

Introduction

Les camélidés possèdent de nombreuses caractéristiques morphologiques et physiologiques qui les différencient des autres ruminants. La majorité des camélidés vivent dans des zones désertiques où les ressources alimentaires et en eau se font rares et de moindre qualité médiocre (Faye et Bengoumi, 1994). Ainsi, les camélidés sont bien adaptés à ces environnements rudes et sont alors un atout majeur pour les populations humaines qui les élèvent et qui consomment leurs productions de lait, de viande et de laine. En effet, ces animaux ont la capacité de valoriser au mieux des fourrages pauvres, de pouvoir passer plusieurs semaines sans avoir le besoin de s'abrever et produisent un lait très riche en vitamine C.

Les ruminants, tels que les camélidés sont sujets à des troubles nutritionnels d'ordre minéral pouvant causer des intoxications nombreuses, surtout pour des troupeaux qui se déplacent beaucoup (Blajan et Lasnami, 1989). De plus, les éleveurs de dromadaires et de chameaux ne pratiquent pas de façon courante la complémentation minérale des rations, excepté certains éleveurs en zone subsaharienne qui offrent des cures de sels à leurs troupeaux (Faye et Bengoumi, 1994). Les données disponibles dans la littérature sont relativement abondantes concernant le statut minéral des ruminants. Mais lorsque l'on s'intéresse au statut vitaminique, les données sont plus rares. Pourtant, les vitamines sont indispensables au métabolisme des êtres vivants et ainsi leurs teneurs au sein de l'organisme reflètent parfois bien, l'état de santé des animaux, leur état physiologique. Des individus présentant des carences vitaminées peuvent subir alors des troubles métaboliques.

Dans ce document, nous aborderons tout d'abord les aspects biochimiques concernant le statut des camélidés (dans le plasma, le sérum, le lait ainsi que dans divers tissus) en éléments minéraux puis en vitamines. Nous effectuerons également quelques comparaisons entre divers ruminants, afin de mettre en évidence les particularités du statut minéral et vitaminique des camélidés par rapport aux bovins, ovins et caprins.

1- Les éléments minéraux

1-A- Généralités

Les macro-éléments ou éléments minéraux majeurs sont les éléments minéraux indispensables tels que le : Phosphore (P), Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Sodium (Na), Potassium (K), Chlore (Cl), Souffre (S). Les oligo-éléments (ou éléments en trace) sont le : Fer (Fe), Manganèse (Mn), Zinc (Zn), Cuivre (Cu), Cobalt (Co), Iode (I), Molybdène (Mo), Sélénium (Se).

Il existe également des oligo-éléments qui ont un rôle dans les fonctions biologiques tels que le : Fluor (F), Nickel (Ni), Chrome (Cr), Vanadium (V), Silicium (Si).

Les minéraux représentent moins de 1% de la composition du lait, mais ils sont essentiels à la stabilité des protéines du lait (Farah, 1993).

1-B- Rôle des éléments minéraux dans l'organisme

Les éléments minéraux ont de nombreux rôles au sein des organismes vivants.

- Au niveau de la formation du squelette, le calcium et le phosphore jouent un rôle important (formation d'hydroxyapatite). Le magnésium, le sodium et le potassium rentrent également dans la composition des os. Les os ont un rôle de soutien pour l'organisme mais également une fonction de réservoir de minéraux. En effet, 99% du calcium et 80% du phosphore, 65% du magnésium, 40% du sodium, 5% du potassium total présent dans l'organisme se trouvent au niveau des os.

- Au niveau des tissus mous, des liquides corporels et du fonctionnement cellulaire

Tout d'abord, l'équilibre ionique des cellules est fonction des flux de Na et Ca, et de K et Mg.

La perte ou le gain d'énergie pour assurer les divers processus physiologiques sont liés à la formation ou à la destruction de liaisons phosphates, ce qui confère alors un rôle essentiel du Phosphore à ce niveau.

Le bon fonctionnement neuromusculaire est fortement dépendant des concentrations en Na+, K+, Ca2+, Mg2+ dans le sérum. En effet le différentiel de concentrations ioniques, de potentiel entre l'extérieur et l'intérieur des cellules va conditionner la transmission nerveuse, les contractions musculaires.

Le transport de l'oxygène par le sang vers les différents tissus est conditionné par l'hémoglobine, dont le fer en constitue les 33%.

Concernant les éléments minéraux les plus abondants (Na, K, Cl, P, Ca, Mg), ils ont un rôle important dans la régulation de la pression osmotique, du pH.... Le Na, K, Cl, P, Ca sont des électrolytes également présents dans les liquides corporels et dans les sécrétions digestives.

Les oligo-éléments (OE) sont des éléments minéraux qui, même si ils sont présents en très faible quantité au sein des organismes, jouent des rôles importants au niveau des processus métaboliques. Ainsi si un individu présente une carence en OE, il sera sujet à des perturbations métaboliques pouvant avoir pour conséquence des diminutions de sa performance de production, de reproduction mais également des troubles de santé.

1-C- Sources d'éléments minéraux

L'alimentation, par le biais des fourrages est la source majeure d'éléments minéraux pour les ruminants. Dans les zones géographiques où évoluent les camélidés, les ressources végétales sont soumises à des contraintes environnementales telles que l'alternance de saisons sèches et de saisons humides, mais également liées à la nature et la composition du sol. Ainsi, dans un contexte biogéographique donné, la nature et la composition minérale des ressources fourragères vont influencer fortement les apports en ces éléments pour les individus les consommant.

Kuria *et al.* (2004) ont cherché à évaluer la source minérale que peuvent être les fourrages pour les camélidés au Kenya. Les principaux résultats qu'ils ont pu dégager sont, dans la zone Ouest de Marsabit, qu'environ 80% des fourrages consommés par les dromadaires contiennent des teneurs en Ca, P, Mg, K, Na, Fe et Co proches des valeurs recommandées pour satisfaire les besoins en minéraux et ce autant en saison sèche qu'en saison humide. Cependant, seulement 8 à 50% des échantillons de fourrages contiennent des teneurs satisfaisantes en Cu et Zn. Pourtant, d'autres fourrages présents sur les zones de pâturages étudiées, représentent des sources importantes de minéraux mais ne sont pas consommés. La cause semble être des problèmes de disponibilité limitée en ces fourrages, mais aussi des problèmes de palatabilité. Néanmoins, d'autres fourrages très appréciés ont une disponibilité limitée dans le temps.

Une étude menée dans le désert situé à l'ouest du Rajasthan a permis de mettre en évidence que les ressources fourragères (herbacées et buissons) de cette zone aride offraient des apports satisfaisants en Zn, Fe, Mg, mais trop faibles concernant le Cu (Ghosal et Shekhanat, 1992).

Nous pouvons constater que l'alimentation va jouer un rôle déterminant dans l'apport d'éléments minéraux pour les ruminants. Il est important de souligner que dans les deux études citées ci-dessus, le cuivre et le zinc semblent être les éléments minéraux qui font principalement défaut (apports faibles) au niveau des fourrages consommés par les camélidés. Nous retiendrons donc plus particulièrement notre attention, dans la suite de ce document, sur les résultats concernant le statut en cuivre et en zinc des camélidés et autres ruminants.

1-D- Facteurs de variations des teneurs en éléments minéraux au sein des organismes.

L'alimentation des ruminants est une source importante en éléments minéraux, c'est pourquoi ses caractéristiques doivent être le facteur principal des variations des teneurs en éléments minéraux des organismes. Cependant, le métabolisme joue un rôle non négligeable comme facteur de variation, car il dépend en grande partie des caractéristiques propres à l'espèce et à la race, mais aussi du sexe et du statut physiologique des individus.

Les autres facteurs de variation pouvant influer sur les résultats obtenus par les diverses études menées, sont les méthodes d'échantillonnage et d'analyse qui ont été employées pour déterminer les différentes concentrations en éléments minéraux.

1-E- Les éléments minéraux chez les camélidés

1-E-1- Dans le sérum

Le tableau 1 représente les teneurs sériques moyennes en éléments minéraux majeurs, selon diverses références. Il est important de noter que les données regroupées dans ce tableau sont issues d'études menées sur des animaux en bonne santé (Marx et Abdi, 1983) mais aussi dont les apports fourragers sont satisfaisants par rapport aux besoins des animaux (Liu, 2005).

Les teneurs moyennes en Zn, Cu, Fe, dans le sérum de dromadaire (*Camelus dromedarius*) à l'ouest du Rajasthan varient entre 33,3 et 100 ; entre 39,9 et 160 ; et entre 40 et 182 µg/100ml respectivement (Ghosal et Shekhawat, 1992).

1-E-1-a) Le cuivre

Les teneurs en Cu obtenues par Ghosal et Shekhawat (1992) sont du même ordre que celles relevées par Tartour (1975) dans trois zones différentes à l'ouest du Soudan, à savoir en moyenne : $90,4 \pm 14,5$; $93,3 \pm 22,1$ et $109,2 \pm 53,8$ µg/100ml. Tandis que celles obtenues par Marx et Abdi (1983) en Somalie chez des dromadaires (*Camelus dromedarius*) sont supérieures à celles observées au Soudan et varient entre 88 et 200 µg/100ml. Au Maroc, Bengoumi *et al.* (1995) ont rapporté des valeurs égales en moyennes à 65 µg/100ml.

1-E-1-b) Le Fer

Les teneurs en Fe obtenues par Ghosal et Shekhawat (1992) sont légèrement supérieures à celles reportées par Ghosal *et al.* (1976) et inférieures à celles rapportées par Moty *et al.* (1968) (respectivement : $101,3 \pm 4,6$ et $186,0 \pm 39$ µg/100ml).

Cependant, Marx et Abdi (1983) ont mis en évidence en Somalie, des teneurs en Fe qui variaient entre 30 et 175 µg/100ml mais qui sont en moyennes inférieures à celles reportées par Ghosal *et al.* (1976).

1-E-1-c) Le magnésium

Les teneurs en Mg reportées par Marx et Abdi (1983) sont inférieures à celles généralement reportées dans la littérature et sont comprises entre 1,1 et 2,8 mg/100ml.

1-E-1-d) Le zinc

Les teneurs en Zn dans le sérum des dromadaires varient de 77 à 133 µg/100ml (Bakhsh, 2000), ce qui est en accord avec les résultats obtenus par Faye *et al.* (1986). Chez des dromadaires au Maroc la zincémie est en moyenne de 59 µg/100ml (Bengoumi *et al.*, 1995), tandis qu'à l'ouest du Rajasthan elle est de 85,4 µg/100ml (Ghosal et Shekhawat, 1992), ce qui montre que de grandes variations de zincémie sont possibles.

D'après différents auteurs, il semblerait que les teneurs normales en Zn chez le dromadaire soient comprises entre 93 et 135 µg/100ml, alors que les teneurs relevant d'une carence sont comprises entre 38 et 46 µg/100ml (Bakhsh, 2000).

Tableau 1 : Teneurs sériques moyennes en éléments minéraux majeurs, chez deux espèces de camélidés (*Camelus bactriannus*, *Camelus dromedarius*).

Dans le Sérum	µg/100ml			mg/100ml						Référence	Localisation géographique de l'étude
	Cu	Fe	Zn	Ca	K	Pi	P	Mg	Na		
Camelus bactriannus	83 ± 26	55960	1490 ± 310	12,63 ± 2,41			28,8 ± 6,24			Liu, 2005	Désert de Badanjiling et de Tenggeli, Chine
Camelus dromedarius		121 ± 9,5		10,42 ± 0,04	15,63 ± 1,05	6,7 ± 0,27		—	337,95 ± 37,70	Bhattacharjee, et Banerjee, 1962	Inde
					19,94 ± 0,86			1,72 ± 127	371,35 ± 9,75	Ghosal <i>et al.</i> , 1972	Inde, Rajasthan
	94,3 ± 3,2	107,4 ± 3	85,4 ± 2,5							Ghosal et Shekhawat, 1992	Ouest du Rajasthan
	126,5 ± 26,8	92,9 ± 41,8		9,59 ± 1,96	6,16 ± 1,64	6,19 ± 1,65		1,83 ± 0,42		Marx et Abdi 1983	Somalie
	118,3 ± 28,8	98,5 ± 19		9,2 ± 0,99	20,72 ± 1,68	5,3 ± 0,94		2,5 ± 0,28	337,95 ± 9,65	Wahbi <i>et al.</i> , 1979	Soudan

Dans le tableau 1, nous pouvons noter la valeur extrême obtenue par Liu (2005). En effet, les contaminations des échantillons par le zinc sont fréquentes et sont liées, la plupart du temps, à l'utilisation de tube de prélèvement avec des bouchons en latex.

1-E-1-d) Le calcium, le potassium et le phosphore inorganique

Les teneurs sériques en Ca sont ici similaires à celle obtenues au Soudan et varient entre 7,09 et 14,8 mg/100ml (Marx et Abdi, 1983). Quant au K et au Pi, les valeurs observées par Marx et Abdi (1983) sont supérieures à celles reportées dans la littérature.

1-E-1-e) Autres éléments minéraux

D'autres éléments minéraux ont également été dosés au niveau du sérum. Ainsi les teneurs en Mo, Mn, Se, Co, F et Cl sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Teneurs moyennes en éléments minéraux dans le sérum, chez deux espèces de camélidés (*Camelus bactriannus*, *Camelus dromedarius*).

mg/l	Mo	Mn	Se	Co	F	Cl (mg/100ml)	Référence	Localisation géographique de l'étude
Camelus bactriannus	0,43 ± 0,09	0,34 ± 0,10	0,29 ± 0,09	0,61 ± 0,12	24,3 ± 5,7		Liu, 2005	Désert de Badanjiling et de Tenggeli, Chine
Camelus dromedarius						425,44 ± 2,83	Bhattacharjee, et Banerjee, 1962	Inde
						424,9 ± 6,51	Ghosal et al., 1972	Inde, Rajasthan

1-E-1-f) Facteurs de variations des teneurs sériques et plasmatiques en éléments minéraux

Comme nous pouvons le constater, les résultats obtenus lors des différentes études sont relativement variables et ce par l'action de différents facteurs.

-A- Effet individu

Tartour (1969) note une grande variation individuelle concernant les teneurs en fer dans le plasma. En effet les valeurs oscillent entre 329,9 et 611,2 ppm DM chez les mâles ; entre 316,7 et 590,5 ppm DM chez les femelles.

-B- Effet sexe

De façon générale, il n'y a pas de différence significative dans les teneurs plasmatiques en éléments minéraux en fonction du sexe (Liu, 2003). On peut cependant observer quelques variations. Ainsi, des différences significatives concernant les teneurs plasmatiques en magnésium ont été enregistrées (Faye, annexe) à savoir que les mâles présentent des teneurs plasmatiques significativement supérieures à celle des femelles ($43,4 \pm 8,9 \text{ mg/l}$, contre $28,6 \pm 5,1 \text{ mg/l}$).

Néanmoins, les teneurs plasmatiques en Cu, Zn, Mn et Fe ne semblent pas être influencée par le sexe des individus (Faye, Annexe). En effet les travaux de Mohamed (2004) ont montré que le sexe n'influençait pas la teneur plasmatique en Cu et Zn chez les dromadaires du Soudan, tout comme Bakhsh (2000) qui a observé que la teneur sérique en Zn n'était pas influencée par le sexe des animaux.

Ghosal et Shekhawat (1992) ont observé que les jeunes mâles dromadaires présentaient des teneurs en Zn, Cu et Fe légèrement inférieures à celles des adultes, mais qu'en moyenne les mâles (tous âges confondus) ont des teneurs sériques en Fe significativement supérieures à celles des femelles ($112,7 \pm 4,3$ et $100,1 \pm 4,0 \mu\text{g}/100\text{ml}$ respectivement).

Si l'on regarde les résultats obtenus par Liu (2003) (Tableau 3) on constate que des différences légères existent entre les teneurs sériques en éléments minéraux majeurs chez les mâles et les femelles. Mais ces variations ne sont pas statistiquement significatives.

Tableau 3 : Concentrations moyennes en éléments minéraux dans le sérum de chameaux Bactrian en fonction du sexe (Liu, 2003).

mmol/litre	K	Na	Ca	Pi	Mg
Mâles castrés	$3,93 \pm 0,31$	140 ± 34	$2,18 \pm 0,19$	$1,88 \pm 0,37$	$0,88 \pm 0,13$
Femelles	$4,23 \pm 0,66$	148 ± 32	$2,26 \pm 0,22$	$1,79 \pm 0,24$	$0,92 \pm 0,23$
Total	$4,14 \pm 0,60$	147 ± 31	$2,20 \pm 0,19$	$1,83 \pm 0,27$	$0,91 \pm 0,19$

-C- Effet âge

Les teneurs plasmatiques en zinc et en magnésium sont significativement différentes entre adultes et jeunes. En effet, les chameaux ont une teneur plasmatique en zinc supérieure ($0,131 \pm 0,03 \text{ mg/l}$ contre $0,102 \pm 0,017$ et $0,86 \pm 0,018 \text{ mg/l}$) et en magnésium inférieure ($24,5 \pm 3,4 \text{ mg/l}$ contre $28,6 \pm 5,1$ et $43,4 \pm 8,9 \text{ mg/l}$) en comparaison avec les adultes (Faye –Annexe). Dell'Orto *et al.* (2000) ont trouvé des résultats similaires concernant la teneur en Zn, qui est en moyenne de $62,50 \mu\text{g}/100\text{ml}$ chez les chameaux et de $36,72 \mu\text{g}/100\text{ml}$ chez les chameaux allaitantes. On peut également constater que les dromadaires âgés entre 5 et 7 ans ont des teneurs sériques en Zn supérieures aux animaux plus âgés (Bakhsh, 2000) (Tableau 4).

Tableau 4 : Concentrations moyennes en Zn dans le sérum de dromadaire ($\mu\text{g}/100\text{ml}$) en fonction de l'âge (Suadi Arabia) (Bakhsh, 2000).

5-7ans	8-10 ans	> 10 ans
$101,58 \pm 19,79$	$99 \pm 16,30$	$99,21 \pm 21,03$

Cependant, Mohamed (2004) a obtenu des résultats opposés, à savoir que les valeurs en Zn

plasmatique augmentent significativement et les teneurs en Cu plasmatique diminuent significativement avec l'âge (Tableau 5).

Tableau 5 : Concentrations moyennes plasmatiques en Cu et en Zn en fonction de l'âge (Mohamed, 2004).

Groupe d'âge	Cu ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	Zn ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)
Nouveaux nés	$70,4 \pm 5,3^{\text{a}}$	$58,4 \pm 6,1^{\text{a}}$
Jeunes d'un an	$66,0 \pm 7,7^{\text{b}}$	$64,5 \pm 6,9^{\text{b}}$
Adultes	$63,9 \pm 8,1^{\text{c}}$	$69,5 \pm 9,9^{\text{c}}$

^{a, b, c} : Différences significatives, au sein de chaque colonne

Un effet âge concernant la teneur en Fe dans le sérum, reportée par Ghosal et Shekhawat (1992), montre que les jeunes dromadaires ont des teneurs significativement inférieures à celles des adultes ($98,0 \pm 4,5$ et $116,0 \pm 3,9 \mu\text{g}/100\text{ml}$ respectivement).

De plus, en Somalie, Marx et Abdi (1983) ont notés des différences liées à l'âge pour les teneurs sériques en certains éléments minéraux. En effet, les teneurs maximales en Fe, Cu et Mg sont observées chez des individus âgés entre 5 et 10 ans ($98,6 \mu\text{g}/100\text{ml}$; $134 \mu\text{g}/100\text{ml}$; $1,98 \text{mg}/100\text{ml}$) ; en Ca, chez les animaux âgés entre 5 et 10 ans et aussi de plus de 10 ans ($9,3$ et $9,5 \text{mg}/100\text{ml}$). Concernant les teneurs maximales en K ($6,56 \text{mg}/100\text{ml}$) et en Pi ($7,7 \text{mg}/100\text{ml}$), elles se manifestent chez les individus les plus jeunes, âgés de moins de 1 an.

-D- Effet du statut physiologique, stade de reproduction (Tableau 6)

Mohamed (2004) a montré que les teneurs plasmatiques en Cu et Zn sont significativement différentes en fonction du statut de reproduction des chameaux Arabi, au Soudan. En effet, nous pouvons constater d'après ces résultats que les femelles pleines présentent la teneur plasmatique maximale en Cu, tandis que se sont les femelles en fin de lactation qui ont la teneur plasmatique maximale en Zn.

Tableau 6 : Teneurs moyennes en Zn et Cu plasmatiques de chameaux Arabi à différents stades de lactation (Mohamed, 2004).

Eléments minéraux ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	Femelle pleine	Début de lactation	Fin de lactation
Cu	$81,3 \pm 4,7^{\text{a}}$	$59,7 \pm 6,1^{\text{b}}$	$61,3 \pm 5,5^{\text{c}}$
Zn	$51,0 \pm 8,9^{\text{a}}$	$53,4 \pm 6,4^{\text{b}}$	$67,1 \pm 5,5^{\text{c}}$

^{a, b, c} : Différences significatives, au sein de chaque ligne

-E- Race et effet géographique

De manière générale, il semblerait que les dromadaires vivants en Inde présentent des teneurs en Zn, Cu et Fe plasmatique inférieures aux valeurs observées chez des dromadaires vivants dans d'autres zones géographiques (Ghosal et Shekhawat, 1992).

En effet, une teneur en moyenne supérieure en Fe sérique des dromadaires vivants sur le continent africain par rapport à ceux du continent indien, s'expliquerait par le fait que les ressources fourragères africaines (en Ethiopie) sont plus riches en Fe (Faye *et al.*, 1986).

Un tableau récapitulatif des différentes études menées sur les teneurs plasmatiques en Zn et Cu dans différents pays est placé en annexe. Ce tableau met en évidence les valeurs extrêmes pouvant être obtenues et ce en fonction de divers facteurs. Ainsi, la teneur moyenne maximale en Cu ($118 \mu\text{g}/100\text{ml}$) a été observée chez des mâles adultes au Soudan par Wahbi *et al.* (1979), tandis que la teneur moyenne maximale en Zn ($100 \mu\text{g}/100\text{ml}$) a été reportée par Faye *et al.* (1990) à Djibouti sur des mâles et des femelles.

-F- Milieux de vie des dromadaires

Shankall *et al.* (98) ont montré que les teneurs dans le sérum en Ca, Mg et K de dromadaires évoluant dans le désert étaient inférieures à celles des dromadaires à proximité des

villes.

-G- Effet de la saison

Les teneurs plasmatiques en Cu et Zn sont de façon significative influencées par la saison. En effet, en saison humide, ces teneurs sont significativement supérieures pour le cuivre ainsi que pour le zinc (Mohamed, 2004) (Tableau 7).

Tableau 7 : Teneurs plasmatiques moyennes en Cu et en Zn ($\mu\text{g}/100\text{ml}$) en fonction de la saison, chez des dromadaires (Soudan) (Mohamed, 2004).

Saison	Cu	Zn
Sèche	$55,6 \pm 8,9^{\text{a}}$	$60,9 \pm 5,5^{\text{a}}$
Humide	$67,0 \pm 4,3^{\text{b}}$	$73,4 \pm 6,6^{\text{b}}$

^{a, b} : Différences significatives, au sein de chaque colonne

De plus, d'après l'étude menée par Marx et Abdi (1983) les teneurs sériques en Fe des dromadaires semblent aussi varier en fonction de la saison : en moyenne $85,9 \mu\text{g}/100\text{ml}$ en saison sèche contre $97,2 \mu\text{g}/100\text{ml}$ en saison humide. Une étude menée par Ghosal *et al.* (1972) a également mis en évidence l'effet saison sur les teneurs sériques en Na, K, Cl et Mg de dromadaires en Inde (Tableau 8). En été les teneurs en ces éléments (Na, K et Cl) sont significativement supérieures par rapport à l'hiver. Ceci serait lié à la mobilisation des fluides extracellulaire tels que le sang et le plasma à partir de fluide interstitiel et intracellulaire, afin de réguler la température du corps des animaux (thermorégulation).

Tableau 8 : Concentrations plasmatiques moyennes en éléments minéraux en fonction de la saison en Inde (Ghosal *et al.*, 1972).

mg/100ml	Na	K	Cl	Mg
Eté	$397,38 \pm 14,60$	$23,73 \pm 1,31$	$438,27 \pm 8,61$	$1,41 \pm 0,114$
Hiver	$348,73 \pm 11,26$	$16,58 \pm 0,50$	$413,27 \pm 9,26$	$2,06 \pm 0,160$

-H- Alimentation

Des expériences de complémentation minérale à base de phosphate, calcium et de chlorure de sodium ont été menées sur des dromadaires au Nord Est de l'Afrique. Les résultats sont consignés dans le tableau 9. Cette complémentation minérale a pour conséquence d'augmenter significativement les teneurs plasmatiques en Cu ($p<0,05$) chez les chamelles allaitantes et leurs chamelons (Dell'Orto *et al.*, 2000). Ces résultats sont en accords avec ceux de Faye et Bengoumi (1997).

Tableau 9 : Effets de la complémentation minérale sur les teneurs moyennes en éléments minéraux dans le plasma de chamelles allaitantes (d'après Dell'Orto *et al.*, 2000).

mg/l	mg/100ml			$\mu\text{g}/100\text{ml}$		
	Ca	P	Mg	Zn	Cu	Fe
Témoin	9,53	8,64	2,61	36,72	32,35	131,70
Animaux traités	9,80	8,57	2,66	39,75	37,89	135,39

1-F-1-b) conclusion

Les teneurs en éléments minéraux plasmatiques et sériques sont soumises à divers facteurs de variation ce qui à pour conséquence que les résultats obtenus lors des différentes recherches montrent une grande hétérogénéité. Nous retiendrons plus particulièrement que le cuivre et le zinc sont les éléments dont les teneurs ont tendance à varier sous l'effet de chaque facteur cité ci-dessus. Le magnésium et le fer aussi montrent une assez grande sensibilité à ces facteurs.

Il est important de souligner l'importance certaine de l'alimentation comme facteur influant fortement sur les teneurs en éléments minéraux dans le plasma. Nous avons pu le constater par les résultats obtenus lors d'essais de complémentation minérale, mais aussi par les différences existant au niveau des résultats obtenus lors des études effectuées dans des zones géographiques différentes, qui présentent donc des ressources fourragères différentes en qualité et en composition minérale.

Ainsi il semble important d'affiner les résultats obtenus par le dosage au niveau sanguin par des dosages des mêmes éléments minéraux dans l'alimentation des camélidés. Ceci permettrait de déterminer en cas de carence au niveau de l'animal, si cette carence est primaire (apport insuffisant par les fourrages) ou secondaire (modification de la digestibilité des éléments).

1-E-2- Dans le lait

Selon les études, ces teneurs varient fortement, ainsi pour le calcium les valeurs s'étendent de : 30 à 197 mg/100g ; pour le phosphore : de 45 à 138 mg/100g ; pour le sodium : de 23 à 69 mg/100g ; pour le potassium : de 60 à 124 mg/100g (Zhang *et al.*, 2005)

(Tableau 10)

Tableau 10 : Teneurs moyennes en éléments minéraux dans le lait de chameau.

Unité	Animaux échantillonnés	Ca	P	Na	K	Mg	Fe	Pb	Zn	Cu	Se	Mn	Références
mg/100g	Stade variable de lactation + Plusieurs races	30,03	-	43,10	72,48	4,50	0,28	0,18					Elamin et Wilcox, 1992
mg/100g	Animaux vivant dans différentes zones du centre et de l'est du Saudi Arabia , race Najdi	106,0 \pm 2	63 \pm 1,6	69 \pm 1,4	156 \pm 4,2	12 \pm 0,2	0,26 \pm 0,02	-	0,44 \pm 0,04	0,16 \pm 0,02	-	0,02 \pm 0	Sawaya <i>et al.</i> 1984
a=mg/l ou b= μ g/l	2-5 mois de lactation					79,6 \pm 7,4	3,16 \pm 0,03		4,9 \pm 0,5	0,36 \pm 0,02	13,9 \pm 2,4		Al-Awadi et Srikumar, 2001.
mg/g DM		19,2 \pm 2,9	7,4 \pm 1,6	2,8 \pm 0,22	12,3 \pm 2,5	0,69 \pm 0,08							Abdel-Rahim, 1987.
μ g/g DM							3,08 \pm 1,5		23,3 \pm 6,7	6,5 \pm 2,8			

1-E-2-a) Facteurs de variations

Les facteurs principaux de variations en teneur en éléments minéraux principaux dans le lait de chameau sont : la race, l'alimentation, le stade de lactation, les conditions climatiques (sécheresse) ou encore les procédures d'analyses (Farah, 1993 ; Mehaia *et al.*, 1995).

- A- Statut physiologique, stade de lactation

Des variations ont été reportées par Zhang *et al.* (2005) concernant la teneur en Ca, P, Na, K et Cl dans le lait au cours de la lactation chez les chameaux de Bactriane Alxa.

En effet, le **calcium** montre une diminution marquée lors du premier jour de lactation (d'environ 225 à 160 mg/100g) et montre une augmentation jusqu'au 7^{ème} jour, puis atteint la teneur la plus faible qui est d'environ 154.57 mg/ 100g au 90^{ème} jour.

Les variations de teneurs en **phosphore** montrent la même tendance que pour le Ca, mais à teneurs inférieures tout au long de la lactation (d'environ 150 mg/100g au premier jour à 125 mg/100g au 90^{ème} jour).

Concernant le **sodium**, les variations sont très marquées. En effet, la teneur en Na dans le colostrum est supérieure à celle dans le lait.

Le **potassium** varie également au cours de la lactation. Sa teneur étant inférieure dans le colostrum comparé à sa teneur dans le lait.

Le **chlore** aussi montre de larges variations durant la lactation. Au 90^{ème} jour, il atteint une concentration de 152mg/100g, alors qu'aux environs du 13^{ème} jours il est présent en teneur plus faible (environ 80 mg/100g).

-B- Race, effet géographique

Zhang *et al.* (2005) ont trouvé pour les chameaux de Bactrianees Alxa des teneurs en Cl de 152mg/100g dans le lait au 90^{ème} jour de lactation. Ils montrent également que ce résultat est différent de ceux trouvés lors d'études passées, sur des chameaux évoluant dans des zones géographiques différentes. Ainsi, les chameaux Bédouin présentent une teneur moyenne en Cl dans le lait de 167,3 mg/100g (Guliye *et al.*, 2000, cités par Zhang *et al.*, 2005), tandis que les chameaux Lybian présentent une teneur moyenne en Cl dans le lait de 43mg/100g (Gnan et Sheriba, 1986 cités par Zhang *et al.*, 2005).

Cependant, les teneurs en éléments minéraux majeurs tels que le Ca, le P, le Na, et le K dans le lait des chameaux de Bactriane sont comparables à quelques résultats obtenus sur les chameaux (*Camelus dromedarius*). Mais il existe cependant de grandes variations des teneurs en éléments minéraux dans le lait les unes par rapport aux autres.

-C- Alimentation

Des expériences de complémentation minérale à base de phosphate, calcium et de chlorure de sodium ont été menée sur des dromadaires au Nord Est de l'Afrique. Les résultats sont consignés dans le tableau 11. Cette complémentation minérale a pour conséquence d'augmenter significativement les teneurs dans le lait en Ca ($p<0,05$) et en Zn ($p<0,01$) (Dell'Orto *et al.*, 2000).

Tableau 11 : Effets de la complémentation minérale sur les teneurs moyennes en éléments minéraux dans le lait (d'après Dell'Orto *et al.*, 2000).

mg/l	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe
Témoins	980	25,90	2,49	0,35	1
Animaux traités	1110	29,85	3,05	0,41	1,1

1-E-2-b) Conclusion

Nous pouvons constater que le lait de chameau est riche en calcium, que sa composition varie fortement en fonction du stade de lactation mais aussi de l'alimentation. Ceci peut expliquer que en fonction des études, les résultats peuvent être très variables comme l'ont souligné Zhang *et al.* (2005). De plus quelques différences semblent liées à la race des chameaux, surtout concernant le Cl, alors que les teneurs en éléments minéraux majeurs sont relativement identiques entre les deux espèces de dromadaire.

Le problème que nous rencontrons ici, est que les différents auteurs qui ont travaillé sur les teneurs en éléments minéraux dans le lait n'ont pas forcément précisé le stade de lactation des

chamelles, ou même n'ont pas fait de distinction au niveau de leurs échantillons en fonction de ce paramètre et ils n'utilisent pas la même unité de mesure. Ainsi, à la vue du tableau 10, nous pouvons constater que les grandes variations dans les teneurs observées sont probablement liées à l'échantillonnage effectué avec différenciation ou non des stades de lactation, et des zones de vie des chamelles.

Afin de pouvoir se faire une idée plus rigoureuse du statut minéral du lait de chameau dans sa globalité (race et géographique), il serait intéressant de créer un protocole de référence basé sur un échantillonnage plus rigoureux qui permettrait de parler en « moyenne » vraiment représentative, avec l'utilisation d'une seule unité de mesure et surtout la prise en compte du stade de lactation.

1-E-3- Dans les autres tissus

1-E-3-a) Au niveau des poils

Les différents résultats sont consignés dans le tableau 12.

Nous pouvons constater que les poils sont riches en Fe et en Zn par rapport aux teneurs en autres éléments minéraux.

Tableau 12 : Concentrations moyennes en éléments minéraux dans les poils de chameaux de Bactrian (Liu, 2003), dont les apports fourragers sont satisfaisant par rapport à leurs besoins en Cu et P. (Liu, 2005).
(mg/kg de poids sec)

Cu	Mo	Fe	Zn	Mn	Se	Co	F	Ca	P	
4,75 ± 0,83	0,41 ± 0,21	330,5 ± 155,6	146,9 ± 18,2	4,72 ± 1,46	0,19 ± 0,04	0,98 ± 0,23	25,9 ± 10,8	1983 ± 467	132,0 ± 13,4	Liu, 2005
4,8 ± 0,8	0,41 ± 0,18	330 ± 156	146,9 ± 18,2	4,72 ± 1,46	0,22 ± 0,15	0,98 ± 0,23	—	—	—	Liu, 2003

1-E-3-b) Divers tissus

(Tableaux 13 et 14)

Le fer semble être l'élément minéral majeur présent dans les divers tissus chez le dromadaire. En effet, pour chaque type de tissus étudiés par Liu (2005), le Fe est dans chaque cas l'élément minéral en plus grande concentration, excepté pour le foie où le Cu est l'élément majeur. Ces résultats sont en accord avec ceux de Tartour (1969).

Tableau 13 : Teneurs moyennes (ppmDM) en éléments minéraux dans le foie et la rate de dromadaires adultes et en bonne santé (Soudan) (Tartour, 1969)

Tissus	Eléments minéraux	Mâles	Femelles	Moyenne
Foie	Cu	174,2 ± 125,2	159,6 ± 109,0	163,6 ± 112,7
	Fe	10,8 ± 2,3	11,9 ± 6,8	11,6 ± 6,0
Rate	Cu	604,7 ± 295,8	540,6 ± 256,3	558,1 ± 266,4
	Fe	683,2 ± 304,7	609,1 ± 298,6	629,3 ± 299,5

1-E-3-c) Dans la viande

(Tableau 15)

D'après ces résultats on constate que le K est l'élément minéral le plus abondant dans la viande de dromadaire suivi par P et Na, Mg. Ici les éléments tels que le strontium, le chromium et l'aluminium sont juste présent en « trace », ce sont des contaminants (El-Faer, 1991).

Rashed (2002) a mené une étude en Egypte sur les teneurs en éléments minéraux dans divers tissus chez le dromadaire (tableau 16). D'après les résultats obtenus, la viande de dromadaire présente des teneurs moyennes supérieures en K, puis en Na, Fe, Mg, Ca, Zn, ce qui est de façon globale en accord avec les résultats obtenus par El-Faer (1991).

Tableau 14 : Concentrations moyennes en éléments minéraux dans divers tissus des chameaux Bactrian, dont les apports fourrager sont satisfaisant par rapport à leurs besoins. (Liu, 2005). (mg/kg)

Tissus	Cu	Mo	Fe	Zn	Mn	Co	Se	F
Foie	538,1 ± 308,9	6,8 ± 4,1	497,9 ± 267,6	139,8 ± 39,7	5,7 ± 1,7	1,0 ± 0,5	1,1 ± 0,8	107,9 ± 23,8
Cœur	11,4 ± 2,5	1,5 ± 1,1	311,3 ± 74,1	98,9 ± 22,7	2,3 ± 0,8	0,8 ± 0,7	1,5 ± 0,5	123,2 ± 39,8
Poumon	10,9 ± 3,6	5,4 ± 1,9	569,9 ± 254,9	96,7 ± 36,9	2,8 ± 0,4	0,8 ± 0,3	0,3 ± 0,2	42,7 ± 15,8
Reins	23,4 ± 9,9	5,0 ± 2,6	487,6 ± 92,3	80,1 ± 14,7	2,5 ± 1,2	1,0 ± 0,5	3,9 ± 0,1	43,8 ± 21,4
Rate	3,1 ± 0,5	6,4 ± 1,9	1978,4 ± 593,7	119,6 ± 34,9	1,6 ± 0,3	0,8 ± 0,2	1,4 ± 0,3	42,6 ± 17,8
Muscle	8,7 ± 2,9	4,9 ± 1,5	282,4 ± 75,5	179,3 ± 48,7	2,2 ± 0,6	1,0 ± 0,4	0,6 ± 0,3	37,8 ± 15,6
Cerveau	15,2 ± 2,0	5,4 ± 0,9	177,6 ± 98,5	74,8 ± 9,7	1,9 ± 0,6	1,9 ± 0,3	0,6 ± 0,2	33,7 ± 12,4

Tableau 15 : Teneurs moyennes (mg/100g) en éléments minéraux dans la viande de dromadaires mâles âgés de 1 à 3 ans Saudi-Arabia (*Camelus dromedarius*) d'après El-Faer *et al.* (1991).

Eléments minéraux	Epaule	Cuisses	Côtes	Encolure	Bosse
Ca	5,05 ± 1,34 5	5,41 ± 1,92	4,71 ± 0,88	5,61 ± 1,24	1,78 ± 0,25
Fe	1,24 ± 0,34	1,35 ± 0,62	1,16 ± 0,39	1,35 ± 0,35	0,31 ± 0,01
Mg	20,56 ± 2,12	21,03 ± 2,02	18,46 ± 2,10	18,45 ± 1,74	1,05 ± 0,28
P	195,7 ± 23,2	199,0 ± 22,2	181,1 ± 25,0	180,7 ± 20,8	14,77 ± 4,20
K	357,4 ± 29,1	360,5 ± 40,2	324,0 ± 34,8	338,1 ± 29,0	17,94 ± 5,82
Na	69,08 ± 19,61	70,42 ± 26,22	84,1 ± 20,3	87,3 ± 22,6	36,11 ± 11,02
Zn	3,52 ± 0,74	3,07 ± 0,41	3,85 ± 1,15	4,80 ± 1,24	0,00 ± 0,00
Cu	0,073 ± 0,034	0,085 ± 0,040	0,069 ± 0,033	0,094 ± 0,066	0,033 ± 0,03
Mn	0,004 ± 0,006	0,009 ± 0,008	0,007 ± 0,006	0,006 ± 0,005	0,00 ± 0,00
S	56,09 ± 17,07	54,99 ± 8,30	57,97 ± 11,96	64,38 ± 11,40	5,86 ± 2,04
Sr	0,02 ± 0,007	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Cr	0,005 ± 0,013	0,008 ± 0,021	0,01 ± 0,02	0,03 ± 0,02	0,00 ± 0,00
Al	0,51 ± 0,50	0,15 ± 0,15	0,12 ± 0,10	0,58 ± 0,73	0,10 ± 0,10

1-E-3-d) Facteurs de variations

-A- Effet individu

Tartour (1969) a noté des variations individuelles concernant les teneurs en cuivre et en fer dans le foie et les reins.

-B- Effet sexe

Les concentrations en cuivre dans le foie ainsi que la moyenne des concentrations en fer dans le foie et la rate sont supérieures chez les mâles (différence non significative) (Tartour, 1969) (Tableau 13).

-C- Milieux de vie des dromadaires

Rashed (2002) en comparant les teneurs en éléments minéraux dans divers tissus (tableau 16) chez des dromadaires vivants soit aux abords de la ville d'Aswan, soit dans le désert d'Aswan (Egypte) a pu constater que les teneurs en Na, Mg, Au, Ag, Cu, Co et Zn dans ces divers tissus sont plus importantes chez les dromadaires vivant dans le désert que ceux vivants près de la ville. Ceci

s'expliquant par le fait que les plantes consommées par les dromadaires dans le désert sont plus riches en ces éléments que les plantes consommées par les dromadaires aux alentours de la ville. De plus les dromadaires dans le désert sont plus dépendant de la ressource en eau, qui présente une salinité élevée, ce qui a pour conséquence d'augmenter les teneurs en Na et K dans les tissus.

On peut alors constater la capacité des dromadaires à concentrer les éléments minéraux du milieu extérieur dans leurs tissus, ce qui constitue des caractéristiques propres à leur métabolisme.

Tableau 16 : Teneurs moyennes en éléments minéraux dans la viande de dromadaire en Egypte (Rashed, 2002).

	Eléments minéraux	Entre les côtes		Omoplates		Aloyau		Flanc		Articulation		Antérieurs	
		Ville	Désert	Ville	Désert	Ville	Désert	Ville	Désert	Ville	Désert	Ville	Désert
mg/g	Ca	0,09	0,08	0,1	0,1	0,103	0,10	0,08	0,088	0,087	0,08	0,1	0,095
	Fe	0,53	0,49	0,55	0,54	0,47	0,41	0,53	0,45	0,54	0,35	0,52	0,49
	K	5,49	4,81	6,9	6,5	4,98	3,94	8,3	7,91	6,47	6,13	5,64	5,31
	Na	2,6	3,41	1,7	2,8	1,82	1,95	1,65	2,81	2,38	3,61	2,73	3,52
	Mg	0,28	0,31	0,37	0,65	0,27	0,29	0,38	0,61	0,35	0,39	0,30	0,55
	Zn	0,09	1,39	0,06	1,10	0,07	1,25	0,08	1,31	0,09	1,38	0,1	1,61
μg/g	Ag	0,40	0,90	0,30	0,90	0,70	1,4	0,50	1,2	0,90	1,5	0,90	1,3
	Au	0,90	1,2	0,90	1,1	1,20	2,6	0,90	1,5	1,40	2,0	1,80	2,3
	Co	2,20	3,5	2,8	4,1	2,2	3,1	2,5	3,9	2,2	2,9	1,7	2,0
	Cr	4,2	4,1	3,3	3,1	4,2	3,9	3,7	2,8	4,2	4,2	4,2	3,2
	Cu	1,0	1,5	2,0	2,11	1,3	1,9	1,0	1,4	2,0	3,0	2,3	2,9
	Ni	2,8	1,9	4,0	3,5	1,0	0,08	1,5	1,1	2,2	1,5	2,0	2,1
	Mn	2,2	1,5	2,5	1,9	2,0	1,1	2,2	1,5	2,0	1,3	2,3	1,5

-D- Effet espèces et race

Les concentrations en Se, Co, Zn, Mg, Mo dans les tissus des chameaux de Bactriane sont proche de celles observées chez les dromadaires (Faye et Bengoumi, 1994). Concernant les autres éléments minéraux, nous ne disposons pas d'études permettant d'effectuer une comparaison de leurs teneurs au sein des divers tissus en fonction de la race de dromadaire.

-E- Type de tissus prélevés

Prenons par exemple dans le tableau 16, les teneurs en Mn, Ni, Co et Mg dans la viande située au niveau des omoplates. Elles sont supérieures à celles des autres tissus (Aloyau, Flanc...). De même, les teneurs en Mg et K au niveau des flancs sont plus élevées (Rashed, 2002). Le foie quant à lui présente des teneurs plus élevées en Cu, Zn, Mn et Fe (respectivement $538,2 \pm 308,3$; $149,7 \pm 39,9$; $5,03 \pm 1,65$; 3908 ± 2676 mg/kg de poids sec) par rapport aux autres tissus. Le cortex rénal présente quand à lui la valeur maximale pour la teneur en Se ($4,53 \pm 1,36$ mg/kg de poids sec) (Liu, 2003).

1-E-3-e) Conclusion

Ce que nous pouvons constater dans cette partie sur les éléments minéraux dans les divers tissus des camélidés est, comme pour le lait, que les différentes études qui ont été menées sont très hétérogènes (échantillonnage, unité de mesure, caractéristiques des animaux prélevés). Ainsi, nous avons pu mettre en avant les tendances générales, mais il n'est pas possible de conclure sur le statut « type » en éléments minéraux dans les tissus des camélidés.

1-F- Comparaison des teneurs en éléments minéraux : camélidés/ autres ruminants

1-F-1- Dans le sérum et le plasma

(Tableaux 17 et 18)

Les teneurs plasmatiques en Zn et en Cu sont significativement inférieures chez les dromadaires par rapport aux bovins (Zn : 44 µg/100ml, chez les dromadaires ; 106 µg/100ml chez les bovins et Cu : 38 µg/100ml et 83 µg/100ml) (Bengoumi *et al.*, 1998). Alors que les teneurs plasmatiques en Zn des chameaux de Bactriane sont significativement supérieures à celles des vaches laitières et des moutons vivants dans la même zone (Liu *et al.*, 1992, cités par Liu, 2003), les autres éléments minéraux se situant dans le même rang de référence que pour les bovins et les ovins.

Tableau 17 : Variations interspécifiques de la zincémie dans des zones écologiques similaires et dans différents pays (Bengoumi *et al.*, 1995) (µg/100ml)

Bovins	Ovins	Caprins	Dromadaires	Références
144	160	-	135	Moty <i>et al.</i> (1968) – Egypte
114	114	108	100,4	Faye <i>et al.</i> (1986) – Ethiopie
98	72	66	46,3	Faye <i>et al.</i> (1990) – Djibouti

Tableau 18 : Teneurs sériques moyennes en Zn et Cu de ruminants évoluant dans la même région (Ghosal et Shekhawat, 1992).

(µg/100ml)	Vache	Mouton	Dromadaire
Zn	86,8 ± 3,6	94,8 ± 6,4	85,4 ± 2,5
Cu	86,8 ± 2,9	88,3 ± 3,4	94,3 ± 3,2

Les différences observées dans le tableau 18, concernant les teneurs sériques en Zn, qui sont plus faibles chez les dromadaires, sont probablement liées à une alimentation et des pratiques d'élevages qui diffèrent selon les espèces. En effet, les dromadaires s'alimentent plus de broussailles ou de buissons épineux et de feuilles, tandis que les vaches et les moutons pâturent plus de l'herbe.

Les teneurs sériques en Cu des dromadaires sont en moyennes supérieures à celles des autres ruminants (Tableau 18). Des résultats similaires ont été obtenus par Moty *et al.* (1968) en Egypte, ainsi que par Faye *et al.* (1986) en Ethiopie (Tableau 17) et par Abu Damir *et al.* (1983) à l'Est du Soudan. Ces différences peuvent également s'expliquer par des comportements alimentaires différents qui vont changer la nature et la qualité des aliments consommés par les animaux.

Les teneurs en Mg dans le sérum des dromadaires au Rajasthan sont inférieures à celles des vaches vivant en zones tropicales et tempérées (Ghosal *et al.*, 1972). Tandis que les teneurs en Fe dans le sérum des vaches sont en moyennes supérieures par rapport aux moutons et aux dromadaires (Ghosal *et al.*, 1976) (tableau 19).

Tableau 19 : Concentrations moyennes (µg/100ml) en Fe sérique chez divers ruminants (Ghosal *et al.*, 1976).

	Vache	Moutons	Dromadaire	Références
Fe	213,15 ± 14,08	141,32 ± 8,26	101,32 ± 4,60	Ghosal <i>et al.</i> , 1976
	97 ± 29	-	-	Kolb (1963)
	-	193 ± 7	-	Kameko et Cornelius (1965)

Le tableau 20 semble confirmer les résultats de Liu (2003), à savoir que les teneurs en éléments minéraux tels que le Ca, Pi, Mg et Cu dans le sérum des dromadaires se situent dans le même ordre de valeur que celles de bovins et des petits ruminants. Néanmoins, concernant les teneurs en Cl, Na, K, Ca et Pi observées par Bhattacharjee et Banerjee (1962), nous pouvons constater que les teneurs en Cl et Pi sont bien supérieures chez les dromadaires par rapport aux bovins, tandis que le K et le Ca sont supérieurs chez les bovins. (Tableau 21)

Tableau 20 : Comparaison des teneurs moyennes en éléments minéraux dans le sérum des ruminants (Abu-Damir *et al.*, 1983).

	Vache	Mouton	Dromadaire	Chèvre
Age (Année)	2-12	1-6	4-18	1-6
Ca (mg/100ml)	10,0 ± 1,2	9,5 ± 1,4	9,1 ± 1,0	10,8 ± 1,3
Pi (mg/100ml)	5,1 ± 1,0	4,4 ± 0,9	5,1 ± 0,7	5,6 ± 0,2
Mg (mg/100ml)	2,7 ± 0,4	2,69 ± 0,47	2,69 ± 0,49	2,82 ± 0,41
Cu (µg/100ml)	86,2 ± 18,6	94,5 ± 22,1	92,6 ± 18,6	-

Tableau 21: Teneurs moyennes en éléments minéraux dans le sérum de bovins (mg/100ml) et de dromadaires d'après Bhattacharjee, et Banerjee (1962).

mg/100ml	Cl	Na	K	Ca	Pi
Bovins	368,7	326,45	18,77	10,82	0,56-0,65
Dromadaires	425,44	337,95	15,63	10,42	6,7

Nous pouvons souligner les différences importantes concernant la zincémie de tous les ruminants en fonction des zones géographiques étudiées. Pour le fer (tableau 19) nous pouvons également observer des différences selon les auteurs et donc en fonction des zones étudiées. Ces résultats nous prouvent bien qu'un environnement donné ayant des caractéristiques qui lui sont propres (climat, sol), va conditionner la composition et l'abondance des ressources fourragères et de ce fait le statut minéral des ruminants.

1-F-2- Dans le lait

1-F-2-a) Comparaison de la composition en éléments minéraux du lait de chameau avec le lait de vache

Tableau 22 : Teneurs moyennes en éléments minéraux du lait de vache.

	mg/100ml				mg/l			µg/l		Références
	Ca	P	Na	K	Zn	Cu	Fe	Mg	Se	
Lait de Vache	124	96,2	57,5	126						Mehaia <i>et al.</i> , 1995
					6,2	0,27	0,29	27,8	12,6	Al-Awadi et Srikumar, 2001

De façon générale si l'on compare les données obtenues par Mehaia *et al.* (1995) et par Al-Awadi et Srikumar (2001) dans le lait de vache (tableau 22) et les résultats obtenus par diverses études et ceux consignés dans le tableau 10 sur les dromadaires on constate que :

- Au 90^{ème} jours de lactation, en comparant les teneurs en Ca, P, Na et K dans le lait des chameaux Bactrianees à celles du lait de vache, on peut constater qu'elles sont sensiblement supérieures dans le lait de chameau (Zhang *et al.*, 2005), comme l'avait reporté Mehaia *et al.* (1995).

- D'après Al-Awadi et Srikumar (2001) :

→ Les concentrations en Mn et Fe dans le lait de chamelle sont 4 à 10 fois supérieures par rapport au lait de vache.

→ La teneur en Zn du lait de chamelle est quand elle légèrement inférieure.

→ Les teneurs en Cu et Se du lait de chamelle et du lait de vache sont du même ordre.

- D'autres auteurs ont noté que la teneur en Cu du lait de chamelle pouvait être 12 fois supérieures à celle du lait de vache (Johnson (1978) cité par Sawaya *et al.* (1984)).

- Sawaya *et al.* (1984) ont obtenu comme résultat :

→ La teneur en Fe du lait de chamelle est 6 fois supérieure à celle du lait de vache.

→ Tandis que la teneur en Zn est similaire à celle du lait de vache contrairement à la teneur en Mn qui est supérieure.

- Les teneurs en Na, K, Zn, Fe, Cu, et Mn du lait de chamelle Najdi sont supérieures à celles du lait de vache tandis que les teneurs en Ca, Mg et P sont similaires à celles dans le lait de vache (Sawaya *et al.*, 1984). Ces résultats sont en partie en accord avec ceux de Gorban et Izzeldin (1997) qui ont constaté que les teneurs en Na, K, P et Zn du lait de chameles Arabi sont supérieure à celles du lait de vache, alors que les teneurs en Fe et Mg sont très supérieures à celles du lait de vache.

Pour expliquer quelques unes des différences entre la composition minérale du lait de chamelle et du lait de vache, Sawaya *et al.*, (1984) ont noté que de façon générale, la composition en fer du lait n'est que très peu affectée par le niveau de fer dans l'alimentation, mais varie principalement avec la race et le type d'analyse effectuée. Quant à la teneur en Cu du lait elle semble varier en fonction de l'alimentation, de la race et, ou de l'analyse. Concernant le Na et le K dans le lait de chamelle, Yagil et Etzion (1980) cités par Sawaya *et al.* (1984) ont observé que leurs teneurs étaient directement affectées par la température, la quantité et la qualité de l'eau bue par les animaux mais aussi liées aux conditions de traite.

1-F-2-b) Comparaison de la composition en éléments minéraux du lait de chamelle avec le lait de chèvre

Les teneurs en Ca, P et Mg ainsi que les teneurs en Zn et Fe du lait de chèvre sont significativement supérieures à celles du le lait de chamelle ($p<0,001$) (Abdel-Rahim, 1987) (Tableau 10 et 23).

Tableau 23 : Composition moyenne en éléments minéraux du lait de Chèvre (Abdel-Rahim, 1987).

g/g DM					μg/g DM		
Ca	P	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe
30,2 ± 2,8	13,4 ± 1,8	3,1 ± 0,58	2,4 ± 0,97	14 ± 2,7	6,34 ± 2,1	55,3 ± 2,4	6,13 ± 0,68

Les facteurs de variations de la composition minérale du lait de chèvre sont similaires à ceux du lait de chamelle (race, stade de lactation, rendement laitier, type de fourrage et saison) (Abdel-Rahim, 1987).

1-F-3- Dans les autres tissus

Les teneurs en Se, Co, Zn, Mn, et Mo des différents tissus analysés chez le chameau de Bactriane par Liu (2003) sont dans les marges de valeurs observées chez les autres ruminants (Faye et Bengoumi, 1994). Une exception cependant concernant les teneurs en Fe et Cu dans le foie qui sont significativement supérieures chez les chameaux de Bactriane par rapport aux autres

ruminants (Liu, 2003). Une autre étude a permis de montrer que les teneurs en Cu dans le rein et le foie sont supérieures à celles des autres ruminants, tandis que les teneurs en Mn dans le foie et en Zn sont inférieures (Abu-Damir *et al.*, 1983) (Tableau 24).

Tableau 24 : Comparaison des teneurs moyennes en éléments minéraux majeurs dans le foie et le rein de ruminants (Abu-Damir *et al.*, 1983).

		Vache	Mouton	Dromadaire	Chèvre
	Age (Année)	2-12	1-6	4-18	1-6
Foie	Zn (ppm) ww	40,4 ± 8,4	38,8 ± 6,6	39,6 ± 17,7	28,0 ± 3,3
	Mn (ppm)	3,5 ± 1,3	3,3 ± 1,4	2,6 ± 1,5	4,0 ± 1,9
	Cu (ppm)	30,1 ± 20	46,7 ± 31,9	49,8 ± 36,3	21,4 ± 5,3
	Mg (%)	0,021 ± 0,005	0,022 ± 0,004	0,022 ± 0,006	0,026 ± 0,005
Reins	Zn (ppm)	28,0 ± 4,5	29,0 ± 4,9	26,0 ± 6,9	26,3 ± 1,8
	Mn (ppm)	2,6 ± 1,1	2,7 ± 1,2	2,9 ± 1,5	3,0 ± 0,6
	Cu (ppm)	5,6 ± 2,1	5,8 ± 2,8	7,2 ± 3,5	
	Mg (%)	0,022 ± 0,006	0,020 ± 0,004	0,020 ± 0,007	0,022 ± 0,007

Tartour (1969) a étudié les concentrations en Fe dans le foie et dans la rate des dromadaires. Au niveau du foie, elles sont en moyennes similaires à celles observées chez les moutons (558,1 ppm et 563,3 ppm respectivement), chez les vaches (553,6 ppm), chez les chèvres (442,4 ppm). Par contre au niveau de la rate, les dromadaires présentent des teneurs inférieures (629,3 ppm) à celles des moutons (1341,4 ppm), des vaches (1260,3 ppm) et des chèvres (913,5 ppm).

De façon générale, les éléments minéraux présents dans la viande de dromadaire mâles ont des teneurs équivalentes à celles observées chez les bœufs (USDA, 1986 ; cité par El-Faer *et al.*, 1991).

1-G- Conclusion

Les dromadaires ont des particularités au niveau du métabolisme minéral qui sont liées à leur adaptation aux conditions arides, aux ressources alimentaires faibles et pauvres. Ainsi, ils disposent d'un système de régulation spécifique des éléments minéraux, tel que pour le zinc, qu'ils peuvent alors maintenir à des teneurs faibles par rapport aux autres ruminants (Faye et Bengoumi, 1994), ainsi que de faibles teneurs en cuivre qui sont le résultat de leur adaptation aux faibles concentrations en cet élément dans l'eau et dans les fourrages désertiques. Cependant, certains facteurs tels que le statut physiologique, la saison, l'espèce, la disponibilité fourragère vont modifier le métabolisme du cuivre et du zinc chez les camélidés. Ainsi comme nous avons pu le constater, une carence minérale dans les fourrages aura pour conséquence de diminuer le statut minéral des ruminants.

La carence en certains éléments minéraux peut avoir des répercussions sur la santé et la productivité des ruminants. Ainsi, Liu (2005) a mis en évidence que les phénomènes de rachitisme et d'ostéomalacie chez les chameaux de Bactriane étaient principalement du à des carences en phosphore et cuivre au niveaux des pâturages. Les conséquences de ces carences, sont que les teneurs en phosphore dans le sang et les poils, que les teneurs en cuivre au niveau du foie et des reins, sont significativement inférieures par rapport à des individus dont l'alimentation satisfait les apports en ces éléments minéraux.

Ainsi, des animaux dont le statut en cuivre au niveau du foie et dans le sérum est faible, avec des teneurs faibles également en phosphate inorganique dans le sérum, sont le signe de la présence d'un déséquilibre minéral dans l'environnement qui, de plus, est accentué pendant la saison d'été (Abu-damir *et al.*, 1983).

Chez les ruminants les carences en Zn sont rares, mais ont pour conséquence de diminuer l'appétit, de bloquer la croissance et va également provoquer divers troubles dermiques (Lamand, 1983). Underwood (1977) a reporté que les teneurs normales en Zn chez les ruminants sont

comprises entre 70 et 120 µg/100ml. Ghosal et Shekawat (1992) quant à eux, ont déterminé que la teneur moyenne en Zn sérique chez des dromadaires en bonne santé était de 85.5 µg/100ml. Néanmoins, il semblerait que les camélidés soient capables de réguler la teneur en Zn plasmatique à des niveaux bas (40µg/100ml), plus bas que ceux des vaches (Bengoumi *et al.*, 1998), ce qui résulterait de leur adaptation à des températures extrêmes et aux stress d'origine nutritionnelle. La carence en Zn serait basée sur des teneurs plasmatiques inférieures à 60 µg/100ml chez le dromadaire (Abu Damir, 98).

Des carences en Cu chez les dromadaires sont atteintes à partir de 70 µg/100ml de plasma (Faye et Bengoumi, 1997), tandis que chez les ovins et les bovins la carence en Cu se situe plutôt aux alentours de 60 µg/100ml.

D'après Engle *et al.* (2001) cité par Mohamed (2004), le meilleur indicateur du statut en cuivre chez les ruminants, est la teneur en cuivre du plasma, du foie et la concentration en cholestérol dans le sérum.

Comme nous l'avions suggéré au préalable, il est clair que le zinc et le cuivre sont les éléments minéraux qui attirent le plus d'attention. En effet, nous avons pu constater qu'ils étaient sujets à de grandes variations que se soit dans le plasma, le sérum ou les divers tissus ainsi que dans le lait et ce, autant pour les camélidés que pour les autres ruminants. Il est vrai qu'une majorité des études qui s'intéressent au statut minéral des camélidés, portent sur ces deux éléments. Mais ceci peut s'expliquer par le fait que le statut en zinc et en cuivre des camélidés est tout à fait particulier par rapport aux autres ruminants (maintenu à des niveaux très faibles), ce qui reflète bien l'adaptation de ces animaux à un environnement dont les fourrages présentent eux aussi de faibles teneurs en ces éléments. De plus, nous avons pu mettre en évidence que les camélidés étaient capables d'accumuler les éléments minéraux tels que le cuivre et le zinc (dans le sang et le lait) lorsque leurs apports étaient augmentés par rapport aux teneurs « normales » offertes par l'environnement. Ceci permet d'expliquer un certain nombre de variations que nous avons pu constater, par une approche visant à considérer qu'une espèce donnée, vivant dans un milieu donné présentera par conséquent des caractéristiques spécifiques liées à ces caractères propres (métabolisme, âge, sexe,...) et aux caractéristiques de son environnement (saison, ressources fourragères, eau...). Nous ne devons pas cependant oublier que certaines variations, peuvent être liées à l'utilisation de matériels et de méthodes différentes selon les auteurs.

2- Les vitamines

2-A- Généralités

Les vitamines sont des substances organiques d'origine exogène, indispensables en petite quantité au métabolisme des organismes. En effet, elles peuvent participer à la synthèse d'enzymes ou d'hormones en tant que coenzyme.

Les vitamines n'étant pas ou peu synthétisées par l'organisme, elles doivent être apportées en quantité suffisante par l'alimentation.

Il existe deux classes de vitamines : les vitamines hydrosolubles et liposolubles.

- Les vitamines liposolubles sont absorbées avec les graisses et peuvent être stockées dans l'organisme.

- Les vitamines hydrosolubles ne sont pas stockables (excepté pour la vitamine B12) et lorsqu'elles sont en excès dans l'organisme, sont excrétées par voie urinaire.

2-B- Rôle des vitamines

Les vitamines jouent des rôles divers au sein des organismes. Ainsi par exemple:

- La vitamine A joue un rôle important sur la vision.

- Les vitamines B : la vitamine B1 (ou Thiamine) joue un rôle dans le métabolisme des glucides ; alors que la vitamine B2 (ou Riboflavine) va être impliquée dans le transfert d'hydrogène et dans l'utilisation de l'oxygène par les tissus ; et la vitamine B5 (ou Acide Pantothénique) a un rôle essentiel dans la conversion entre nutriments, Acide Gras (AG) et acides aminés (aa) ; enfin, la vitamine B6 (ou Pyridoxine) a un rôle dans le métabolisme des acides aminés.

- L'acide folique (ou Folacine), joue un rôle dans la synthèse des acides nucléiques.

- La vitamine D possède un rôle lié à l'absorption et à la fixation du Calcium et du Phosphore au niveau des os.

- La vitamine E (ou Tocophérol) est un antioxydant biologique et participe aux mécanismes de l'immunité.

- La vitamine C ou acide ascorbique est un puissant anti-oxydant et joue un rôle essentiel dans de nombreux processus vitaux.

2-C- Facteurs de variations

Les teneurs en vitamines chez les individus vont être fortement influencées par l'apport alimentaire, puisque qu'elles ne sont pas ou peu synthétisées par l'organisme. Ce qui signifie que les variations d'apports fourragers (qualité et quantité) pour les ruminants vont faire varier le statut vitaminique de ces animaux.

Il semblerait également, en regard de leur rôle au sein des individus, que le statut en vitamine va dépendre de certaines caractéristiques liées à la race, au sexe, au statut physiologique, mais aussi de l'état de santé des individus (statut parasitaire, infections,...).

2-D- Les vitamines chez les camélidés

2-D-1- Dans le plasma et dans le sang

2-D-1-a) La vitamine C ou acide ascorbique

Les teneurs plasmatiques moyennes en vitamine C de chameaux (*Camelus dromedarius*) de race Arabi, Anafi et Bistari sont respectivement de : $5,53 \pm 1,41$; $4,42 \pm 1,22$; $3,21 \pm 1$ mg/l (Mohamed *et al.*, 2005). Ces teneurs peuvent varier en fonction du stade de lactation (Tableau 25) mais aussi en fonction de la parité des chameaux (Tableau 26).

Tableau 25 : Concentrations moyennes en Acide ascorbique dans le plasma en fonction du stade de lactation chez les chameaux primipares Arabi (Mohamed *et al.*, 2005).

Nombre de jours de lactation	Tarie	6-89	90-179	180-269	270-360
Vitamine C (mg/l)	$3,98 \pm 0,81$	$3,91 \pm 0,87$	$4,10 \pm 0,99$	$4,10 \pm 1,09$	$4,94 \pm 1,18$

Tableau 26 : Comparaison des concentrations moyennes en Acide ascorbique dans le plasma de femelles Arabi en fonction de la parité (mg/l) (Mohamed *et al.*, 2005).

Primipare	Multipare
$4,44 \pm 0,91$	$4,35 \pm 0,89$

Tableau 27 : Concentrations plasmatiques moyennes en Acide Ascorbique de différentes races de dromadaire (Mohamed et Beynen, 2002).

(mg/l)	Arabi	Anafi	Bishari
Mâles	$6,45 \pm 0,12$	$4,83 \pm 0,42$	$3,67 \pm 0,46$
Femelles	$6,38 \pm 0,14$	$4,12 \pm 0,30$	$2,81 \pm 0,64$

Nous pouvons constater que la teneur plasmatique en vitamine C chez les chamelles est fonction de la race. Les chamelles Arabi présentent des teneurs significativement supérieures ($p<0,05$), les chamelles Anafi ont des teneurs significativement supérieures ($p<0,05$) aux Bistari (Mohamed *et al.*, 2005). Cet effet de la race avait déjà été mis en évidence par Mohamed et Beynen en 2002, chez des mâles et des femelles de race Arabi ayant des teneurs significativement supérieure ($p<0,05$) en vitamine C plasmatique par rapport aux dromadaires de race Anafi qui présentent également des teneurs plasmatiques en vitamine C significativement supérieures aux Bishari (Tableau 27). Cet effet race peut s'expliquer ici par des caractéristiques génétiques au niveau du métabolisme de la vitamine C (Mohamed et Beynen, 2002).

Le stade de lactation est également un facteur de variation. En effet, les chamelles Arabi présentent des teneurs plasmatiques en vitamine C significativement supérieures ($p<0,05$) à partir du 90^{ème} jour de lactation (Mohamed *et al.*, 2005) (Tableau 25). Néanmoins, même si nous pouvons observer des différences dans la teneur plasmatique moyenne en vitamine C entre des chamelles primipares et multipares, ces différences ne sont pas significatives (Mohamed *et al.*, 2005) (Tableau 26).

Un effet sexe a été constaté sur des dromadaires mâles de race Bishari ayant des teneurs plasmatiques en vitamine C significativement supérieures ($p<0,05$) à celles des femelles de la même race (Mohamed et Beynen, 2002) (Tableau 27). Néanmoins, en saison des pluies, le sexe n'influe pas sur la teneur en vitamine C dans le plasma des dromadaires de race Anafi ($4,87 \pm 100$ mg/l chez les mâles, $4,78 \pm 1,22$ mg/l chez les femelles) (Mohamed et Beynen, 2002).

Comme le sexe est un facteur de variation à prendre en considération ici, nous pouvons émettre l'hypothèse que la période de reproduction peut représenter, pour au moins un des deux sexes, un autre facteur pouvant avoir un effet sur la teneur en vitamine C. En effet, Mohamed et Beynen (2002) ont mis en évidence que les teneurs plasmatiques moyennes en vitamine C étaient significativement inférieures chez les mâles et les femelles dromadaires Arabi en période de reproduction (Tableau 28).

Tableau 28: Teneur plasmatique moyenne en vitamine C chez les dromadaires Arabi en saison de reproduction et de non reproduction (mg/l) (Mohamed et Beynen, 2002).

	Saison de reproduction	Saison de non reproduction
Mâles	$3,94 \pm 1,30$	$5,11 \pm 1,71$
Femelles	$2,04 \pm 0,77$	$4,22 \pm 0,97$

Concernant les chamelles, le cycle ovarien représente un autre facteur de variation de la teneur en vitamine C. Ainsi, les femelles Arabi pendant l'ovulation (oestrus) montre une augmentation de la concentration en vitamine C plasmatique. Pour chaque stade du statut physiologique lié au cycle de reproduction les teneurs en vitamine C sont significativement différentes ($p<0,05$) (Tableau 29).

Ainsi, il y a une augmentation significative de la teneur en vitamine C plasmatique pendant la lactation et une diminution pendant la gestation, ce qui montre clairement que chez la chamele, le statut en vitamine C est en relation avec le cycle de reproduction.

Tableau 29 : Concentrations moyennes en vitamine C dans le plasma de femelle dromadaire Arabi en relation avec le stade de reproduction (Mohamed *et al.*, s.d.)

(mg/l)	Non-oestrus	Oestrus	Pleine	Allaitante non pleine	Non allaitante, non pleine
Vit C Plasma	$3,13 \pm 0,66$	$5,89 \pm 1,88$	$3,77 \pm 0,81$	$5,01 \pm 0,68$	$4,34 \pm 0,70$

Même si la période de reproduction influe sur les teneurs en vitamine C, la saison ne produit pas le même effet. Les teneurs plasmatiques en acide ascorbique ne varient pas de façon significative selon que ce soit la saison sèche ou la saison des pluies ($5,44 \pm 0,91$ mg/l en saison

sèche et $5,00 \pm 0,98$ mg/l en saison des pluies) (Mohamed et Beynen, 2002).

Il est important de souligner que l'état sanitaire des individus peut faire varier la teneur plasmatique en vitamine C des camélidés. En effet, des chameaux atteints de mammite ont des teneurs plasmatiques en acide ascorbique inférieure aux teneurs observées sur des chameaux « saines » ($2,71 \pm 0,91$ mg/l contre $4,43 \pm 1,01$ mg/l chez des femelles saines) (Mohamed *et al.*, 2005). Dans ce sens il a été observé que des chameaux atteints de brucellose ont des teneurs plasmatiques significativement plus faibles ($p < 0,05$) que les femelles saines ($3,02 \pm 0,99$ mg/l et $4,22 \pm 0,99$ mg/l respectivement) (Mohamed *et al.*, s.d.). Et, que des dromadaires infectés par des parasites (trypanosomiase, gale sarcoptique et helminthiase) présentent des teneurs en vitamine C plasmatique et sanguine en moyenne significativement inférieures ($p < 0,05$) à celles d'individus sains (Tableau 30) surtout chez les individus atteints par la trypanosomose.

Tableau 30 : Concentrations moyennes en acide ascorbique dans le sang et le plasma de dromadaires (*Camelus dromedarius*) avec ou sans infections parasitaires (mg/l) (Mohamed et Beynen, 2002 b).

Animaux	Sains	Helminthiases	Gale sarcoptique	Trypanosomiases
Vit C plasma	$5,8 \pm 1,2$	$3,6 \pm 0,9$	$2,9 \pm 0,9$	$1,8 \pm 0,4$
Vit C sang	$21,4 \pm 1,3$	$20,4 \pm 0,9$	$17,9 \pm 1,2$	$14,9 \pm 1,3$

2-D-1-b) Vitamine A

La teneur moyenne normale en vitamine A dans le plasma de dromadaires adultes en bonne santé (aux Emirats Arabes Unis) est de $46 \pm 4,93$ μ g/100ml, cette valeur ne variant pas de façon significative en fonction du sexe (Abbas et Ali, 2001). Ce résultat est en accord avec ceux obtenus par Ghosal *et al.* (1973) sur des dromadaires mâles au Rajasthan dont la teneur plasmatique moyenne en vitamine A est de $45,72 \pm 4,89$ μ g/100ml.

2-D-1-c) Vitamine E

Trois types de vitamines E existent au sein des organismes : l'alpha, le gamma et le delta-tocophérol.

Une étude menée par Al-Senaidy (1996) a montré que la forme prédominante de la vitamine E au niveau du plasma et des tissus de dromadaires mâles était l'alpha-tocophérol. La gamma-tocophérol est absente dans le plasma, tandis que le delta-tocophérol n'est présent qu'au niveau de la bosse.

2-D-1-d) Conclusion

Une teneur faible en vitamine C au niveau du plasma est souvent associée à des maladies chez les ruminants. Car en effet, le statut en vitamine C est très important chez les ruminants d'un point de vue santé, d'autant plus que chez les dromadaires la vitamine C semble jouer un rôle dans leur capacité de résister à certaines maladies (Mohamed et Beynen, 2002). C'est probablement pour cela que les données concernant le statut plasmatique en vitamine C sont abondantes par rapport aux autres vitamines. Nous pouvons donc constater un manque de donnée et de travaux sur le statut vitaminique global chez les camélidés, que ce soit sur le nombre de vitamines étudiées ou sur les espèces étudiées, ce qui crée un manque d'éléments de comparaisons qui pourraient pourtant être intéressant.

2-E-2- Dans le lait

Tableau 31 : Teneurs moyennes en vitamines dans le lait de chamele de race Najdi (Sawaya *et al.*, 1984).

Vitamine	Lait de chamele (mg/kg)
Acide Pantothénique	0,88 ± 0,22
Vitamine A (U.I.)	500 ± 6,20
Vitamine C	23,7 ± 2,65
Vitamine PP (Niacine)	4,61 ± 0,24
Vitamine B1 (Thiamine)	0,33 ± 0
Vitamine B2 (Riboflavine)	0,416 ± 0,016
Vitamine B6	0,523 ± 0,115
Vitamine B9 (Acide Folique)	0,0041 ± 0,0006
Vitamine B12	0,0015 ± 0,0004

Au 90^{ème} jour de lactation les teneurs en vitamines A, C, E, B1, B2 et B6 dans le lait des chameles de Bactriane sont respectivement de : 0,97 ; 29,60 ; 1,45 ; 0,12 ; 1,24 et 0,54 mg/l ; les teneurs en vitamine D étant de 640 IU/l (Zhang *et al.* 2005). Tandis que Farah *et al.* (1993) et Alhadrami (2003) ont trouvé que les teneurs moyennes en mg/l dans le lait variaient entre 0,10 et 0,38 pour la vitamine A, entre 0,2 et 1 pour la vitamine E et entre 0,28 et 0,90 pour la vitamine B1, ce qui est inférieur aux valeurs reportées par Zhang *et al.* (2005) ; entre 3 et 36 pour la vitamine C ; entre 0,42 et 2 pour la vitamine B2 ; et entre 0,4 et 0,63 pour la vitamine B6.

2-E-2-a) Facteurs de variations

Ce que nous pouvons constater à la vue de ces résultats, c'est que les teneurs en vitamine C sont extrêmement variables contrairement aux autres vitamines qui présentent des variations moins importantes. En effet, la teneur en vitamine C dans le lait, d'après Mohammed *et al.* (2005) est dépendante de la race, du stade de lactation, de la parité et de la présence d'infection au niveau des mamelles (mammites).

-A- Statut physiologique, stade de lactation

Zhang *et al.* (2005) ont mis en évidence que chez les chameles de Bactriane, les teneurs en vitamines A et C du lait sont supérieures à celles du colostrum tandis que pour les vitamines E et B1 l'inverse se produit. Néanmoins, une autre étude menée par Mohamed *et al.* (2005) sur des chameles de race Arabi, Anafi et Bishari, a montré que le colostrum était plus riche en vitamine C que le lait (Tableau 34), en étant en moyenne 10% plus riche en acide ascorbique que le lait à 4-5 mois de lactation.

Concernant les teneurs en vitamines D, B2 et B6, elles restent relativement constantes durant la période de lactation étudiée (de 0 à 90 jours). La vitamine D dans le lait diminue faiblement entre le 30^{ème} et le 90^{ème} jour de lactation.

Chez des chameles Arabi primipares, la concentration en vitamine C dans le lait est significativement supérieure ($p<0,05$) à partir du 180^{ème} jour de lactation, mais aussi significativement supérieure chez les femelles multipares par rapport aux primipares (Mohamed *et al.*, 2005) (Tableau 32 et 33).

Tableau 32: Concentrations moyenne en Acide ascorbique dans le lait en fonction du stade de lactation chez les chameles primipares de type Arabi (Mohamed *et al.*, 2005).

Nombre de jours de lactation	6-89	90-179	180-269	270-360
Vitamine C (mg/l)	44,2 ± 4,2	44,2 ± 3,9	46,7 ± 4	48,4 ± 3,8

Tableau 33 : Comparaison des concentrations moyennes en Acide ascorbique dans le lait de femelles Arabi primipares et multipares (mg/l) (Mohamed *et al.*, 2005).

Primipare	Multipare
$44,9 \pm 5,8$	$46,3 \pm 4,7$

-B- Race, effet géographique

Les chamelettes de Bactriane produisent un lait dont les teneurs en vitamines A, E, sont supérieures à celles des chamelettes (*Camelus dromaderius*), tandis que la teneur en vitamine B1 est inférieure (Zhang *et al.*, 2005).

Sawaya *et al.* (1984) ont montré que les valeurs en vitamine C du lait des chamelettes de Bactriane sont proches de celles du lait des chamelettes Najdi. Néanmoins les teneurs en vitamines A, B1 et B2 sont variables en fonction de la race de la chamelette. En effet, les vitamines B1 et B2 sont à moitié moins élevées dans le lait des chamelettes Najdi (B1= 0,33 mg/kg et B2= 0,416 mg/kg) que dans le lait des chamelettes Adal en Éthiopie (B1= 0,6 mg/kg ; B2= 0,8 mg/kg).

Les chamelettes de type Arabi produisent du lait dont les teneurs en vitamine C sont significativement supérieures ($p<0,05$) à celle des chamelettes Anafi et Bistari (Mohamed *et al.*, 2005) (Tableau 34). En comparant, les données de Sawaya *et al.* (1984), de Zhang *et al.* (2005) et de Mohamed *et al.* (2005), sur les teneurs en vitamines C du lait des chamelettes de l'espèce *dromedarius* (excepté le type Najdi) à celles des chamelettes de Bactriane, nous pouvons constater que le lait des *dromedarius* est beaucoup plus riche que celui des Bactriane et des dromadaires Najdi.

Concernant également les variations des teneurs en vitamine C entre le lait et le colostrum, étudiées par Zhang *et al.* (2005) sur les chamelettes de Bactriane et par Mohamed *et al.* (2005) chez les *dromedarius*, nous pouvons constater que les résultats obtenus sont opposés. En effet, chez les chamelettes de Bactriane le lait est plus riche en vitamine C que le colostrum, alors que l'inverse est observé chez les chamelettes *dromedarius*.

Tableau 34 : Concentrations moyennes en Acide Ascorbique dans le colostrum et le lait de chamelettes Arabi, Anafi et Bistari (*Camelus dromedarius*) (Mohamed *et al.*, 2005).

(mg/l)	Arabi	Anafi	Bistari
Colostrum	$54,8 \pm 6,7$	$44,5 \pm 5,9$	$42,3 \pm 6,1$
Lait	$47,8 \pm 5,3$	$40,9 \pm 4$	$39,1 \pm 3,7$

-C- Etat sanitaire

Des chamelettes atteintes de mammites produisent un lait significativement ($p<0,05$) moins riche en vitamine C ($26,8 \pm 4,4$ mg/l, contre $47,4 \pm 5,2$ mg/l chez des femelles saines) (Mohamed *et al.*, 2005).

2-E-2-b) Conclusion

D'après les études menées sur le statut vitaminique du lait de chamelette, nous pouvons conclure qu'une différence forte entre les espèces et les races de camélidés existe surtout concernant la teneur en vitamine C. Cette dernière peut devenir un élément discriminant pouvant servir à qualifier et identifier le lait de chamelette. En effet, le lait des chamelettes *dromedarius* est plus riche en vitamine C que celui des Bactriane et au sein même des *dromedarius* un effet race existe. Néanmoins, nous avons vu que la concentration en vitamine C du lait pouvait être extrêmement variable.

Comme pour les éléments minéraux dans le lait, il est important de prendre en compte pour chaque étude, le stade de lactation et la race lors de l'échantillonnage, car nous avons pu souligner que ce sont des facteurs pouvant influencer fortement les teneurs en vitamines (surtout la vitamine C).

2-E-3- Dans les autres tissus

2-E-3-a) Vitamine C

Les concentrations en vitamine C sont plus importantes dans les glandes surrénales et dans le foie que dans les autres tissus (rate, reins, cœur,...) (Tableau 35).

Tableau 35 : Teneurs moyennes en Acide Ascorbique dans différents tissus de dromadaire Arabi, au Soudan, pendant la saison sèche et la saison des pluies (Mohamed et Beynen, 2002).

mg/100g de tissu	Glandes surrénales	Foie	Rate	Reins	Poumons	Cœur
Saison sèche	151 ± 12,1	60 ± 6,3	44 ± 4,6	17 ± 2,8	13 ± 2,6	8 ± 1,3
Saison humide	153 ± 10,2	60 ± 5,8	46 ± 4,4	16 ± 2,1	12 ± 3,7	7 ± 1,1

D'après ces résultats, nous pouvons constater que la teneur en acide ascorbique dans les divers tissus ne varie pas en fonction de la saison (Mohamed et Beynen, 2002).

De plus, chez des dromadaires Anafi, le sexe n'influe pas non plus sur les teneurs moyennes en vitamine C dans le foie (56 ± 6,1 mg/100g chez les mâles et 53 ± 5,4 mg/100g chez les femelles) (Mohamed et Beynen, 2002).

Néanmoins, les dromadaires atteints par des infections parasitaires présentent des concentrations moyennes en vitamine C dans le foie significativement inférieures ($p<0,05$) à celles des animaux sains. Les individus atteints de trypanosomoses ont le statut le plus faible en vitamine C (Mohamed et Beynen, 2002 b) (Tableau 36).

Tableau 36: Concentrations moyennes en acide ascorbique dans le foie de dromadaires (*Camelus dromedarius*) avec ou sans infections parasitaires (mg/100g) (Mohamed et Beynen, 2002 b).

Animaux	Sains	Helminthiases	Gale sarcoptique	Trypanosomiases
Vit C foie	62,9 ± 2,0	53,4 ± 1,9	50,2 ± 2,2	33,2 ± 3,3

2-E-3-b) Vitamine E

La distribution des vitamines E au sein des tissus est variable. Ainsi la bosse peut présenter des teneurs allant jusqu'à 50mg, elle représente ainsi un lieu de stockage pour cette vitamine où la delta-tocophérol semble avoir un rôle particulier (Al-Senaidy, 1996).

Néanmoins, il existe une forte corrélation entre l'alpha et le gamma-tocophérol au sein des tissus tels que le foie, le cœur et la rate, ce qui permet de suggérer que l'absence de l'alpha-tocophérol dans certains tissus a pour effet de diminuer la teneur en gamma-tocophérol (Al-Senaidy, 1996).

2-E-3-c) Conclusion

Comme pour le plasma, les données manquent cruellement concernant le statut en vitamine dans les divers tissus chez les camélidés, excepté pour la vitamine C qui la encore a fait l'objet de quelques études.

Cependant, nous pouvons mettre en avant que l'état sanitaire des individus n'est pas à négliger lorsque l'on s'intéresse aux vitamines.

2-E-4- Dans l'urine

Chez les dromadaires, l'urine est la voie d'élimination majeure en vitamine C (Mohamed et Beynen, 2002). Ainsi, la concentration en vitamine C urinaire moyenne est de $3,22 \pm 0,97$ mg/l chez les mâles dromadaire Anafi, ce qui est significativement inférieure ($p<0,05$) à celles des femelles Anafi ($5,33 \pm 0,25$ mg/l) (Mohamed et Beynen, 2002).

2-F- Comparaison des teneurs en vitamines : camélidés/ autres ruminants

2-F-1- Dans le plasma

Les teneurs plasmatiques en vitamine E chez les dromadaires sont inférieures à celle des autres ruminants. Ceci peut s'expliquer par des facteurs nutritionnels (Al-Senaidy, 1996). Tandis que les teneurs plasmatiques en vitamine A des dromadaires sont proches de celles des moutons (Ghosal et al., 1973).

2-F-2- Dans le lait

Les teneurs en vitamines B6 et B12 du lait des chamelettes de Bactriane sont comparables à celles du lait de vache, tandis que les teneurs en vitamines A, E, B1 et B2 sont plus faibles (Farah, 1993 ; Alhadrami, 2003). Concernant la teneur en vitamine C, elle est inférieure dans le lait de vache par rapport au lait des chamelettes de Bactriane et donc des chamelettes *dromedarius*.

Sawaya *et al.* (1984) ont montré que les teneurs en vitamines B1, B2, folacine, B12, B5 et en vitamine A dans le lait de chamelette Najdi sont inférieures à celle du lait de vache ; tandis que les teneurs en vitamine C et Niacine sont supérieures (Tableau 37).

Tableau 37 : Composition en vitamine du lait de vache et du lait de chamelette (Sawaya *et al.*, 1984).

Vitamine (mg/Kg)	Lait de vache	Lait de chamelette
Acide Pantothénique	3,39	0,88 ± 0,22
Vitamine A (U.I.)	159	500 ± 6,20
Vitamine C		23,7 ± 2,65
Thiamine	0,43	0,33 ± 0
Riboflavine	1,74	0,416 ± 0,016
Vitamine B6	0,6	0,523 ± 0,115
Vitamine B12	0,0042	0,0015 ± 0,0004
Niacine	0,93	4,61 ± 0,24
Acide Folique	0,059	0,0041 ± 0,0006

2-G- Conclusion

Même si les camélidés ne sont pas sensibles aux carences vitaminiques contrairement aux autres ruminants, les carences en vitamines A et E ont elles une action négative sur ces animaux (Blajan et Lasnami, 1989). Les concentrations en vitamine A dans le lait étant directement affectées par la composition et la quantité en vitamine et carotène de l'alimentation, ainsi que par le niveau de matière grasse présente dans le lait, mais également en fonction de la race (Sawaya *et al.*, 1984).

La teneur en vitamine C du lait de chamelette de Bactriane est en moyenne de 29,60 mg/l et aux alentours de 45 mg/l chez les chamelettes *dromedarius* ce qui est d'une grande importance dans des régions où les végétaux et les fruits sont difficilement et rarement disponibles pour les populations humaine (Sawaya *et al.* 1984). Le lait de chamelette constitue alors une bonne alternative pour pallier à cette carence. La richesse en vitamine C du colostrum par rapport au lait s'explique par la dépendance du chameau, pour cette vitamine, qui au début sa vie a besoin d'un important stimulant de la réponse immunitaire.

La saison ne semble pas influencer la teneur en vitamine C dans le plasma et les tissus, ce qui peut s'expliquer par le fait que ni la synthèse d'acide ascorbique ni le catabolisme ne dépendent de la saison (Mohamed et Beynen, 2002).

Nous ne disposons pas cependant ici de données relatives à la relation entre l'alimentation et le statut en vitamine C chez les ruminants. Pourtant, dans le cadre du dosage des vitamines dans le lait, à la vue des variations importantes concernant les teneurs en vitamines C, il serait intéressant d'étudier cette relation. En effet, les différences constatées entre les races et les différentes espèces

de camélidés peuvent être en partie liées aux facteurs alimentaires, comme pour les deux espèces de grands camélidés (*Camelus Bactrianus* et *Camelus dromedarius*) qui ne sont pas réparties sur les mêmes zones géographiques et qui n'ont par conséquent pas accès aux mêmes ressources et produisent donc des laits plus ou moins riches en vitamine C. N'oublions tout de même pas l'influence de la génétique et du métabolisme sur les variations du statut en vitamine.

3- Conclusion

Cette synthèse a permis de mettre en évidence les différentes teneurs en éléments minéraux et en vitamines dans le sang, le lait et les autres tissus chez les camélidés et autres ruminants. Néanmoins, nous avons pu constater qu'un nombre important de facteurs pouvait influencer les résultats obtenus lors des différentes études menées sur ce sujet. Des effets liés aux individus, tels que la race, l'âge, le statut physiologique ou encore le sexe mais également des effets liés à l'alimentation ou le milieu de vie des animaux ont pu être mis en évidence. Cependant, il faut noter l'influence non négligeable liée aux méthodes d'analyses utilisées pour doser ces éléments minéraux et ces vitamines dans les divers éléments. Schelcher *et al.* (1995) ont en effet montré que les conditions de prélèvement, l'endroit prélevé (veine jugulaire ou caudale par exemple pour le sang), le milieu de prélèvement et de conditionnement, l'analyse peuvent fortement faire varier les résultats.

Il est donc difficile de trouver un consensus concernant les facteurs de variations. En effet, chaque étude a été réalisée dans une zone géographique donnée, sur une espèce donnée, avec la prise en considération ou non du sexe, de l'âge des individus, de leur alimentation. Ainsi, certains auteurs mettent en évidence pour la teneur en certains macroéléments des variations liés à l'âge, au sexe, au stade physiologique, à la race, à l'alimentation. Mais ces variations ne concernent pas forcément tous les éléments minéraux (tous n'étant pas sujet aux mêmes facteurs de variations, tous n'étant pas étudiés à chaque fois).

Nous avons pu souligner également les caractéristiques des camélidés par rapport aux autres ruminants au niveau de leur statut minéral et en vitamine. En effet, les camélidés sont particulièrement bien adaptés à leur environnement. Ils ont la capacité de maintenir des teneurs faibles en éléments minéraux tels que le cuivre et le zinc en réponse à la faible disponibilité de ces éléments dans leur alimentation. Le lait produit par les chameaux est très riche en vitamine C ce qui est d'une importance primordiale pour les populations pastorales les exploitant, car dans les zones désertiques les hommes sont confrontés à des carences en vitamine C par l'absence de fruit et de légumes. Les camélidés valorisent donc des fourrages pauvres et sont moins sensibles aux carences minérales contrairement aux autres ruminants.

Cependant, il serait nécessaire de mener des études complémentaires permettant de mettre en évidence de façon plus rigoureuse les différences des statuts en vitamines et en éléments minéraux chez les ruminants, au niveau intra et inter spécifique en relation avec les teneurs apportées par les ressources fourragères qu'ils consomment. Afin de réaliser ces études, il faut penser à standardiser les méthodes d'échantillonnages et d'analyses, sans oublier de prendre en compte les divers facteurs de variation que nous avons mis en évidence dans ce rapport.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie

- 1- A Bakhsh, A., 2000. Zinc values and red blood cell counts of camels (*Camelus dromedarius*) in Suadi Arabia.
- 2- Abbas, T.A., Ali,B.H., 2001. Retinol values in the plasma of Arabian camel (*Camelus dromedarius*) and the influence of aflatoxicosis. *Vet. Res. Commun.*. 25 (6) : 517-522.
- 3- Abdel-Rahim, A.G., 1987. The chemical composition and nutritional value of camel (*Camelus dromedarius*) and goat (*Capra hircus*) milk. *World Review of Animal Production*. 23(1) : 9-12.
- 4- Abu Damir, H., 1987. Metabolic disorders and deficiency diseases. In : *Camel Diseases*. Ed. Elisha Burr.
- 5- Abu Damir, H., 1998. Mineral deficencies, toxicities and imbalances in the camel (*Camelus dromedarius*) : a review. *Vet. Bull.*.. 68 : 1103-1119.
- 6- Abu Damir, H., Tartour, G., Adam, S.E.I., 1983. Mineral contents in live stock in Eastern Sudan. *Trop. Anim. Hlth Prod.*.. 15 : 15-16.
- 7- Al-Awadi, F.M., Srikumar, T.S., 2001. Trace elements and their distribution in protein fractions of camel milk in comparaison to other commonly consumed milks. *Journal of Dairy Research*. 64 : 463-469.
- 8- Alhadrami, G.A., 2003. Camel. Pages 616-622 in *Encyclopedia of Dairy Science*. H. Roginski, J.W. Fuquay, and P.F. Fox, ed. Academic Press, London, UK.
- 9- Bengoumi, M., Essamadi, A.K., Tressol, J.C., Faye, B., 1998. Comparative study of copper and zinc metabolism in cattle and camel. *Biological Trace Element Research*. 63 : 81-94.
- 10- Bengoumi, M., Faye, B., El Kasmi, K., Tressol, J.C., 1995. Facteurs de variation des indicateurs plasmatiques nutritionnel en oligo-éléments chez le dromadaire au Maroc. I- Valeurs usuelles et variations physiologiques. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.*.. 48(3) :271-276.
- 11- Bhattacharjee, R.C., Banerjee, S., 1962. Biochemical Studies on Indian Camel (*Camelus dromedarius*) : Part 2 – Inorganic constituents of serum. *J. Sci. Industr. Res.*.. 21(C) : 106-107.
- 12- Blajan, L., Lasnami, K., 1989. Nutrition et pathologie du dromadaire. *CIHEAM- Options Méditerranéennes- Série séminaire- n°2* : 131-139.
- 13- Dell'Orto, V., Cattaneo, D., Beretta, E., Baldi, A., Savoini, G., 2000. Effects of trace elements supplementation on milk yield and composition in camels. *International Dairy Journal*. 10 : 873-879.

- 14- El-Faer, M.Z., Rawdah, T.N., Attar, K.M., Dawson, M.V., 1991. Minera land proximata composition of the meat of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*). Food Chemistry. 42 : 139-143.
- 15- Farah, Z., 1993. Composition and charactéristics of camel milk. J. Dairy Res.. 60 : 603-625.
- 16- Faye, B., Bengoumi, M., 1994. Trace-elements status in camels (a review). Biological Trace Element Research. 41 : 1-11.
- 17- Faye, B., Bengoumi, M., 1997. Données nouvelles sur le métabolisme des principaux éléments-trace chez le dromadaire. Revue Elev. Méd. Vet. Pays Trop.. 50 : 47-53.
- 18- Faye, B., Grillet, C., Tessema, A., 1986. Teneur en oligoelements dans les fourrages et le plasma des ruminants domestiques en Ethiopie. Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux. 39 : 227-237.
- 19- Ghosal, A.K., Appana, T.C., Dwarakanath, P.K., 1972. A note on studies on the seasonal variation in serum electrolytes in Indian camel (*Camelus dromedarius*). Indian J. Anim. Sci.. 43(6) : 558-559.
- 20- Ghosal, A.K., Dwarakanath, P.K., Jatkar, P.R., 1976. A note on serum iron levels in domestic animals of north-western Rajasthan. Indian J. Anim. Sci.. 46(8) : 449.
- 21- Ghosal, A.K., Dwarkanath, P.K., Patney, J.M., 1973. A note on plasma carotene and vitamin A levels in normal camels (*Camelus dromedarius*) of north-west Rajasthan. Indian J. Anim. Sci.. 43(9) : 899-900.
- 22- Ghosal, A.K., Shekhawat, V.S., 1992. Observations on serum trace elements levels (zinc, copper and iron) in camel (*Camelus dromedarius*) in the arid tracts of Thar Desert in India. Revue Elev. Med. Vét. Pays Trop.. 45(1) : 43-48.
- 23- Gorban, A.M.S., Ieezldin, O.M., 1997. Mineral content of camel milk and colostrum. Journal of Dairy Research. 64 : 471-474.
- 24- Gueguen, L., Lamand, M., Meschy, F., 1988. Nutrition minérale. Alim des bovins, Ovins et Caprins, Ed. INRA, Paris. p : 95-111.
- 25- Kchouk, M., Durand, M., 1958. Quelques dosages chimiques dans le sang des dromadaires en Tunisie. Archives de L'institut Pasteur de Tunis. 35(1) : 3-37.
- 26- Kuria, S.G., Wahome, R.G., Gachuiri, C.K., Wanyoike, M.M., 2004. Evaluation of forages as mineral sources for camels in western Marsabit, Kenya. South African Journal of Animal Science. 34(3) : 180-188.
- 27- Lamand, M., 1983. La carence en zinc chez les ruminants. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA. 52 : 9-13.
- 28- Liu, Z., 2003. Studies on the haematology and trace elements status of adult Bactrian camels (*Camelus bactrianus*) in China. Veterinary Research Communications. 27(5) : 397-405.

- 29- Liu, Z., 2005. Studies on rickets and osteomalacia in Bactrian camels (*Camelus bactrianus*). The Veterinary Journal. 169 : 444-453.
- 30- Marx, W., Abdi, H.N., 1983. Serum levels of trace elements and minerals in dromedaries (*Camelus dromedarius*) in South Somalia. Anim. Res. Dev.. 17 : 83-90.
- 31- Mehaia, M.A., Hablas, M.A., Abdel-Rahman, K.M., El Mougy, S.A., 1995. Milk composition of Majaheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia. Food Chem.. 52 : 115-122.
- 32- Mohamed, H. E., Beynen A. C., 2002. Vitamin C concentrations in blood plasma, tissues and urine of camels (*Camelus dromedarius*) in Sudanese herds Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 86 (9-10) : 342-346.
- 33- Mohamed, H.E., 2004. The Zinc and Copper content of the plasma of Sudanese camels (*Camelus dromedarius*). Veterinary Research Communications. 28(5) : 359-363.
- 34- Mohamed, H.E., Beynen, A.C., 2002 b. Ascorbic acid contents in blood plasma, erythrocytes, leukocytes and liver in camels (*Camelus dromedarius*) without or with parasite infections. Int. J. Vitam. Nutr. Res.. 72(6) : 369-371.
- 35- Mohamed, H.E., Mousa, H.M., Beynen, A.C., 2005. Ascorbic acid in milk from Sudanese camels. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 89 : 35-37.
- 36- Mohamed, H.E., Moussa, H.M, Beynen, A.C., ?. Vitamin C in plasma an dleukocytes of camels with different reproductive status. Int. J. Vitam. Nutr. Res.
- 37- Moty, I.A., Muller, A.L., Saafer, S.A., 1968. Copper, iron and zinc in the serum of Egyptian farm animals. Sudan Agric. J.. 3 : 146-151.
- 38- Rashed, M.N., 2002. Trace elements in camel tissues from a semi-arid région. The Environmentalist. 22 : 111-118.
- 39- Sawaya, W.N., Khalil, J.K., Al-Shalhat, A., Al-Mohammad, H., 1984. Chemical composition and nutritional quality of camel milk. Journal of Food Science. 49 : 744-747.
- 40- Schelcher, F., Valarcher, J.F., Foucras, G., Jespinasse, J., 1995. Profils biochimiques : intérêts et limites. Le point vétérinaire. 27 (n°spécial : « Maladies métaboliques des ruminants ») : 705-711.
- 41- Shankall, S., Abu-Kudr, S., Dappak, N., 1998. Mineral concentration in camel blood serum in Serea. Camel Newsletter, ACSAD, Syria. 14 : 47-55.
- 42- Tartour, G., 1969. Studies on the metabolism of copper and iron in the camel. Sudan J. Vet. Sci. Anim. Husb.. 10(1) : 14-20.
- 43- Tartour, G., 1975. Copper status in livestock, pasture and soil in western Sudan. Trop. Anim. Hlth Prod.. 7 : 87-94.

- 44- Underwood, E.J., 1977. Trace elements in Human and animal nutrition. 4th. Ed., New York, USA ; Academic Press.
- 45- Wahbi, A.A., Abdel Gadir, S.E., Awadelsied, N.A., Idris, O.F., 1979. Plasma electrolytes and minerals of normal camels in the Sudan. In : Camels and camilids. Ed. W. Ross Cockrill, Publisher, Scandinavian Institut of African Studies, Uppsala, Sweden. p : 431-437.
- 46- 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.

ANNEXE

Annexes

Un travail réalisé par Bernard Faye (CIRAD EMVT) a consisté à comparer les concentrations plasmatiques des Oligo-éléments essentiels chez le dromadaire, en fonction de l'âge. (Tableau)

Concentration plasmatique (mg/l)	Chamelle	Chamelons	Dromadaire	Moyenne
Cu	0,63 ± 0,2	0,66 ± 0,2	0,67 ± 0,24	0,65 ± 0,21
Zn	0,102 ± 0,017	0,131 ± 0,03 *	0,86 ± 0,018	0,107 ± 0,03
Mn	0,178 ± 0,031	0,170 ± 0,031	0,174 ± 0,029	0,174 ± 0,32
Fe	0,88 ± 0,13	0,89 ± 0,38	0,75 ± 0,13	0,85 ± 0,16
Mg	28,6 ± 5,1	24,5 ± 3,4	43,4 ± 8,9 *	31,3 ± 12,5

*= différence significative pour $p < 0,05$

D'après travail de B. Faye :

Éléments minéraux	Pays	Sexe	Age (années)	Moyenne ± écart-type	Références
Cuivre $\mu\text{g}/100\text{ml}$	Djibouti	Mâles et Femelles	Adultes	61	Faye et al. (1990)
	Ethiopie	Femelles	Adultes	45	Faye et Grillet (1994)
	Ethiopie	Mâles et Femelles	Adultes	107	Faye et al. (1986)
	Soudan		Adultes	97	Tartour (1975)
	Soudan		4-18	92 ± 18	Abu-Damir et al. (1983)
	Soudan	Mâles		118 ± 29	Wahbi et al. (1979)
	Emirats Arabes Unis	Mâles et Femelles	4-6	75 ± 20	Abdallah et al. (1988)
Zinc $\mu\text{g}/100\text{ml}$	Egypte	Femelles	Adultes	72	Eltohamy et al. (1986)
	Djibouti	Mâles et Femelles	Confondus	46 ± 18	Faye et al. (1990)
	Ethiopie	Mâles et Femelles	Adultes	100	Faye et al. (1990)
	Emirats Arabes Unis	Mâles et Femelles	4-6	41 ± 7	Abdallah et al. (1988)