was placed into a oil bath at 100°C for 1 hour. Then, 1ml distilled water was added and incubated for 10 min in an ice bath. It resulted in a formation of an organic and a water phases. The organic phase was diluted by 2 ml hexane and used for further work. 0.5 μ l of the solution was analysed by gas-chromatography.

Fatty acid was analysed by GC (Carlo Erba 8000 Top) with a split injector (ratio 1/30), flame-ionisation detector and a fused silica capillary column SUPELCOWAX- 10 (30 m, 0.32 mm, id, 25 mm film thickness, Supelco, Bellafonte, USA). The column temperature was kept at 190°C for 4 min, then raised to 210°C at 4°C/min and held at 210°C for 15 min. The injector and detector temperatures were 250°C. Helium was used as carrier gas at flow rate of 2 ml/min.

The carrying out of the gas chromatography analysis gave the next composition of fatty acids:

- Saturated acids: butyric (C4), caproic (C6), caprylic (C8), capric (C10), lauric (C12), myristic (C14), palmitic (C16), stearic (C18), arachidic (C20)
- Mono-unsaturated acids: palmitoleic (C16:1), oleic omega 9 (C18:1/9), vaccenic omega 7 (C18:1/7)
- Poly-unsaturated acids: linoleic omega 6 (C18:2/6), linolenic acid (C18:3)

Butyric, caproic and caprylic acids were typical of few milk samples only.

Statistical analysis

As the objective is to have an idea of the variability of fatty acid composition with only at least one sample in each cell region, species and season, the variance analysis was not applicable. The analysis of

the fatty acid profiles was achieved with multivariate analysis (principal components analysis and cluster analysis). In order to compare the present results to those of the literature on camel milk, a principal components analysis was also achieved (meta-analysis) using the Winstat software (CIRAD ©).

Results

On average, according to standard-deviation (SD), the milk and shubat samples showed a high individual variability in the quantitative composition of fatty acids (Table 1). The main fatty acids in camel milk are C10, C14, C16, C18 and C18:1. It is remarkable to note that there is only a small amount of short chain fatty acids, usually very common in animal milks.

The main studied variation factors were the regions, the species and the season. As the number of samples in each cluster (region, species, season) is generally 1 only, the results expressed each factors separately.

Variations according to the regions

For each region (Almaty, Atyrau, Aralsk and Shymkent), some differences were observed and can be explained by a heterogeneous distribution of farms and different climatic conditions, but as the animal types (dromedary, bactrian and their hybrids) were not present in each region, the variation part can be due to species also (Table 2). The main features are: at Atyrau, the milk is richer in C16 and C18, at Shymkent in C10, in Aralsk in C14 and C18:1/9, and at Almaty in unsaturated fatty acids C18:1/7, C18:3 and C20. In all the cases, the richness in C18:2 is very important (18 to 27%).

Variations according to the species

The composition of fatty acids in bactrian milk seemed slightly different than to dromedary milk (table 3). Bactrian milk is richer in C14, C16 and C18:1(n-9) compared to dromedary milk which is richer in C10, C18 and C18:1(n-7). The hybrid milk composition is not really intermediate between bactrian and dromedary as we could expect. The hybrid milk is richer in C10:0 and C18:1.

Table 2. Centesimal fatty acid composition of camel milk from different regions of Kazakhstan

	Almaty	Atyrau	Aralsk	Shymkent
C 4:0	0.07	0.02	0.32	0.25
C 6:0	0.05	0.1	0.05	0.08
C 8:0	0.1	0.09	0.10	0.12
C 10:0	8.97	3.37	6.79	25.63
C 12:0	1.17	1.02	1.31	0.90
C 14:0	13.94	11.45	16.86	10.96
C 16:0	24.94	27.25	20.64	22.01
C 16:1	7.56	4.92	10.94	6.86
C 18:0	17.41	24.64	17.06	14.82
C 18:1(n-9)	11.35	18.07	21.86	12.01
C 18:1(n-7)	6.87	3.97	2.03	3.95
C 18:2	2.70	2.71	2.04	1.80
C 18:3	0.87	0	0	0
C 20:0, C20:1	1.34	0	0	0
Residues	15.60	5.53	0	4.54
Total	100	100	100	100

Table 3. Centesimal fatty acids composition of camel milk from different species in Kazakhstan

	Bact-rians	Dromedaries	Hybrids	Mixed crude milk
C 4:0	0.29	0.03	0.35	0.04
C 6:0	0.06	0.08	0.20	0.07
C 8:0	0.09	0.12	0.19	0.09
C 10:0	8.24	14.57	23.96	6.17
C 12:0	1.21	0.93	0.80	1.04
C 14:0	15.06	11.01	8.86	12.96
C 16:0	27.35	22.95	24.45	21.89
C 16:1	7.86	6.34	6.23	7.62
C 18:0	16.94	18.66	12.29	25.60
C 18:1(n-9)	16.91	12.52	16.76	14.19
C 18:1(n-7)	3.73	6.15	3.20	4.32
C 18:2	1.94	2.54	2.19	2.91
C 18:3	0	0.87	0	0
C 20:0, C20:1	0	1.34	0	0
Residues	1.61	16.72	0	7.82
Total	100	100	100	100

Variations according to the season

The fatty acid composition varied according to the season (Table 4). The content of unsaturated fatty acids decreased in winter. That is certainly due to the animal feed which is quite poor and composed mainly

Table 4. Centesimal fatty acids composition of camel milk harvested in different season in Kazakhstan

	Winter	Spring	Summer	Autumn
C 4:0	0.11	0.15	0.04	0
C 6:0	0.13	0.06	0.06	0.05
C 8:0	0.14	0.16	0.07	0.08
C 10:0	23.23	25.59	4.97	6.76
C 12:0	1.04	0.80	1.14	1.12
C 14:0	11.30	9.11	13.63	14.35
C 16:0	23.54	22.81	25.21	23.95
C 16:1	6.04	5.84	7.66	7.74
C 18:0	13.04	11.39	21.49	23.12
C 18:1(n-9)	16.17	14.41	18.15	10.60
C 18:1(n-7)	2.46	7.09	4.20	4.66
C 18:2	2.21	2.18	2.68	2.11
C 18:3	0	0.77	0	0.97
C 20:0, C20:1	0	1.34	0	0
Residues	2.30	0	2.291	15.15
Total	100	100	100	100

Table 5. Centesimal fatty acid patterns in the different types of camel milk identified by classification (N.B: Only one sample contained C18:3 and C20, it is not represented here)

	Types							
	1	2	3	4	5	6	7	8
C 4:0	0.12	0.34	0.01	0.05	0.72	0.04	0.00	0.62
C 6:0	0.00	0.11	0.07	0.13	0.00	0.06	0.00	0.18
C 8:0	0.00	0.18	0.08	0.19	0.00	0.05	0.00	0.28
C 10:0	8.44	58.06	5.94	2.20	7.52	3.56	8.56	14.50
C 12:0	1.72	0.72	0.84	1.20	0.00	0.99	1.70	1.58
C 14:0	21.24	5.39	10.31	14.61	6.80	10.42	22.35	18.54
C 16:0	0.00	13.03	27.84	33.15	26.26	26.43	38.51	32.18
C 16:1	14.19	3.26	6.42	8.33	6.32	1.93	11.63	8.30
C 18:0	36.08	6.05	17.28	16.43	15.43	37.73	11.10	7.90
C 18:1	0.00	9.43	25.07	17.75	27.72	2.57	0.00	12.24
C 18:1	8.03	1.76	3.65	3.20	9.23	5.73	3.39	2.13
C 18:2	5.64	1.06	2.53	2.38	0.00	3.35	2.75	1.55
Residues	4.53	0.00	0.00	0.33	0.00	7.15	0.00	0.00

*(n-9)

** (n-7)

of cellulose. It was noted the increasing of content in vaccenic (C18: n-7) in spring. The arachidic acid (C20) is only present in spring. The quantity of capric acid (C10) increased strongly in winter and spring and decreased highly in summer and autumn. The summer

milk is little bit richer in palmitic acid (C16) which remains anyway high all over the year. Stearic acid (C18) is higher in summer and autumn milks.

Fatty acid composition of shubat

The determination of fatty acid composition gave similar results in the five shubat samples (Fig. 1). Short chain fatty acids are absent in all samples. The content of miristic (C14), palmitic (C16), stearic (C18) and oleic (C18:1) acids were very high. Only one shubat sample (AL001 from Almaty region) contained a high quantity of a capric acid (C10). Linoleic acid (C18:2) was present in all shubat samples while it was absent in crude milk.

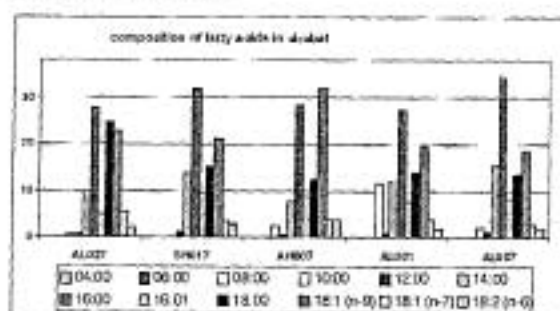


Fig 1. Centesimal fatty acid composition of fermented milk (shubat) from Almaty (AL), Aralsk (AR) and Shymkent (SH) regions

Multivariate analysis

The principal components analysis (PCA) allows giving a graphical representation of the correlation matrix. The figure 2 is a correlation circle expressing the projection of the variables (fatty acids) on the factorial plan (F1, F2) i.e., the main factors. Roughly, short chain fatty acids (C4, C6, C8) are correlated (they are in close relation in the correlation circle at the right-low part). Similarly, long chain fatty acids (C18, C18:1/7, C19:2) are also correlated. The fatty acids with medium chain (C12, C14, C16:1) are also correlated in opposition to C10 and C18:1 (n-9) (Fig 2).

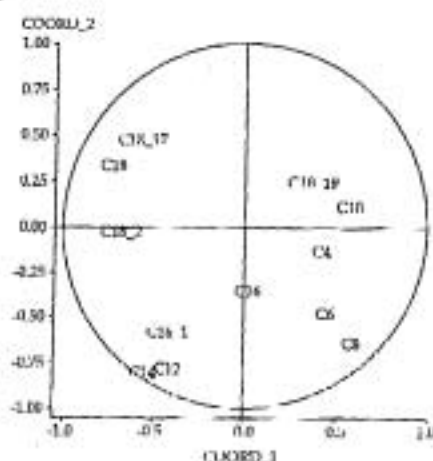


Fig 2. Correlation circle (F1, F2) obtained by the analysis of the 31 camels milk samples

After classification of the 31 camel milk samples (by ascending hierarchical classification method using usual Euclidian distance), 8 types of fatty acid patterns were identified. According to the results of correlation circle, it was easy to conclude that the type 1 was rich in C18:2, the type 2 in C10, the type 3 was mostly composed of milk with mean percentage of fatty acids except in C18:1 (n-9), the type 4 was a little bit richer in C16, the type 5 included samples particularly poor in C12 and C14, the type 6 was rich in C18 and C18:2, the type 7 in C16 and C14 and the type 8 in C12 (Fig 3).

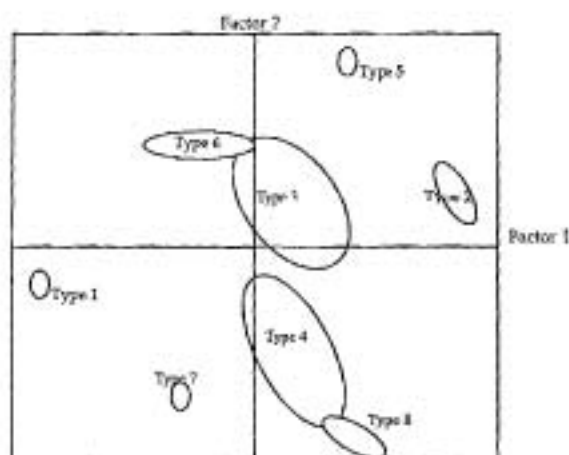


Fig 3. Graphical representation of the 8 camel milk types on the factorial plan (F1, F2).

The mean fatty acid patterns allowed to better understand the differences between the samples (Table 5).

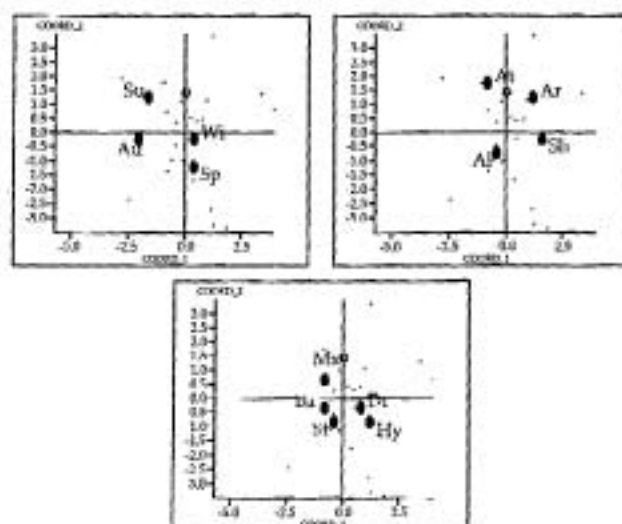


Fig 4. Projection of the different seasons (Su=summer; Wi=winter, Sp=spring; Au=autumn), regions (At=Atyrau; Ar=Aralsk; Al=Almaty; Sh=Shymkent) and species (Ba=bactrian; Dr=dromedary; Hy=hybrid; Mx=milk mixture; St=shubat) on the factorial plan

However, those patterns were not clearly linked to a region, a season or a species. Indeed, the projections of the variation factors on the factorial plan were closed to the gravity centre (Fig 4).

It seems anyway that season and region play a more important role in the variability of fatty acid composition than species. The milk samples from Atyrau or collected in summer were richer in long chain fatty acids. On the contrary, milk samples from Shymkent or collected in winter or from dromedaries or hybrids were richer in short chain fatty acids. The milk from Almaty or collected in autumn or from bactrian seemed richer in C16.

Discussion

The fatty acid composition of camel milk was not well documented. The most important review was proposed by Farah (1993). The comparison of the current results was difficult because the analytical methods were generally different and the variability due to environmental factors (feeding system, climate) or to physiological factors (stage of lactation, genetic differences) was rarely described (Zhang *et al*, 2005). However, the comparison of our results with those of the literature can be approached by a meta-analysis using principal components analysis.

The general fatty acid compositions given by Abu-Lehia (1989), Cardak *et al* (2003), Farah *et al* (1989), Jardali (1988), Mohamed (1990), Sharmanov *et al*, (1978), Gnan and Sheriha (1986) were closed to our results. Only the results of Gorban and Izzeldin (2001) were not correlated with the other observed patterns, mainly because those authors had determined other odd fatty acids as C5, C9, C11, C13, C15 (Fig 5).

Our results confirm that short-chain fatty acids (C4-C12) are present in small amounts in camel milk fat compared to those of cow's milk fat (Abu-Lehia, 1989). At the opposite, the concentration of long-chain fatty acids is relatively high. The unsaturated fatty acids are in wide concentration and represent as the whole, 303% of the fatty acids in bactrian camel and 275% in dromedary camel. Those results are correlated to the observations of Zhang *et al* (2005) made on bactrian camel and Gorban and Izzeldin (2001) made on dromedary camel.

The sampling design aimed to have a wide variability. So, it is not surprising to identify a great number of fatty acid patterns ($n=8$) in our study because the sampling method had maximised the variation factors and few samples were comparable. Therefore, only general trends could be observed. However, it was clear that the general composition in fatty acids was mainly under the influence of environmental conditions (here the region which was

the reflection of feeding conditions, and the season) than genetic factors. It was notable for example that bactrian milk was not very different than dromedary milk.

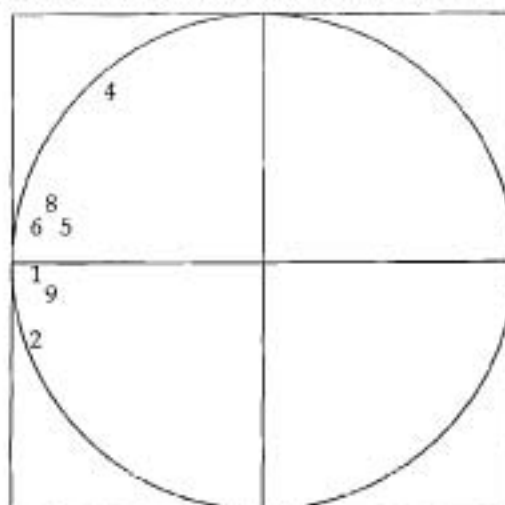


Fig 5 Correlation circle obtained by the analysis of fatty acid composition of camel milk published by Abu-Lehia (1), Cardak (2), Farah (3), Gorban (4), Jardali (5), Mohamed (6), Sharmanov (7), Gnan and Sheriha (8) and our results (9)

No data were available in the literature about shubat fat composition. The main feature is the disappearing of short chain fatty acid as butyric acid and sometimes caproic and caprylic acid, and the presence of linoleic acid which was not observed in crude milk. In addition, the relative high quantity of oleic acid could support the idea of the health effect attributed to shubat fat. That could be interesting to study the metabolism of lactic acid bacteria and to see if these bacteria have an influence on the shubat lipid composition.

Conclusion

Our results obtained on the fatty acid composition of camel milk fat from Kazakhstan are comparable to results of the literature, in particular the highest content of unsaturated fatty acids of these milks compared to cow milk. However, a high variability is observed between the animals, even if the variation factors like genetic (dromedary, bactrian and hybrids), season or region seem to have a low effect in the context of the present study. More information is needed on the physiological status of the animals and of the bacteria involved in shubat fermentation to achieve a convenient conclusion.

Acknowledgement

The authors would like to thank the French Ministry of Foreign Affairs and the French Embassy at Almaty (Kazakhstan) for their support in this project through the ECUNET programme.

References

- Abu-Lehia IH (1989). Physical and chemical characteristics of camel milk fat and its fractions. *Food Chemistry* 34:261-271.
- Cardak AD, Yetismeyen A and Brückner H (2003). Quantitative comparison of free fatty acids in camel goat and cow milk. *Milchwissenschaft* 58:127-130.
- Djangabylov AK, Bekishev AC and Mamirova TN (2000). Medicinal properties of camel milk and shubat. *Proceedings of 2nd International Camelid Conference, Agroecconomics of camelid farming, Agromercur publ Almaty Kazakhstan*. p100.
- Farah Z, Streiff T and Bachmann MR (1989). Manufacture and characterisation of camel milk butter. *Milchwissenschaft* 44:412-414.
- Farah Z (1993). Composition and characteristics of camel milk-Review article. *Journal of Dairy Research* 60:603-626.
- Farah Z (1996). Camel Milk: Properties and Products SKAT-Verlag St Gallen, Switzerland.
- Gnan SO and Sheriha AM (1986). Composition of Libyan camel's milk. *Australian Journal of Dairy Technology* 41:33-35.
- Gorban AMS and Izeldin OM (2001). Fatty acids and lipids of camel milk and colostrum. *International Journal of Food Science and Nutrition* 52:283-287.
- Jardali Z (1988). Contribution à l'étude de la composition du lait de dromadaire Dipl Etude Approf 1-88. *Inst National Polytech Vandoeuvre-lès-Nancy F*.
- Konuspayeva G, Loiseau G and Faye B (2004). La plus-value « santé » du lait de chamelle cru et fermenté : l'expérience du Kazakhstan. *Renc Rech Ruminants* 11:47-50.
- Konuspayeva G and Faye B (2004). A better knowledge of milk quality parameters: A preliminary step for improving the camel milk market opportunity in a transition economy - The case of Kazakhstan. *International Conference on 'Saving the camel and peoples' livelihood' Sadri (India) 23-25 November*. pp 28-36.
- Mohamed MA (1990). Camel milk: chemical composition characterisation of casein and preliminary trial of cheese-making. PhD Dissertation, *Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, Sweden*.
- Sharmanov TSh, Kadyrova RK, Shlygina OE and Zhaksylykova RD (1978). Changes in the indicators of radioactive isotope studies of the liver of patients with chronic hepatitis during treatment with whole camels' and mares' milk. *Voprosy Pitaniya* 1:9-13.
- Sellberger H, Schaefer W, Collomb M, Radetscher R, Bückner U and Sieber R (2004). Beitrag zur kenntnis der zusammensetzung von ziegenmilch schweizerischer herkunft. *ALP Science* 473:1-16.
- Wahle KW and Heys SD (2002). Cell signal mechanisms conjugated linoleic acids (CLAs) and anti-tumorigenesis. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 67:183-186.
- Zhang H, Yao J, Zhao D, Liu H and Guo M (2005). Changes in chemical composition of Alxa bactrian camel milk during lactation. *Journal of Dairy Science* 88:3402-3410.

Discussion

I - Dispositif d'échantillonnage

Comme cela a déjà été évoqué, le dispositif de prélèvements des échantillons de lait, de shubat et de colostrum de chamelle dans différentes régions, à différentes saisons, en provenance des espèces de grands camélidés, n'a pas pu être accompli selon le plan initialement prévu compte-tenu des contraintes décrites dans la partie « Matériels et Méthodes ».

Au-delà des insuffisances du dispositif, certaines données sont manquantes, à cause de différentes difficultés techniques : absence au Kazakhstan de réactifs ou d'appareils de mesure, conditions de conservation des échantillons pendant les voyages entre le Kazakhstan et la France pouvant modifier certains paramètres, indisponibilité des appareillages.

Par ailleurs, les contraintes de terrain, n'ont pas pu permettre d'obtenir des informations zootechniques fiables, en particulier l'âge des chameaux, le statut sanitaire et le stade physiologique. Un autre point important, est le manque d'information sur le niveau d'hybridation des chameaux pour les échantillons de lait d'hybrides.

Cependant, dans les conditions du Kazakhstan, les mises bas ont lieu presque toutes au printemps. Aussi on peut considérer que l'effet stade de lactation peut être en grande partie corrélé à l'effet « saison ». Il reste cependant que l'effet n'a pas pu être pris en compte, dans l'interprétation de nos résultats.

Pour le traitement des données, le déséquilibre du dispositif de prélèvements conduisant à des situations non renseignées (par exemple absence de certains types de prélèvements en hiver ou dans telle région), il a été impossible de prendre en compte tous les effets en même temps et de tester toutes les interactions. Pour le traitement des données, la normalité de chaque variable a été testée mais aucune variable (à l'exception du paramètre urée) n'a du subir une transformation pour la normaliser.

II - Méthodes de laboratoire

Parmi les méthodes mises en œuvre dans le présent travail, l'acidité Dornic et l'acidité Thurner ont mis en évidence la même chose. La méthode Dornic est reconnue par toutes les organisations internationales comme méthode de référence

(FAO, FIL/IFD), alors que la méthode Thurner demeure la référence dans l'ancien territoire de l'URSS. Afin de comparer les résultats avec les données de la littérature, nous avons choisi de réaliser les deux analyses. Nous avons pu constater que les coefficients de corrélation, $r^2 = 0,98514$ entre Dornic et Thurner et $r^2 = 0,98515$ entre Thurner et Soxhlet-Heinkel sont hautement significatifs. Il est donc acceptable de ne prendre en compte dans les analyses statistiques qu'une seule méthode, la méthode Dornic, reconnue par la FIL comme méthode de référence. Les résultats obtenus avec la méthode Dornic, ont pu par la suite être attribués à ceux obtenus avec la méthode Thurner.

Pour le dosage des matières grasses dans nos travaux, nous avons utilisé un appareil LACTAN équivalent du Milko-Scan (société, pays), et les résultats ont été comparés à la méthode de Gerber sur une partie des échantillons. Les valeurs obtenues étant quasiment identiques, nous avons retenu les données issues de l'appareil LACTAN sur l'ensemble de nos échantillons.

En revanche, pour le dosage des protéines par titration avec le formaldéhyde (« prot »), méthode de référence dans industrie laitière soviétique (et uniquement pour le lait de vache), on n'a pas pu confirmer sa pertinence par rapport à la méthode de référence micro-Kjeldhal (« MAT »). C'est pour cette raison que dans toutes les analyses statistiques, nous avons utilisé les données MAT et non pas prot.

Pour le dosage du lactose, nous avons utilisé la méthode de référence de Bertrand. Mais du fait de difficultés techniques, pour une partie des échantillons, nous avons utilisé le kit-enzymatique du commerce (kit UV-method, Enzymatic BioAnalysis/Food Analysis, Cat. No 10 176 303 035, Boehringer Mannheim distribué par R-Biopharm France 69). Pour pouvoir s'assurer de la qualité des résultats, nous avons ré-analysés certains des échantillons mesurés avec la méthode de Bertrand. N'ayant pas observé de différence de résultats, nous les avons considérés comme étant analysés avec la même méthode.

L'ammoniaque est un indicateur de la qualité sanitaire du lait. En effet comme métabolite de l'activité microbienne, sa quantité est proportionnelle à la charge microbienne. Sa présence témoigne donc de l'état de conservation des échantillons. C'est le cas notamment, des échantillons conservés à des températures trop élevées avant analyse ou ayant subi une rupture de la chaîne du froid pendant les transports.

L'urée est considérée comme un indicateur du statut nutritionnel protéique et sa teneur, au moins dans le lait de vache, est proportionnelle à celle du sang. Chez la

vache laitière, si la ration est riche en énergie, la synthèse protéique est stimulée. Par contre, un excès de protéines alimentaires n'augmente pas le taux protéique (TP) mais augmente le taux d'azote non protéique, en particulier le taux d'urée. Le taux d'urée peut donc être utilisé comme un indicateur d'une surnutrition protéique (Godden *et al.*, 2001). Une forte concentration d'urée dans le lait peut aussi témoigner d'une sous-nutrition protéique sévère conduisant à un catabolisme protéique (fonte musculaire). De telles hyperurémies ont été observées chez le chamelon en situation de fort déficit protéique (Faye *et al.* 1992).

Le taux d'urée dans le lait de vache est en général compris entre 0,3 à 0,4 g/L, alors que dans nos échantillons de lait de chamelle, il est de 0,0 à 0,29 g/L. Notons que le métabolisme azoté est sensiblement différent chez la chamelle chez qui le recyclage de l'urée est bien plus important que chez les autres ruminants (Orskov et Whitelaw, 1989).

III - Composition du lait de chamelle

III.1. - Comparaison globale avec les données de la littérature

Les sources bibliographiques sur la composition globale du lait de chamelle sont relativement peu nombreuses. Sans prétendre à l'exhaustivité, nous nous en sommes approchés en listant toutes les références disponibles dans les différentes bases de données internationales. Nous en avons répertorié 82, listées dans le tableau ci-après (Tableau 1). La référence la plus ancienne est celle de Barthe en 1905. Pour chaque référence, nous avons mentionné le pays d'origine lorsqu'il était disponible.

Tableau 1. Composition du lait de chamelle selon les sources bibliographiques disponibles dans le monde entier (%).

#	Référence	MG	MP	L	MS	C	Pays
1	Barthe, 1905	5,38	2,98	3,26	12,39	0,70	ND
2	Leese, 1927	2,90	3,70	5,80	13,00	0,60	Afrique de l'Est
3	Davies, 1939	3,07	4,00	5,60	13,47	0,80	ND
4	Lampert, 1947	3,02	3,60	5,20	12,42	0,70	ND
5	Khersakov, 1953	4,47	3,50	5,00	13,67	0,70	URSS
6	Yasin et Wahid, 1957	2,90	3,70	5,80	13,30	0,70	Pakistan
7	Ohris et Jushi, 1961	3,78	3,95	4,88	13,57	0,95	Inde
8	El-bahay, 1962	3,80	3,50	3,90	12,00	0,80	Egypte
9	Singh, 1962	2,90	3,90	5,40	13,00	0,80	Inde
10	Davies, 1963	3,00	3,90	5,50	13,20	0,80	Egypte
11	Khan et Appana, 1965	3,08	3,80	5,40	12,98	0,70	Inde

12	Jenness et Sloan, 1969	4,50	3,60	5,00	13,10	0,70	ND
13	Kon, 1972	4,20	3,70	4,10	12,80	0,80	Pakistan
14	Knoess, 1976	5,50	4,50	3,40	14,40	0,90	Egypte
15	Atherton et Newlander, 1977	5,38	2,98	3,26	11,62	0,70	Arabie Saoudite
16	Knoess, 1977	5,50	4,50	3,40	14,30	0,90	Ethiopie
17	Knoess, 1979	4,30	4,60	4,60	14,10	0,60	Ethiopie
18	Elamin, 1980	4,00	3,60			0,80	Soudan
19	Yagil et Etzion, 1980	3,90	4,90	5,00	13,80	0,63	Israël
20	Mukasa-Mugerwa, 1981	4,33	4,02	4,21	13,36	0,79	Arabie Saoudite
21	Daesai <i>et al</i> , 1982	3,20	2,70	4,20	9,80	0,60	ND
22	El-Agamy, 1983	2,90	3,70	5,80	13,10	0,70	Egypte
23	Hjort et Dahl, 1984	5,40	3,00	3,30	13,70	0,70	Somalie
24	Sawaya <i>et al</i> , 1984	3,60	2,95	4,40	11,74	0,79	Arabie Saoudite
25	Gnan et Sheriha, 1986	3,30	3,30	5,61	13,03	0,82	Lybie
26	Abdel-Rahim, 1987	3,20	4,00	4,80	13,40	0,70	Pakistan
27	Abu-Leiha, 1987	3,31	2,68	4,67	11,29	0,80	Arabie Saoudite
28	Bachmann et Schulthess, 1987	4,60			15,40		Kenya (Somali)
29	Bachmann et Schulthess, 1987	3,60			11,20		Kenya (Rendille)
30	Hassan <i>et al</i> , 1987	3,50	2,50	3,90	11,00	0,80	Afrique de l'Est
31	Ellouze et Kamoun, 1988	3,55	2,29	4,69	11,40	0,90	Tunisie
32	Abu-Leiha <i>et al</i> , 1989	3,80	4,00	5,50	14,20	0,80	Afrique de l'Est
33	Farah et Rüegg, 1989	3,15	3,11	5,24	12,20	0,80	Kenya
34	Mehia <i>et al</i> -Kahnal, 1989	3,24	3,35	4,52	11,91	0,80	Arabie Saoudite
35	Mohamed <i>et al</i> , 1989	4,60	3,30		13,00	0,60	Somalie
36	Taha et Keilwein, 1989	5,22	3,19	5,00	14,50	0,80	Egypte
37	Abu-Leiha, 1990	3,83		4,00	13,66	0,85	Arabie Saoudite
38	Bayoumi, 1990	3,60	3,27	5,53	13,20	0,80	Egypte
39	Jardali et Ramet, 1991	3,70	3,45	4,62	12,63	0,74	Afrique de l'Est
40	Elamin et Wilcox, 1992	3,15	2,81	4,16	10,95	0,83	Arabie Saoudite
41	Farag et Kabary, 1992	3,90	3,10	4,47	12,36	0,80	Egypte
42	Mehia, 1994	3,50	2,80	4,60	11,69	0,79	Arabie Saoudite
43	Mehia <i>et al</i> , 1995	2,85	2,52	4,46	10,63	0,80	Arabie Saoudite (Hamra)
44	Mehia <i>et al</i> , 1995	2,46	2,36	4,44	10,07	0,81	Arabie Saoudite (Wadah)
45	Mehia <i>et al</i> , 1995	3,22	2,91	4,43	11,35	0,79	Arabie Saoudite (Majaheim)
46	Mehia, 1996	0,28	3,22	4,45	8,64	0,69	Arabie Saoudite
47	Field <i>et al</i> , 1997	5,70	3,00	2,40		0,80	Kenya
48	Abu-Leiha, 1998	3,20	3,20	4,95	12,15		Jordanie
49	El-Agamy, 1998	3,95	3,26	4,74	12,80	0,85	Egypte
50	Gnan <i>et al</i> , 1998	2,58	2,15	4,83			Lybie
51	Indra et Erdenebaatar, 1998	6,40	4,80	4,70		0,80	Mongolie
52	Kamoun, 1998	3,76	3,43		12,13	0,81	Tunisie
53	Karue, 1998	5,60	3,42	3,65	12,14	0,86	Kenya
54	Larsson-Raznikiewicz ; Mohamed, 1998	4,60	3,00		13,10	0,60	Somalie
55	Mehaia, 1998	3,90	2,54	4,71	11,94	0,79	Arabie Saoudite
56	Ramdaoui et Obad, 1998	2,74	3,36	4,19	11,14	0,86	Maroc
57	Wangoh <i>et al</i> , 1998	4,20	3,08	4,18	12,66	0,79	Kenya (Somali)
58	Wangoh <i>et al</i> , 1998	4,81	3,31	4,28	13,44	0,83	Kenya (Turkana)
59	Wangoh <i>et al</i> , 1998	4,29	3,13	4,05	12,45	0,82	Kenya (S x T)
60	Zhao, 1998	5,54	4,08	5,50	16,08	0,91	Chine (Bactriane)
61	Zhao, 1998	5,50	3,87	4,34	14,68	0,97	Chine (Bactriane)
62	Zhao, 1998	4,15	3,45	4,55	8,85	0,70	Chine (Dromadaire)
63	Zia-Ur-Rahman et Haq, 1998	5,22	2,68	4,30	10,40	0,73	Pakistan I

64	Zia-Ur-Rahman et Haq, 1998	3,50	4,00	3,26	13,30	0,83	Pakistan II
65	Zia-Ur-Rahman et Haq, 1998	4,50	3,00	4,10	11,10	0,78	Pakistan III
66	Zia-Ur-Rahman et Strateb, 1998	2,85	2,67		9,07		Pakistan
67	Dell'Orto, 2000	2,56	3,19				Valeur générale
68	Guliye <i>et al</i> , 2000	3,39	2,79	4,81	11,50	0,77	Kenya
69	Serikbayeva et Toktamysova, 2000	5,17	4,45	4,82	15,51	0,68	Kazakhstan
70	Sharmanov et Zhangabylov, 1991		4,32	11,24	14,50		Kazakhstan
71	Urbisinov, 1992	5,10	4,26	3,84	14,35		Kazakhstan
72	Seitov, 2005	4,47	3,50	4,95	13,62		Kazakhstan
73	Attia <i>et al</i> , 2001	1,20	2,81	5,40	9,61	0,99	Tunisie
74	Indra <i>et al</i> , 2001	3,54	2,64		12,22		Pakistan
75	Indra <i>et al</i> , 2003	5,45	4,43	4,76	15,54	0,90	Mongolie B
76	Indra <i>et al</i> , 2003	4,47	3,53	4,95	13,64	0,70	Mongolie D
77	Sela <i>et al</i> , 2003	2,61	2,69	4,61		0,78	Israël
78	Wernery, 2003	3,50	3,35	4,75	10,75		UAE
79	Raghvendar <i>et al</i> , 2004	2,30	2,3	4,05	9,50		Inde
80	Kouniba <i>et al</i> , 2005	2,65	3,25	4,05	10,80	0,83	Maroc
81	El-Hatmi <i>et al</i> , 2006	3,00	3,1	4,20		1,05	Tunisie
82	Gran <i>et al</i> , 1990	2,58	2,15	4,83			Lybie

MS = matière sèche ; L = lactose ; MG = matière grasse ; MP = matière protéique ; C = cendre ; ND = non déterminé ; entre parenthèses sont mentionnées les races ou types des animaux.

Selon ce tableau, la teneur moyenne en matière grasse (MG) est de $3,82 \pm 1,07\%$, la médiane est de 3,68%, et les données varient entre 0,28% à 6,40%. Pour la teneur en matière protéique (MP), la moyenne est de $3,36 \pm 0,62\%$, la médiane de 3,32% et les valeurs varient de 2,15% à 4,90%. Pour la teneur en lactose (L) les données varient entre 2,40% à 5,80%, avec une moyenne de $4,56 \pm 0,65\%$ et une médiane de 4,56%. Le lait de chamelle contient $12,50 \pm 1,52\%$ de matière sèche (MS), variant entre 8,64% à 16,08% selon les auteurs avec une médiane de 12,44%. Pour la quantité de cendres (C) les données varient entre 0,60% à 1,05%, avec une moyenne de $0,78 \pm 0,08\%$ et une médiane de 0,79%.

III.1.2. - Méta-analyse des références bibliographiques sur la composition du lait de chamelle dans le monde

Afin de disposer d'une vision synthétique, une méta-analyse basée sur une analyse en composantes principales (ACP) est proposée. Pour cette analyse, nous avons pris en compte les 82 références et les paramètres chimiques globaux cités. En cas de données manquantes, nous avons remplacé celles-ci par la valeur moyenne de la colonne. La représentation graphique du nuage des individus ainsi obtenu montre une structure bien répartie dans l'espace attestant d'une assez grande variabilité des données disponibles. On note cependant une difficulté de représentation et de compréhension des données. Afin de faciliter cette

interprétation, nous avons procédé à des regroupements d'informations sur l'origine géographique et les années.

- Par zones géographiques

Le nombre de références par pays n'étant pas équilibré dans la base des données, nous avons donc regroupé les sources par grandes zones géographiques, à savoir l'Afrique de l'Est (AE), l'Afrique du Nord (AN), le Proche-Orient (PO), l'Asie (AS), le sous-continent indien (IN) auxquelles s'ajoute le groupe des pays non déterminés (Figure 1). A noter que l'on ne dispose pas de références clairement originaires d'Afrique de l'Ouest

La projection des centres de gravité des différentes zones géographiques sur le nuage des individus issus du plan factoriel principal de l'ACP, indique qu'en moyenne, la composition du lait de chamelle en Asie et en Afrique de l'Est se distingue des autres zones géographiques. La comparaison des moyennes et écart-types corrobore ces différences (Tableau 2).

Tableau 2. Composition moyenne (moyenne et écart-type) des laits par zone géographique

Zone	MG	MP	MS	L	C
	M et ET	M et ET	M et ET	M et ET	M et ET
Asie	4,94 ± 0,78	4,02 ± 0,47	13,86 ± 1,97	4,73 ± 0,42	0,79 ± 0,10
Afrique de l'Est	4,52 ± 0,80	3,37 ± 0,52	12,94 ± 1,11	4,18 ± 0,72	0,76 ± 0,09
Afrique de Nord	3,37 ± 1,01	3,19 ± 0,60	12,41 ± 1,22	4,75 ± 0,67	0,84 ± 0,08
Inde	3,52 ± 0,85	3,30 ± 0,64	11,93 ± 1,63	4,58 ± 0,74	0,78 ± 0,07
Proche Orient	3,31 ± 1,03	3,10 ± 0,62	11,65 ± 1,29	4,45 ± 0,40	0,78 ± 0,05
Pas déterminé	3,53 ± 0,81	3,43 ± 0,53	12,53 ± 1,22	4,77 ± 0,77	0,72 ± 0,07

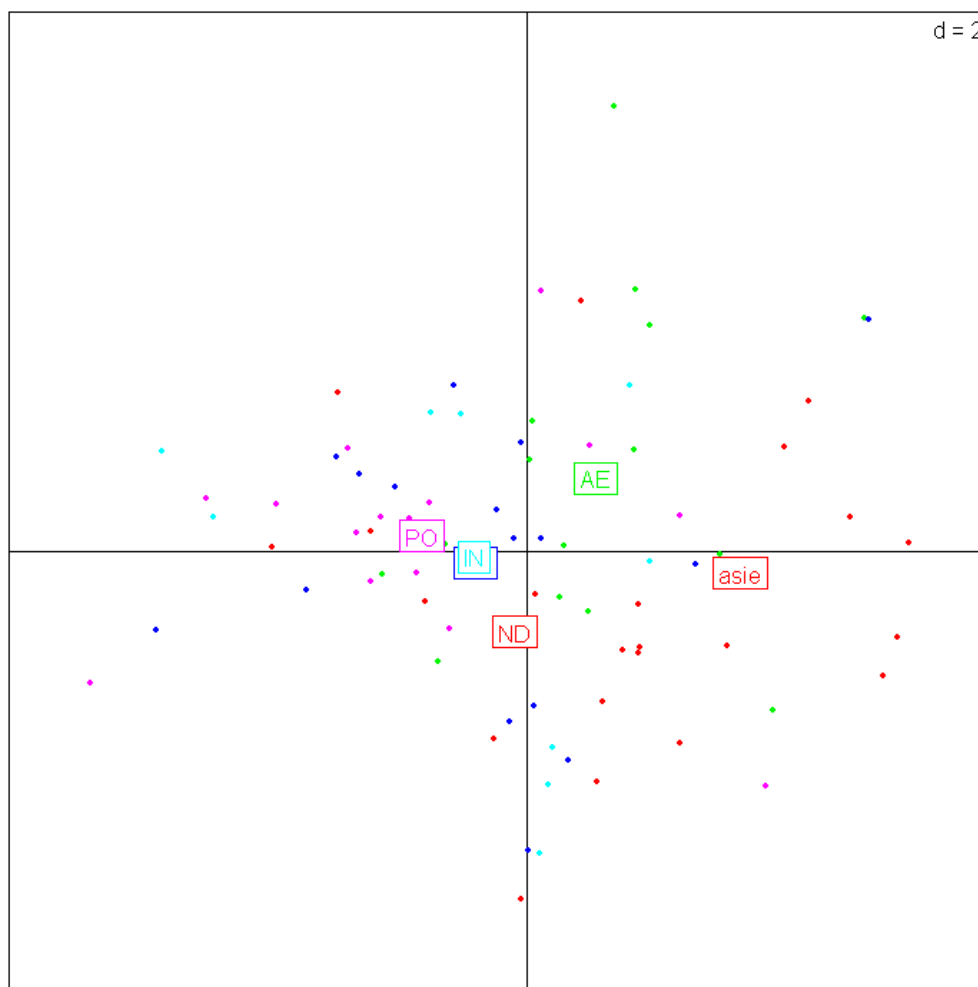


Figure 1. ACP de la composition du lait, représentation par zone géographique des données.

#	Asie	#	Afrique de l'Est	#	Afrique de Nord	#	Inde	#	Proche Orient
	Pays		Pays		Pays		Pays		Pays
1	Chine	2	Ethiopie	3	Maroc	4	Inde	5	Arabie Saoudite
	Kazakhstan		Kenya		Egypte		Pakistan		Israël
	Mongolie		Somalie		Libye				Jordanie
	URSS		Soudan	6	Tunisie				UAE
					Non déterminé				

En Asie, le lait de chamelle est riche en MG, MP et MS, ce qui est probablement plus lié à l'espèce, les chameaux de Bactriane présents en majorité dans ces zones ayant la réputation d'avoir un lait plus concentré. Selon la représentation graphique de l'ACP le groupe d'Asie (AS) se situe vers la droite sur le 1^{er} axe factoriel, en opposition à tous les autres.

Les autres zones géographiques se distancent peu les unes des autres, hormis les références provenant d'Afrique de l'Est. Un point à remarquer est que les références en provenance de l'Inde et du Pakistan, bien que placées dans la même

zone (IN) se séparent en fait nettement quand on examine les références individuellement. L'Inde forme un groupe très distinct, les références pakistanaises étant plus proches des références en provenance du Proche-Orient.

- Par groupe d'années

Afin d'identifier des groupes homogènes d'années, nous avons observé les chroniques sur deux des paramètres, MG et MP (Figure 2).

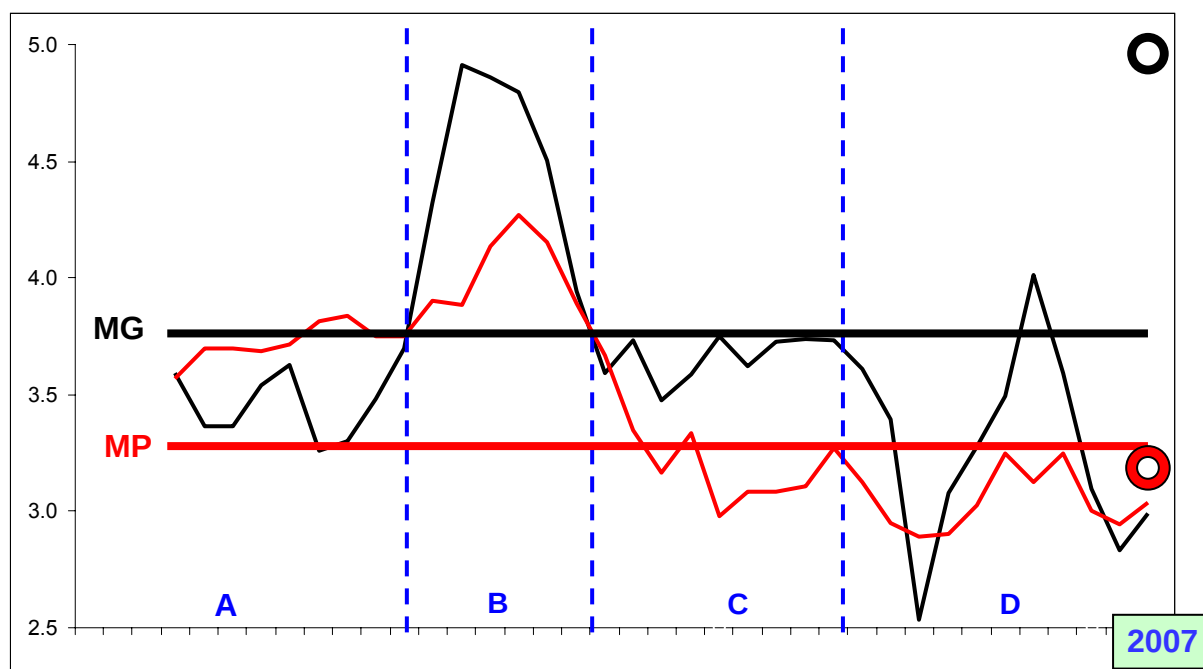


Figure 2. Séparation par groupe des années les références
A : 1905 à 1969, **B :** 1972 à 1982, **C :** 1983 à 1992, **D :** 1994 à 2006,
O : nos résultats de MG et **● :** nos résultats de MP.

L'analyse de ces chroniques permet de distinguer quatre groupes d'années : Le groupe A, de 1905 à 1969, correspond à des données MG sous-estimées par rapport à la moyenne globale, et des données MP surestimées. Le groupe B, correspond aux années 1972 – 1982, où les données MP et MG apparaissent au-dessus de la moyenne globale. Pour le groupe C, années 1982 – 1992, les valeurs correspondent aux moyennes globales. Entre 1994 et 2006, (groupe D), les données varient fortement avec une tendance à la sous-estimation par rapport à la moyenne globale. Dans la représentation graphique du plan factoriel, les centres de gravité des groupes d'années montrent une sensible séparation du groupe A (1905-1969) par rapport aux autres groupes d'années (Figure 3).

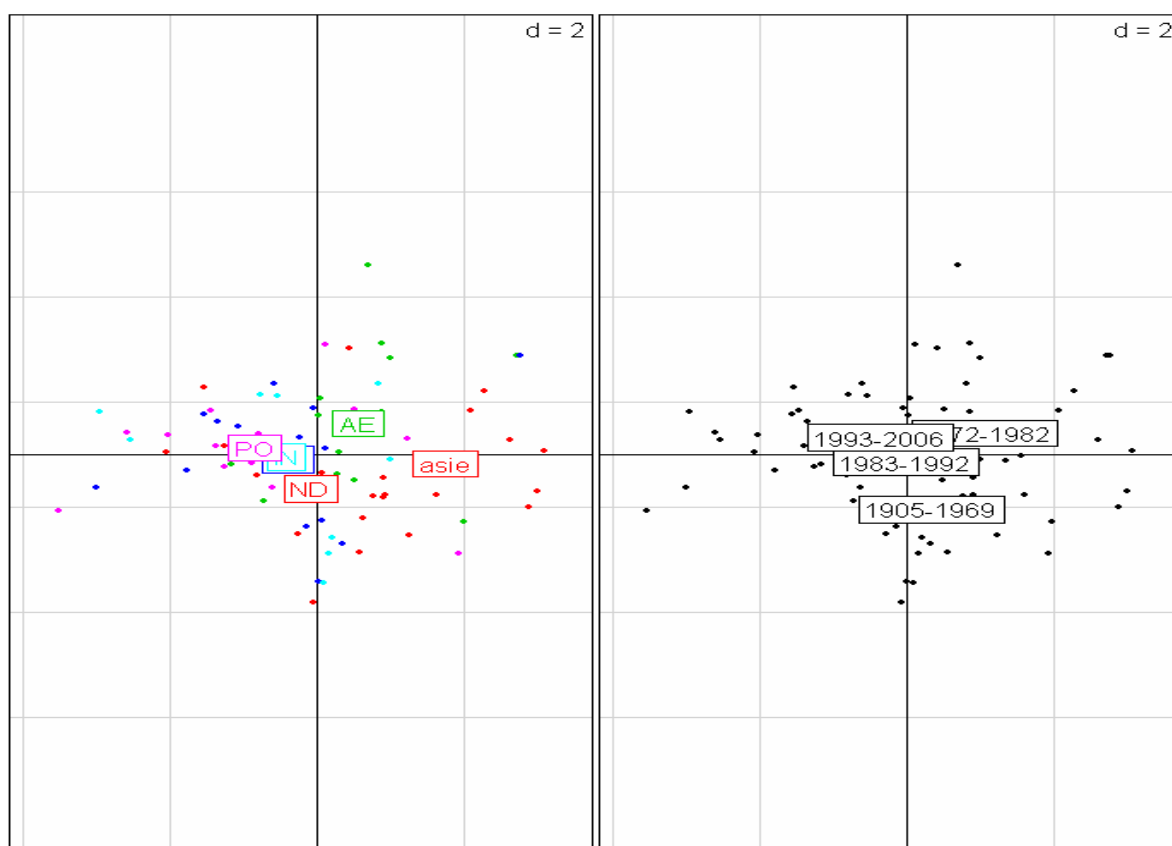


Figure 3. Nuage des individus issu de l'ACP avec la représentation pour les groupes d'année **A** : 1905 à 1969, **B** : 1972 à 1982, **C** : 1983 à 1992, **D** : 1994 à 2006.

La composition des groupes d'années représente indirectement l'évaluation des méthodes d'analyses (Tableau 3). Pour MG, MP, MS et pour le lactose, les variations des valeurs moyennes par groupe d'années apparaissent assez importantes, alors que pour les cendres, les valeurs sont plus stables.

Tableau 3. Composition du lait de chamelle (%) selon les groupes d'années.

Groupes	MG	MP	MS	L	C
	M et ET*	M et ET	M et ET	M et ET	M et ET
1905-1969	3,57 ± 0,83	3,68 ± 0,28	13,01 ± 0,51	5,06 ± 0,77	0,75 ± 0,09
1972-1982	4,48 ± 0,81	3,94 ± 0,77	12,96 ± 1,50	4,08 ± 0,61	0,75 ± 0,12
1983-1992	3,76 ± 0,74	3,25 ± 0,57	12,81 ± 1,24	4,66 ± 0,61	0,78 ± 0,06
1993-2006	3,78 ± 1,31	3,19 ± 0,60	12,03 ± 1,78	4,45 ± 0,54	0,80 ± 0,08

*M – moyenne, ET – écart-type

III.3. - Classification des références bibliographiques

Suite à l'ACP, nous avons procédé à une classification ascendante hiérarchique (CAH), indiquant que les 82 références peuvent être divisées en 3 classes de composition du lait (Figure 4) représentant près de 70% de la variance.

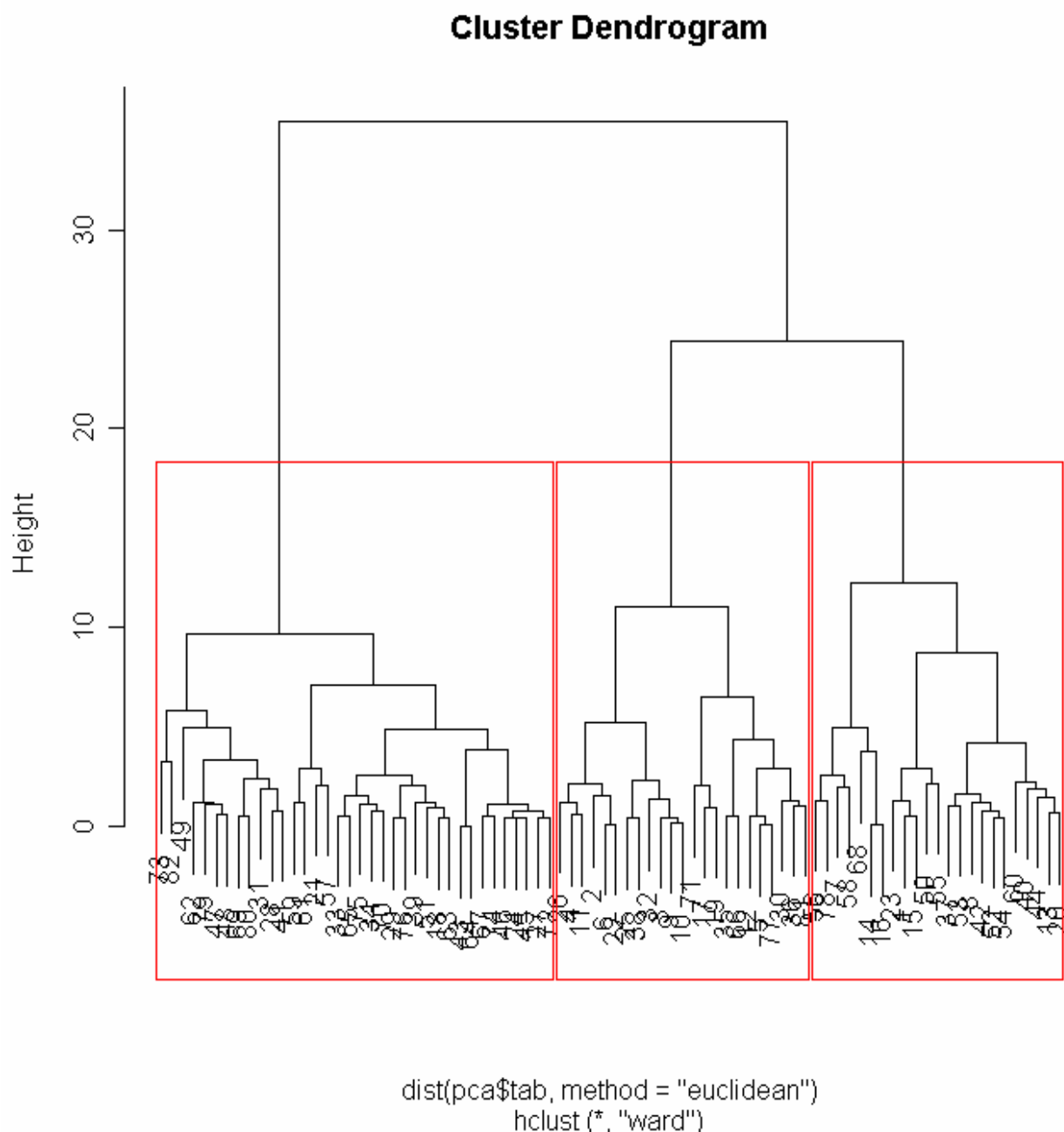


Figure 4. Classification des données bibliographiques de la composition du lait de chamelle.

Les 3 classes obtenues ont des effectifs assez bien équilibrés. Les classes I et II contiennent chacune 23 références et la classe III regroupe la plus grande part des références (n=36). Les valeurs moyennes calculées dans chacune des classes de la typologie permettent de considérer que le classe I caractérise les laits riches en matière grasse et pauvres en lactose (Figure 5 et Tableau 4).

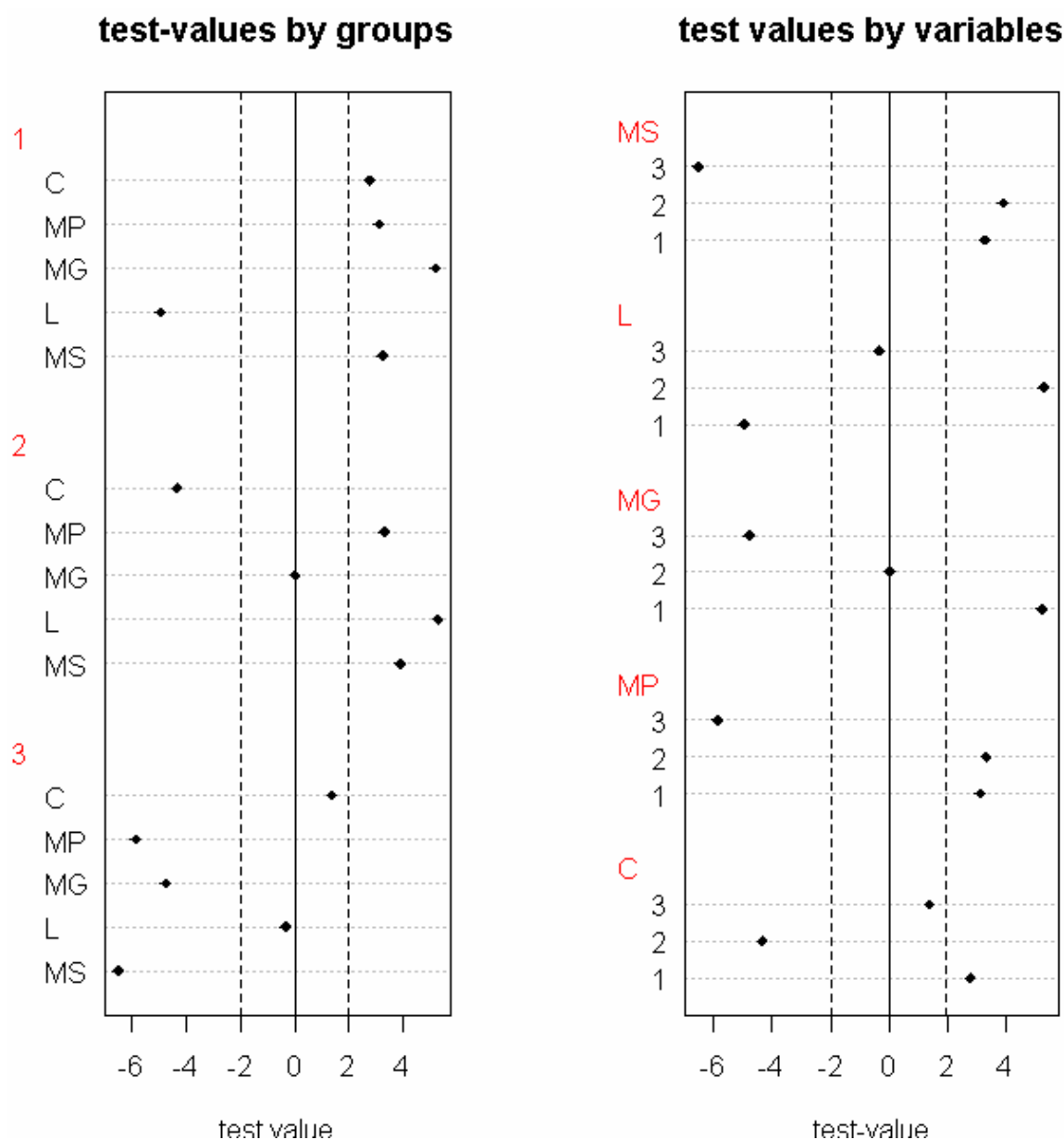


Figure 5. Valeurs-tests des différentes classes de lait. Les points au-delà des lignes pointillées expriment les valeurs supérieures à deux écart-types.

Tableau 4. Composition des classes de lait de chamelle (%).

Classes	MG		MP		L		MS		C	
I	4,82	0,84	3,71	0,59	3,99	0,69	13,38	1,15	0,82	0,07
II	3,82	0,80	3,72	0,46	5,17	0,42	13,55	0,76	0,72	0,08
III	3,18	0,86	2,91	0,40	4,53	0,32	11,25	1,15	0,80	0,07

Dans les références de la classe II, le taux de matières sèches est plus élevé ainsi que le taux de matières protéiques, surtout le lactose. La classe III comprend les références où le lait est pauvre en matière grasse, matières protéiques et matière sèche.

En analysant la répartition des centres de gravité des classes sur le principal plan factoriel (Figure 6) on peut constater certaines proximités avec les groupes d'années et les zones géographiques.

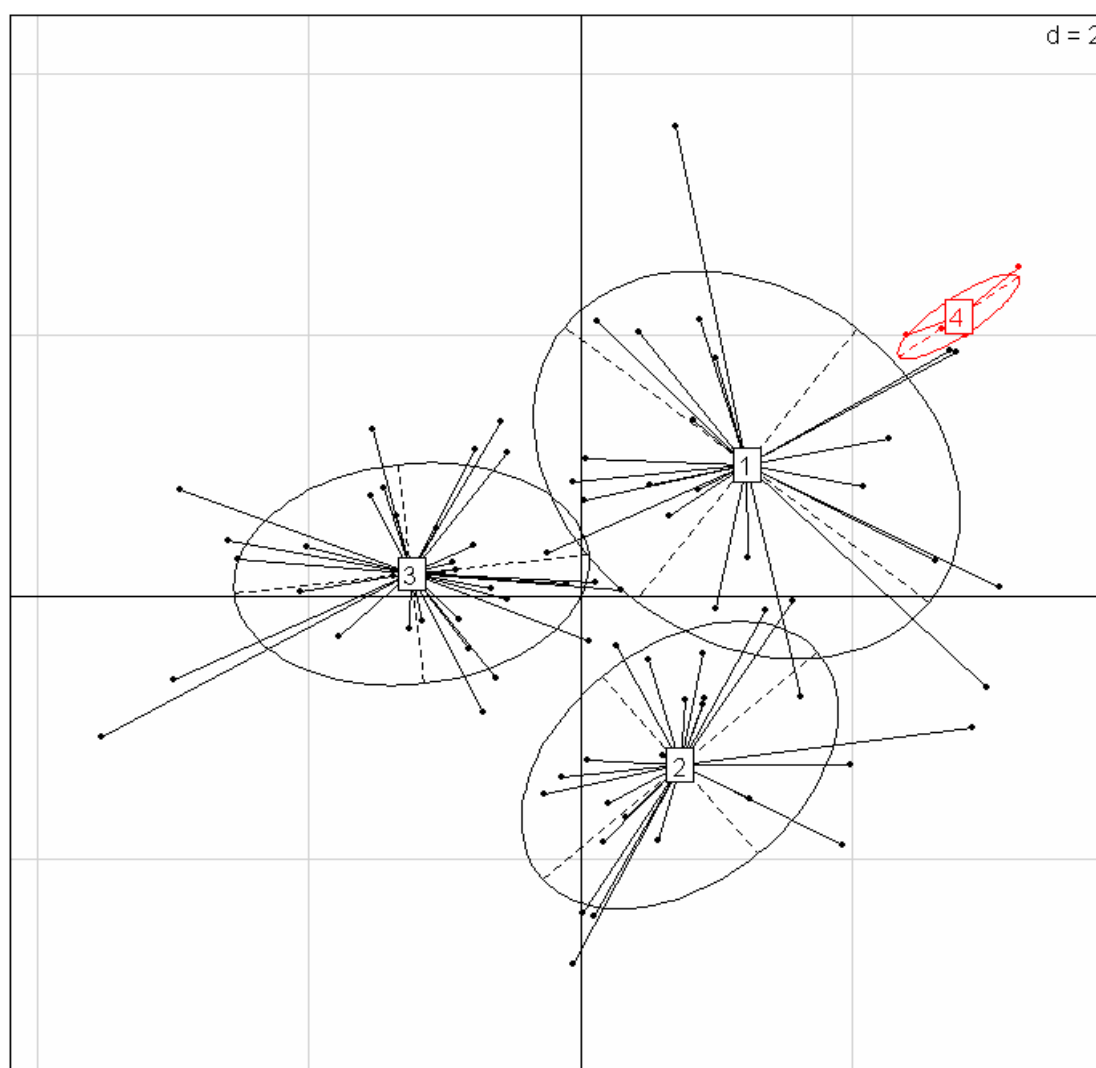


Figure 6. ACP représentation graphique des 3 classes obtenues après la classification. La classe 4 positionne nos résultats projetés en supplémentaire.

Tableau 5. Composition des classes selon les zones géographiques (en %).

	Asie	Afrique de l'Est	Afrique du Nord	Inde	Proche Orient	ND
I	26,09	30,43	13,04	13,04	13,04	4,35
II	17,39	17,39	21,74	13,04	4,35	26,09
III	2,78	11,11	25,00	13,89	36,11	11,11

Pour la classe I (Tableau 5), la majorité des références provient d'Afrique de l'Est et d'Asie, ce qui incite à considérer que la composition du lait y est sensiblement différente. La classe II est mal représentée sur le plan géographique. La classe III est constituée surtout des références d'Afrique de Nord et du Proche Orient.

Pour la zone « Inde », où il y a Inde et Pakistan, la séparation en deux groupes devient patente. En effet, les références pakistanaïses se retrouvent dans la classe I alors que les références indiennes se situent plutôt dans la classe II.

Les répartitions par groupe d'années de références (Tableau 6) indiquent également une structure inégale. Les références les plus anciennes ont tendance à se retrouver dans la classe II, alors que les références les plus récentes se situent en majorité dans la classe III. La classe I caractérise surtout les références aussi assez récentes.

Tableau 6. Contribution des groupes d'années aux classes (en %).

Classe	Groupe d'années			
	1905-1969	1972-1982	1983-1992	1993-2006
I	13,04	21,74	21,74	43,48
II	39,13	8,70	34,78	17,39
III	0	5,56	27,78	66,67

Il est remarquable de noter que nos propres résultats se projettent à la périphérie du nuage des individus (Figure 5), indiquant une composition très particulière des laits prélevés au Kazakhstan. Nos données sont clairement rattachées à la classe I et se rapprochent logiquement des références asiatiques. En observant les données individuelles, nous constatons une relative proximité avec les quelques références kazakhes (Sharmanov et Zhangabylov, 1991 ; Urbisinov, 1992, Serikbayeva et Toktamysova, 2000 ; Seitov, 2005), mais aussi chinoises et mongoles (Zhao, 1998 ; Indra et Erdenebaatar, 1998 ; Indra *et al.*, 2003). Les laits du Kazakhstan sont donc en moyenne plus riches en matières grasses et matières protéiques, et plus pauvres en lactose. Par ailleurs, ce positionnement dans la méta-

analyse (Figure 7) ne peut être imputé uniquement aux chameaux de Bactriane. En effet, le profil moyen des laits de dromadaire dans notre étude se projette à proximité du profil moyen des laits de Bactriane. La richesse du lait (MG + MAT) au Kazakhstan semble donc plus liée aux conditions d'environnement et d'élevage qu'aux seules caractéristiques d'espèces.

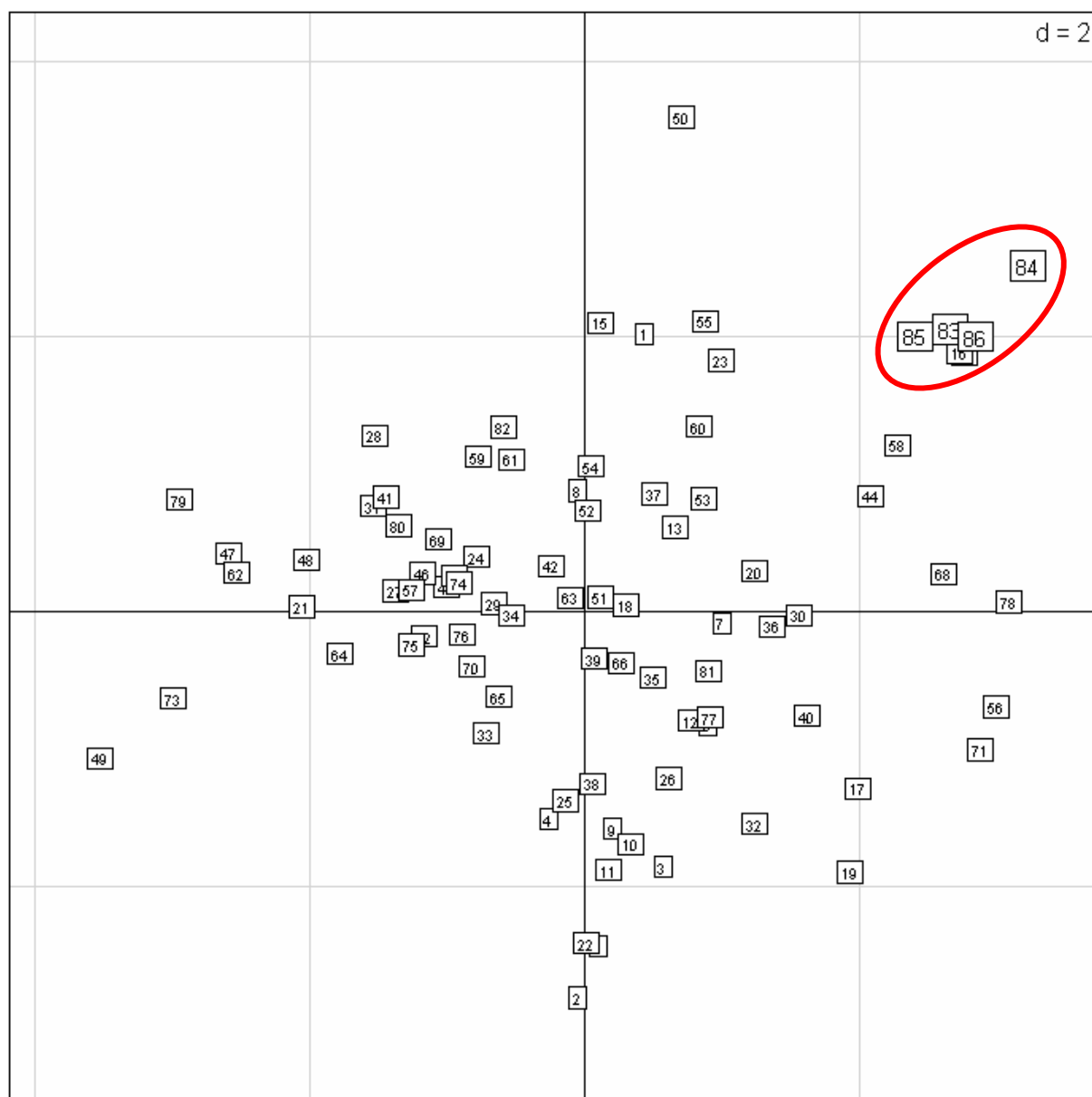


Figure 7. Projection de nos résultats (ellipse rouge) sur le nuage des références issu de l'ACP.

83 : moyenne totale, 84 : moyenne Bactriane, 85 : moyenne dromadaire, 86 : moyenne hybride.

IV - Méthodes d'analyses physico-chimiques du lait utilisées dans la littérature

Une assez grande variabilité des méthodes utilisées dans ces références peut être observée.

Dell'Orto *et al*, (2000), Ohri et Joshi, (1961), Abu-Lehia, (1990), Backman et Schulthesse, (1987), dans leur article, ont utilisé la méthode de référence « Gerber » pour le dosage des matières grasses. En revanche, les auteurs comme Mehaia et Al-Kahnal, (1989), Mehaia *et al*, (1995), Mehaia, (1996), Farah et Rüegg, (1989), ont cité les méthodes de référence de l'AOAC. Elamin et Wilcox, (1992) ont procédé par la méthode gravimétrique dans le cadre des méthodes AOAC, alors que les autres auteurs n'ont pas vraiment précisé la méthode utilisée. Souvent, pour le dosage de la matière grasse les auteurs citent les méthodes standard de la FIL/IDF, et non pas de l'AOAC (Wangoh *et al*, (1998), Sela *et al*, (2003), Kamoun, (1995)).

Certes ces méthodes sont très proches les unes des autres, mais les informations sur les techniques de dosage mises en œuvre sont souvent peu explicites dans de nombreuses références rendant les comparaisons délicates.

On observe également des méthodes très spécifiques. Par exemple Yagil et Etzion, (1980) et Zhang *et al*, (2005), ont cité la méthode Röse-Gottlieb, qui est connue plutôt comme une méthode d'extraction de matières grasses que comme une méthode de quantification. De la même façon Attia *et al*, (2001), ont mesuré la MG après extraction au Soxhlet. Elagamy *et al*, (1998), ont mesuré la MG par la méthode décrite par Ling en 1963, sans vraiment préciser à quoi correspond cette méthode. Gran *et al*, (1991) ont utilisé le Milko-Scan pour le dosage de la MG dans le lait de chamelle.

Cette méta-analyse fait apparaître certaines références avec des valeurs « anormalement » petites ou grandes. On peut penser que certaines méthodes n'ont pas été adaptées au lait de chamelle.

Des conclusions similaires peuvent être faites pour le dosage des matières protéiques. La méthode de Kjeldhal est la plus commune (Dell'Orto *et al*, 2000 ; Elamin et Wilcox, 1992 ; Mehaia, 1996 ; Mehaia *et al*, 1995 ; Elagamy *et al*, 1998 ; Zhang *et al*, 2005 ; Ohri et Joshi, 1961 ; Metwally et Hassan, 2002). C'est d'ailleurs cette méthode que nous avons utilisé. Comme pour la teneur en MG, plusieurs

auteurs ont cité une méthode standard de AOAC ou de la FIL/IDF, mais il s'agit aussi de la méthode de Kjeldhal (Wangoh *et al*, 1998 ; Farah et Rüegg, 1989 ; Sela *et al*, 2003 ; Kamoun, 1995).

Par contre, la méthode de Srekely (1978) mentionnée dans l'article de Yagil et Etzion, (1980) pour mesurer les protéines du lait est non répertoriée, ce qui permet de se poser la question de la fiabilité des résultats cités.

La méthode de dosage du lactose dans les références sur la composition du lait de chamelle varie également beaucoup selon les sources. Plusieurs méthodes sont citées. La majorité de ces méthodes sont basées sur le pouvoir réducteur du lactose. Ces méthodes dosent aussi tous les autres oses réducteurs présents dans le milieu. On oxyde le lactose qui est réducteur avec une solution cuproalcaline, (le cuivre est sous forme 3+) pour donner du CuO (Cu 2+) qui est dosé par oxydoréduction. Dans la majorité des méthodes, on élimine les autres composants réducteurs (protéines etc...) du lait par défécation. Les méthodes citées sont la méthode de l'AOAC (méthode gravimétrique) et celle de la FIL/IDF. Yagil et Etzion, (1980), Elamin et Wilcox, (1992) ont cité une méthode gravimétrique sans préciser laquelle ; les méthodes de références AOAC ont été citées par Mehaia et Al-Kahnal, (1989), Farah et Rüegg, (1989) ; par évaluation après soustraction de MG, MAT et cendres : Ohri et Joshi, (1961), Mehaia *et al*, (1995), Mehaia, '1996), Zhang *et al*, (2005) ; méthodes FIL/IDF : Wangoh *et al*, (1998), Sela *et al*, (2003). Dans nos travaux, nous avons utilisé la méthode d'oxydoréduction de Bertrand, référencée par la FIL.

En revanche, Elagamy *et al*, (1998), ont utilisé la méthode au phénol sulfurique acide. Abu-Lehia, (1990), a utilisé la méthode à l'acide picrique modifiée pour convertir les valeurs en lactose. Metwally et Hassan, (2002), ont utilisé la méthode de Barnett et Tawab (1957), sans préciser sur quoi celle-ci était basée.

V - Effets des facteurs

Génétique. Si l'influence de tous les effets étudiés ici (saison, zones géographiques, races) est bien connue sur le lait de vache, il n'en est pas de même pour le lait de chamelle, même si, par hypothèse, on peut s'attendre à des tendances similaires. Pour le lait de chamelle, on dispose de quelques références mentionnant des différences raciales (Elamin et Wilcox, 1992, Mehaia *et al*, 1995, Wangoh *et al*, 1998). Mehaia *et al* (1995), ont observé une différence de composition de lait de chamelle en Arabie Saoudite, celui de la race El-Majaheim étant plus dense et plus

concentré par rapport au lait des races Wadah et Hamra. Wangoh *et al*, (1998) ont étudié la variabilité génétique des dromadaires du Kenya. La race Turkana donnerait un lait plus dense, plus riche en matières grasses et protéines, la race Somali donnerait un lait plutôt moins riche. Les croisés de Turkana et de Somali, sont intermédiaires entre les deux.

Cependant, Jianlin *et al*, (2000), affirment sur la base d'analyses génétiques moléculaires de chameaux et de dromadaires qu'il n'y a pas vraiment de races distinctes parmi les grands camélidés au sein d'une espèce donnée.

D'après nos résultats, on peut discriminer les laits de Bactriane et de dromadaire, mais on ne peut pas distinguer les différents types de Bactriane « *oralbökeilik* », « *kyzylorda* » ou bien « *ongustik-kazakhstan* », car nous n'avons pas trouvé d'effet « région » parmi les échantillons de Bactriane. Cela correspond aux observations de Jianlin *et al* (2000). En effet, les types des Bactrianes du Kazakhstan sont sélectionnés seulement sur leur phénotype et non sur leur génotype.

Une part de la différence entre les laits de Bactriane et de dromadaire peut-être aussi liée à un effet « dilution », car la productivité laitière chez le dromadaire est en moyenne plus importante que chez les Bactrianes. La chamelle de race Arvana, originaire de Turkménistan, est réputée pour sa productivité laitière (Cherzekov et Saparov, 2004). Cependant, la méta-analyse montre que pour nos résultats, les moyennes se situent proches l'une de l'autre, du côté plutôt caractéristique des laits riches en MG et MAT. On peut considérer probablement que le lait de dromadaire au Kazakhstan est en moyenne plus riche par rapport aux autres laits de dromadaires dans le monde. Cela semble inciter à considérer que les conditions d'élevage et d'environnement au Kazakhstan sont susceptibles de favoriser la production d'un lait plus riche que la moyenne et ce, indépendamment du niveau de production.

Les paramètres discriminants des laits de Bactriane et de dromadaire sont dans l'ordre, la concentration en phosphore, l'indice d'iode, la concentration en vitamine C et MG. Nous n'avons pas d'explication solide pour justifier la plus forte valeur de la concentration en phosphore dans les laits des Bactrianes comparé aux dromadaires. On peut cependant supposer que le lait de Bactriane étant plus riche en MG, il est possible qu'il contienne plus de composants phosphatés.

Une hypothèse concernant l'indice d'iode peut se baser sur le lien entre la teneur en matière grasse et cet indice. En effet, il est révélateur de la nature de la

matière grasse, notamment de la quantité des liaisons insaturées. Faye *et al*, (2006) relèvent dans nos échantillons de lait des Bactriennes une proportion plus importante d'acide gras mono-insaturés ($29,2 \pm 12,9\%$), par rapport à celle du lait de dromadaire ($26,8 \pm 9,8\%$).

Saison. L'effet saisonnier sur la composition du lait de chamelle n'a pas été, à notre connaissance, évoqué avec précision dans les références de la littérature. Au Kazakhstan, les saisons sont très marquées, en hiver jusqu'à -40°C , et en été jusqu'à $+45^{\circ}\text{C}$ dans les zones d'élevage de chameau. Une telle amplitude de température n'est pas sans conséquences sur la qualité de l'offre alimentaire dont on sait qu'elle peut influencer fortement sur la composition moyenne du lait, d'autant plus que dans les conditions d'élevage de la steppe, l'usage de compléments alimentaires est peu fréquent. Il est aussi possible de considérer que l'effet saison se combine en grande partie avec un effet stade physiologique. En effet, les mises bas ont toujours lieu à la même époque de l'année. On note en particulier des variations saisonnières différentes pour la teneur de MG et de MAT, comme cela a été observé dans le lait d'autres espèces (vache, brebis, chèvre) notamment en France (Mietton *et al*, 2004).

Les données sur les variations liées au stade physiologique sont plutôt rares dans la littérature. Dans son article consacré au chameau de Bactriane en Chine (Zhang *et al*, 2005), la fenêtre d'observation se situe entre J0 et J90 *post-partum* (soit 0 à 12 semaines) ce qui rend difficile la comparaison avec nos propres résultats. Toutefois, les minéraux (Ca et P) apparaissent en concentrations plus élevées en début de lactation comme dans nos observations. Les résultats de Zhang *et al*, (2005), relatifs aux matières grasses et aux protéines font, en revanche, état d'une forte augmentation des premières au cours des premières semaines *post-partum*, et d'une chute remarquable des secondes dans la même période, ce que nous ne pouvons confirmer avec nos propres résultats. Nos observations semblent plus proches de ceux de Wangoh *et al*, (1998) qui utilisent des méthodes d'analyses identiques aux nôtres contrairement à l'auteur précédent.

Région. L'effet région est difficile à discuter au regard de la littérature car c'est un effet complexe intégrant à la fois les conditions alimentaires, les conditions générales d'élevage, les caractéristiques climatiques et les considérations d'espèces.

VI - Considérations pratiques sur la typologie des laits

Les types de lait cru de chamelle obtenus par analyse multivariée, notamment ceux intégrant l'ensemble des effets (« région », « saison », « espèce ») sont au nombre de 3 : lait riche, lait pauvre et lait acide. Le lait riche et le lait pauvre se distinguent selon les quantités de MG, iode et MAT, MSE et Den, calcium et phosphore, mais non sur la concentration en lactose, vitamine C et fer. Une première constatation est que la « richesse » du lait implique la plupart des composants à l'exception du lactose et, dans une moindre mesure de la vitamine C et du fer.

Cette typologie permet d'envisager que tous les producteurs de lait de chamelle du Kazakhstan, indépendamment des régions, des saisons de l'année, mais un peu moins pour l'espèce, pourraient contribuer à fabriquer ces types de lait. Dans la pratique, on pourrait leur attribuer une sorte de label « lait de chamelle de qualité supérieure », « lait de chamelle normal » et « lait de chamelle acceptable pour la fabrication de shubat ». Selon la qualité du lait produit dans telle ou telle ferme, il serait possible de déterminer des prix de marché variables.

VII - Particularités du colostrum de chamelle

Compte tenu des contraintes du terrain, les échantillons de colostrum ont été prélevés sur des animaux différents (et même à des années différentes). Les résultats sont donc à prendre en considération en tenant compte de ce biais. Cependant, nous connaissons le délai qui est intervenu entre le prélèvement et la mise bas. Or, la variabilité la plus élevée est liée au stade physiologique post-partum, même s'il demeure une forte variabilité individuelle, mais aussi une variabilité associée aux conditions climatiques ou à la ration alimentaire des chameaux en fin de gestation. La comparaison inter-chameaux apporte en conséquence des informations pertinentes.

En effet, on a pu observer les mêmes tendances de variation de la composition du colostrum inter-chameaux que pour les données de la littérature obtenues intra-chameau. C'est le cas des matières protéiques (El-Hatmi *et al*, 2006, El-Gawad *et al*, 1996, Mahfouz *et al*, 1997, Zhang *et al*, 2005).

Selon Zhang *et al*, (2005) le colostrum du lait de chamelle contient peu (moins de 1%) de matières grasses, alors que nos résultats font état de quantités phénoménales dépassant 25% dans le colostrum de dromadaire au premier jour post-partum et plus de 17% chez la femelle Bactriane. Pour la matière protéique,

Zhang *et al* (2005), trouvent une valeur autour de 14%, alors que nos résultats ont relevé des taux de 27% dans le colostrum de dromadaire, et plus de 8% chez les Bactrianes.

Il est donc nécessaire de confirmer ces résultats par un protocole plus rigoureux s'appuyant sur des analyses intra-chamelles.

VIII - Composition du shubat

Il est important de noter au préalable que le nombre d'échantillons de shubat ayant participé au traitement des données a été insuffisant dès lors que l'on a souhaité croiser les résultats avec tous les facteurs. Pour cette raison, plusieurs tests statistiques n'ont pu être mis en œuvre, seules les principales tendances ont été analysées.

Nous avons comparé les résultats de composition du shubat de quatre régions au cours de l'année avec la norme officielle du produit « shubat du Kazakhstan » (anonyme n°1). Selon le standard national, ne sont reconnus que 3 types de shubat, soit le doux, le moyen et le fort. Ils se différencient selon l'acidité Thurner de 60 à 90°T, 90 – 120°T et 120 – 140°T respectivement. Or, selon nos résultats, indépendamment des facteurs de variation, la moyenne globale de l'acidité Thurner est de $165 \pm 31^{\circ}\text{T}$, soit une valeur bien plus élevée que les shubats considérés comme « forts ». La variation de ce paramètre étant de 106 à 215°T, cela correspond à des shubats moyens et forts, mais en moyenne largement au dessus des « normes ».

Dans la norme officielle, l'absence de phosphatase est exigée, ce qui ne correspond pas à la technologie de préparation puisque celle-ci ne nécessite pas officiellement de pasteurisation. De plus, ces produits fermentés possèdent une activité phosphatase d'origine microbienne. Il est donc difficile de respecter la norme officielle.

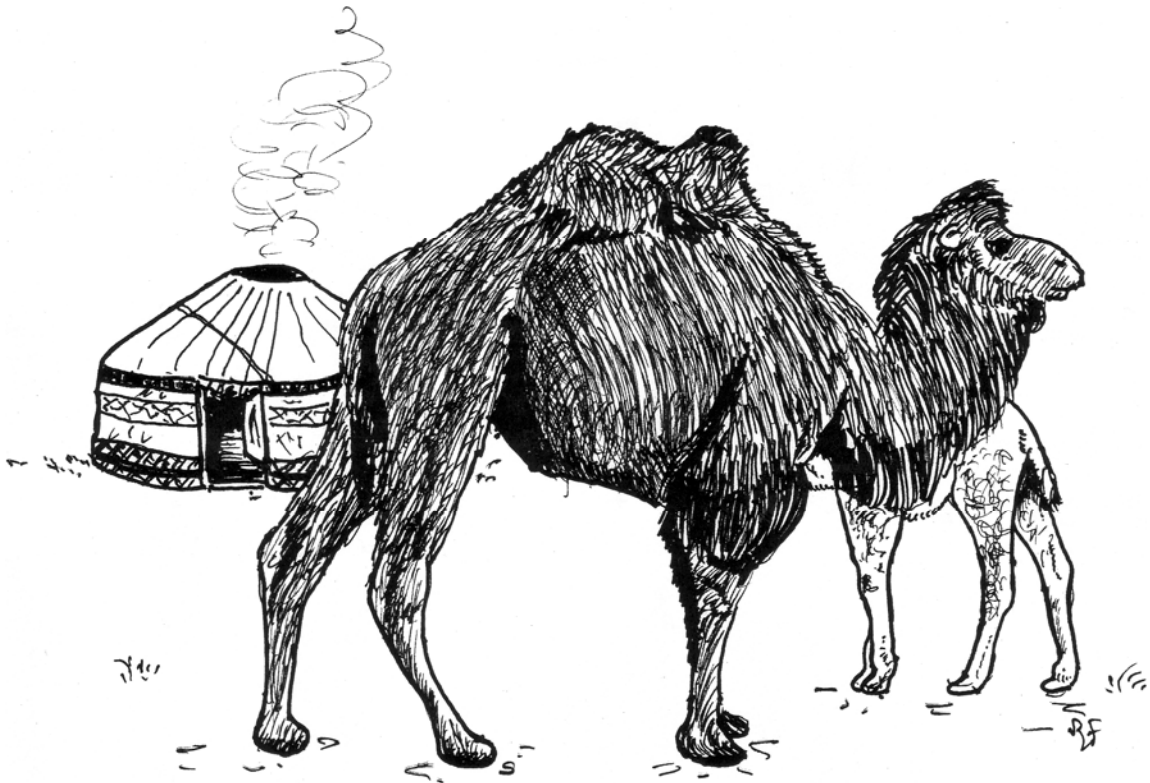
De plus, la norme officielle de la composition globale du shubat ne prend pas en compte la variabilité observée. La typologie des shubats que nous avons présentée d'après nos résultats tente justement de décrire la variabilité réelle de ce produit, dans les conditions de terrain. Il est donc probablement nécessaire d'acquérir des informations supplémentaires afin de distinguer des shubats selon les régions, les saisons (définir par exemple un shubat d'hiver ou un shubat d'été) ou bien selon l'origine des animaux (Bactriane, dromadaire, hybride). La typologie que nous avons

obtenue après les traitements des données nécessite en effet, compte-tenu du faible nombre d'échantillons, des confirmations supplémentaires. Mais déjà, il est notable que les normes officielles ne correspondent qu'en faible partie aux compositions que nous avons déterminées.

Les données bibliographiques sur le shubat sont trop rares pour réaliser une méta-analyse comme dans le cas du lait de chamelle. Saitmuratova *et al*, (2001), ont dosé essentiellement les minéraux dans le shubat. Ils ont trouvé 2 à 3 fois plus de fer dans le shubat que dans le lait de chamelle cru. Par rapport au lait de vache, la teneur en fer serait 53 fois plus importante dans le lait cru de chamelle et 128 fois plus dans le shubat. Selon ces auteurs, le shubat contiendrait 77 mg/L de fer et 32 mg/L dans le lait de chamelle. Nos résultats indiquent $3,04 \pm 1,95$ mg/L de fer dans le shubat avec une variation de 0,80 mg/L jusqu'au 9,10 mg/L. Cette grande différence pose des questions d'autant plus que les méthodes de détermination utilisées ne sont pas les mêmes. Nos résultats ont été obtenus par spectrométrie d'émission plasma I.C.P. VARIAN-VISTA par le laboratoire d'analyses minérales du CIRAD certifié iso 9001 et pour Saitmuratova par Neutron Activation Analysis (NAA) à l'institut de Physique Nucléaire à Tachkent (Ouzbékistan) Cependant, l'origine précise des échantillons de Saitmuratova et son équipe n'apparaît pas dans l'article.

Dans le monde, les produits fermentés à base de lait de chamelle sont moins consommés qu'en Asie Centrale (déjà décrits dans la partie bibliographique). Au Kenya le lait de chamelle fermenté préparé traditionnellement s'appelle *suusac* (Lore *et al*, 2005). Au Soudan, le lait fermenté est connu sous le nom de *garris* (Sulieman *et al*, 2006). En Mauritanie, il existe un produit proche du *chal* turkmène, appelé *zrig* (Abeiderrahmane, 1997). Malheureusement, on manque de données sur la composition physico-chimique de ces produits pour lesquels les auteurs cités se sont focalisés sur les caractéristiques microbiologiques.

Au-delà des produits préparés traditionnellement, plusieurs travaux font mention de nouveaux produits fermentés à base de lait de chamelle en Inde (Rao *et al*, 1970, Singh *et al*, 2003) en Arabie Saoudite (Abu-Taraboush, 1996, Abu-Taraboush *et al*, 1998), en Lybie (Gran *et al*, 1991), en Tunisie (Attia *et al*, 2001).



***Conclusion générale
et perspectives***

Conclusion générale et perspectives

Une première conclusion qui s'impose est que, globalement, le lait de chamelle du Kazakhstan est plus riche et dense que la plupart des laits de chamelle décrits dans la littérature, et ce, indépendamment de l'origine génétique, géographique ou saisonnière. Il est en particulier riche en matières grasses (5,96%), en matières protéiques (5,02%) et en vitamine C (154 mg/L). Cela représente le principal résultat de la méta-analyse incluant la plupart des données disponibles dans les publications scientifiques. Comme on ne peut pas imputer ces différences notables aux méthodes que nous avons utilisées, nous devons reconnaître la spécificité des laits de chamelle du Kazakhstan.

Par analyse discriminante, il a été possible de distinguer le lait de Bactriane de celui de dromadaire, avec une assez bonne prédiction à 71%. Il n'existe aucune référence dans la littérature concernant les comparaisons précises dans la composition du lait de ces deux espèces dans des conditions comparables d'élevage. Les paramètres discriminants sont la teneur en matières grasses, le pH, la concentration en vitamine C, l'indice d'iode, la concentration en calcium et phosphore. En revanche, nous confirmons l'absence de différenciation raciale.

Concernant la concentration en lactoferrine et immunoglobulines G, dans le lait de chamelle, notre travail a intégré les effets « espèce », « région » et « saison ». Le lait de chamelle contient en moyenne $0,229 \pm 0,135$ mg/mL de lactoferrine et $0,718 \pm 0,330$ mg/mL d'immunoglobulines G. Ces résultats montrent que la concentration en lactoferrine notamment n'est pas beaucoup plus élevée par rapport au lait de vache, contrairement à ce qu'affirmaient certains travaux qui y faisaient référence jusqu'à présent. Ainsi, « les allégations santé » attribuées au lait de chamelle ne peuvent s'appuyer sur l'affirmation selon laquelle cela serait dû en partie à une plus grande quantité en lactoferrine.

Par rapport à la composition en acides gras, on peut rappeler que le lait de chamelle contient une part un peu plus élevée d'acides gras insaturés par rapport au lait de vache (mais bien moins que le lait de jument). De plus, la quantité des acides palmitique, stéarique, oléique et miristique est plus importante chez la chamelle que chez la vache. Ces caractéristiques incitent à confirmer l'intérêt diététique du lait de chamelle et son rôle pour la santé.

Le lait de chamelle, un aliment-santé ?

Les allégations santé du lait de chamelle relèvent-elles uniquement d'observations empiriques ou s'appuient-elles sur des certitudes scientifiques ? Yagil et Van Creveld (2000) s'interrogeaient d'ailleurs pour savoir s'il s'agissait d'un mythe ou d'une réalité. De par certaines caractéristiques de sa composition, le lait de chamelle peut être considéré comme favorable à la santé des consommateurs. C'est le cas en particulier de sa forte concentration en vitamine C dont les propriétés toniques sont bien connues, de la présence en quantité raisonnable de certaines lactoprotéines, parmi lesquelles la lactoferrine et les immunoglobulines G aux propriétés antibactériennes, sa relative richesse en acides gras insaturés, aux vertus diététiques. On pourrait y ajouter ces actions favorables pour la régularisation de la glycémie chez les diabétiques insulino-dépendants (Agrawal *et al*, 2005) et ses propriétés hypo-allergènes (Shabo *et al*, 2005).

Tous ces aspects permettent de considérer le lait de chamelle comme une boisson stimulante et vivifiante, protégeant contre certaines infections bactériennes, bénéfique aux diabétiques et aux personnes allergiques au lait de vache par exemple. Cependant nous manquons de sérieuses études sur l'impact réel d'une consommation régulière et importante de lait de chamelle sur la rémission de certaines maladies. Les données disponibles de la littérature sur la quantité en lactoferrine et immunoglobulines G sont, à ce titre, éloquentes. Les travaux d'El-Gawad et El-Agamy, (El-Gawad *et al*, 1996, El-Agamy, 2000) laissaient penser que le lait de chamelle contenait jusqu'à dix fois plus de lactoferrine que le lait de vache et que les IgG étaient beaucoup plus thermorésistantes. Quelques publications très récentes (El Hatmi *et al*, 2006) et nos propres résultats ne confirment pas ces observations. Cependant, tous ces auteurs et nous-mêmes, n'avons étudié que l'aspect quantitatif et non l'activité de ces lactoprotéines. Il n'est pas prouvé cependant, par exemple que ces lactoprotéines soient plus actives par rapport à leur équivalent en lait de vache bien qu'au niveau de leur structure, il y ait quelques différences désormais bien connues (Kappeler *et al*, 1999).

Il est clair cependant que les travaux présentés dans cette thèse ne permettent pas de conclure sur ce point.

Conséquences pour un standard

Curieusement, la chamelle n'est pas répertoriée comme un mammifère « laitier » et le lait de chamelle n'est pas mentionné parmi les laits destinés à la consommation humaine dans le « *Codex alimentarius* ». Cette disposition contribue à fermer les portes pour l'exportation de produits à base de lait de chamelle pour tous les producteurs des pays d'élevage camelin. Une voie pour pouvoir résoudre ce problème, est d'avoir plusieurs standards régionaux, ces derniers incluant les standards nationaux pour les rassembler et créer une norme ISO pour le lait de chamelle (cf. Recommandations de l'atelier de Niamey, 2003 sur « le lait de chamelle en Afrique »). C'est d'ailleurs l'un des objectifs de l'ISOCARD (International Society of Camelid Research and Development), créée en avril 2006 à Al-Ain (Emirats Arabes Unis) lors de la 1^{ère} conférence internationale par la communauté scientifique des chercheurs et développeurs, qui travaillent sur « les dromadaires, les chameaux et les petits camélidés andins ».

Comme dans la partie discussion nous avons émis des réserves sur le standard actuel du Kazakhstan, il est important de proposer de modifier les normes, finalité de notre travail qui a visé à prendre en compte la variabilité existant au Kazakhstan. La typologie réalisée avec 176 échantillons de lait de chamelle montre qu'en tenant compte des principaux paramètres physico-chimiques, il est possible de distinguer des types de lait. Ces types de lait répertoriés sont basés sur les paramètres physico-chimiques pour lesquels au final, les effets « région » et « saison » ont peu d'influence. En revanche, il est nécessaire de tenir compte de l'effet « espèce ».

Quelles analyses complémentaires ?

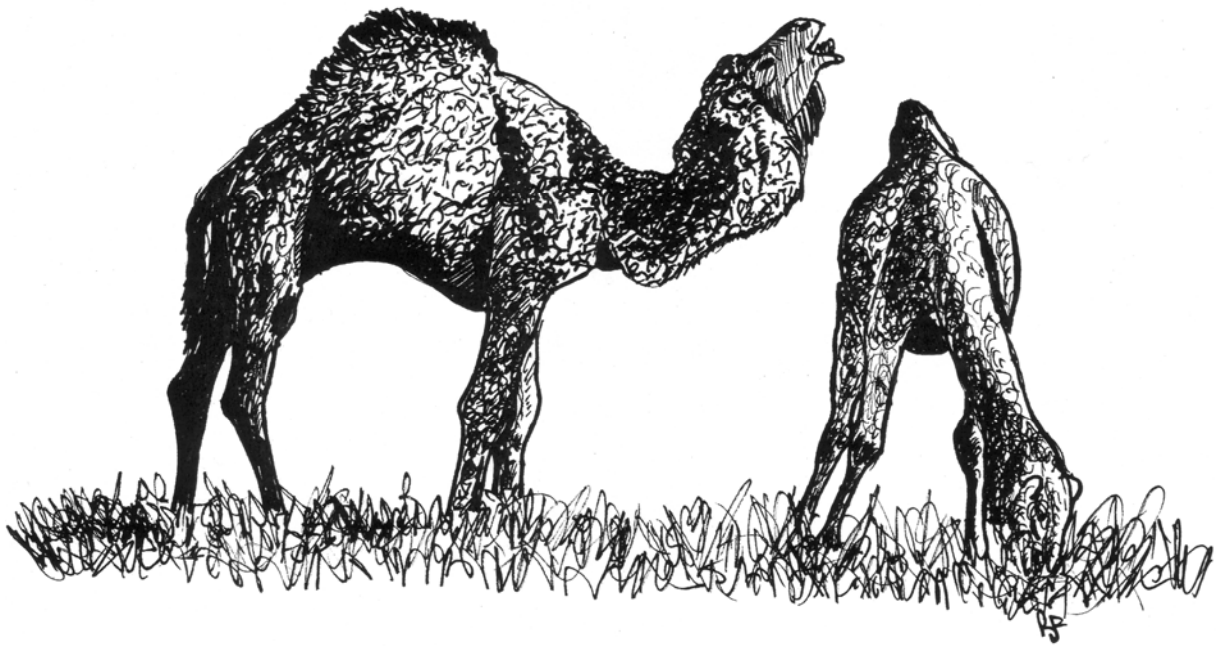
A l'issu d'un tel travail de thèse, il reste toujours des insatisfactions et plusieurs points auraient mérité d'être soumis à investigation :

- validation de la typologie de lait obtenue sur un jeu de données différent en prenant en compte peut être d'autres régions du Kazakhstan ;
- création d'une base des données à partir des analyses physico-chimiques et biochimiques du lait par spectrométrie proche infrarouge (SPIR) ;
- collecte d'informations plus précises de certains paramètres zootechniques (stade de lactation, âge des animaux, ration alimentaire) et génétiques (degré d'hybridation) sur des animaux en suivi régulier ;

- prise en compte des aspects microbiologiques compte tenu de leur importance aussi bien pour qualifier le lait que pour maîtriser les processus de transformation en shubat et industrialisation ;
- évaluation de l'effet écologique dans les conditions du Kazakhstan, la steppe kazakhe ayant subi au cours de l'histoire récente, des détériorations importantes de son environnement : par exemple, les zones d'élevage de Camélidés correspondent aux champs pétrolifères exploités (Ouest Kazakhstan – pollution par les hydrocarbures), aux régions avec usines de traitement d'uranium (Sud de Kazakhstan – pollution par les radionucléides), et aux zones périphériques des industries des grandes villes (Sud-ouest et Sud-est Kazakhstan – pollution par les métaux lourds).

Pour répondre aux trois derniers points, plusieurs perspectives sont en cours :

1. Mise en place d'une version russe du logiciel LASER (outil informatisé de suivi d'élevage mis au point par le CIRAD)
2. Valorisation des travaux réalisés à partir de ma base d'échantillonnage sur les aspects microbiologiques avec des outils de biologie moléculaire (Master de Mlle Grillet).
3. Etude du « recyclage » des polluants par la chamelle (une des idées reçues étant que le shubat et le lait de chamelle restent « propres » de tout ces polluants et que les consommateurs locaux de ces produits se défendent mieux contre la radioactivité et autres pollutions) : thèse de Mlle Meldebekova en cours.



Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Abeiderrahmane N., 1997. Camel milk and modern industry. J. Camel Pract. Res., 4, 223-228

Abu-Lehia I.H. 1990. The variable content of lactose and chloride in camel milk. Egyptian J.Dairy Sci., 18: 303-314

Abu-Lehia I.H. 1998. Recombined camel's milk powder. Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals. P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 181-184.

Abu-Taraboush H.M. 1996. Comparison of associative growth and proteolytic activity of yogurt starters in whole milk from camels and cows. J. Dairy Sci. 79, 366-371.

Abu-Taraboush H.M., Al-Dagal M.M., Al-Royli M.A. 1998. Growth, viability, and proteolytic activity of bifidobacteria in whole camel milk. J. Dairy Sci. 81, 354-361.

Agrawal R.P., Beniwal R., Kochar D.K., Tuteja F.C., Ghouri S.K., Sahani M.S., Sharma S. 2005. Letter to the Editor. Diabetes Research and Clinical Practice, 68, 176-177.

Agrawal R.P., Swami S.C., Beniwal R., Kochar D.K., Sahani M.S., Tuteja F.C., Ghouri S.K., 2003. Effect of camel milk on glycemic control risk factors and diabetes quality of life in type-1 diabetes: a randomised prospective controlled study. J. Camel Res. Pract., 10, 45-50.

Al-Saleh A.A., Zahran A.S., 1999. Synthesis of extracellular lipase by a strain of *Pseudomonas fluorescens* isolated from raw camel milk. Food Microbiology, 16, 149-156.

Alwan A.A., Tarhuni A.H., 2000. The effect of camel milk on *Mycobacterium tuberculosis* in man. Proceeding 2nd Int. Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming", 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan, p.100

Anderson Y., Lindquist S., Largerqvist C., Hernell O., 2000. Lactoferrin is responsible for the fungistatic effect of human milk. Early Hum Dev. 59: 95-105

Anonyme n°1. « <http://fr.wikipedia.org/wiki/Camelidae> »

Anonyme n°2. Standard National de la République de Kazakhstan. Shubat. Condition technique KR ST 117-97. Edition officielle. Kazakstan Respublikasynyn memlekettik standraty. Shubat. Tekhnikalyk sharttar KR ST 117-97. Resmi basylym.

Anonyme n°3. Norme sur zootechnique « bontirovka » pour les chameaux de Bactriane et dromadaire, avec les bases des travaux de race pure. Ministères d'Agriculture, Astana, 2001. Инструкция по бонтировке верблюдов пород бактрианов и дромедаров с основами племенной работы, МСХ РК Астана 2001

Anonyme n°4. Les méthodes d'étude de composition du lait de vache. 1969. Ed. Département d'information scientifique-technique. Dubrovicy. Методика изучения

состава молока коров. Изд. Отдел научно-технической информации. Дубровицы.

Anonyme n°5. Norme Française 04-206 (Janvier 1969). Lait. Acidité Dornic.

Anonyme n°6. Réf Norme française homologuée. NF V 04-213 Janvier 1971. Lait. Détermination de la teneur en lactose

Anonyme n°7. Réf : ISO, 1997. Aliments des animaux. Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes – Méthode Kjeldahl. ISO5983, 9 pp.

Atarhouch T., Bendahman N., Hamers-Casterman C., Hamers R., Muyldermans S., 1997. cDNA sequence coding for the constant region of the dromedary gamma3 heavy Chain antibody. J Camel Pract. Res., 4, 177-182

Attia H., Kherouatou N., Nasri M., Khorchani T., 2000. Characterization of the dromedary milk casein micelle and study of its changes during acidification. Lait, 80, 503-515.

Attia H., Kherouatou N., Dhouib A. 2001. Dromedary milk lactic acid fermentation: microbiological and rheological characteristics. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 26, 263-270.

Aussel X. 2002. Etude de bactéries lactiques isolées du shubat. Rapport de stage au CIRAD-AMIS. BTSA Industrie AgroAlimentaire.

Baimenov E.K. 1999. Brevet : « Fabrication de shubat « Merkur » », No 8879, A23C9/13.

Bengoumi M., Vias G. Faye B., 2005. Camel milk production and transformation in Sub-Saharan Africa. Proc. of Intern. Workshop, « Desertification combat and food safety : the added value of camel producers ». Ashkabad (Turkménistan), 19-22 april 2004. In "Vol. 362 NATO Sciences Series, Life and Behavioural Sciences". B. Faye and P. Esenov (Eds), IOS press Publ., Amsterdam (The Netherlands), 200-210.

Benkerroum N., Mekkaoui M., Bannani N., Hidane K., 2004. Antimicrobial activity of camel's milk against pathogenic strains of Echerichia coli and Listeria monocytogenes. International Journal of Dairy Technology, vol 57, No1, 39-43.

Braegger C. 2002. Le rôle des probiotiques dans la prévention et le traitement de la gastro-entérite aiguë chez l'enfant. Die deutsche Fassung dieses Artikels ist in der Paediatrica erschienen. Vol. 13, No. 5, S. 29-33.

Cherzekov A., Saporov G., 2004. The milk productivity of the camel Arvana breed and its use. Proc. of Intern. Workshop, « Desertification combat and food safety : the added value of camel producers ». Ashkabad (Turkménistan), 19-22 april 2004. In "Vol. 362 NATO Sciences Series, Life and Behavioural Sciences". B. Faye and P. Esenov (Eds), IOS press Publ., Amsterdam (The Netherlands), 215-220.

Chissov V.I., Yakubovskaya R.I., 1995. Brevet° RU 2088238.

Chuvakova Z.K., Beisembayeva R.U., Puzyrevskaya O.M., Saubenova M.G.,

Shamenova M.G., Glebova T.I., Popova E.I., Baizhomartova M.M., Baimenov E.K., 2000. Chemical composition, microbial control and antiviral properties of freshly made and conserved shubat "Bota". Proceeding 2nd Int. Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming", 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan, p.97

Dell'Orto V., Cattaneo D., Beretta E., Baldi A., Savoini G. 2000. Effects of trace element supplementation on milk yield and composition in camels. International Dairy Science, 10, 873-879.

Diarra M.S., Petitclerc D., Lacasse P., 2002. Effect of lactoferrin in combination with Penicillin on the Morphology and the Physiology of *Staphylococcus aureus* Isolated from Bovine Mastitis. J. of Dairy Sci. 85, 1141-1149

Djangabilov A.K., Bekishev A.C., Mamirova T.N., 2000. Medicinal properties of camel milk and shubat. Proceeding 2nd Int. Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming", 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan, p.100

Duhaiman A.S. 1988. Purification of camel milk lysozyme and its lytic effect on *Escherichia coli* and *Micrococcus lysodeikticus*. Comp. Bioch. Physiol. Vol 91B, No 4, 793-796.

El Agamy E.I. 2000. Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cow's and buffalo milk proteins. Food Chemistry, 68, 227 – 232.

El Agamy E.I., Abou-Shlou Z.I., Abdel-Kader Y.I. 1998. Gel electrophoresis of proteins, physicochemical characterization and vitamin C content of milk of different species. Alex.J.Agric.Res. 43(2): 57-70.

El Agamy E.I., Ruppanner R., Ismail A., Champagne C.P., Assaf R., 1992. Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective proteins. Journal of Dairy Research, 59, 169-175.

El Agamy E.I., Ruppanner R., Ismail A., Champagne C.P., Assaf R., 1996. Purification and characterization of lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme and immunoglobulins from camel's milk. Int. Dairy J., 6, 129-145.

Elamin F.M. and Wilcox C.J. 1992. Milk composition of Majaheim camels. Journal of Dairy Science, vol 75, No 11, 3155-3157.

El-Gawad I.A.A., El-Sayed E.M., Mahfouz M.B., El-Salam A.M.A. 1996. Changes of lactoferrin concentration in colostrum and milk from different species. Egyptian J. Dairy Sci. 24, 297-308.

El-Hatmi H., Khorchani T., Attia H. 2006. Characterization and composition of camel's (*Camelus dromedarius*) colostrum and milk. Microbiol.Hyg.Alim., Vol 18, No 51, mars, 13-17.

El-Hatmi H., Levieux A., Levieux D. 2006. Camel (*Camelus dromedarius*) immunoglobulin G, α -lactalbumin, serum albumin and lactoferrin in colostrum and milk during the early post partum period. Journal of Dairy Research, 73, 1-6.

Elkhidir H.E. 2002. Vitamin C status in Sudanese camels. PhD Thesis, University of Utrecht (The Netherlands), 98 p.

Farah Z., Rüegg. 1989. The size of distribution of casein micelles in camel milk. Food microstructure, Vol 8, 211-216.

Farah Z., Rüegg M., 1991. The creaming properties and size distribution of fat globules in camel milk. Journal of Dairy Sci., Vol 74, No 9, 2901-2904.

Farah Z., Atkins D., 1992. Heat coagulation of camel milk. Journal of Dairy Sci., 59, 229-231.

Farah Z., Rettenmaier R., Atkins D., 1992. Vitamin content of camel milk. Internat. J. Vit. Nutr. Res., 62, 30-33.

Farah Z. 1993. Composition and characteristics of camel milk. Journal of Dairy Reserch 60, 603-626.

Faye B., 2006. Séminaire Franco-Kazakhe sur la filière lait : rôle pratique de la coopération scientifique). Atelier Intl. Franco-Kazakhstanais sur le lait de chamelle. G. Konuspayeva (Ed.), 5-7 juin 2006, Almaty (Kazakhstan), Publ. université agraire d'Almaty, 16-31.

Faye B., Konuspayeva G., Narmuratova M., Loiseau G. 2006. Comparative fatty acid composition of milk in Bactriane camel, dromedary, mare, cow and goat. In: Proceeding of the First International Conference of ISOCARD, Al-Ain, 15-17 April, United Arab Emirates, abstract 110.

Faye B., Saint-Martin G., Cherrier R., Ali Ruffa., 1992. The influence of high dietary protein, energy and mineral intake on deficient young camel: I. Changes in metabolic profiles and growth performance. Comp. Bioch. Physiol., 102A, 409-416.

Field C.R., Kinoti M., Bush M., 1997. Camel milk for schools and its preservation during vacations. Journal of Camel Practice and Reserche, vol 4, No 2, p 247-255.

Gnan S.O., Mohamed M.O., Shereha A.M., Igwegbe A.O. 1998. Fermentation ability of camel's milk. Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals. P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 173-176.

Godden S.M., Lissemore K.D., Kelton D.F., Leslie K.E., Walton J.S., Lumsden J.H., 2001. Relationships between milk urea concentration and nutritional management production and economic variables in Ontario dairy herds. J. Dairy Sci., 84, 1128-1139

Gohlke M.B., Cockrum R.H., 2001. brevet sur: "Mode d'emploi des compliment nutritive, qui contiennes lactoferrine et le colostrum". US 2001 778294 06.02.2001

Gran S.O., Mohammed M.O., Shareha A.M., Igwegbe A.O. 1991. A comparative study on the fermentability of camel and cow milk by lactic acid culture. In proceeding "International conference on camel production and improvement", Dec 90. Tobruk (LBY), Damascus (Syrie): ACSAD, Wardeh M.F., Wilson T.R., Zaied A.A., 183-188.

Grillet N., 2006. Caractérisation de la flore microbienne du lait de chamelle cru et fermenté (Shubat) du Kazakhstan. Rapport de stage M2. Diplôme de Master 2. Biologie, Géosciences, Agro-ressources, Environnement.

Guliye A.Y., Yagil R., DeB Hovell F.D. 2000. Milk composition of Bedouin camel under semi-nomadic production system. *Journal of Camel Practice and Reserche*, vol 7, No 2, p 209-212.

Hanzharov N.S., Abdizhapparov B.T., Amanzhol B.A., Ospanov B.O., Shirgazin R.R., 1994. brevet : "Fabrication de poudre à base de lait de chamelle", No 3750, kl A23C9/12.

Hanzharov N.S., Abdizhapparov B.T., Amanzhol B.A., Ospanov B.O., Davydik E.V., 1994a. brevet : "Fabrication de poudre de shubat", No 3819, kl A23C9/12.

Hülsebush C., 1999. Immunoglobulin G status of camels during 6 months post-partum. *Hohenheim Tropical Agriculture Series Ed.*, Verlag publ., Weikersheim (Allemagne), 147 p.

Indra R. et Erdenebaatar B., 1998. Camel's milk processing and its consumption patterns in Mongolia. Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals. P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 257-261.

Iqbal A., Gill R.A., Younas M., 2001. Milk composition of Pakistani camel (*Camelus dromedarius*) kept under station/farmer's conditions. *Emir.J.Aric.Sci.* (13): 07-10.

Jianlin H., Mburu D., Ochieng J., Kaufmann B., Rege J, Hanotte O., 2000. Application of new world Camelidae microsatellite primers for amplification of polymorphic loci in Old World Camelids. *Animal genetics*, 31, 404-406

Jouan P., 2002. Lactoprotéines et lactopeptides. Propriétés biologiques. INRA publ., Versailles, 127 p.

Kamoun M., 1995. Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. In Tisserand J.-L. (ed.) *Elvage alimentation du dromadaire = Camel production and nutrition*. Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, p. 81-103. (Option Méditerranéennes : Etudes et Recherche, n°13). Séminaire du Projet CEE-DGXI TS2*0233-C (EDB), 1992/10/09-10, Douz (Tunisia).

Kamoun M., 1998. Evolution de la composition du lait de dromadaire durant la lactation : conséquences technologiques. Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals. P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 167-171.

Kappeler S.R., Brink H.J.M.van den, Rahbek-Nielsen H., Farah Z., Puhan Z., Hansen E.B., Johansen E., 2006. Characterization of recombinants camel chymosin reveals superior properties for the coagulation of bovine and camel milk. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 342, 647-654.

Karue C.N., 1998. The dairy characteristics of the Kenyan camel. Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals. P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 55-60.

Konuspayeva G., Faye E. B., Serikbayeva A., 2003. *Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie Centrale.* Atelier Int. sur le lait de chamelle en Afrique. FAO-CIRAD-KARKARA, Niamey (Niger), 5-8/11/03, 71-82.

Konuspayeva G.S. 2003. La lactoferrine dans le lait de chamelle (*Camelus dromedarius*). Essai de séparation chromatographie sur colonne. Diplôme d'étude approfondie. Université Montpellier II. 31 p.

Kouniba A., Berrada M., Zahar M., Bengoumi M., 2005. Composition and heat stability of Moroccan camel milk. Journal of Camel Practice and Reserche, vol 12, No 2, p 105-110.

Larsson-Raznikiewicz M., Mohamed M.A., 1998. Camel's (*Camelus dromedarius*) milk: properties important for processing procedures and nutritional value. Actes du colloque « Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals ». P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 189-196.

Levieux D., Levieux A., El-Hatmi H., Rigaudière J.-P., 2006. Immunochemical quantification of heat denaturation of camel (*Camelus dromedarius*) whey proteins. Journal of Dairy Recherche, 73, 1-9.

Linden G. 1994. In Biochimie agro-industrielle. Valorisation alimentaire de la production agricole. D. Lorient. MASSON Paris Milan Barcelone, p.114-116.

Loiseau G., Faye B., Serikbaeva A., Montet D. 2001. Enzymes ability to serve as markers of pasteurized camel milk. Int. Conf. On new horizons in biotechnology, 18-21 avril 2001, Trivandrum, Inde.

Lore T.A., Mbugua S.K., Wangoh J. 2005. Enumeration and identification of microflora in *suusac*, a Kenyan traditional fermented camel milk product. Lebensm.-Wiss.u.-Technol. 38, 125-130.

Mahfouz M.B., Elham I., El-Sayed M., El-Gawad I.A.A., El-Etriby H., El-Salam A.M. 1997. Strucural studies on colostrum and milk lactoferrins from different scecies. Egyptian J. Dairy Sci. 25, 41-53.

Mal G., Suchitra Sena D., Jain V.K., Singhvi N.M., Sahani M.S., 2000. Therapeutic utility of camel milk as nutritional supplement against multiple drug resistant (M.D.R.) patients. Proceeding 2nd Int. Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming", 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan, p.99

Mason P.L., Heremans J.F. 1971. Lactoferrin in milk from different species. Comp. Biochem. Physiol., 39, 119 – 129.

Mehaia M.A. 1996. Chemical composition of camel skim milk concentrated by ultrafiltration. Int.Dairy Journal 6, 741-752.

Mehaia M.A. and Al-Kahnal M.A. 1989. Studies on camel and goat milk proteins: nitrogen distribution and amino acid composition. Nutrition reports international, February, vol 39, No2, 351-356.

Mehaia M.A., 1998. Soft cheeses from dromedary camel's milk. Actes du colloque « Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals ». P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 197-204.

Mehaia M.A., Hablas M.A., Abdel-Rahman K.M., El-Mougy S.A. 1995. Milk composition of Majeheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia. Food Chemistry 52, 115-122.

Mietton B., Gaucheron F., Salaün-Michel F. 2004. Minéraux et transformations fromagères. In: Minéraux et produits laitiers, Ed. Lavoisier, Paris, 471-559.

Mohamed H.E., Mousa H.M., Beynen A.C., 2005. Ascorbic acid concentration in milk from Sudanese camels. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 89, 35-37.

Mousakaraev T., Saparov K., 1985. Technologie de la préparation « Doïran ». Boisson essentiel « Doïran ». Achkhabad., 5 p.

Mousakaraev T., Saparov K., Durdyrev A., 1985a. Standard de la République Turkmène SSR. Boisson essentiel « Doïran ». RST TSSR 178-85. Achkhabad, 6 p.

Mousakaraev T., Saparov K., Durdyrev A., 1985c. Standard de la République Turkmène SSR. (1985). « Agaran » - crème. RST TSSR 177-85. Achkhabad. 6 p.

Mousakaraev T., Saparov K., Durdyrev A., 1985d. Technologie de fabrication shubat « Turkestan Mangystau », Société privé « Taushyk », République Kazakhstan, Mangystau région.

Mousakaraev T., Saparov K., Nurkuliev Sh., 1984. Technologie de la préparation « Chal » et « Agaran » - crème. Achkhabad.. 6 p.

Mousakaraev T., Saparov K., Nurkuliev Sh., 1985b. Standard de la République Turkmène SSR. (1985). « Chal » de chamelle. RST TSSR 180-85. Achkhabad.

Mussayev Z.M. 2002. Les travaux de selection dans domain des cheveux et chameaux pure sans au Kazakhstan Selectionno-plemennaya rabota v konevodstve i verbludovodstve Kazakhstan. In Acte de 1^{er} congrès des veterinaires, 10-11 octobre, Almaty, Kazakhstan, 101-103 p. Almaty, Kazakhstan, стр 101-103.

Ohri S.P., Joshi B.K. 1961. Composition of milk of camel. The Indian veterinary journal, 38(10), 514-516.

Orskov E.R., Whitelaw F.G., 1989. Le recyclage de l'azote dans le tractus gastro-intestinal. In : Séminaire sur la digestion, la nutrition et l'alimentation du dromadaire, Ouargla (Algérie). Options méditerranéennes, série séminaires n°2, 99.

Puzyrevskaya O.M., Saubenova M.G., Baizhomartova M.G., Baimenov E.K., 2000. Microbiological and biochemical characterization of shubat. Proceeding 2nd

Int. Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming", 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan, p.98

Qian Z.-Y., Jollès P., Migliore-Samour D., Fiat A.-M. 1995. Isolation and characterization of sheep lactoferrin, an inhibitor of platelet aggregation and comparison with human lactoferrin. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1243, 25-32.

Raghvendar S., Shukla S.K., Sahani M.S., Bhakat C., 2004. Chemical and physico-chemical properties of camel milk at different stages of lactation. International Conference, Saving the camel and peoples' livelihoods. 23-25 November, Sadri, Rajasthan, India.

Ramdaoui A., Obad I., 1998. Caractérisation physico-chimique et microbiologique du lait de dromadaire, et étude de sa stabilité thermique. Mémoire de 3^e cycle présenté pour obtenir le grade d'Ingénieur d'Etat en Industries Agricoles et Alimentaires. p.133.

Rao M.B., Gupita R.C., Dastur N.N. 1970. Camels' milk and milk products. *Indian J. Dairy Sci.*, 23, 71-78.

Restani P., Gaiaschi A., Plebani A., Beretta B., Cavagni G., Fiocchi A., Poiesi C., Velona T., Ugazio A.G., Galli C.L., 1999. Cross-reactivity between milk proteins from different animal species. *Clinical and Experimental Allergy*, Vol 29, 997-1004.

Roissart H., Luquet F.M. 1994. Bactéries lactiques. Aspects fondamentaux et technologiques. *Lorica*. Vol. I. 605 p.

Rüegg M.W., Farah Z. 1991. Melting curves of camel milk fat. *Milchwissenschaft* 46 (6) 361-362.

Sabumukama C. 1997. Recherche d'enzymes adaptées pour la vérification de la pasteurisation du lait de dromadaire et mise au point d'un test simple de contrôle. Rapport de stage au CIRAD-SAR et ENSIA. Diplôme de Mastère Grandes écoles. Montpellier. 45 p.

Saitmuratova O.Kh., Sulaimanova G.I., Sadykov A.A., 2001. Camel's milk and shubat from Aral region. *Chemistry of Natural Compounds*, Vol 37, No 6, 566-568.

Saubenova M.G., Puzyrevskaya O.M., Nikitina E.T., Baizhomartova M.M., 2002. Les perspectives d'amélioration de qualité et propriété médicinale-thérapeutique de shubat (Perspektivy povysheniya kachestva i lechebno-profilakticheskikh svoistv shubata) *Vestnik KazNU, série de biologie*, No 1 (16), 23-27.

Seitov Z.S. 2005. Koumis. Shubat. Almaty, éd. "Daur".

Seitov Z.S., Seitov T.S., Symanova K.Zh. 1994. Brevet de Kazakhstan : « Fabrication de boisson fermentée faiblement acidifiée ». No 3819, kl A23C9/12.

Sela S., Pinto R., Merin U., Rosen B. 2003. Thermal inactivation of *Escherichia coli* in camel milk. *Journal of Food Protection*, Vol 66, No 9, 1708-1711.

Serikbaeva A., Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., Narmuratova M., 2004. Probiotic properties of sour-milk product : shubat from the camel milk. Proc. of Intern. Workshop, « Desertification combat and food safety : the added value of camel producers”. Ashkabad (Turkménistan), 19-22 april 2004. In “Vol. 362 NATO Sciences Series, Life and Behavioural Sciences”. B. Faye and P. Esenov (Eds), IOS press Publ., Amsterdam (The Netherlands), 187-191

Serikbaeva A.D., Toktamysova A.B. 2000. Proteines du lait de chamelle. Belki verbylyjogo moloka. Proceeding 2nd Int. Camelid Conf. “Agroeconomics of camelid farming”, 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan, p. 97.

Sharmanov T.Sh., Zhangabylov A.K., 1991. Propriété médicinale de koumis et shubat. (Medicinskie svoistva kumysa i shubata), Alma-Ata, ed. Gylym.

Shimazaki K.-I., Oota K., Nitta K., Ke Y., 1994. Comparative study of the iron-binding strengths of equine, bovine and human lactoferrins. J. of Dairy Sci., 61: 563-566.

Suliman A.M.E., Ilayan A.A., El Faki A.E. 2006. Chemical and microbiological quality of Garris, Sudanese fermented camel's milk product. International journal of food science and technology. 41, 321-328.

Terentjev S.M. 1975. Camel farming. Ed. Kolos, Moscow, 224.

Urazakov N.U., Bainazarov S.H., 1974. Problemy Tuberkuleza, 2, 89-90

Urbisinov Zh.K. 1992. Valeur nutritionnelle et biologique des produits laitiers et viande traditionnelle locale. Pishevaya i biologicheskaya cennost tradicionno mestnyh molochnyh i myasnyh produktov. Dissertation de candidats de sciences biologique. Alma-Ata.

Wangoh J., Farah Z., Puhani Z. 1998. Composition of milk from three Camel (*Camelus dromedarius*) breeds in Kenya during lactation. Milchwissenschaft 53 (3), 136-139.

Wernery U. 2003. New observation on camels and their milk, Central Vet. Research Lab. (Publ.),Dubai, p. 50.

Yagil R. and Etzion Z. 1980. Effect of drought condition on the quality of camel milk. Journal of Dairy Reserch 47, 150-166.

Yagil R., Van Creveld C. 2000. Medicinal use of camel milk – fact or fancy? Proceeding 2nd Int. Camelid Conf. “Agroeconomics of camelid farming”, 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan, p.100

Younan M., Estoepangestie T.S., Cengiz M., Alber J., El-Sayed A., Lämmli C. 2005. Identification and molecular characterization of *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* isolated from camels (*Camelus dromedarius*) and camel milk in Kenya and Somalia. J.Vet.Med., B 52, 142-146.

Zagulki T., Lipinski P., Zagulska A., Broniek S., Jarzabek Z., 1989. Lactoferrin can protect mice against a lethal dose of *Escherichia coli* in experimental infection in vivo. Br.J.Exp.Pathol. 70:697-704 Br. J. Exp. Pathol., 70, 697-704

Zhang H., Yao J., Zhao D., Liu H., Li J., Guo M. 2005. Changes in chemical composition of Alxa Bactrian camel milk during lactation. J.Dairy Sci., 88: 3402-3410.

Zhao X.X. 1998. Milk production of Chinese Bactrian camel (*Camelus bactrianus*). Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals. P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 101-105.

Zia-Ur-Rahman et Haq I.U. 1998. Milk production potential of camels in Punjab (Pakistan). Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals. P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 107-109.

Zia-Ur-Rahman et Straten M.V. 1998. Milk production and composition in lactating camels injected with recombinating bovine somatotropin. Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals. P.Bonnet (ed.), 24-26 octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 159-161.



Annexes

Annexes

1. Tableaux de résultats

Tableau 1. Matrice de corrélation de 11 paramètres physico-chimiques du lait cru de chamelle

Tableau 2. Composition du shubat de la ferme de TOO « Daulet-Beket ».

Tableau 3. Composition du shubat de la ferme de KCh « Aldabergenova ».

Tableau 4. Composition du shubat de la ferme de AO « Birinshi Mamyr ».

Tableau 5. Composition du shubat de la ferme de KCh « Tendik ».

Tableau 6. Composition du shubat de la ferme de P « Beïsenbayev Dauletbas »

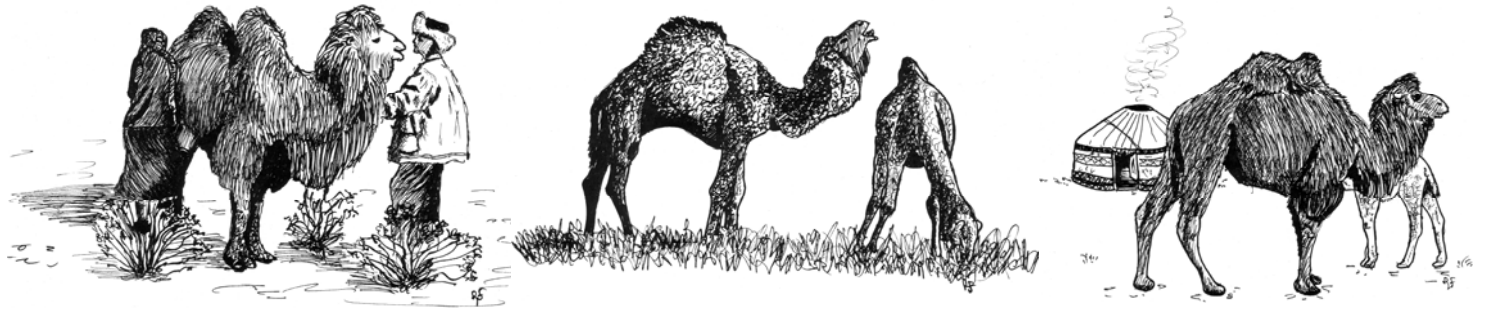
Tableau 7. Composition du shubat de la ferme de AO « Sary-Arka »

Tableau 8. Composition du shubat de la ferme de TOO « Karakalpak ».

Tableau 9. Composition du shubat de la ferme de P « Esenov Mahmoud ».

2. Publications en français ou anglais

3. Liste exhaustive des publications de G.Konuspayeva



Annexe 1

1. Tableaux de résultats

Tableau 1. Matrice de corrélation de 11 paramètres physico-chimiques du lait cru de chamelle

	MG	MSE	Den	pH	Dornic	prot	vitC	MAT	Ca	P	Fe
MG	1										
MSE	0.032	1									
Den	0.622	0.196	1								
pH	0.115	-0.502	0.013	1							
Dornic	-0.023	0.549	0.068	-0.697	1						
prot	0.156	0.185	0.174	-0.104	0.336	1					
vitC	0.180	0.073	0.214	0.045	-0.022	-0.033	1				
MAT	0.095	0.203	0.205	-0.037	0.157	0.407	-0.148	1			
Ca	0.201	0.130	0.107	0.105	0.145	0.384	-0.141	0.342	1		
P	0.143	0.077	0.051	0.097	0.155	0.580	-0.285	0.398	0.775	1	
Fer	0.008	-0.016	-0.014	-0.014	-0.021	0.049	0.189	-0.070	0.056	0.005	1

Tableau 2. Composition du shubat de la ferme de TOO « Daulet-Beket »

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	2	4,33 ± 0,55	4,72	3,94
2 Dornic, D°	3	113 ± 21	132	91
3 SH°	3	50 ± 9	59	41
4 Thurner, °T	2	137 ± 2	139	135
5 Protéine, %	3	3,82 ± 0,51	4,27	3,26
6 Vitamine C, mg/L	1	186		
7 Iode				
8 MAT, %	2	3,11 ± 0,31	3,33	2,90
9 Ca, g/L	3	1,388 ± 0,304	1,739	1,200
10 P, g/L	3	0,837 ± 0,067	0,880	0,760
11 Fer mg/L	3	2,43 ± 0,90	3,00	1,40
12 Urée	2	0 ± 0	0	0
13 Ammoniaque	2	22 ± 8	28	16

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 3. Composition du shubat de la ferme KCh « Aldabergenova »

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	3	4,01 ± 0,01	4,01	4
2 Dornic, D°	4	172 ± 21	189	143
3 SH°	4	77 ± 9	84	64
4 Thurner, °T	4	189 ± 27	215	151
5 Protéines, %	4	6,23 ± 1,33	8,20	5,37
6 Vitamine C, mg/L	4	51 ± 23	79	28
7 Iode	2	19,06 ± 3,92	21,83	16,29
8 MAT, %	4	4,22 ± 0,99	5,64	3,33
9 Ca, g/L	4	1,597 ± 0,269	1,877	1,230
10 P, g/L	4	1,145 ± 0,228	1,390	0,840
11 Fer mg/L	4	2,23 ± 1,56	4,40	0,80
12 Urée	4	37 ± 46	96	0
13 Ammoniaque	4	15 ± 21	44	0

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 4. Composition de shubat de la ferme AO « Birinshi Mamyr »

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	3	4,20 ± 0,24	4,46	3,98
2 Dornic, D°	3	140 ± 26	167	116
3 SH°	3	62 ± 11	74	52
4 Thurner, °T	3	161 ± 22	180	136
5 Protéines, %	3	5,53 ± 0,72	6,33	4,94
6 Vitamine C, mg/L	3	180 ± 93	284	105
7 Iode	2	13,45 ± 4,31	16,50	10,41
8 MAT, %	3	3,62 ± 0,32	3,95	3,32
9 Ca, g/L	3	1,423 ± 0,061	1,480	1,360
10 P, g/L	3	1,127 ± 0,021	1,150	1,110
11 Fer mg/L	3	6,30 ± 3,41	9,10	2,50
12 Urée	3	21 ± 21	43	0
13 Ammoniaque	3	23 ± 7	30	16

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 5. Composition du shubat de la ferme KCh « Tendik »

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	2	4,24 ± 0,32	4,46	4,01
2 Dornic, D°	4	140 ± 38	176	86
3 SH°	4	62 ± 17	78	38
4 Thurner, °T	3	140 ± 30	165	107
5 Protéines, %	4	4,39 ± 1,02	5,85	3,55
6 Vitamine C, mg/L	4	217 ± 103	300	72
7 Iode	3	23,52 ± 25,42	52,79	6,98
8 MAT, %	5	3,41 ± 0,60	4,34	2,66
9 Ca, g/L	5	1,461 ± 0,152	1,695	1,270
10 P, g/L	5	0,917 ± 0,455	1,270	0,127
11 Fer mg/L	5	2,02 ± 0,68	3,00	1,30
12 Urée	4	32 ± 40	82	0
13 Ammoniaque	4	19 ± 17	41	0

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 6. Composition du shubat de la ferme P « Beïsenbayev Daouletbas »

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	pH	3	4,08 ± 0,23	4,35	3,94
2	Dornic, D°	4	119 ± 11	131	107
3	SH°	4	53 ± 5	58	47
4	Thurner, °T	3	168 ± 43	198	119
5	Protéines, %	4	5,22 ± 0,74	6,14	4,32
6	Vitamine C, mg/L	1	51	-	-
7	Iode	-	-	-	-
8	MAT, %	4	3,58 ± 0,46	4,01	3,09
9	Ca, g/L	4	1,259 ± 0,203	1,560	1,125
10	P, g/L	4	1,063 ± 0,152	1,280	0,940
11	Fer mg/L	4	3,63 ± 2,12	6,20	1,40
12	Urée	3	44 ± 41	81	0
13	Ammoniaque	3	3 ± 5	9	0

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 7. Composition du shubat de la ferme AO « Sary-Arka »

	Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1	pH	4	3,94 ± 0,34	4,23	3,55
2	Dornic, D°	6	143 ± 29	184	102
3	SH°	6	63 ± 13	82	45
4	Thurner, °T	2	174 ± 30	195	152
5	Protéines, %	6	3,95 ± 1,00	5,53	2,40
6	Vitamine C, mg/L	5	136 ± 123	340	33
7	Iode	3	18,12 ± 3,01	21,57	16,07
8	MAT, %	6	3,09 ± 1,02	4,42	1,74
9	Ca, g/L	6	1,181 ± 0,175	1,430	1,050
10	P, g/L	6	1,088 ± 0,373	1,800	0,790
11	Fer mg/L	6	3,55 ± 1,58	5,60	2,00
12	Urée	3	50 ± 87	150	0
13	Ammoniaque	3	19 ± 17	34	0

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 8. Composition du shubat de la ferme TOO « Karakalpak »

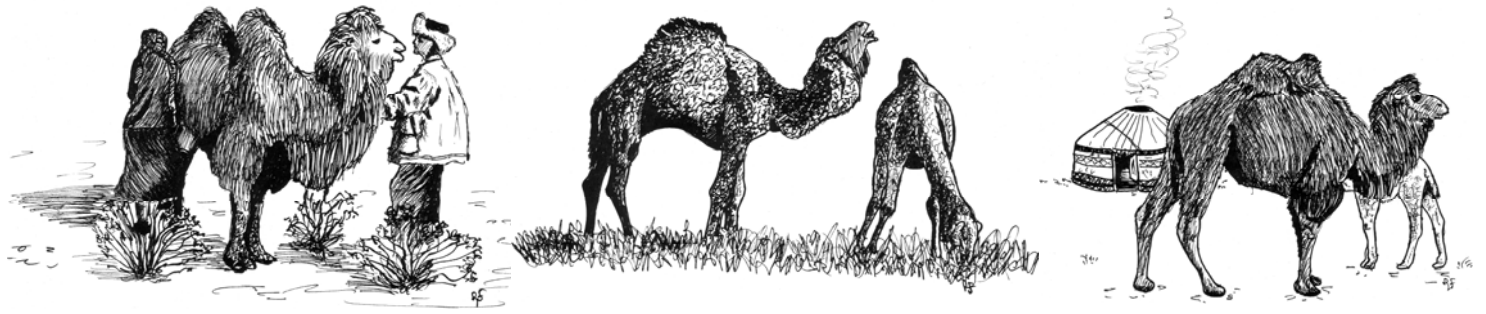
Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	3	4,12 ± 0,38	4,55	3,88
2 Dornic, D°	4	136 ± 36	171	92
3 SH°	4	60 ± 16	76	41
4 Thurner, °T	1	176	-	-
5 Protéines, %	4	3,31 ± 1,09	4,80	2,45
6 Vitamine C, mg/L	4	197 ± 156	417	49
7 Iode	3	19,88 ± 7,83	27,92	12,27
8 MAT, %	3	3,07 ± 0,51	3,50	2,51
9 Ca, g/L	3	1,393 ± 0,105	1,500	1,290
10 P, g/L	3	1,020 ± 0,115	1,110	0,890
11 Fer mg/L	3	2,37 ± 0,55	3,00	2,00
12 Urée	-	-	-	-
13 Ammoniaque	-	-	-	-

n* nombre d'échantillons analysés

Tableau 9. Composition du shubat de la ferme P « Esenov Mahmoud »

Paramètres	n*	Moyenne et Ecart-type	Max	Min
1 pH	2	3,86 ± 0,10	3,93	3,79
2 Dornic, D°	2	139 ± 11	146	131
3 SH°	2	62 ± 5	65	58
4 Thurner, °T	-	-	-	-
5 Protéines, %	2	2,90 ± 0,58	3,31	2,49
6 Vitamine C, mg/L	2	213 ± 81	270	155
7 Iode	1	11,42	-	-
8 MAT, %	2	1,97 ± 1,10	2,75	1,20
9 Ca, g/L	2	1,115 ± 0,120	1,200	1,030
10 P, g/L	2	0,875 ± 0,092	0,940	0,810
11 Fer mg/L	2	1,55 ± 0,21	1,70	1,40
12 Urée	-	-	-	-
13 Ammoniaque	-	-	-	-

n* nombre d'échantillons analysés



Annexe 2

2. Publications en français ou anglais liées à la thèse

Konuspayeva G., Faye B., Serikbaeva A., 2003. Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie Centrale. Atelier Int. sur le lait de chamelle en Afrique. FAO-CIRAD-KARKARA, Niamey (Niger), 5-8/11/03

Konuspayeva G., Loiseau G., Faye B. 2004. La plus-value « santé » du lait de chamelle cru et fermenté : l'expérience du Kazakhstan. Proc. 11 Rencontre autour des Recherches sur les Ruminants, INRA, Paris 8-9 décembre, 2004.

Konuspayeva G., Faye B. 2004. A better knowledge of milk quality parameters: A preliminary step for improving the camel milk market opportunity in a transition economy – The case of Kazakhstan. Proc. of Int. Conference "Saving the Camel and Peoples' Livelihoods". Sadri, Rajasthan, India 23-25 November, 2004, p.28-36.

Konuspayeva G., Serikbaeva A., Faye B., Loiseau G., Narmuratova M., 2004. Lactoferrine in camel milk from Kazakhstan. Proc. of Int. Workshop on « Desertification combat and food safety: the added value of the camel producers ». B. Faye (Ed.), IOS press, Nato, Brussels

Chapitre 7

Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie centrale

G. Konuspayeva¹⁴, B. Faye¹⁵, A. Serikbaeva¹⁶

RÉSUMÉ

En Asie centrale, l'élevage du chameau de Bactriane (chameau à deux bosses) est prédominant, bien qu'on rencontre également des systèmes de production basés sur l'élevage du dromadaire, réputé meilleur laitier; de même, l'hybridation entre ces deux espèces est fréquente de nombreuses zones. Le chameau est élevé pour son lait dont la consommation est assurée sous plusieurs formes, par exemple:

- un lait fermenté entier (shubat au Kazakhstan, agaran au Turkménistan) ou dilué dans l'eau (chal);
- une crème fermentée (doiran au Turkménistan);
- un «fromage» en fait issu de la déshydratation d'une pâte obtenue à partir du lait fermenté (kourt au Kazakhstan);
- un produit sucré appelé balkaimak (Kazakhstan), consommé comme une friandise.

Ces produits peuvent être considérés comme des «produits-terroir» fortement associés à une identité culturelle locale et issus d'un savoir-faire ancestral. Ils témoignent de la possibilité de proposer aux consommateurs des formes très variées de produits provenant de la traite des chameaux. Par ailleurs, ces produits ont la réputation de présenter des propriétés médicinales et probiotiques auxquelles l'industrie agroalimentaire commence à s'intéresser. Néanmoins, l'absence d'une standardisation des méthodes de transformation incite à développer une démarche qualité tout au long de la filière.

Traditional camel milk products in Central Asia

ABSTRACT

In Central Asia, Bactrian (double humped) camel farming predominates, but production systems with dromedary camels, which are better dairy animals, occur in

¹⁴ Faculté de Biologie, Université nationale kazakh Al-Farabi, 71 av. Al-Farabi, 480078 Almaty, Kazakhstan.

¹⁵ Programme productions animales, TA 30/A CIRAD-EMVT, Campus International de Baillarguet, 34398 Montpellier, France.

¹⁶ Université nationale kazakh agraire, 8 av. Abai, 480013, Almaty, Kazakhstan.

some areas. Crossbreeding between the both species is also common. The camels are kept for their milk, which is converted into different products, such as:

- fermented milk (shubat in Kazakhstan, agaran in Turkmenistan) or mixed with water (chal);
- fermented cream (doïran in Turkmenistan);
- a "cheese" prepared from dehydrating a paste prepared from fermented milk (kourt in Kazakhstan); and
- a sweet product called balkaimak (Kazakhstan), consumed as a candy.

These products can be considered as "land products" strongly associated to a local cultural identity and prepared in traditional ways. This means that various types of camel milk products presented to the consumers. Elsewhere, these products are reputed to have medicinal properties, which the food and agriculture industries are beginning to take interest in. The lack of standardization in processing still inhibits the development of a quality approach within the milk sub-sector.

7.1 INTRODUCTION

La production laitière caméline est une pratique traditionnelle de l'élevage camélin en Asie centrale et tout particulièrement au Kazakhstan. Les produits laitiers y font l'objet d'une préparation et d'une transformation très spécifiques à ces régions, marquant fortement l'identité culturelle de ces pays. L'effondrement de l'URSS et de l'économie planifiée de type soviétique a provoqué un recul, parfois dramatique, de l'activité agricole. Sur le plan de la filière lait, on assiste au développement de laiteries «clés en main» sur le modèle occidental qui proposent, dans la grande et moyenne distribution en pleine expansion, des produits laitiers classiques de l'Europe de l'Ouest et des États-Unis, reléguant sur les marchés classiques (bazars et petite distribution) les produits traditionnels issus du lait de jument et de chamelle. Or, ces derniers sont à même de pouvoir constituer un débouché viable pour les producteurs de la steppe, éloignés des centres urbains. Il est à l'évidence urgent de fournir à ces produits dits traditionnels toute la place qui leur revient en œuvrant pour une meilleure caractérisation de ces produits et en se focalisant sur une démarche qualité de leur production et de leur valorisation.

7.2 LA POPULATION CAMÉLINE AU KAZAKHSTAN ET EN ASIE CENTRALE

En Asie centrale, et en particulier au Kazakhstan, les pâturages naturels représentent plus de 180 millions d'hectares. Selon les données de la FAO, la population caméline au Kazakhstan était, en 2002, de 98 300 chameaux, dont 80 pour cent de Bactriane (tableau 1). En effet, on distingue au Kazakhstan des chameaux de Bactriane de race Kazakh, réputés pour leur bonne productivité en viande et en laine, et des dromadaires d'origine turkmène de race Arvana, réputés pour leur production laitière. Enfin, il existe aussi tout un ensemble d'hybrides entre chameaux et dromadaires. Cette population a beaucoup varié au cours du XX^e siècle (tableau 2). Estimés à plus de un million de têtes au début du siècle, les effectifs ont considérablement chuté à la suite de la collectivisation soviétique. Une nouvelle régression des effectifs est survenue au moment de l'indépendance du Kazakhstan et de la privatisation des structures agricoles. La population actuelle représente à peine 10 pour cent du cheptel qui existait il y a 100 ans.

Comme dans beaucoup de pays, les camélidés du Kazakhstan ont traditionnellement une vocation multi-usages et sont utilisés pour le lait et la

TABEAU 1
Les effectifs de chameaux en Asie centrale

République	
Azerbaïdjan	200
Kazakhstan	98 300
Kirghizistan	46 000
Ouzbékistan	25 000
Russie	12 000
Tadjikistan	42 000
Turkménistan	40 000

Source: FAO, 2002.

fabrication du shubat, la viande, la laine et le transport. Afin d'améliorer la production laitière des chameaux de Bactriane, les femelles de Bactriane (vocation viande) sont croisées avec les mâles de dromadaire (race Arvana du Turkménistan). Les hybrides F₁ obtenus sont ensuite croisés avec des chameaux de Bactriane afin de disposer d'hybrides à deux fins (lait et viande). La région la plus riche en terme d'élevage camélin (Mangystau) comprend 32 700 chameaux, 35 pour cent étant élevés dans des entreprises privées et des sociétés collectives, et 65 pour cent dans des exploitations paysannes.

La productivité laitière est en moyenne de 4 à 6 litres par jour pendant 12 à 14 mois de lactation avec jusqu'à quatre traites manuelles par jour. L'alimentation des animaux est basée sur les pâturages naturels pendant toute l'année. Cependant, cette productivité peut atteindre plus de 10 litres chez les animaux sélectionnés (dromadaires Arvana notamment).

7.3 LAIT ET PRODUITS LAITIERS

Au Kazakhstan, les possibilités de garder les produits frais sont rares. Traditionnellement, on commercialise donc de préférence des produits laitiers fermentés (tableau 3). Le lait de vache fermenté en Asie centrale s'appelle aïran (ou kefir en russe). Le shubat (au Kazakhstan), le chal et doïran (au Turkménistan), le khoormog (en Mongolie) sont des laits de chamelle fermentés. Le koumis est le produit de la fermentation du lait de jument. Le lait de yak fermenté commercialisé au Kirghizistan s'appelle kourout. Il existe aussi une espèce de fromage dur dénommé kourt. La crème de lait de chamelle s'appelle agaran (au Turkménistan). Enfin, on fabrique aussi des caramels (ou nougat) à partir de lait de chamelle, appelés balkaimak.

Bien entendu, ces valeurs varient en fonction de la race, de la saison, de l'alimentation et des modes de préparation. Cependant, on manque d'informations sur les effets de ces différents facteurs de variation. Dans la littérature russe,

TABLEAU 2
Population caméline au Kazakhstan

	1927	1941	1991	2002	Références
Chameaux	1 200 000	104 600	145 000	102 300	Z. Moussev, 2002
Chevaux	3 500 000	869 700	1 700 000	1 010 000	Z. Moussev, 2002
Moutons	18 000 000	12 000 000	35 000 000	9 207 500	FAO

TABLEAU 3
Quelques paramètres des produits laitiers en Asie centrale

	Lait de dromadaire	Lait de Bactriane	Shubat	Chal	Doïran	Agaran	Koumis
Acidité (°T)			120-180	90-120	65-120	70-80	100-120
pH	6,54-6,63		4,8				4,0
Matières grasses (%)	3,20-3,80	4,30-5,70	4,0	6,0	3,3-4,0	13,0	1,5-1,9
Protéines (%)	3,10-3,30	3,8-4,2					
Alcool (%)			1,2	1,2-1,5	1,2-1,5	0,6-1,0	0,5-2,5

certain auteurs donnent des valeurs très générales, d'autres utilisent des méthodes d'analyse variées, ce qui rend les comparaisons difficiles entre publications. La production des produits laitiers n'est pas encore standardisée pour la grande industrie, et tous ces produits relèvent de procédés artisanaux ou semi-artisanaux. Le mode de préparation peut ainsi changer, selon les régions et selon les saisons. Pour illustrer les difficultés de caractérisation standardisée des produits laitiers traditionnels, on peut citer, par exemple, le degré d'acidité Turner du shubat qui varie entre 80 et 180 °T, ou celui du koumis, entre 120 et 220 °T, qui conduit à des produits finaux aux goûts très contrastés. Dans ces conditions, les taux de matières grasses, de protéines et d'alcool varient également. Pour les produits tels que le kourt, le kourout et le balkaimak, il est impossible de fournir des chiffres.

Par ailleurs, des analyses microbiologiques récentes de shubat réalisées au CIRAD, ont montré que huit souches bactériennes appartenant à quatre types de bactéries lactiques intervenaient de façon différenciée sur la fermentation du lait de chamelle: *Lactobacillus casei*, *Leuconostoc lactis*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus plantarum*. Ces résultats laissent penser qu'il est possible de piloter les processus fermentaires pour obtenir des produits différenciés mieux standardisés (Aussel, 2002).

7.4 LE LAIT DE CHAMELLE, UN «PRODUIT-TERROIR»

Les produits du lait de chamelle, spécifiques aux pays d'Asie centrale, sont le fruit d'une technologie fort ancienne inscrite dans la tradition. A ce titre, ils sont associés à un territoire et à une culture, celle des steppes d'Asie centrale. On peut ainsi les considérer comme des «produits-terroir» qui pourraient relever d'un dispositif commercial de type label ou appellation d'origine.

7.4.1 Préparation de shubat (Mousakaraev et al., 1985d)

La préparation du shubat relève essentiellement d'une technologie artisanale. Cependant, une préparation industrielle existe depuis quelques années dans certaines laiteries du Kazakhstan.

Shubat artisanal: en l'absence de shubat, le lait de chamelle cru est conservé à température ambiante; puis, il reçoit des ferments composés à partir de pâte de blé fermentée ou d'airan (kéfir); le mélange est remué pendant 30 à 40 minutes, puis laissé à température ambiante pendant quatre à cinq heures. Après un nouveau brassage et un temps de repos de cinq à six heures, le shubat est prêt. On peut également préparer le shubat en ajoutant le lait de chamelle cru sur un shubat déjà prêt qui joue le rôle de ferment dans la proportion de 4 à 1. La préparation du shubat varie selon les régions du Kazakhstan, les ferments utilisés, la saison, le stade de lactation, l'alimentation, l'âge des animaux.

Shubat industriel: il est produit dans l'ouest du Kazakhstan, région Mangystau (du côté de la mer Caspienne) spécialisée dans l'élevage des chameaux. Pour le préparer, on chauffe le lait cru jusqu'à 30-40 °C et sous une pression de 10-15 MPa, puis on l'homogénéise. Après pasteurisation à 85-87 °C, on refroidit le lait jusqu'à 26-28 °C et on ajoute les ferments de shubat. On homogénéise pendant

15-20 minutes puis on laisse au repos pendant huit à dix heures dans un récipient fermé. Le produit est de nouveau homogénéisé pendant 40 à 70 minutes à température de 18-22 °C et mis au repos pendant neuf à douze heures. Une nouvelle période de repos de 24 heures à 14-18 °C est nécessaire avant la mise en bouteilles de 1,0 litre. Ce shubat se conserve à 2-4 °C jusqu'à trois mois (technologie du producteur Taushyk). D'autres technologies sont proposées, notamment par AgroMerkur – industrie agroalimentaire intervenant dans la région d'Almaty.

7.4.2 Préparation de chal et agaran (Mousakaraev et al., 1984, 1985b et 1985c)

Le lait de chamelle cru est mélangé avec le levain (acidité de 120-130 °T) en proportion de 1 à 1 et soumis à une homogénéisation active de deux à trois minutes, et le mélange est gardé pendant quatre à douze heures à 20-25 °C; puis, de l'eau potable est ajoutée en proportion de 1 à 2. Après 25-30 minutes, le surnageant, composé d'un mélange de lipides et de caséines, est collecté. Ce mélange crémeux est appelé agaran. La partie liquide qui demeure après extraction de l'agaran constitue le chal. Celui-ci est conditionné en bouteilles de 0,5 litre et de 1 litre. Ces produits se conservent à 5-8 °C pendant quatre à cinq jours.

7.4.3 Préparation de doiran (Mousakaraev et al. [1985a], Mousakaraev et Saparov [1985])

Le lait de chamelle cru est mélangé avec le levain (acidité de 120-130 °T) en proportion de 1 à 1 et soumis à une homogénéisation active de 10 minutes.

7.4.4 Préparation de kourt à partir de lait de chamelle

Le shubat est égoutté à travers une poche de coton. Ce procédé permet l'évacuation du lactosérum (qui peut être utilisé pour le pain, par exemple). La phase contenant les caséines est homogénéisée, puis séchée en petites boules (soit salées, soit sucrées). Le kourt se conserve à température ambiante pendant longtemps.

7.4.5 Préparation de balkaimak

On chauffe environ 10 litres de lait de chamelle que l'on additionne d'un bol de sucre; le produit est alors soumis à ébullition jusqu'à la caramélisation du lactose et l'obtention d'une pâte épaisse.

7.5 LE LAIT DE CHAMELLE, UN PRODUIT «SANTÉ»

Le lait de chamelle et le shubat sont réputés pour leurs propriétés médicinales. De nombreuses références bibliographiques font mention du rôle du lait de chamelle et de ses produits dans des usages préventifs et thérapeutiques. Le shubat présente, notamment, des propriétés antibiotiques et un certain nombre d'effets prophylactiques. Il est utilisé, en particulier, dans le traitement de la tuberculose, de la gastroentérite, des ulcères gastriques et pour l'alimentation du nourrisson. Les facteurs «santé» attribués au lait de chamelle et ses produits transformés

peuvent être liés à certains de ses composants: lactoferrine, immunoglobulines, lysozyme, lactoperoxydase, vitamine C, etc.

7.5.1 Lactoferrine

La forte teneur des laits de camélidés en lactoferrine, une protéine qui possède une activité antimicrobienne, antivirale, anticancéreuse, anti-inflammatoire et analgésique pourrait être une des raisons des propriétés thérapeutiques du lait de chamelle et du shubat.

La lactoferrine (LF) est une glycoprotéine contenant deux sites capables chacun de fixer un ion ferrique (Fe^{3+}). Cette capacité à capter le fer explique en partie son rôle dans le contrôle de la croissance de certaines bactéries pathogènes, telles que *Staphylococcus aureus* ou *Escherichia coli* (Zagulki et al. [1989], Diarra et al. [2002]).

Sur le plan des propriétés physiques, la lactoferrine de la chamelle, comme beaucoup d'autres protéines lactières camélines, est plus thermorésistante que chez les autres espèces et plus thermorésistante que l'immunoglobuline (IgG). Par exemple, à 85 °C pendant 10 minutes, la lactoferrine du lait de chameau ne représente plus que 37 pour cent de la valeur initiale, contre 1,2 pour cent pour le lait de vache et 0 pour cent pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (Elagamy, 2000).

La LF n'est pas une protéine spécifique du lait. On la trouve dans la plupart des sécrétions (larmes, salive, sécrétions utérines, sang, sécrétions nasales, urines, fluide amniotique, plasma séminal) des mammifères, mais c'est dans le lait de chamelle qu'elle est la plus abondante puisqu'on en trouve de 30 à 100 fois plus que dans le lait de vache (tableau 4).

Du point de vue des propriétés physicochimiques, les lactoferrines caméline et bovine sont assez proches (tableau 5).

TABEAU 4

Intervalle de concentration en LF de laits à différents stades de la lactation des mammifères (en mg/ml)

	Chameau	Jument	Vache	Chèvre	Brebis	Truie	Scout	Lapin	Chien
LF	2-6	0,2-2,0	0,03-0,2	0,02-0,2	0,02-0,2	0,2-2,0	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Source: Mason et Heremans (1971), Qian et al. (1995).

TABEAU 5

Caractéristiques physicochimiques des lactoferrines caméline et bovine

	Chamelle	Vache
Résidu d'acides aminés	689	689
Masse moléculaire (kDa) par spectrométrie de masse	80,16-80,73	84,0
Masse moléculaire (kDa) par séquence des acides aminés	75,250	76,143
Point isoélectrique	8,14	8,13
Concentration dans le lait (mg/litre)	220	140
% homologie	74,9%	

Source: Kappeler et al., 1999.

Cependant, la difficulté de disposer de lactoferrine caméline pure sur le marché – pour pallier l'absence d'une méthode rapide de dosage – persiste. Des essais d'isolement de la lactoferrine par chromatographie d'affinité (sur support héparine-sépharose) et chromatographie d'interaction hydrophobe (sur support Butyl-Toyopearl 650 M), pour obtenir les anticorps de anti-LF anti-chamelle, ont été effectués (Konuspayeva, 2003). Des techniques plus rapides et peu coûteuses, comme la spectrométrie dans le proche infrarouge pour doser la LF sont à l'étude.

7.5.2 Lysozyme

Le lysozyme est une protéine naturellement présente dans les laits de mammifères où il représente un facteur antimicrobien puissant. Le lysozyme contient une chaîne polypeptidique de 129 acides aminés, avec un poids moléculaire d'environ 14 kDa. Dans le milieu physiologique, le lysozyme est chargé positivement, son pHi étant compris entre 10,5 et 11 (alralin). Le lysozyme se lie en conséquence électrostatiquement sur les surfaces anioniques des bactéries.

Les bactéries gram-négatif sont plus résistantes au lysozyme car elles contiennent une membrane externe de lipopolysaccharide, qui peut protéger les bactéries contre l'accès du lysozyme. En revanche, les bactéries, telles que *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus lentus*, *Staphylococcus epidermis*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Actinomyces viscosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Fusobacterium nucleatum*, *Serratia marcescens*, *Micrococcus luteus*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus stearothermophilus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Listeria monocytogenes*, *Pasteurella pseudotuberculosis*, *Yersinia enterocolitica*, *Bordella bronchiseptica*, *Bacteroides fragilis*, *Capnocytophaga gingivalis*, *Helicobacter pylori*, les levures, telles que *Candida krusei*, *Candida parapsilosis*, *Candida albicans*, *Candida glabrata*, et le virus *Herpès simplex* sont sensibles au lysozyme.

La quantité de lysozyme dans le lait de chamelle est plus élevée que dans le lait de vache, 15 µg 100 ml⁻¹ contre 7 µg 100 ml⁻¹. L'activité enzymatique du lysozyme du lait de chamelle est également plus forte que celle de la vache, mais plus faible que celle de l'œuf (Elagamy et al., 1996). Tout comme la lactoferrine de cette espèce, le lysozyme du lait de chamelle est thermorésistant. A 85 °C pendant 10 minutes, le lysozyme du lait de chamelle ne représente plus que 44 pour cent de la valeur initiale, contre 26 pour cent pour le lait de vache et 18 pour cent pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (Elagamy, 2000).

7.5.3 Immunoglobulines

Les IgG jouent un rôle dans le système immunitaire chez les nouveau-nés. Le taux des immunoglobulines est très élevé dans le colostrum chez tous les mammifères. Cependant, la concentration d'immunoglobulines dans le lait varie selon les espèces concernées.

Trois classes fonctionnelles d'IgG sont définies chez le dromadaire: Ig1, qui est composée de deux chaînes légères identiques et de deux chaînes lourdes comme dans les autres IgG; Il existe donc deux autres isotopes. Ce qui est remarquable,

c'est que l'organisation des anticorps à chaînes lourdes du dromadaire diffère complètement de ce qui est connu chez les autres vertébrés (Atarhouch et al., 1997). Du point de vue structural, les IgG du dromadaire sont plus proches des immunoglobulines humaines que de celles des autres ruminants.

Le pic d'IgG dans le colostrum est de $0,26 \pm 0,232$ mg/ml. Il se situe entre 18 et 30 heures après la naissance (Hülsebusch, 1999). Dans le lait, la concentration est plus faible mais la teneur répertoriée dans le lait de chamelle est quatre fois supérieure à celle de la vache à 0 °C, et six fois plus élevée à 65 °C. Par ailleurs, elle est plus thermorésistante: il reste 0,048 mg/ml d'IgG dans le lait de chamelle à 85 °C alors qu'elle disparaît dans le lait de vache (Elagamy, 2000).

7.5.4 Lactoperoxydase

Les peroxydases sont des enzymes qui appartiennent aux systèmes non immuns normaux de la défense du lait; on les trouve également dans les sécrétions des glandes à sécrétion externe (telles que la salive, les larmes, les sécrétions intestinales, le mucus cervical et la thyroïde).

Le lait contient naturellement assez de lactoperoxydase pour que le système soit actif. L'action du système peroxydase résulte de l'oxydation de l'ion SCN^- en présence du peroxyde d'hydrogène, qui fait apparaître des oxacides ayant des propriétés bactéricides. Le premier produit de l'oxydation est l'ion hypothiocyanate (OSCN^-), puis différents acides se succèdent, dont l'action inhibitrice varie en fonction des espèces microbiennes. L'action de la lactoperoxydase est susceptible d'être renforcée artificiellement en optimisant les concentrations des éléments qui entrent en jeu. Des bactéries, telles que *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Shigella sonnei*, *Listeria monocytogenes*, *Acinetobacter* spp., *Neisseria* spp., *Haemophilus influenzae*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Capnocytophaga ochracea*, *Selenomonas sputigena*, *Wolinella recta*, *Enterobacter cloaca*, des virus, tels que Herpès simplex, virus d'immuno-déficience, virus respiratoire syncytial, et la levure *Candida albicans* sont sensibles au système lactoperoxydase.

Cette enzyme du lait de chamelle est considérée comme étant une des plus thermorésistantes par rapport au lait de vache. La lactoperoxydase du lait de chamelle a 78 kDa de poids moléculaire (Elagamy et al., 1996). Par ailleurs, la lactoperoxydase du lait de dromadaire présente une stabilité encore plus forte vis-à-vis des traitements thermiques. Elle est, par exemple, fortement active dans les échantillons de lait pasteurisé de la laitière de Mauritanie (Sabunukama, 1997). Les résultats du test API ZYM lactoperoxydase sur le lait de dromadaire montre encore une activité enzymatique à forte température, alors même que la lactoperoxydase du lait de vache a perdu toute activité (Loiseau et al., 2001).

7.5.5 Vitamine C

La réputation du lait de chamelle est en grande partie due à sa richesse en vitamine C. De tous les laits de mammifères collectés pour les besoins de l'homme, celui

de la chamelle est le plus riche en cette vitamine dont le rôle tonique permettant de lutter contre la fatigue et l'infection est bien connu. Il y a en moyenne trois fois plus de vitamine C dans le lait de chamelle que dans le lait de vache. Cela dit, les facteurs de variation de la teneur en acide ascorbique dans le lait sont très peu étudiés (Elkhidir, 2002).

La vitamine C joue un rôle biologique considérable par ses propriétés antioxydantes. Récemment, il a été montré qu'elle avait aussi une action positive sur la réponse immunitaire des organismes agressés par diverses maladies.

On observe des variations selon les races de dromadaires: par exemple, au Soudan le type Arabi est plus doté que le type Anafi, lui-même mieux pourvu que le type Bishari. En revanche, on n'observe pas de variations liées au sexe de l'animal, bien que les femelles excrètent plus de vitamine C dans l'urine que les mâles. Par ailleurs, le taux de vitamine C dans le plasma et les leucocytes augmente significativement après les six premiers mois de lactation. On remarque une évolution parallèle entre les teneurs sanguines et lactées. Les chamelles multipares ont plus de vitamine C dans leur lait que les primipares, et les chamelons nouveau-nés ont plus de vitamine C dans leur plasma que les mères, puis cela se stabilise après 4 semaines pour atteindre des valeurs similaires à la mère, chez qui la tendance est à l'accroissement après la parturition. Le colostrum est d'ailleurs plus riche en vitamine C que le lait, soulignant ainsi le rôle de transfert actif de la mère vers le jeune.

L'alimentation de la chamelle semble jouer un rôle non négligeable, les rations à base de pâturages naturels étant moins favorables sur la concentration en acide ascorbique, dans le plasma et les leucocytes, que les rations contenant de la luzerne, par exemple. Les maladies parasitaires, telles que la gale sarcoptique et la trypanosomose, sont associées à une diminution des teneurs dans le plasma et les leucocytes. Chez les animaux cliniquement affectés par la trypanosomose, cette chute est particulièrement marquée. Les maladies infectieuses (brucellose, mammites) présentent le même impact bien que moins marqué. Sans pouvoir préciser si cette chute est une cause ou une conséquence de la maladie, on peut cependant affirmer que la vitamine C joue un rôle essentiel dans la résistance à l'infection. On peut, du reste, en déduire que les femelles en période de repos sexuel ou en début de lactation sont plus résistantes. Cela dit, l'effet immunostimulant de l'acide ascorbique, notamment dans des situations de stress (travail intense, par exemple) mériterait d'être approfondi.

7.5.6 Bactéries lactiques du shubat

Les produits fermentés issus du lait de chamelle, tels que le shubat, ont en plus de la composition chimique classique, la particularité d'être riches en bactéries lactiques. Ces bactéries sont souvent bénéfiques pour la santé humaine et elles produisent de l'acide lactique comme produit terminal du processus final de fermentation à partir de différents sucres, notamment du lactose. La production de l'acide lactique peut s'accompagner de l'apparition d'autres produits. Dans ce cas,

les bactéries sont dites hétérofermentaires. Si la fermentation du lactose ou autre sucre donne uniquement de l'acide lactique, les bactéries sont homofermentaires. Les bactéries lactiques peuvent être considérées comme des probiotiques.

Les probiotiques doivent répondre à certaines exigences avant d'être à même de produire un effet bénéfique:

- résistance à l'acidité gastrique, à la bile et aux ferments pancréatiques;
- capacité de coloniser transitoirement la muqueuse intestinale;
- absence de pathogénicité.

Les micro-organismes probiotiques les plus utilisés jusqu'ici sont les suivants: différentes souches de lactobacilles, les bactéries bifidus, le *Streptococcus thermophilus* ainsi qu'une levure, le *Saccharomyces boulardii*. Les probiotiques ont des effets cliniques et les mécanismes d'action sont bien décrits. Chez l'homme, les probiotiques ont principalement été utilisés jusqu'ici pour le traitement et la prévention des diarrhées. Au cours des dernières années, on a pu montrer que les probiotiques pouvaient également jouer un rôle dans le traitement des diarrhées chroniques inflammatoires ainsi que dans la prévention des infections respiratoires et des maladies allergiques. Cependant, nous ne disposons que de peu d'études à ce propos.

Les effets bénéfiques des probiotiques sur le taux de cholestérol (donc sur un des principaux facteurs de risque pour la maladie coronarienne), sur l'absorption du calcium (prophylaxie de l'ostéoporose) ainsi qu'un éventuel effet anticarcinogène n'ont pas été démontrés jusqu'ici par des travaux cliniques contrôlés; ils relèvent donc, jusqu'à nouvel avis, du domaine de l'hypothétique. Il en est de même pour l'effet «immunostimulateur» souvent invoqué, qui reste mal défini et dont on n'a, jusqu'ici, pas pu démontrer la relevance clinique (Braegger, 2002).

7.6 CONCLUSION

Les allégations «santé», attribuées au lait de chamelle et à ses produits, relèvent souvent d'observations empiriques qui méritent des analyses complémentaires, notamment en travaillant plus finement sur la composition et la caractérisation de ces produits par rapport à un certain nombre de facteurs de variation. C'est l'objectif principal d'un projet soumis récemment à l'Union européenne avec les pays d'Asie centrale. Ce projet vise, à partir d'un échantillonnage raisonné de lait de chamelle cru et de shubat, à obtenir une gamme de produits dont la variabilité relève de facteurs écologiques, techniques et biologiques. Il est attendu d'un tel projet l'identification d'un certain nombre de déterminants de la qualité microbiologique, probiotique et nutritionnelle qui font la réputation du lait de chamelle et de ses produits transformés.

Un second intérêt, dans le cadre du présent atelier, est de montrer que l'expérience asiatique en matière de transformation du lait de chamelle peut servir d'exemple. Des dispositifs simples de transformation pourraient être proposés et diffusés auprès des producteurs, pour mettre sur le marché de nouveaux produits à la disposition des consommateurs des zones arides et semi-arides d'Afrique.

BIBLIOGRAPHIE

- Atarhouch, T., Bendahman, N., Hamers-Caserman, C., Hamers, R., Muydelmans, S. 1997. cDNA sequence coding for the constant region of the dromedary gamma3 heavy chain antibody. *J Camel Pract. Res.*, 4: 177-182.
- Aussel, X. 2002. Etude de bactéries lactiques isolées du shubat. Rapport de stage au CIRAD-AMIS, BTSa industrie agroalimentaire.
- Braegger, C. 2002. Le rôle des probiotiques dans la prévention et le traitement de la gastroentérite aiguë chez l'enfant. Die deutsche Fassung dieses Artikels ist in der *Paediatrica* erschienen, 13(5): 29-33.
- Efagamy, E.I. 2000. Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cow's and buffalo milk proteins. *Food Chemistry*, 68: 277-232.
- El-Gawad, I.A.Abd., El-Sayed, E.M., Mahfouz, M.B., El-Salam, A.M.Abd. 1996. Changes of lactoferrin concentration in colostrum and milk from different species. *Egyptian Journal of Dairy Sciences*, 24:297-308.
- Elkhidir, H.E. 2002. Vitamin C status in Sudanese camels. PhD Thesis, University of Utrecht, Pays-Bas, 98 p.
- Hülsebusch, C. 1999. Immunoglobulin G status of camels during 6 months post-partum. Hohenheim. Tropical Agriculture Series (éd.), Verlag publ., Weikersheim, Allemagne, 147 p.
- Konuspayeva, G. 2003. La lactoferrine dans le lait de chamelle (*Camelus dromedarius*). Essai de séparation chromatographie sur colonne. Diplôme d'études approfondies, Université de Montpellier II, France, 31 p.
- Loiseau, G., Faye, B., Serikbaeva, A., Montet, D. 2001. Enzymes ability to serve as markers of pasteurized camel milk. Int. Conf. on new horizons in biotechnology, 18-21 avril 2001, Trivandrum, Inde.
- Mason, P.L., Heremans, J.F. 1971. Lactoferrin in milk from different species. *Comp. Biochem. Physiol.*, 39: 119-129.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Durdyrev, A. 1985a. Standard de la République turkmène SSR. Boisson essentielle doiran. RST TSSR 178-85, Achkhabad, Turkménistan, 6 p.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Nurkuliev, Sh. 1985b. Standard de la République turkmène SSR. Chal de chamelle. RST TSSR 180-85, Achkhabad, Turkménistan, 6 p.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Durdyrev, A. 1985c. Standard de la République turkmène SSR. Agaran-crème. RST TSSR 177-85, Achkhabad, Turkménistan, 6 p.
- Mousakaraev, T., Saparov, K. 1985. Technologie de la préparation doiran. (1985). Boisson essentielle doiran. Achkhabad, Turkménistan, 5 p.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Durdyrev, A. 1985d. Technologie de fabrication shubat «Turkistan Mangystau». Société privée Taushyk, Mangystau région, Kazakhstan.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Nurkuliev, Sh. 1984. Technologie de la préparation chal et Agaran-crème. Achkhabad, Turkménistan, 6 p.
- Moussayev. 2002. *Селекционно-племенная работа в коневодстве и верблюдоводстве Казахстана Материалы I международного ветеринарного конгресса 10-11 октября 2002г.* Almaty, Kazakhstan, 101-103.

- Qian, Z.-Y., Jolles, P., Migliore-Samouri, D., Fiat, A.-M., 1995. Isolation and characterization of sheep lactoferrin, an inhibitor of platelet aggregation and comparison with human lactoferrin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1243: 25-32.
- Sabumukarna, C., 1997. Recherche d'enzymes adaptées pour la vérification de la pasteurisation du lait de dromadaire et mise au point d'un test simple de contrôle. Rapport de stage au CIRAD-SAR et ENSIA, Diplôme de maîtrise grandes écoles, France.

A better knowledge of milk quality parameters: A preliminary step for improving the camel milk market opportunity in a transition economy - The case of Kazakhstan

Gaukhar Konuspayeva¹ and Bernard Faye²

1. Biology faculty, Kazakh National University Al-Farabi, 71 av. Al-Farabi, 480078 Almaty, Kazakhstan

2. Animal Production Programme, CIRAD-EMVT, Campus International de Baillarguet TA 30/A, 34398 Montpellier Cedex, France

In Kazakhstan and some other countries in Central Asia, the production and consumption of traditional fermented camel milk products are common. These products are culturally very important and are typical of these countries. They play a major role in maintaining the economy of steppe zones. Traditional milk products from horses and camels are highly appreciated. Scientists and consumers attribute pro-biotic and medicinal properties to them. During the Soviet era, the collective production system included the marketing of dairy products through state shops, only in the local market. Since the collapse of the Soviet Union and the privatization of the agricultural sector, milk production has been fragmented into smaller units with limited capabilities in milk marketing. To help producers market camel milk nationally or even internationally for its dietetic and medical properties, better knowledge of the components and quality parameters of camel milk is necessary. An improved understanding of farming practices, milking conditions and general rearing conditions could help producers develop a quality approach so they can position their product favourable in the milk market.

Introduction

Fermented milk is traditional product in Central Asia, and contributes strongly to the cultural identity of those countries. Fermented milk is processed from the milk of various livestock types: horse (the product is called *koumis*), camel (*shubat* in Kazakhstan, *doiran* in Turkmenistan), yak (*kurut* in Kyrgyzstan) or even cow (*kefir*). These products depend on local resources: they respect the capabilities of the land and contribute to environment conservation. They answer to local consumers' tastes and food habits, emphasizing a "natural" taste. Popular beliefs, supported by some scientific studies, have long attributed pro-biotic and medicinal properties to these products, and they are widely used in the medical sector.

Research at universities in the Newly Independent States has focused on the biochemistry of traditional milk products. During the Soviet Union period, all collective farms (*kholkoze*, *sovkhoe*) could be considered experimental: scientific innovations were applied directly according to the objectives of the planned economy. These farms had standardized practices and methods for production, processing and marketing of products. After the collapse of the Soviet Union and the division of collective structures into small, privatized production units, local and individual know-how formerly used for home consumption became predominant. This led to a wide range of processes and variable quality of traditional milk products, along with strong

competition from "western-type" industrial products produced by modern dairy plants in sub-urban areas. This means that research has to take account of the new situation: how to characterize and manage the diversity of traditional milk product processing? How to reach the market with safe products that respond to the tastes and needs of urban consumers? These new approaches are necessary to develop products with guaranteed standard quality, suitable for international markets.

This paper focuses on camel milk. It considers knowledge of the composition of camel milk as a preliminary step to improving the market for this milk.

The place of camel farming in Kazakhstan

In Central Asia and notably in Kazakhstan, natural pastures cover more than 180 million ha. According to FAO statistics, the camel population was 98,300 in 2002; of this number, 80% were *Camelus bactrianus* (double-humped camel). The Kazakh breed has three sub-types, each prevalent in a different region of Kazakhstan (Photos 1, 2, 3). The Kazakh breed is famous for its meat and wool productivity. The Turkmen Arvana *dromedary* breed (Photo 4) originates from Turkmenistan and is reputed for its milk productivity (Faye, 2003; Cherezkov and Saparov, 2004). Some hybrids are present (Photo 5 and 6). Animals are commonly cross-bred to improve the milk productivity of Bactrian camels.

The camel population has changed markedly in the 20th century (Table 1). The population was 1 million at the beginning of the 19th century. Numbers decreased dramatically after collectivization. A further decrease occurred after the independence of Kazakhstan and the privatization of collective farms between 1991 and 2003 (Figure1). The present population is only 10% of the camel stock 100 years ago.

In spite of this decrease, the camel population in Kazakhstan remains the largest in Central Asia (Table2). However, the numbers recorded by FAO are debatable.

Table 1. Livestock population in Kazakhstan.

	1927	1941	1991	2002	References
Camel	1 200 000	104 600	145 000	102 300	Moussaev, 2002
Horse	3 500 000	869 700	1 700 000	1 010 000	
Sheep	18 000 000	12 000 000	35 000 000	9 207 500	FAO



Photo 1. Bactrian camel, Kazakh breed, Uralobukeevskii type



Photo 2. Bactrian camel, Kazakh breed, Kzyiordinskii type



Photo 3. Bactrian camel, Kazakh breed, Yuzhnokazakhstanskii type



Photo 4. Dromedary camel, Turkmen breed, Arvana



Photo 5. Camel F1 hybrid Bactrian x dromedary



Photo 6. Camel F2 hybrid Bactrian x dromedary

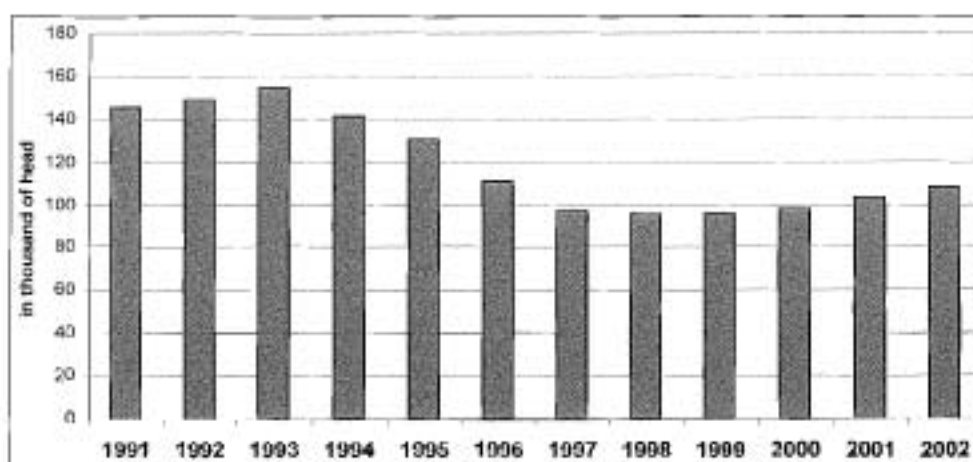


Figure 1. Population of camels in Kazakhstan, 1991–2003

Table 2. Camel population in Central Asia, 2002 (source: FAO)

Kazakhstan	98 300
Kyrgyzstan	46 000
Tajikistan	42 000
Turkmenistan	40 000
Uzbekistan	25 000
Russia	12 000
Azerbaijan	200

As in many countries, camels are multi-purpose animals. They are used for milk (unprocessed and fermented milk), wool, meat and transport. The richest region for camel farming is Mangystau with 32,700 camels, of which 35% belong to private enterprises and collective societies, and 65% belong to smallholders. The milk productivity averages 4–6 litres per day for 12–18 months of lactation, with 2–4 milkings per day. Feeding is based on natural pasture throughout the year, with hay in the winter. With Arvana breed or crossbreeds, the daily productivity can reach more than 10 litres.

Camel milk production and use in Kazakhstan

In Kazakhstan where animals live in vast, empty spaces, there are few possibilities to keep products fresh. So, traditionally, farmers sell fermented products. Fermented camel milk is called *shubat* in Kazakhstan, *chal* and *dolran* in Turkmenistan, and *khoormog* in Mongolia. A dehydrated product similar to camel cheese is called *kourt*. A sweet product in caramel form is called *balkaimak*. These products, and especially *shubat*, are typical for the country and can be considered as "territorial products", indicating a cultural identity. They stem from ancestral techniques and are an important part of the tradition. This rooting in traditional culture could be a strong commercial promotional factor.

At present, the most important part of *shubat* production is provided by small-scale production units, but the industrial sector is increasing (for example, the Agromerkur enterprise at Almaty) despite a lack of standardization in production and processing conditions (Konuspayeva et al., 2003).

Consumers appreciate camel milk for its medicinal properties: it is reputed to be an anti-infectious, anti-cancerous and antidiabetic. More generally, it is regarded as an energy-giving product for convalescents. Camel milk is commonly used to help treat infectious diseases such as tuberculosis in humans. *Shubat* is commonly used as a cure in sanatoriums (Urazakov and Bainazarov, 1974). Significant improvements in patients seemed to be obtained, and a restoration of blood parameters was observed, with 2 litres of *shubat* per day for 2–4 months. Similar results were reported in Libya with 1.5 l/day (Alwan and Tarhuni, 2000) and in India with 1 l/day (Mal et al., 2000).

The fermented milk contains lactic bacteria that reinforce antimicrobial activities against pathogenic agents such as *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Staphylococcus*, *Salmonella* and *Escherichia* (Puzyrevskaya, et al., 2000). *Shubat* is also used to prevent diarrhoea.

Camel milk is also used in Kazakhstan as an adjunct to chemotherapy for some cancers, especially those of the digestive tract. Good results were reported in auto-immune diseases such as Crohn's disease and multiple sclerosis (Yagil and van Creveld, 2000).

The positive effect of camel milk on diabetic patients has been studied in India (Agrawal et al., 2003). With the consumption of 0.5 l of camel milk per day, the insulin demand decreased in diabetic patients and glycaemia was better balanced.

The camel milk is widely considered as an energy-giving product and can be used for convalescents or in case of severe fatigue. Some authors report that it reinforces the immune defences. However, many such observations are anecdotal rather than really scientific. Specific investigations are needed, especially to understand the link between milk composition and any true medicinal effect.

Camel milk composition

The gross composition of camel milk is similar to that of cow milk (Farah, 1996). Only fragmentary information is available on the minerals and vitamins in camel milk. The available data indicate that camel milk is rich in chloride and phosphorus, and poor in calcium. Camel milk vitamin C content is twice to ten times as high as in cow milk. The relatively large amount of vitamin C in camel milk is of relevance from a nutritional standpoint in arid areas, where fruits and vegetables containing vitamin C are scarce (Sawaya et al., 1984). This richness in vitamin C could explain the role of camel milk in energy-giving for convalescents.

Electrophoretic and ion exchange chromatographic studies reveal that proteins analogous to the α_{S1} -, α_{S2} -, κ - and β -caseins of cow milk occur in camel milk. Different whey proteins such as serumalbumin, α -lactalbumin, lactophorin, lactoperoxidase have been isolated from camel milk (Kappeler et al., 1998). Compared to cow milk fat, camel milk fat contains fewer short-chain fatty acids, but a relatively high concentration of C14:0, C16:0 and C18:0 acids and – more interesting for a dietetic point of view – unsaturated fatty acids as C18:1 and C18:2 in large amounts (Hagrass et al., 1987). Camel milk seems to be richer in lactoferrine, lactoperoxidase and lysozyme than is cow milk. Those proteins are thermo-stable in

camel milk (Elagamy, 1996) and have antibacterial activities, which can explain the anti-infectious activity described by several authors.

However, those values are variable and are affected by the breed, season, feeding system and production conditions. We have a lack of information on the true effect of the variation factors. In the Russian literature, authors gave general data or used different methods for analysing camel milk, making it difficult to make comparisons among the published papers. The production of camel milk products are not yet standardized in dairy plants, and 90% of the production results from craft processing units. The mode of preparation can differ from one region to another and by season.

Tables 3 and 4 compare different data of camel milk composition.

Table 3. Composition of camel and cow* milk (from the literature)

References	Fat content (%)	Protein content (%)	Vitamin C mg/l	Calcium mg/l	Phosphorus mg/l	Iron mg/l
Kappeler, 1998	*3,8	*2,7-4,7	*3-23	*1,000-1,400	*0,650-1,100	*0,3-0,8
	3,2-3,8	2,7-4,0	24-36	1,060-1,570	0,580-1,040	1,3-2,5
Wangoh, 1997	3,55	3,14	27,18	1,21	0,85	3,06
Elamin & Wilcox, 1992	3,15	2,81		3,003		0,028

Table 4. Mean and extreme values of camel milk components in a current survey in Kazakhstan

	Fat content (%)	Protein content (%)	Acidity D°	Vitamin C mg/l	Calcium mg/l	Phosphorus mg/l	Iron mg/l
Mean	5,80	5,49	24,20	148,19	1,22	1,007	2,12
S.D	1,46	0,83	7,00	80,17	0,23	0,12	1,04
Min	1,50	2,06	15,75	15,38	0,60	0,76	0,70
Max	17,68	10,82	33,30	386,76	1,88	1,43	5,60

For example, in a current survey of 4 different regions in Kazakhstan, the turner acidity in *shubat* varied from 106,50°T to 198°T, leading to very different final products. In such conditions, the content of fat, protein or minerals may vary markedly.

Table 5 shows the range of values measured for the composition of *shubat*.

Table 5. Mean and extreme values of *shubat* of camel milk components in a current survey in Kazakhstan

	Protein content (%)	Acidity D°	Vitamin C mg/l	Calcium mg/l	Phosphorus mg/l	Iron mg/l
Mean	5,52	141,64	149,07	1,30	1,01	3,39
S.D	0,62	22,88	70,69	0,23	0,14	1,72
Min	4,31	86,40	35,86	1,05	0,76	0,80
Max	6,93	189,00	279,18	1,88	1,27	7,30

No data are available for products such as *kourt* or *balkaimak*.

Elsewhere, recent microbiological analysis of *shubat* has shown that 8 strains of bacteria belonging to 4 different lactic bacteria occurred simultaneously in camel milk fermentation process: *Lactobacillus casei*, *Leuconostoc lactis*, *Lactobacillus lactis* and *Lactobacillus plantarum*. This suggests that it is possible to drive fermentation process to get different standard products (Serikbaeva et al., 2004). The microbiological flora of *shubat* have antagonistic properties against pathogenic microorganisms (Saubanova et al., 2002).

Defining a camel milk standard

As described above, since the collapse of the Soviet Union and the privatization of agricultural sector, milk production has fragmented into smaller units with low competence in milk marketing. As producers aim to reach the national and international markets by promoting the dietetic and medical properties of camel milk, a preliminary step is a better knowledge of camel milk components and its quality parameters. A better understanding of the farming practices, milking conditions and the general environmental conditions could help producers to develop a quality approach to position their products appropriately in the milk market. In some parts of Kazakhstan, farms are located in highly polluted areas, where heavy metals and radionuclides may contaminate the environment. To reach national and international market, the products have to be safe.

For this, it is necessary to establish standard criteria for camel milk quality in different areas of Kazakhstan. The analysis of the chemical composition of raw and fermented camel milk, taking in account the variability due to the region, rearing conditions and the environment, will be the basis for proposing these standards. It is necessary to establish the physico-chemical and biochemical criteria for a proposed standard that will be submitted by authorized institutes. The methodology to achieve this objective is summarized as follows:

1. Compile and analyse data from the current survey on camel milk composition and variations in different areas.
2. Compile standards for milk elsewhere in the world.
3. Adapt the standard to the Kazakh situation.

4. Submit to official standard offices: the State Standard Organization, State Sanitary and Epidemiological Station, State Nutrition Policy Organization, Ministry of Health
5. Publish norms and technical conditions to establish further standards in the official gazette.

Conclusion

After independence, many firms in Kazakhstan's small-scale agro-food sector wished to extend their market and to improve the quality of their products. The development of small-scale agro-food processing plants was linked to the improvement of their raw materials in term of quantity and quality. For camel milk, however, the variability of composition and production conditions have been a major constraint for dairy development at both the national and international levels. As camel milk is not a well-known product, in terms of its composition, its variability and its production conditions in the new economic context, research is needed to answer such questions and transfer as soon as possible its findings to the small- and large-scale agro-food industry. The current study, conducted through French-Kazakh cooperation, is a preliminary step to this.

References

- Alwan A.A., Tarhuni A.H., 2000. The effect of camel milk on *Mycobacterium tuberculosis* in man. *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.100
- Cherzekov A., Saparov G. 2004. The milk productivity of the camel Arvana breed and its use. Int. Workshop on "Desertification combat and food safety: The added value of camel producers", NATO-CIRAD-LVMI, Ashkabad (Turkmenistan), 19-21/04/04, B. Faye & P. Esenov (Eds), IOS Press Publ. (in press)
- Elagamy E.I., Ruppanner R., Ismail A., Champagne C.P., Assaf R., 1996. Purification and characterization of lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme and immunoglobulins from camel's milk. *Int Dairy J.*, 6, 129-145.
- Elamin F.M. and Wilcox, 1992. Milk composition of Majaheim camels. *J.Dairy Sci.* 75, 11, 3155-3157.
- Faye B., 2003. *Performances et productivité laitière de la chamelle : les données de la littérature*. Int. Workshop on Camel Milk in Africa. FAO-CIRAD-KARKARA, Niamey (Niger), 5-8/11/03 (in press)
- Farah, Z., 1996. *Camel milk: Properties and products*. SKAT St. Gallen, Switzerland
- Hagrass A.E., Hassan A.A., Soryal K.A., Mervat A.S., El Shabrawy S.A., 1987. Chemical composition of fat and butter of camel's milk. *Egypt. J. Food Sci.*, 15, 1, 15-25
- Kappeler, S. 1998. In Compositional and structural analysis of camel milk proteins with emphasis on protective proteins. Diss. ETH No 12947, Zurich.
- Kappeler S., Farah, Z. and Puhani, Z., 1998. Sequence analysis of *Camelus dromedarius* milk caseins. *J. Dairy Res.*, 65, 209-222

- Konuspayeva G., Faye B., Serikbaeva A., 2003. *Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie Centrale*. Workshop on camel milk in Africa. FAO-CIRAD-KARKARA, Niamey (Niger), 5-8/11/03 (in press)
- Mal G., Suchitra Sena D., Jain V.K., Singhvi N.M., Sahani M.S., (2000). Therapeutic utility of camel milk as an adjuvant nutritional supplement against multiple drug resistant patient. *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.99
- Moussayev., 2002. Селекционно- племенная работа в коневодстве и верблюдоводстве Казахстана Материалы 1 международного ветеринарного конгресса 10-11 октября 2002г. Almaty, Kazakhstan, стр 101-103.
- Puzyrevskaya O.M., Saubenova M.G., Baizhomartova M.G., Baimenov E.K., 2000. Microbiological and biochemical characterization of shubat. *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.98
- Saubenova M.G., Puzyrevskaya O.M., Nikitina E.T., Baizhomartova M.M., 2002. Перспективы повышения качества и лечебно-профилактических свойств шубата. Вестник КАЗНУ, серия биологическая, №1 (16), 23-27.
- Sawaya, W.N., Khalil, J.K., Al-Shalhat, A. and Mohammed, H.,1984. Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *J. Food Sci.* 49 (3), 744- 747
- Serikbaeva A., Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., Namuratova M., 2004. Probiotic properties of a sour-milk product-shubat from the camel milk. Int. Workshop on "Desertification combat and food safety: The added value of camel producers". NATO-CIRAD-LVMI, Ashkabad (Turkmenistan), 19-21/04/04, B. Faye & P. Esenov (Eds), IOS Press Publ. (in press).
- Urazakov N.U., Bainazarov S.H., 1974. *Problemy Tuberkuleza*, 2, 89-90
- Wangoh J. 1997. In Chemical and technological properties of camel (*Camelus dromedarius*) milk. Diss. ETH No 12295, Zurich.
- Yagil R., Van Creveld C., 2000. Medicinal use of camel milk – Fact or fancy? *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.100

La plus-value "santé" du lait de chamelle cru et fermenté : l'expérience du Kazakhstan

G. KONUSPAYEVA (1), G. LOISEAU (2), B. FAYE (3)

(1) Université Kazakh National Al-Farabi, 71 av. Al Farabi, 480013 Almaty, Kazakhstan

(2) CIRAD-AMIS, Programme Agro-Alimentaire TA 40/16, 73, rue Jean-François Breton 34398 Montpellier, France

(3) CIRAD-EMVT, Programme Productions Animales TA 30/A, Campus International de Baillarguet 34398 Montpellier, France

RÉSUMÉ - En Asie Centrale, l'élevage du chameau de Bactriane, du dromadaire et de leurs hybrides est destiné en priorité à la production de lait dont la consommation est assurée sous forme de lait cru ou plus généralement fermenté (*shubat* au Kazakhstan). Ces produits considérés comme des "produits terroir" fortement associés à une identité culturelle locale ont la réputation de présenter des propriétés médicinales et probiotiques auxquelles l'industrie agro-alimentaire commence à s'intéresser. Le *shubat*, notamment, présente des propriétés antibiotiques et un certain nombre d'effets prophylactiques. Il est utilisé en particulier dans le traitement de la tuberculose, de la gastro-entérite, des ulcères gastriques et pour l'alimentation du nourrisson. Les facteurs "santé" attribués au lait de chamelle et ses produits transformés peuvent être liés à certains de ses composants : lactoferrine, immunoglobuline, lysozyme, lactoperoxydase, vitamine C dont les facteurs de variation liés à l'alimentation, la saison, le stade physiologique sont à l'étude. Ces composants généralement présents dans des laits d'autres espèces, auraient la particularité chez la chamelle d'être thermorésistants et parfois, comme c'est le cas pour la lactoferrine ou la vitamine C de s'y trouver en quantité 10 à 100 fois plus importante que dans le lait de vache.

The health added value of raw and fermented camel milk : the case of Kazakhstan

G. KONUSPAYEVA (1), G. LOISEAU (2), B. FAYE (3)

(1) Kazakh National Al-Farabi University, 71 av. Al Farabi, 480013 Almaty, Kazakhstan.

SUMMARY - In Central Asia, the rearing of the dromedary, Bactrian camels and hybrids is achieved mainly for milk production. Milk consumption is present under raw milk and mainly fermented (*shubat* in Kazakhstan). These products are considered as typical products linked to cultural identity. They are used traditionally for their medicinal and probiotic properties which may be interesting for the agro-food industry. *Shubat* presents antibiotic properties and some prophylactic effects. It is used particularly in the treatment of TB, gastro-enteritis, gastric ulcers and for newborn baby feeding. The "health" factors attributed to camel milk and its processed products could be linked to some of its components: lactoferrin, immunoglobulin, lysozyme, lactoperoxidase, vitamin C. Their variation factors due to feeding, season, and physiological status are under study. These components are generally present in milk from other species, but in camel milk, they have the particularity of being thermoresistant and sometimes as for lactoferrin or vitamin C in high quantities, 10 to 100 times higher than in cow milk.

INTRODUCTION

Les pays d'Asie Centrale, et le Kazakhstan en particulier, sont de gros consommateurs de produits laitiers. A titre d'exemple, la consommation par habitant était en 2000 de 137,3 kg / an. Une part importante de ce lait est consommée sous forme traditionnelle fermentée provenant d'espèces non conventionnelles comme la chamelle (*shubat*) ou la jument (*kounis*). Ces produits fermentés sont la plupart du temps consommés avec la conviction de la part des consommateurs qu'ils représentent un atout pour leur santé. De fait, on attribue tout particulièrement au *shubat* et au *kounis* des propriétés médicinales et thérapeutiques. De nombreuses références bibliographiques font notamment mention du rôle du lait de chamelle et de ses produits dans des usages préventifs et thérapeutiques. Ces allégations sont attestées par de nombreuses observations, mais bien souvent empiriques et qui nécessiteraient des expérimentations plus rigoureuses. La présente communication a pour objectif de fournir quelques éléments concernant l'effet "santé" du lait de chamelle frais ou fermenté à partir des observations existantes, et d'analyser les paramètres de la composition du lait pouvant être reliés à ces facteurs.

1. UTILISATION MEDICINALE ET THERAPEUTIQUE DU LAIT DE CHAMELLE

Le lait de chamelle est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti-infectieuses, anti-cancéreuses, anti-diabétiques et plus généralement comme reconstituant chez les malades convalescents.

1.1. PROPRIÉTÉS ANTI-INFECTIONNEUSES

Les vertus médicinales de ces produits sont couramment mises à profit dans le traitement de quelques maladies infectieuses (Djangabailov *et al.*, 2000 ; Chuvakova *et al.*, 2000). En Asie Centrale, l'utilisation du lait de chamelle pour le traitement adjuvant de la tuberculose humaine en sanatorium est ancienne (Urazakov et Bainazarov, 1974) : les auteurs affirment obtenir une amélioration marquée des malades et un rétablissement significatif des paramètres sanguins avec 2 litres par jour pendant 2 à 4 mois. Ces résultats sont confirmés en Inde sur des patients tuberculeux buvant un litre par jour (Mal *et al.*, 2000) et en Libye, avec une cure de 1,5 litres / jour, avec un effet observable dès la première semaine de traitement (Alwan et Tachuni, 2000). Le lait fermenté (appelé *shubat* au Kazakhstan) est riche en bactéries lactiques qui renforcent les propriétés antimicrobiennes contre des germes pathogènes comme *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Staphylococcus*, *Salmonella* et *Escherichia* (Puzirevskaya *et al.*, 2000). Le *shubat* est ainsi fréquemment utilisé dans la prévention et la lutte contre les diarrées.

1.2. CANCER ET MALADIES AUTO-IMMUNES.

On reconnaît au lait de chamelle des propriétés immunostimulantes ayant un rôle dans le contrôle des processus tumoraux. Au Kazakhstan, il est traditionnellement utilisé comme adjuvant à la chimiothérapie de certains cancers, notamment ceux du tube digestif. Il semble également que des résultats prometteurs soient obtenus dans certaines maladies auto-immunes, telles que le lupus, le pemphigus, la maladie de Crohn et la sclérose en plaques (Yagil et Van Creveld, 2000).

2.2. LES FACTEURS ANTICANCEREUX

La lactoferrine, qui serait présente en grande quantité dans le lait de chamelle, joue un rôle reconnu dans le traitement de certains cancers et ses effets anti-tumoraux ont été étudiés notamment chez le rat (Jouan, 2002). Partant de ces résultats observés en laboratoire, Chissov *et al.*, (1995) ont élaboré une préparation à base de lactoferrine à utiliser dans les zones oropharyngiennes après une chimiothérapie.

La LF est capable de participer aux processus de prolifération et de différenciation cellulaires. Elle a également été identifiée en tant que "*Colony Inhibitory*", agissant au niveau des cellules de la moelle épinière durant la myélopoïèse (Linden, 1994). Les cellules traitées à la lactoferrine montrent un arrêt définitif de toutes les fonctions, y inclus l'arrêt de l'activité métabolique des précurseurs de l'ADN et de l'ARN.

2.3. L'INSULINE

L'amélioration du statut glycémique chez les diabétiques traités au lait de chamelle serait due à la présence d'insuline en quantité non négligeable (52 UI / l). L'insuline est normalement neutralisée par le caillage du lait dans l'estomac sous l'effet de l'acidité du milieu, mais il semble que le lait de chamelle ne caillant pas comme celui des autres espèces, l'insuline pourrait en grande partie se retrouver intacte dans l'intestin où elle pourrait être absorbée. En tout état de cause, il semble que la consommation régulière de lait de chamelle ait une action hypoglycémisante et régulatrice de la glycémie chez les patients insulinodépendants. (Agrawal *et al.*, 2003).

2.4. LES FACTEURS STIMULANTS (VITAMINE C)

La réputation du lait de chamelle est en grande partie due à sa richesse en vitamine C. De tous les laits de mammifère collectés pour les besoins de l'homme, celui de la chamelle est le plus riche en cette vitamine dont le rôle tonique et reconstituant, permettant de lutter contre la fatigue et l'infection, est bien connu. Il y a en moyenne 3 fois plus de vitamine C dans le lait de chamelle comparé au lait de vache. Les facteurs de variation de la teneur en acide ascorbique sont maintenant assez bien connus (Elkhdhir, 2002).

La vitamine C joue un rôle biologique considérable par ses propriétés anti-oxydantes. Récemment, il a été montré qu'elle avait aussi une action positive sur la réponse immunitaire des organismes agressés par diverses maladies. Indépendamment de la saison, les organes les plus riches en vitamine C sont le foie (60 mg / 100g de tissu) et surtout les glandes surrénales (151 mg), le plus pauvre étant le cœur (8 mg seulement). On observe des variations selon les races de dromadaire répertoriées au Soudan, le type Arabi étant plus doté que le type Anafi, lui-même mieux pourvu que le Bishari. En revanche, on n'observe pas de variations liées au sexe de l'animal. On remarque une évolution parallèle entre les teneurs sanguines et lactées. Les chamelles multipares ont plus de vitamine C dans leur lait que les primipares, et les chamelons nouveau-nés ont plus de vitamine C dans leur plasma que les mères, puis cela se stabilise après 4 semaines pour atteindre des valeurs similaires à la mère chez qui la tendance est à l'accroissement après la parturition. Le colostrum est d'ailleurs plus riche en vitamine C que le lait, signant ainsi le rôle de transfert actif de la mère vers le jeune. Les maladies parasitaires telles que la gale sarcoptique et la trypanosomose sont associées à une diminution des teneurs

dans le plasma et les leucocytes. Chez les animaux cliniquement affectés par la trypanosomose, cette chute est particulièrement marquée : la teneur dans le plasma par exemple passe de 5,8 mg / l en moyenne chez les animaux sains à 1,8 chez les animaux malades. Les maladies infectieuses (brucellose, mammites) présentent le même impact bien que moins marqué. Sans pouvoir préciser si cette chute est une cause ou une conséquence de la maladie, on peut cependant affirmer que la vitamine C joue un rôle essentiel dans la résistance à l'infection. On peut du reste en déduire que les femelles en période de repos sexuel ou en début de lactation sont plus résistantes. Cela dit, l'effet immunostimulant de l'acide ascorbique, notamment dans des situations de stress (travail intense par exemple) mériterait d'être approfondi.

2.5. LES PROPRIÉTÉS PROBIOTIQUES DU SHUBAT

Les produits fermentés issus du lait de chamelle, tel que le shubat ont, en plus de la composition chimique classique, la particularité d'être riches en bactéries lactiques. Ces bactéries sont souvent bénéfiques pour la santé humaine et elles produisent de l'acide lactique comme produit terminal du processus final de fermentation à partir de différents sucres, notamment du lactose. La production de l'acide lactique peut s'accompagner de l'apparition d'autres produits. Dans ce cas les bactéries sont dites hétérofermentaires. Si la fermentation du lactose ou autre sucre donne uniquement de l'acide lactique, les bactéries sont homofermentaires. Les bactéries lactiques peuvent être considérées comme des probiotiques. Les probiotiques doivent répondre à certaines exigences avant d'être à même de produire un effet bénéfique :

- Résistance à l'acidité gastrique, à la bile et aux ferments pancréatiques
- Capacité de coloniser transitoirement la muqueuse intestinale
- Absence de pathogénicité

Les microorganismes probiotiques les plus utilisés jusqu'ici sont les suivants : différentes souches de lactobacilles, les bactéries bifidus, le *Streptococcus thermophilus* ainsi qu'une levure, le *Saccharomyces boulardii*. Les probiotiques ont des effets cliniques et les mécanismes d'action sont bien décrits (Scribner *et al.*, 2004). Chez l'homme, les probiotiques ont principalement été utilisés jusqu'ici pour le traitement et la prévention des diarrhées. Au cours des dernières années, on a pu montrer que les probiotiques pouvaient également jouer un rôle dans le traitement des diarrhées chroniques inflammatoires ainsi que dans la prévention des infections respiratoires et des maladies allergiques. Nous ne disposons cependant à ce propos que de peu d'études.

Les effets bénéfiques des probiotiques sur le taux de cholestérol (donc sur un des principaux facteurs de risque pour la maladie coronarienne), sur l'absorption du calcium (prophylaxie de l'ostéoporose) ainsi qu'un éventuel effet anti-carcinogène n'ont pas été démontrés jusqu'ici par des travaux cliniques contrôlés ; ils demeurent donc jusqu'à nouvel avis dans le domaine de l'hypothétique. Il en est de même de l'effet immunostimulant souvent invoqué, qui reste mal défini et dont on n'a jusqu'ici pas pu démontrer la pertinence clinique (Braegger, 2002).

1.3. DIABETE

Sur un échantillon aléatoire de 24 diabétiques atteint du diabète de type 1 (insulinodépendants), par ailleurs sans troubles cliniques associés, Agrawal *et al.* (2003) ont "traité", 12 d'entre eux avec du lait de chamelle avec une consommation d'un demi-litre par jour pendant 3 mois. Tous les patients étaient tenus à respecter la même régime et avoir une activité physique comparable entre les deux groupes ainsi qu'un traitement insulinaire comparable. S'agissant d'une étude cas-témoin, on a veillé à ce que chaque groupe soit comparable en terme démographique et clinique (même pyramide des âges par exemple). Un certain nombre de contrôles sanguins a été réalisés (glycémie, insulémie, hémoglobine glycosylée, cholestérolémie, triglycéridémie) et un questionnaire sur la qualité de vie a été soumis aux patients à la fin de leur traitement. Après 3 mois de traitement, les patients buvant du lait de chamelle ont vu une amélioration de leur glycémie moyenne à jeun passant de 115 à 100 mg / 100ml alors qu'elle n'a pas bougé dans le groupe non traité. La même évolution est perceptible pour l'hémoglobine glycosylée restée à 9,48 % chez les non traités tout le long de l'étude, alors qu'elle diminuait de 9,54 à 9,08 % chez les traités. Cela s'est traduit par une diminution de la demande en insuline restant à environ 40 UI / j chez les non traités et passant de 42 à 30 UI / j chez les buveurs de lait de chamelle. Les autres paramètres sanguins en revanche n'ont pas été influencés par le traitement. Cependant, l'indice de satisfaction de la qualité de vie a nettement été amélioré et de façon significative chez les buveurs de lait, celui-ci passant de 28 à 22, alors qu'il est resté à 26,5 chez les non traités tout au long de l'expérience.

1.4. RECONSTITUANT

Le lait de chamelle est couramment utilisé comme reconstituant chez les malades convalescents et dans les états de fatigue. Il a la réputation de renforcer les défenses immunitaires et de stimuler l'activité physique des organismes en état de surmenage. Ces allégations s'appuient sur des observations purement empiriques qui semblent relever parfois plus d'auto-persuasion que de réalités biologiques. Cependant, la présence abondante de certaines vitamines dans le lait de chamelle pourrait attester de la pertinence de ces effets.

2. COMPOSANTS DU LAIT DE CHAMELLE ET PROPRIETES MEDICINALES

Les allégations santé du lait de chamelle peuvent être attribuées à certains de ses composants tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

2.1. LES FACTEURS ANTIMICROBIENS (LACTOFERRINE, LYZOZYME, LACTOPEROXYDASE, IMMUNOGLOBULINES)

La lactoferrine (LF) est une glycoprotéine contenant deux sites capables chacun de fixer un ion ferrique (Fe^{3+}). Cette capacité à capter le fer explique en partie son rôle dans le contrôle de la croissance de certaines bactéries pathogènes tels que *Staphylococcus aureus* ou *Escherichia coli* (Zagulki *et al.*, 1989 ; Diarra *et al.*, 2002).

Sur le plan des propriétés physiques, la lactoferrine de la chamelle comme beaucoup d'autres protéines laitières camelines serait plus thermorésistante que chez les autres espèces et plus thermorésistante que l'IgG. Par exemple, à 85°C pendant 10 minutes la lactoferrine du lait de chamelle ne représente plus que 37 % de la valeur initiale, contre

1,2 % pour le lait de vache et 0 % pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (Elagamy, 2000).

La LF n'est pas une protéine spécifique du lait. On la trouve dans la plupart des sécrétions (larme, salive, sécrétions utérines, sang, sécrétions nasales, urines, fluide amniotique, plasma séminal) des mammifères, mais c'est dans le lait de chamelle qu'elle est la plus abondante puisqu'on en trouverait de 30 à 100 fois plus que dans le lait de vache.

Tableau : intervalle de concentration en LF de laits à différents stades de la lactation des mammifères (en mg par ml) (Masson et Heremans, 1971 ; Qian, 1995).

	Chamelle	Jument	Vache	Chèvre	Brebis
LF	2-6	0,2-2,0	0,02-0,2	0,02-0,2	0,02-0,2

On reconnaît à la lactoferrine des propriétés également antivirales et antifongiques. La LF agit sur des virus comme l'herpès, le virus de l'hépatite C et même sur le VIH (Jouan, 2002). Enfin, l'effet inhibiteur de la LF sur la croissance de certains mycètes pathogènes a été démontré *in vivo* (Anderson, 2000).

Le lysozyme est une protéine naturellement présente dans les laits de mammifères où il représente un facteur antimicrobien puissant. La quantité de lysozyme dans le lait de chamelle est plus élevée que dans le lait de vache, 15 μ g 100 mL⁻¹ vs 7 μ g 100 mL⁻¹. L'activité enzymatique du lysozyme du lait de chamelle est également plus forte que celle de la vache, mais plus faible que celle de l'œuf (Elagamy *et al.*, 1996). Tout comme la lactoferrine de cette espèce, le lysozyme du lait de chamelle serait thermorésistant. A 85°C pendant 10 minutes le lysozyme du lait de chamelle ne représente plus que 44 % de la valeur initiale, contre 26 % pour le lait de vache et 18 % pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (Elagamy, 2000).

Les peroxydases sont des enzymes qui appartiennent aux systèmes non-immunes normaux de la défense antimicrobienne du lait. Cette enzyme dans le lait de chamelle est considérée comme étant une des plus thermorésistantes par rapport au lait de vache (Elagamy *et al.*, 1996). La lactoperoxydase du lait de dromadaire présente une stabilité encore plus forte vis-à-vis des traitements thermiques, la rendant impropre comme témoin de la pasteurisation. Elle est par exemple fortement active dans les échantillons de lait pasteurisé de la laitière de Mauritanie (Sabumukama, 1997). Les résultats du test API ZYM lactoperoxydase sur le lait de dromadaire montre encore une activité enzymatique à forte température, quand la lactoperoxydase du lait de vache a perdu toute activité (Loiseau *et al.*, 2001).

Les immunoglobulines dont le rôle dans les défenses immunitaires est bien connu, sont composées de chaînes lourdes et légères. Ce qui est remarquable c'est que l'organisation des anticorps chaînes lourdes du dromadaire diffère complètement de ce qui est connu chez les autres vertébrés (Atahouch *et al.*, 1997).

Le pic d'IgG dans le colostrum est de 0,26 +/- 0,232 mg / ml. Il se situe entre 18 et 30 heures après la naissance (Hülsebusch, 1999). Dans le lait, la concentration est plus faible mais la teneur répertoriée dans le lait de chamelle est 4 fois supérieure à celle de la vache à 0°C et 6 fois plus élevée à 65°C. Par ailleurs, l'IgG cameline serait plus thermorésistante : il reste 0,048 mg / ml d'IgG dans le lait de chamelle à 85°C alors qu'elle disparaît dans le lait de vache (Elagamy, 2000).

3. LES VOIES DE RECHERCHE EN COURS

Nombre des effets "santé" attribués aux composants du lait en général ont été étudiés *in vitro* et les essais *in vivo* sont peu nombreux. Par ailleurs, les données concernant le lait de chamelle sont rares et peuvent prêter à discussion. Concernant celui-ci, une première étape consiste à bien quantifier les composants incriminés et à étudier leurs facteurs de variation.

3.1. ISOLEMENT DE LA LACTOFERRINE ET AUTRES PROTEINES AUX PROPRIETES MEDICINALES

De nombreux travaux ont déjà permis l'isolement de la LF humaine ou bovine mais très rarement de la LF caméline. Pour la plupart, ils font référence aux techniques de chromatographie liquide : affinité, échanges d'ions, tamisage moléculaire, immuno-affinité. Pour ce type de chromatographie on utilise l'héparine greffée sur la phase stationnaire (gel), pour son affinité pour la LF.

Pour nos travaux, nous avons utilisé deux méthodes. La première a utilisé une colonne HiTrap Héparin HP (Amersham Biosciences). Dans les fractions isolées sur la colonne, la présence de protéines est détectée à $\lambda = 280$ nm, sous 1 cm de trajet optique dans des cuves en quartz (Shimazaki, 1998). Le maximum d'absorption dans l'UV correspond aux fractions comprises entre 127 et 143 mL. Nous avons émis l'hypothèse que les protéines libérées étaient de la lactoferrine.

Le dosage des protéines par la méthode de Lowry dans chaque fraction collectée a permis de conclure à la présence de LF à des concentrations comprises entre 0,05 et 0,18 mg / mL avec la première méthode et entre 0,2 et 0,3 mg / mL avec la seconde méthode (Konuspayeva, 2003). D'autres méthodes sont en cours d'utilisation, notamment la technique ELISA pour vérifier le titre des anticorps anti LF de chamelle dans des sérums des lapins immunisés.

3.2. LES FACTEURS DE VARIATION

Si les données de la littérature sur la LF caméline et les autres composants restent finalement peu nombreux, les études sur les facteurs de variation sont quasi-inexistantes, tout particulièrement au Kazakhstan, pays qui a la particularité de posséder à la fois des dromadaires, des chameaux de Bactriane et des hybrides entre ces deux espèces. Les travaux sont en cours pour analyser les facteurs alimentaires, saisonniers, génétiques, physiologiques, en lien avec les variations géographiques et temporelles des principaux composants du lait auxquels on attribue une action bénéfique sur la santé. Par ailleurs, compte tenu des énormes problèmes environnementaux que connaît le Kazakhstan (pollution nucléaire, chimique et biologique), nous nous intéressons également aux effets de cette pollution sur la qualité du lait de chamelle, celui-ci étant réputé avoir une action détoxifiante.

CONCLUSION

Le lait de chamelle, facteur santé : mythe ou réalité ? C'est ainsi que Yagil et Crevelde (2000) exprimaient leur interrogation. S'il est quasiment certain que le lait de chamelle est riche en composants aux propriétés bénéfiques décrites ci-dessus, s'il est évident que ces composants ont le mérite d'être plus thermorésistants que leurs équivalents dans d'autres laits consommés par l'homme, des explorations sérieuses tant sur la composition du lait de chamelle que sur les effets thérapeutiques doivent être poursuivies.

Nous remercions le service de coopération de l'Ambassade de France au Kazakhstan pour son soutien à ce projet.

- Agrawal R.P., Swami S.C., Beniwal R., Kochar D.K., Sahani M.S., Tuteja F.C., Ghouri S.K., 2003. *J. Camel Res. Pract.*, 10, 45-50
- Alwan A.A., Tarhuni A.H., 2000. *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.100
- Anderson Y., Lindquist S., Lagerqvist C., Hernell O., 2000. *Early Hum Dev.* 59: 95-105
- Atarhouch T., Bendahman N., Hamers-Casterman C., Hamers R., Muyldermans S., 1997. *J Camel Pract. Res.*, 4, 177-182
- Braegger C., 2002. Die deutsche Fassung dieses Artikels ist in der *Paediatrica* erschienen. 13, S. 29-33.
- Chissov V.I., Yakubovskaya R.I., 1995. Brevet[®] RU 2088238.
- Chuvakova Z.K., Beisembayeva R.U., Puzyrevskaya O.M., Saubenova M.G., Shamenova M.G., Glebova T.I., Popova E.I., Baizhomartova M.M., Balmenov E.K., 2000. *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.97
- Diarra M.S., Petitclerc D., Lacasse P., 2002. *J. of Dairy Sci.* 85,1141-1149
- Djangabailov A.K., Bekishev A.C., Mamirova T.N., 2000. *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.100
- Elagamy E.I. 2000, *Food Chemistry*, 68, 277 - 232.
- Elugany F.I., Ruppanner R., Ismail A., Champagne C.P., Assaf R., 1996. *Int Dairy J.*, 6, 129-145.
- Ekhidir H. H., 2002. Vitamin C status in Sudanese camels. PhD thesis. Utrecht Univ., 98 p.
- Hillebrusch C., 1999. Immunoglobulin G status of camels during 6 months post-partum. *Hohenheim Tropical Agriculture Series Ed.*, Verlag publ., Weikersheim (Allemagne), 147 p.
- Jouan P., 2002. Lactoprotéines et lactopeptides. Propriétés biologiques. INRA publ., Versailles, 127 p.
- Konuspayeva G., 2003. La lactoferrine dans le lait de chamelle. Essai de séparation par chromatographie sur colonne. Mémoire DEA Sciences des aliments, Univ. Montpellier II, 31 p.
- Linden G. (1994). In *Biochimie agro-industrielle. Valorisation alimentaire de la production agricole*, D. Loriet. MASSON Paris Milan Barcelone, p.114-116.
- Loiseau G., Faye B., Serikbaeva A., Montet D., 2001. *Int. Conf. On new horizons in biotechnology*, 18-21 avril 2001, Trivandrum, Inde.
- Mal G., Suchitra Sena D., Jain V.K., Singhvi N.M., Sahani M.S., (2000). *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.99
- Masson P.L., Heremans J.F., 1971. *Comp. Biochem. Physiol.*, 39, 119 - 129.
- Puzyrevskaya O.M., Saubenova M.G., Baizhomartova M.G., Balmenov E.K., 2000. *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.98
- Qian Z.-Y., Jollès P., Migliore-Samour D., Fiat A.-M., 1995. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1243 25-32.
- Sabumukanu C., 1997. Recherche d'enzymes adaptées pour la vérification de la pasteurisation du lait de dromadaire et mise au point d'un test simple de contrôle. Mémoire maîtrise ENSIA, Montpellier. 45 p.
- Serikbaeva A., Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., Narmuratova M., 2004. *Int. NATO workshop "Desertification combat and food safety: the added value of camel producers"*, Ashkabad, Turkmenistan, 120-125
- Shimazaki K.-I., Oota K., Nitta K., Ke Y., 1994. *J. of Dairy Sci.*, 61: 563-566.
- Urazakov N.U., Bainazarov S.H., 1974. *Problemy Tuberkuleza*, 2, 89-90
- Yagil R., Van Crevelde C., 2000. *Proc. Int. Camelid Conf.*, Almaty, Kazakhstan, p.100
- Zagulki T., Ijpiński P., Zagulska A., Bronick S., Jarzabek Z., 1989. *Br.J.Exp.Pathol.* 70:697-704 *Br. J. Exp. Pathol.*, 70, 697-704

Lactoferrin of Camel Milk of Kazakhstan

G. KONUSPAYEVA^a, A. SERIKBAYEVA^b, G. LOISEAU^c,
M. NARMURATOVA^a and B. FAYE^d

^aAl Farabi Kazakh National University

^bKazakh National Agrarian University

^cCIRAD-EMVT

^dCIRAD-AMIS

Abstract. Lactoferrin is iron containing protein with molecular mass 76-80 kDa with 689 amino acids residues and two Fe^{3+} binding centres. This relatively recently known protein has a number of properties. These are anti-bactericide activity, antiviral, anti-fungal, anti-carcinogenic, anti-inflammatory activity, antioxidant and analgesic properties. Lactoferrin raises immune response of organism and is involved in Parkinson's and Alzheimer's diseases. Lactoferrin is presented in all excretory secrets of mammals such as tear secrets, saliva, blood, urea, nasal and uterus cavity, sperm and amniotic and also in neutrophil of leucocytes. But mostly lactoferrin is presented in milk and colostrum.

Comparative survey of lactoferrin concentration in different milks showed that biggest content of lactoferrin is in camel milk. Camel milk has 30-100 times higher concentrations of lactoferrin than bovine milk. After heat treatment at 85°C camel milk still contains 37% of lactoferrin while bovine milk only 1,2%. Bovine and camel lactoferrin are homologous with affinity in amount of 74,9%. Amino acid compound studies showed that camel lactoferrin is rich with Met while bovine lactoferrin is rich with Val.

Camel milk is traditional food product for Kazakhstan and is accounted to be health-giving product helping to heal and to prevent many diseases. But these properties of camel milk are still not proved by scientists. We believe that lactoferrin is remarkably responsible on such properties of camel milk.

Lactoferrin used as preserving agent in food, medicines and cosmetics. Technologies of industrial purification are now developing. The number of use targets is rapidly growing. For example lactoferrin can be used in diagnostics of inflammation processes.

Introduction

In Central Asia, camel milk is known for its medicinal properties. It is used for many health disorders in human organism. These properties could be attributed to the biochemical composition of the camel milk which has specific protein components both in quality and quantity. Lactoferrin (LF) is one of the most important polypeptide among milk protein which represents a health factor for milk consumers. Lactoferrin is iron containing protein with molecular mass 76-80 kDa having 689 amino acids residues and two Fe^{3+} binding centres. It shows a wide type of activities described in different species. The present study deals with the biological properties of lactoferrin after a description of the characteristics and quantity of camel lactoferrin (cLF) compared to other species.

Table 1. Concentration interval of LF in some mammal milk at different lactation stage (in mg / mL).

	Camel	Mare	Cow	Goat	Ewe	Sow	Mice	Rabbit	Dog
LF	2-6	0.2-2.0	0.02-0.2	0.02-0.2	0.02-0.2	0.2-2.0	<0.05	<0.05	<0.05

Table 2. Concentration in total proteins (TP, %) and lactoferrin (LF, mg/mL) in milk and colostrum from different animal species (El-Gawad et al., 1996) [26].

	Camel		Cow		Goat		Ewe		Buffalo	
	LF	TP	LF	TP	LF	TP	LF	TP	LF	TP
Colostrum*	5.10	8.26	0.84	12.68	3.09	9.50	1.56	18.89	2.1	14.57
Milk**	2.48	2.79	0.08	4.00	0.17	3.50	0.14	6.26	0.05	4.10

*0-2 days after beginning of lactation ; **15-30 days after beginning of lactation;

1. Medicinal Properties of Camel Milk

The abundance of LF in camel milk, associated to other proteins with antibacterial activities, could explain a part of the medicinal virtues of this product which is commonly used as a cure in the treatment of some infectious diseases [22,17]. In Central Asia, the use of camel milk to treat human tuberculosis in sanatorium is old [53]: with 2 litres per day for 2 to 4 months, the authors said to get a marked improvement of the patients and a significant recovery of blood parameters. Those results are confirmed in India on TB patients drinking one litre per day [40] and in Libya with a cure of 1.5 litres/day with visible effect from the first weeks of the cure [3]. Fermented milk (at Kazakhstan called *shubat*) is rich of lactic bacteria, which reinforce antimicrobial properties contra pathogen germ, like *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Staphylococcus*, *Salmonella* et *Escherichi* [46]. But their properties is more large than only effect antimicrobial due with proteins. Some auteur associate therapeutic quality of camel milk with composition of trace elements like copper, manganese and molybdenum [41] moreover it have not difference with another milk species of mineral composition [18]. In addition camel milk is associated also with exception richest of vitamin C, which liaison with immunity system of general ruminants and particularly dromedary [27]. Furthermore, some auteur advance benefice effect on some metabolic and nutritional diseases, on the first place is debate. Regular consumption of camel milk has hypoglycemiatic action and regulator of glycaemia of insulin dependant patients [1]. Meanwhile, numbers of experimental protocols which rest upon their assertions stay disputable. It is fortunately probably that camel milk has benefice action on the health, but research has to be more deepened [55].

2. Camel LF: Quantity and Characteristics Compared to other Species

The quantity of LF in milk has been determined by different methods in the published studies. So, the comparison between the values of LF is quite difficult. In the present study, the published values could be compared within table only, not between tables.

Compared to milk from other species, camel milk seems to be the richest in LF, except human colostrum. According to Mason and Heremans [42] and Qian [47], the observed concentration in camel milk is on average 10 to 100 higher than in cow milk (Table 1).

As for the most of metalloproteins, the LF concentration decreases all along the lactation, maximum being observed in colostrum (Table 2).

Table 3. Physico-chemical characteristics of camel and bovine LF.

	Camel	Cow
Amino-acid residues	689	689
Molecular mass (kDa) by mass spectrometry	80.16 – 80.73	84.0
Molecular mass (kDa) by amino-acid sequence	75.250	76.143
Isoelectric point	8.14	8.18
Milk concentration (mg/l)	220	140
Homology %	74.9%	

Table 4. Amino-acid composition of lactoferrin in different species, residues/100g lactoferrin fr (Mahfouz et al., 1997) [39].

Amino-acid	Camel	Cow	Ewe	Goat	Buffa
Asx	0.07	0.07	0.06	0.06	0.08
Thr*	0.04	0.05	0.02	0.04	0.04
Ser	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Glx	0.11	0.11	0.09	0.11	0.10
Pro	0.03	0.05	0.10	0.02	0.06
Gly	0.05	0.05	0.03	0.04	0.03
Ala	0.07	0.06	0.07	0.07	0.04
Cys	0.02	-	0.01	0.01	0.02
Met*	0.07	0.01	0.02	0.06	0.02
Val*	0.02	0.06	0.07	0.02	0.03
Ile*	0.04	0.03	0.02	0.04	0.03
Leu*	0.10	0.09	0.08	0.09	0.06
Tyr	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01
Phe*	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01
Lys*	0.04	0.06	0.07	0.07	0.12
His*	0.01	-	-	0.01	0.01
Arg	0.09	0.07	0.05	0.07	0.04

Table 5. Compared effect of heat treatment on LF of camel, cow and buffalo milk.

Temperature (°C)	Camel LF (mg/mL)	Cow LF (mg/mL)	Buffalo LF (mg/mL)
0	0.170	0.0767	0.0317
65	0.156	0.0570	0.0287
75	0.115	0.0290	0.0113
85	0.063	0.0009	0.0000
100	0.000	0.0000	0.0000

According to physico-chemical properties, camel and bovine LF have similarit 74.9% (Table 3) [34].

The amino acid composition of LF has been determined in different types of milk at ferent lactation stage, but comparisons are difficult because the units to express results methods could be widely different (Table 4) [39].

As for much camel milk protein, LF in camel milk has specific physical properties. pecially, cLF is more thermo-resistant than for other species (Table 5) and more ther resistant than camel milk IgG. For example, at 85°C for 10 minutes, quantity of LI camel milk is 37% of the initial value vs 1.17% only of LF in cow milk and 0 in but milk in the same conditions [24].

Table 6. Carbohydrates composition (g /100 g) in different lactoferrins.

Carbohydrates	Camel		Cow		Buffalo		Ewe		Goat	
	*C	**N	C	N	C	N	C	N	C	N
Sialique acid	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
N, acetylglucose amin	3.35	2.51	1.39	3.07	1.67	1.95	1.67	1.67	1.95	1.39
Mannose	2.25	2.48	2.03	3.38	2.93	2.25	2.70	1.58	2.48	3.15
Fucose	0.21	0.21			0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21

*C – colostrum, **N – normal milk.

The carbohydrates composition of LF changes according to species. The LF in camel colostrum is particularly rich in N-acetylglucosamin (Table 6) [39].

The main characteristic of camel milk is its richness in LF and its thermo-resistance of this protein. Those two characteristics contribute to the health benefit of camel milk. Indeed, LF shows wide biological properties that are reported below.

3. Biological Properties of Lactoferrin

The biological activity of LF depends on the iron capacity of molecule. The biological activity of iron-unsaturated LF is similar to those of saturated LF, but with a lower efficiency. The main biological activities could be reported as follows:

- anti-bacterial activity,
- anti-virus activity,
- anti-fungal activity,
- activation of immune response,
- anti-carcinogen activity,
- anti-inflammatory activity,
- analgesic activity,
- anti-oxidant activity.

3.1. Anti-Bacterial Activity

LF has not bactericide effect on bacteria with low iron requirement. For example, *E.coli* needs high iron quantity, whereas *Streptococcus lactis* need very few. So, it explains that *E.coli* is inhibited by LF while *St.lactis* is not. However, the anti-bacterial activity of LF has been proved many times *in vitro*, but has never been demonstrated in irrefutable way *in vivo*. Moreover, some scientists consider that the explanation of bacterial growth inhibition by iron binding only is not satisfying. *et* Bacteriostatic activity of LF has been demonstrated in human mucus, in bovine colostrum and teat secretion out of lactation [38].

According to Ellass-Rochard *et al.* [25] human and bovine LF have two capture sites for lipopolysaccharide (LPS) of *Escherichia coli*. Affinity of LF for LPS contributes to the inhibition of bacterial endotoxins.

The LF in tears plays a synergic role with antibiotics (vancomycin) inhibiting growth of *Staphylococcus epidermidis*, main pathogen agent in ophthalmic infections. Indeed, the presence of LF folds into the inhibiting activity of antibiotic [36].

According to Ellison [29] LF protein has synergic action with immunoglobins, the complement and cationic protein in neutrophils against gram-negatives bacteria. In the protein, it is N-terminal peptide of LF which fragments the external membrane of Gram-negative

Rabbit leucocytes have an anti-bacterial power of, notably the ability to phagocyte bacteria *Pseudomonas aeruginosa* because those cells contained a high quantity of LF [11].

Zagulki *et al.* [57] studied the interaction between *E. coli* and bovine and human LF. Some experiments were achieved to demonstrate and partially explain the protective effect of bovine LF after intravenous injection in mice 24 hours before one mortal dose injection of *Escherichia coli*. Around 70% of before hand treated mice with LF survived after injection. The survival rate in non treated mice and preliminary treated one with bovine serum albumin (BSA) were 4 and 8% respectively. Human LF has almost similar protective effect than bovine LF.

The antibacterial activities of LF were showed in compound contained penicillin G. bovine LF. Indeed, this compound increases 2 to 4 times the inhibiting activity of penicillin on *Staphylococcus aureus* growth. Inhibiting activity of LF, used alone, is from 16 to 100 times more active than penicillin activity [20].

Singh *et al.* [50] showed that LF stopped the development of biofilms of pathogen opportunistic agents as *Pseudomonas aeruginosa*. This has been observed with low LF concentrations, lower to those destroying or preventing the growth of bacterias. By chelate iron, LF stimulates the external motility, leading the bacterias to wander on the surface instead of to make flocs and cell biofilms.

On the other hand, LF or transferrin fragmentation by bacterial enzymes (notably elastase secreted by *Pseudomonas aeruginosa*) contributes to the iron binding by a bacteriostatic siderophore (pyoverdine or pyochelin) with cytotoxic properties [54]. *In vivo*, the elements of LF fragmentation were found in the washing products from upper respiratory way patients affected by cystic fibrosis of lungs [9].

3.2. Anti-Virus Activity

LF is able to bind some antigens of virus nature. The main mechanism of LF anti-viral activity depends on LF binding with glucosaminoglycans of eucaryotic membranes. The complex LF-glucosaminoglycans plays protective role by stopping the virus penetration. This mechanism is observed in case of infection with cytomegalovirus responsible of herpes and with human immunodeficient virus (HIV) [38].

The mechanisms of anti-hantaviral activity of bovine LF were studied by Mur *et al.* [43]. The LF combined to pre- and post-infection treatment by ribavirin has stopped formation of virus lesions. These results suggest that LF could constraint virus sorption by the cells. Other studies testify the efficiency of LF in clinical uses as curative protector against hantavirus. To control the human infection due to hantavirus, LF associated to ribavirin is more employed combination for therapy.

Niehaus *et al.* [44] have used the rate of LF in nasal secretions to differentiate cold in the head from more acute sinusitis. The LF is found in all secretions where the membrane is bathed. In mucus, LF is the first defence line against virus and other pathogen agents. So highest values of LF are normally found in nasal secretions of patients affected with severe sinusitis. It is possible to distinguish sinusitis from cold in the head by comparing the concentrations in nasal discharge.

3.3. Anti-Fungal Activity

Anderson *et al.* [4] showed that LF is the milk protein which constraint the growth of dangerous mycetes. The human milk is known for its anti microbial properties and it has been proved in many occasions that babies fed at breast show a better resistance to infections than artificial milked babies. If many studies involved anti-bacterial and anti-virus activities, the anti-fungal effect was rarely achieved. The skin infections caused by mycetes

common in babies affected by low growth. The powerful inhibiting factor on fungal growth was demonstrated *in vitro* (a : <http://www.lef.org>).

3.4. Immune Answer Activation

Dhennin-Duthille *et al.* [19] showed that LF is implicated in the lymphocytes CD4 regulation, essential to control disease. It is known that LF is directly linked to immune response but studies in this way have to be deepened to understand the linking mechanisms LF and immune system (a : <http://www.lef.org>).

3.5. Anti-Inflammatory Activity

Chissov et Yakubovskaya [13] have proposed an ointment containing LF as active principle against rheumatoid arthritis. LF modulates the inflammatory process, more especially by early stimulating the excretion of cytokines from monocytes, and by regulating the proliferation and differentiation of immunized cells. Some of those activities are explained by the affinity of LF for some lipopolysaccharides (LPS) present at the surface of monocytes. All together, those observations strongly suggested that LF is one of the main molecules able to modulate the inflammatory response [5].

Fillebeen *et al.* [30] studied the LF carrying through the hematomeninge barrier in inflammatory conditions. The LF carried by activated capillary endothelial cells in bovine brain was increased. The LF was recovered undamaged on the abluminal side of the cells, suggesting that increased accumulation of LF could occur in physiopathological conditions.

3.6. Analgesic Activity

The 'Nuclear Receptor Ligand' society is developing medicament on LF basis. This team working at Kawasaki (Japan) in partnership with Agennix Inc. (Texas) is beginning clinical trials on treatment against pain. Some trials conducted by this company and Tottori University (Southern Japan) on rats have shown that LF was an efficient analgesic, with a similar efficiency as morphine in local application, the LF being degraded in the stomach. This company wanted to develop the use of LF in a medicament for parodontopathy and hope to cooperate with agro-food industries (b : www.biotechnica.asso.fr/upload/biotechnica/bv006.pdf).

3.7. Anti-Oxidative Activity

The anti-oxidative activities of LF depend on its ability to bind ferrous ions [32]. The anti-oxidative activity of LF is strongly higher than compounds used generally in pharmacy (Table 7) [13].

Belizi *et al.* [6] showed that LF inhibited free radicals more effectively than histidin and mannitol. When LF of human milk was added at suspension of eggs lipoprotein yolk with rodamin G intensity of Fe²⁺ induction of chemiluminescent was 37% lower. At 100% of iron saturation their antioxidant properties decrease 15,4% and intensity of chemiluminescent was decrease 25,7% compared to control. Also, Belizi *et al.* [7] observed that compound of LF from human milk during egg incubation in a physiological like model shows spontaneous desamination.

3.8. Anti-Carcinogenic Activity

Chissov *et al.* [13,14] prepared a product on LF basis to use in oropharyngeal zone after a chemotherapy. The LF is able to contribute in proliferation success and cellular differentiation.

Table 7. Antioxidant activity of different compound used in pharmacy.

Compound	Activity (mMol ⁻¹)
Lactoferrin	400
Dimethylsulfoxide	2.5
β -caroten	1.7
Ascorbic Acid	1.3
α -tocopherol acetate	0.1
retinol acetate	0.03

tion. Its has been identified also as a « Colony Inhibitory », by acting at the cell level spinal marrow during the myélopoièse [38]. Treated cells with LF showed a definitive stop of their functions, including the stop of metabolic activity of DNA and RNA precursors.

All these activities of LF, important protein of camel milk could contribute to the medicinal virtue of camel milk. Those have been studied in different countries.

Conclusion

Number of works deals with isolation of human or bovine LF, but very rare of camel LF yet. Most of them are references of liquid chromatography technique: affinity, exchange ions, by molecular weight, immuno-affinity.

For affinity chromatography use heparin which had been scratched on stationary phase (gel) for its affinity at LF [8,2,31,12,16]. Often for isolation and purification of LF use different types of Sephadex for ion exchange chromatography and by molecular weight [28,10,56,21,48,49,47,26,23,15,51,45].

LF can be isolated by support of immuno-affinity with fixed monoclonal antibodies [35,37,52]. All these methods are closed and give sufficient results with efficiency of extraction around 90%, but heavy to set up. On the other hand, they can be used to validate methods, which we are trying to develop in order to assess more precisely the variation factors of the quantities determined in camel milk in function of different criteria, like season, feeding, lactation stage and rank.

References

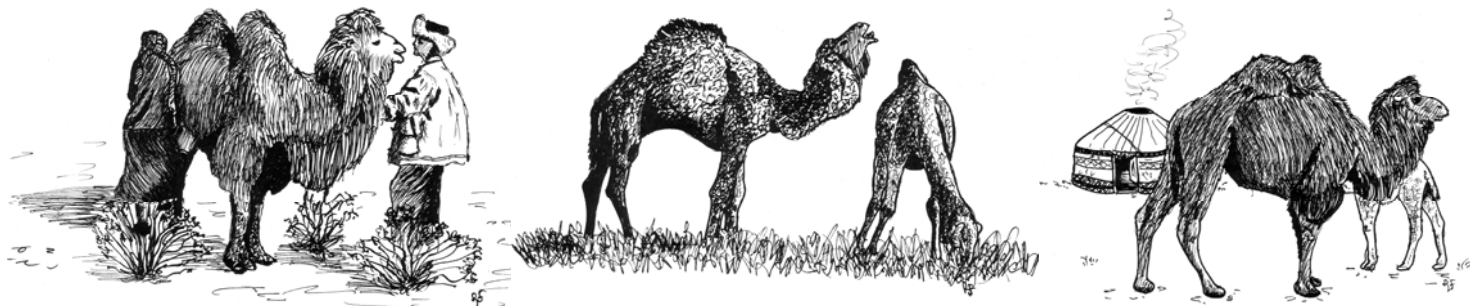
- [1] Agarwal R.P., Swami S.C., Beniwal R., Kochar D.K., Sahani M.S., Tuteja F.C., Ghouri S. (2003). Effect of camel milk on glycemic control, risk factors and diabetes quality of life in type-1 diabetes: a randomised prospective controlled study. *J. Camel Res. Pract.*, 10, 45-50.
- [2] Al-Mashikhi S.A., Nakai S. (1987). Isolation of bovine immunoglobulins and lactoferrin from whey proteins by gel filtration techniques. *J. of Dairy Sci.*, 70: 2486-2492.
- [3] Alwan A.A., Tarhuni A.H. (2000). The effect of camel milk on mycobacterium tuberculosis in mice. *Proc. of 2nd International Camelid Conference: "agroeconomics of camelid farming"*, 8-12 sept. 2000, Almaty (Kazakhstan), 100.
- [4] Anderson Y., Lindquist S., Lagerqvist C., Hernell O. (2000). *Early Hum Dev.* Aug; 59 (2): 95-10.
- [5] Baveye E., Elaiss E., Mazurier J., Spik G., Legrand D. (1999). Lactoferrin: a multifunctional glycoprotein involved in the modulation of the inflammatory process. *Clinical chemistry and laboratory medicine*. 37: (3) 281-286 mar.
- [6] Belizi S., Nazarova I.A., Klimova I.A., Prokofyev V.N., Pushkina N.V. (1999). Antioxidant properties of lactoferrin from human milk. *Bull. exper. biology and medicines* 1999, 127, 5.
- [7] Belizi S., Nazarova I.A., Prokofyev V.N., Sorokina I.A., Pushkina N.V., Lukash A.I. (2000). Changes of antioxidant properties of lactoferrin from human milk during deamidation. *Biochemistry* 66, 5, 712-717.

- [8] Bläckberg L., Hersell O. (1980). Isolation of lactoferrin from human whey by a single chromatographic step. *Febs Letters*, V. 109, No 2, January.
- [9] Britigan B.E., Hayek M.R., Doebbeling B.N., Fick R.B.Jr. (1993). Transferrin and lactoferrin undergo proteolytic cleavage in the *Pseudomonas aeruginosa* - infected lungs of patients with cystic fibrosis. *Infect. Immun.* Dec.; 61 (12):5049-5055.
- [10] Buchta R. (1991). Ovine lactoferrin: isolation from colostrums and characterization. *J. Dairy Res.*, 58, 211 - 218. Printed in Great Britain.
- [11] Bullen J.J., Armstrong J.A. (1979). The role of lactoferrin in the bactericidal function of polymorphonuclear leucocytes. *Immunology*, Apr; 36(4):781-91.
- [12] Chen J.-P., Wang C.-H. (1991). Microfiltration affinity purification of lactoferrin and immunoglobulin G from cheese whey. *Journal of Food Science*, 56, No 3, 701-706.
- [13] Chissov V.I., Borisov V.I., Yakubovskaya R.I., Boiko A.V., Nemeova E.R., Demidova L.V., Sergeeva T.V., Teleus T.A. (1994). Médicament pour le traitement anti-tumeur dans la zone oophorogénale locale et mode de soin dans cette zone. Препарат для лечения местных осложнений консервативного противоопухолевого лечения в оофориогенальной зоне и способ лечения в оофориогенальной зоне. Brevet^o RU 2099065. (en russe).
- [14] Chissov V.I., Yakubovskaya R.I. (1995). Médicament pour soigner la rhumatisme arthrite. Препарат для лечения ревматоидных артритов. Brevet^o RU 2088238. (en russe).
- [15] Chiu C.K., Etzel M. (1997). Fractionation of lactoferrin and lactoferrin from bovine whey using a cation exchange membrane. *Journal of Food Sciences*, 62, No 5, 996-1000.
- [16] Chu M., Wang S.-R., Wenig C.-N., Pursel V.G. (1993). Isolation and characterization of porcine milk lactoferrin. *Am. J. Vet. Res.*, Vol. 54, No. 7, July.
- [17] Chuvalova Z.K., Beisenbayeva R.U., Puzyrevskaya O.M., Saubanova M.G., Shamenova M.G., Glebova T.I., Popova E.I., Baizhomartova M.M., Balmenov E.K. (2000). Chemical composition, microbial control and antiviral properties of freshly made and conserved shubat "bota". Proc. of 2nd International Camelid Conference: "agroeconomics of camelid farming", 8-12 sept. 2000, Almaty (Kazakhstan), 97-98.
- [18] Dell'Orto V., Cattaneo D., Bretta E., Baldi A., Savoini G. (2000). Effects of trace element supplementation on milk yield and composition in camels. *Int. dairy J.*, 10, 873-879.
- [19] Dhennin-Duthille I., Masson M., Damien E., Fillebeen C., Spik G., Mazurier J (2000). *Journal of cellular biochemistry*, v.79, Issue 4, 583-593.
- [20] Diarra M.S., Petitclerc D., Lacasse P. (2002). Effect of lactoferrin in combination with Penicillin on the Morphology and the Physiology of *Staphylococcus aureus* Isolated from Bovine Mastitis. *J. of Dairy Sci.* 85: 1141-1149.
- [21] Dionysius D.A., Herse J.B., Grieve P.A. (1991). Extraction of lactoperoxidase and lactoferrin from whey using batch ion exchange techniques. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 46, No 2, November, 72-76.
- [22] Djangabulov, A.K., Bekshewa A.C., Mamirova T.N. (2000). Medicinal properties of camel milk and Shubat. Proc. of 2nd International Camelid Conference: "agroeconomics of camelid farming", 8-12 sept. 2000, Almaty (Kazakhstan), 100-101.
- [23] Elagamy E.I., Ruppanner R., Ismail A., Champagne C.P., Assaf R. (1996). Purification and characterization of lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme and immunoglobulins from camel's milk. *Int Dairy J.*, 6, 129-145.
- [24] Elagamy E.I. (2000). Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cow's and buffalo milk proteins. *Food Chemistry*, 68 277 - 232.
- [25] Elaiss-Rochard E., Roseanu A., Legrand D. et al. (1995). Lactoferrin-lipopolysaccharide interaction: involvement of the 28-34 loop region of human lactoferrin in the high-affinity binding to *Escherichia coli* 055B5 lipopolysaccharide. *Biochem. J.* Dec. 15 ; 312 (Pt 3) :839-845.
- [26] El-Gawad I.A.Abd, El-Sayed E.M., Mahfouz M.B., El-Salam A.M. Abd. (1996). Changes of lactoferrin concentration in colostrum and milk from different species. *Egyptian Journal of Dairy Sciences*, 24:297-308.
- [27] Elkhidji H.E. (2002). Vitamine C status in Sudanese camels. Utrecht Univ. Thesis, 89 p.
- [28] Elliot J.L., Seft B., Ergardt G., Fraser D. (1984). Isolation of lactoferrin and its concentration in sows' colostrums and milk during a 21-day lactation. *J Animal Sci.*, V.59, No4, 1080-1084.
- [29] Ellison R.T.Jrd. (1994). The effects of lactoferrin on gram-negative bacteria. *Adv Exp Med Biol.* 1994, 357:71-90.
- [30] Fillebeen C., Dehnoek R., Benafsa M. et al. (1999). Tumor necrosis factor- α increases lactoferrin transcytosis through the blood-brain barrier. *Journal of Neurochemistry*, Vol. 73, N°6, 2491-2500.
- [31] Hutchens T.W., Magnuson J.S., Yip T.-T. (1989). Rapid purification of porcine colostrum whey lactoferrin by affinity chromatography on single-stranded DNA-agarose. Characterization, amino acid composition and N terminal amino acid sequence. *Biochimica et Biophysica Acta*, 999 323-329.

- [32] Kanyshkova T.G., Buneva V.N., Nevinsky G.A. (2001). La lactoferrine et ses fonctions biologiques. Лактоферрин и его биологические свойства. Biochemistry, 66, 1, p.5-13. (en russe).
- [33] Kappeler S. (1998). Compositional and structural analysis of camel milk proteins with emphasis on protective proteins. Diss. ETH No. 12947. Zurich.
- [34] Kappeler S.R., Ackermann M., Farah Z., Puhar Z. (1999). Sequence analysis of camel (*Camel dromedarius*) lactoferrin. Int Dairy J 9 481 - 486.
- [35] Kawakami H., Shimoto H., Dosako S.I., Sogo Y. (1987). One-step isolation of lactoferrin using immobilized monoclonal antibodies. J. of Dairy Sci., 70:752-759.
- [36] Leitch E.C., Wilcox M.D. (1999). Lactoferrin increases the susceptibility of *S. epidermidis* biofilms to lysozyme and vancomycin. Curr. Eye Res. Jul; 19(8):12-9.
- [37] Li-Chan E.C.Y., Lee S.S., Kummer A., Akita E.M. (1998). Isolation of lactoferrin by immunoaffinity chromatography using yolk antibodies. Journal of Food Biochemistry, 22: 179-195.
- [38] Linden G. (1994). In Biochimie agro-industrielle. Valorisation alimentaire de la production agricole D. Lorient. MASSON Paris Milan Barcelona, p. 114-116.
- [39] Mahfouz M.B., Elham, M.El-Sayed, LA.Abd, El-Gawad et al. (1997). Structural studies on colostrum and milk lactoferrin from different species. Egyptian J. Dairy Science., 25, pp. 41-53.
- [40] Mal G., Suchitra Sena D., Jain V.K., Singhvi N.M., Sahani M.S., (2000). Role of camel milk as an adjuvant nutritional supplement in tuberculosis patients. Proc. of 2nd International Camelid Conference "agroeconomics of camelid farming", 8-12 sept. 2000, Almaty (Kazakhstan), 99.
- [41] Martynenko N.L., Yagofinaswskaya S.G., Akhundov A.A., Charyev K.C., Khummenov O. (1977). Contents of trace elements (copper, manganese, selenium) in cultured chel and camel's milk and the clinical significance. Zdravookhranenie turkmenistana, 3, 20-22.
- [42] Mason P.L., Heremans J.F. (1971). Lactoferrin in milk from different species. Comp. Biochem Physiol., 39, 119 - 129.
- [43] Murphy M.E., Kariwa H., Mizutani T. et al. (2001). Characterization of in vitro and in vivo antiviral activity of lactoferrin and ribavirin upon hantavirus. J Vet Med Sci 63 (6): 637-645.
- [44] Niehaus M.D., Gwaltney Jr.J.M., Hendley J.O. et al. (2000). Lactoferrin and Eosinophilic cation protein in nasal secretions of patients with experimental rhinovirus colds, natural colds, and presumed acute community-acquired bacterial sinusitis. J. Clin. Microb., August, Vol. 38, No 8, p.3100-3102.
- [45] Palmans K.P., Elgar D.F. (2002). Detection and quantitation of lactoferrin in bovine whey samples by reversed-phase high-performance liquid chromatography on polystyrene-divinylbenzene. (short communication) J. of Chromat. A., 947, 307-311.
- [46] Puzyrevskaya O.M., Saubanova M.G., Balzhomartova M.G., Baimenov E.K. (2000). Microbiological and biochemical characterization of shubat. Proc. of 2nd International Camelid Conference "agroeconomics of camelid farming", 8-12 sept. 2000, Almaty (Kazakhstan), 98.
- [47] Qian Z.-Y., Jollès P., Miglione-Samouir D., Fiat A.-M. (1995). Isolation and characterization of sheep lactoferrin, an inhibitor of platelet aggregation and comparison with human lactoferrin. Biochimica Biophysica Acta. 1243 25-32.
- [48] Raman A., Bhatia K.L., Singh T.P., Srinivasan A. et al. (1992). Purification, crystallization, and X-ray diffraction studies of lactoferrin from buffalo colostrums. Arch Biochem Biophys., vol. 294, No 1, Apr pp: 319-321.
- [49] Shimazaki K.-I., Oota K., Nitta K., Ke Y. (1994). Comparative study of the iron-binding strengths of equine, bovine and human lactoferrins. J. of Dairy Sci., 61: 563-566.
- [50] Singh P.K., Parsek M.R., Greenberg E.P., Welsh M.J. (2002). A component of innate immunity prevents bacterial biofilm development. Nature. Vol. 417, 30 may 2002. www.nature.com.
- [51] Sorrentino S., D'Alessandro A.M., Maras B. et al. (1999). Purification of a 76-kDa iron-binding protein from human seminal plasma by affinity chromatography specific for ribonuclease: structural and functional identity with milk lactoferrin. Biochimica et Biophysica Acta. 1430, 103-110.
- [52] Tu Y.-Y., Chen C.-C., Chang J.-H., Chang H.-M. (2002). Characterization of lactoferrin from colostrum whey using anti-LF antibody immunoaffinity chromatography. Journal of Food Sciences, vol. 6 No 3, 996-1001.
- [53] Urazakov N.U., Baimazarov S.H. (1974). Tushchibek, the first clinic in history for the treatment of pulmonary tuberculosis with cultured camel's milk. Problemy Tuberkuleza, 2, 89-90.
- [54] Xiao R., Kisaalita W.S. (1997). Iron acquisition from transferrin and lactoferrin by *Pseudomonas aeruginosa* pyoverdine. Microbiology. 143, 2509-2515.
- [55] Yagil R., Van Creveld C. (2000). Medicinal use of camel milk-fact or fancy? Proc. of 2nd International Camelid Conference: "agroeconomics of camelid farming", 8-12 sept. 2000, Almaty (Kazakhstan), 100.
- [56] Yoshida S., Ye-Xinyun. (1991). Isolation of lactoperoxidase and lactoferrins from bovine milk whey by carboxymethyl cation exchange chromatography. J. of Dairy Sci., 74: 1439-1444.
- [57] Zagulki T., Lipinski P., Zagulska A., Hrusch S., Jarzabek Z. (1989). Lactoferrin can protect mice against a lethal dose of *Escherichia coli* in experimental infection in vivo. Br. J. Exp. Pathol. Dec

Internet Sites

- b. W.Brink. Lactoferrin Update. LE magazine april, 2001 <http://www.lef.org>.
- c. BE Japon numero 266- 24 mars 2003 – Ambassade de France à Tokyo/ Agence pour la diffusion de l'information technologique (ADIT, <http://www.adit.fr>). BIOTECHNICA. Le bulletin de Veille n°6, Avril 2003 page 11. www.biotechnica.asso.fr/upload/biotechnica/bv006.pdf.



Annexe 3

3. Liste exhaustive des publications de G. Konuspayeva

1. Z.S.Seitov, N.K.Iskakova, Sh.S.Akhmedova, **Konuspayeva G. 2001.** Séparation of lactoferrin – physiologically active compound from the horse milk. 3rd International Beremizhanov's conference on chemistry and chemistry technology, Almaty, september 2001 (in russian).
2. **Konuspayeva G**, Toktamysova A. **2001.** Investigation of casein complex of horse milk by the method of electrophoresis. International conference on analytical chemistry, may (in russian).
3. **Konuspayeva G.**, Iskakova N., Erejepov A. **2002.** Investigation of protein content of horse milk by electrophoresis. 2nd International Conference of young scientists and students on modern problèmes of biology and biotechnology, 24-26 april (in russian).
4. Iskakova N., **Konuspayeva G.**, Seitov Z., Akhmedova. **2002.** Electrophoretic investigation of whey proteins of horse milk. KazNU journal , serie of chemistry n°5 (in russian).
5. **Konuspayeva G.**, Seitov Z., Toktamysova A., Iskakova N. **2002.** Content of casein complex of horse milk. 5th young scientist conference-school on organically chemistry, 22-26 avril, Ekaterinburg, Russia (in russian).
6. Iskakova N., Seitov Z., Akhmedova Sh., **Konuspayeva G. 2002.** Development of method of separation of lactoferrin from horse milk. 5th young scientist conference-school on organically chemistry, 22-26 april (in russian).
7. **Konuspayeva G.**, Narmuratova M. **2003.** Isolation of lactoferrin. 3rd International Conference of young scientists and students on modern problèmes of biology and biotechnology, Almaty, 181 p. (in russian).
8. **Konuspayeva G. 2003.** La lactoferrine dans le lait de chamelle (*Camelus dromedarius*). Essai de séparation par chromatographie sur colonne. Mémoire de DEA de l'université Montpellier 2.
9. **Konuspayeva G.**, Faye B., Serikbaeva A. **2003.** Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie Centrale. Atelier Int. sur le lait de chamelle en Afrique. FAO-CIRAD-KARKARA, Niamey (Niger), 5-8/11/03
10. Kiikbaeva L., **Konuspayeva G. 2004.** Activity of lactoperoxidase system of camel milk. 4nd International Conference of young scientists and students on modern problèmes of biology and biotechnology, Almaty, April (in russian).
11. Kisykova Kh., Narmuratova M., **Konuspayeva G. 2004.** Acidity by degree Dornic at camel milk from different region of Kazakhstan. 58th Conference of young scientists and students on modern problèmes of biology and biotechnology, April, p.107 (in russian).

12. **Konuspayeva G.**, Serikbaeva A., Faye B., Loiseau G., Narmuratova M. **2004**. Lactoferrine in camel milk from Kazakhstan. Proc. of Int. Workshop on « Desertification combat and food safety: the added value of the camel producers ». B. Faye (Ed.), IOS press, Nato, Brussels
13. Serikbaeva A., **Konuspayeva G.**, Faye B., Loiseau G., Narmuratova M. **2004**. Probiotic activity of fermented camel milk. Proc. of Int. Workshop on « Desertification combat and food safety: the added value of the camel producers ». B. Faye (Ed.), IOS press, Nato, Brussels
14. **Konuspayeva G.**, Faye B. **2004**. A better knowledge of milk quality parameters: A preliminary step for improving the camel milk market opportunity in a transition economy – The case of Kazakhstan. Proc. of Int. Conference “Saving the Camel and Peoples’ Livelihoods”. Sadri, Rajasthan, India 23-25 November, 2004, p.28-36.
15. **Konuspayeva G.**, Loiseau G., Faye B. **2004**. La plus-value « santé » du lait de chamelle cru et fermenté : l’expérience du Kazakhstan. Proc. 11 Rencontre autour des Recherches sur les Ruminants, INRA, Paris 8-9 décembre, 2004.
16. A.A.Meldebekova, **G.S.Konuspayeva**. **2005**. Les immunoglobulines de lait de chamelle et de shubat. 59 National conférence des jeunes chercheurs et les étudiants “Question actuelle de biologie et biotechnologie contemporaine”, Almaty, 20-22 avril (en russe).
17. Meldebekova A.A., **Konuspayeva G.S.**, Narmuratova M.H., Serikbayeva A.D. **2005**. Changement de taux d’immunoglobulines au cours d’année dans le lait et colostrum de chamelle. In : Proceeding « Questions actuelles des maladies diagnostiquées », Izdenister jane natijeler, KazNAU, c.452-456, Almaty (en russe).
18. **Konuspayeva G.S.**, Narmuratova M.H., Serikbayeva A.D., Ivachshenko A.T., Faye B., Irzagaliyev K., Davletov S. **2006**. Comparative study of physico-chemical properties of *Camelus bactrianus* and *Camelus dromedarius* from Almaty and Atyrau region. Science Biologique de Kazakhstan, Journal of Pavlodar State University, №1-2, 95-104 (en russe).
19. Narmuratova M.H., **Konuspayeva G.S.**, Ivashchenko A.T., G.Loiseau, B.Faye. **2006**. Fatty acid composition of milk of dromedary and Bactrian from Kazakhstan. Review KaSU, serie biology (in press) (en russe).
20. Narmuratova M., **Konuspayeva G.**, Loiseau G., Serikbaeva A., N.Barouh, D.Montet, Faye B. **2006**. The fatty acids composition of dromedary and Bactrian camel milk in Kazakhstan. Journal of Camel research and practice. Vol.13, No 1, p.45-50.
21. **Konuspayeva G.**, Loiseau G., Levieux G., Faye B. **2006**. Lactoferrin and immunoglobulin content in camel milk from Bactrian, dromedary and hybrids in Kazakhstan. 1st conference of the International Society of Camelids Research

and development (ISOCARD), 157 p., april 15-17, Al Ain, United Arab Emirates.

22. Faye B., **Konuspayeva G.**, Narmuratova M., Loiseau G. **2006.** The comparative fatty acid composition of milk in Bactrian camel, dromedary, mare, cow and goat. 1st conference of the International Society of Camelids Research and development (ISOCARD), 153 p., april 15-17, Al Ain, United Arab Emirates.
23. N. Grillet, **G. Konuspayeva**, B. Faye, D. Montet, G. Loiseau. **2006.** Analysis of lactic acid bacteria in raw camel milk and traditional fermented camel milk (Shubat) in Kazakhstan. The 20th International ICFMH Symposium food safety and food biotechnology: diversity and global impact 29 Aug - 02 Sept 2006 Alma Mater Studiorum, Bologna, Italy, p.322.
24. **G. Konuspayeva**, B. Faye, G. Loiseau, D. Levieux **2007.** Lactoferrin and Immunoglobulin content in camel milk (*C.bactrianus*, *C.dromedarius* and hybrids) from Kazakhstan. J.Dairy Sci. 90, 38-46.

RESUMÉ

Titre : Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* et hybrides) au Kazakhstan.

Globalement le lait de chamelle au Kazakhstan est plus riche que ceux décrits dans la littérature, indépendamment de l'origine génétique, géographique ou saisonnière. Il est en particulier riche en matières grasses (5,96%), en matières protéiques (5,02%) et en vitamine C (154 mg/L). Ces valeurs situent en moyenne les laits du Kazakhstan très différemment des autres laits (résultat d'une méta-analyse quasi-exhaustive des publications sur le lait de chamelle). Par analyse discriminante, il a été possible de distinguer le lait de Bactriane de celui du dromadaire, avec une prédiction à 71%. Les paramètres discriminants sont la teneur en matières grasses, le pH, la concentration en vitamine C, l'indice d'iode, la concentration en calcium et phosphore. La typologie réalisée sur 176 échantillons de lait cru en tenant compte des principaux paramètres physico-chimiques, a permis d'identifier trois types de lait. Ces types de lait peuvent être qualifiés de « lait de chamelle supérieur », « lait de chamelle normale » et « lait de chamelle acceptable pour la fabrication de shubat ». Ces appellations sont basées sur les paramètres physico-chimiques pour lesquels au final, les effets « région » et « saison » ont peu d'influence. En revanche, il est nécessaire de tenir compte de l'effet « espèce ». Pour les échantillons de shubat, quatre classes de produit ont été identifiées. On observe des shubats les moins acides, mais pauvres en minéraux majeurs essentiellement en hiver et dans les régions de Chymkent et d'Aralsk ; les shubats pauvres en vitamine C mais riches en protéines proviennent surtout d'Almaty au printemps ; Les shubats les plus riches en fer et phosphore sont des shubats de printemps en provenance de Chimkent et d'Atyrau. Enfin, les shubats riches en vitamine C sont les shubats d'été en provenance d'Atyrau et de Chimkent dans une moindre mesure. Les concentrations en lactoferrine et immunoglobulines G dans le lait cru et fermenté, mais aussi dans le colostrum de chamelle ont été également déterminés et les variations spécifiques, régionales et saisonnières ont été évaluées. Le lait cru de chamelle contient en moyenne $0,229 \pm 0,135$ mg/mL de lactoferrine et $0,718 \pm 0,330$ mg/mL d'immunoglobulines G. Dans le colostrum dans la 1^{er} semaine de post-partum la lactoferrine varie de 1,422 à 0,586 mg/mL, l'immunoglobuline G – de 132 à 4,75 mg/mL. Ainsi, « les allégations santé » attribuées au lait de chamelle ne peuvent s'appuyer sur l'affirmation selon laquelle cela serait dû en partie à une plus grande quantité en lactoferrine, ces valeurs étant peu différentes que celles observées dans le lait de vache. Les analyses de la composition en acides gras ont été réalisées sur les mêmes échantillons de lait. Le lait de chamelle contient une part un peu plus élevée d'acides gras insaturés par rapport au lait de vache. De plus, la quantité des acides palmitique, stéarique, oléique et miristique est plus importante chez la chamelle que chez la vache. Ces caractéristiques incitent à confirmer l'intérêt diététique du lait de chamelle et probablement son rôle pour la santé.

Discipline : Sciences des aliments

Mots clés : Lait de chamelle, *C.bactrianus*, *C.dromedarius*, lactoferrine, immunoglobuline G, acide gras, composition physico-chimique, Kazakhstan

Laboratoire d'accueil :

CIRAD TA C-DIR / B Campus International de Baillarguet
34398 Montpellier cedex 5, France

Titre : Physico-chemical and biochemical variability of big Camelidae (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* and hybrids) at Kazakhstan

On average, the camel's milk is richer than it is described in literature not depending on the region, species or season. It is particularly rich on fat matter (5.96%), proteins (5.02%) and on vitamin C (154 mg/l). These values put the camel's milk in very different position than the other types of milk (this is the result of meta-analysis quasi-exhaustive of the publications dedicated to camel's milk). By the discriminating analysis it was possible to distinguish the milk of Bactrian from the milk of dromedary camels with a prediction of 71%. The discriminative parameters were content of fat, pH, vitamin C concentration, iodine index and Calcium and Phosphorus concentration. The typology realized on 176 samples of the raw milk taking into account the main physico-chemical parameters has permitted to identify three types of milk. Those types may be described as "high quality camel's milk", "normal camel's milk" and "camel's milk suitable for shubat production". These types are based on the physico-chemical parameters for which the effect of "region" and "season" were not remarkable. Otherwise, it is necessary to take into consideration the influence of the "species". For shubat samples, there were identified four classes. We have the shubat less acid but poor for major minerals, especially in winter and in the regions of Chimkent and Aralsk; the shubat poor on vitamin C but rich on proteins from Almaty in spring; the shubat richest on iron and phosphorus is a spring shubat from Chimkent and Atyrau. Finally, the shubat rich on vitamin C is summer shubat from Atyrau and, in smaller extent, from Chimkent. There were also studied the concentrations of lactoferrine and immunoglobulines G in fresh milk, fermented milk and colostrums with the variations of species, region and season. The raw milk contains on average 0.229 ± 0.135 mg/mL of lactoferrine and 0.718 ± 0.330 mg/mL of immunoglobulin G. In the colostrums of the first week post-partum the lactoferrine varies from 1.422 to 0.586 mg/mL, the immunoglobulin G – from 132 to 4.75 mg/mL. Thus, the health properties which are often attributed to camel's milk cannot be described by the higher content of lactoferrine, because its quantity are very close to known quantities of lactoferrine in cow's milk. There were made the analysis of the fatty acids for the same samples of milk. The camel's milk contains a little bit higher quantity of unsaturated fatty acids than the cow's milk. Also, the quantities of palmitic, stearic, oleic and miristic acids are higher for the camels than for the cows. These characteristics must confirm the interest to camel's milk as to the dietetic product and probably to its role for the health.

Discipline : Food science

Keywords : Camel milk, *C.bactrianus*, *C.dromedarius*, lactoferrin, immunoglobuline G, fatty acid, physico-chemical composition, Kazakhstan

Laboratoire d'accueil

CIRAD TA C-DIR / B Campus International de Baillarguet
34398 Montpellier cedex 5, France