

Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire

Chilliard Y.

in

Tisserand J.-L. (ed.).
Séminaire sur la digestion, la nutrition et l'alimentation du dromadaire

Zaragoza : CIHEAM
Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 2

1989
pages 101-110

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI000434>

To cite this article / Pour citer cet article

Chilliard Y. **Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire.** In : Tisserand J.-L. (ed.). *Séminaire sur la digestion, la nutrition et l'alimentation du dromadaire.* Zaragoza : CIHEAM, 1989. p. 101-110 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 2)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire

Y. CHILLIARD
I.N.R.A.
THEIX (FRANCE)

RESUME - Les lipides corporels constituent la forme de stockage d'énergie la plus importante chez les mammifères. Les cycles de dépôt et de mobilisation des lipides sont essentiels pour la reproduction, la lactation et les adaptations au milieu. Chez la dromadaire, la graisse est concentrée dans la bosse ce qui permet la perte de chaleur sur le reste du corps. La répartition de la graisse sur les parties anatomiques semble plutôt être due à des différences dans le nombre d'adipocytes, qu'à des variations de la taille des cellules. Le poids de la bosse est très variable, pouvant atteindre 100 Kg chez les animaux gras, mais les données quantitatives sur ses variations dans les différents stades physiologiques sont très rares. La graisse de la bosse est riche en acides palmitique, stérique et oléique.

Les acides gras polyinsaturés du régime sont hydrogénés dans le rumen. Des lipoprotéines à basse densité sont les principales particules impliquées dans la circulation lipidique sanguine. La glucose sanguine est supérieure à 1 g/l. et les corps cétoniques sanguins ont un niveau très bas à cause de la basse transformation du butyrate du rumen par l'épithélium du rumen, et de la basse acétogénèse hépatique pendant les périodes de jeûne. Le butyrate est utilisé par les reins (oxydation) et par le tissu adipeux (lipogénèse). L'activité des enzymes lipogéniques est semblable (par rapport aux protéines solubles) dans le foie et dans le tissu adipeux de la bosse.

L'utilisation énergétique est très efficace aux niveaux digestif et métabolique, grâce à un bas pourcentage de renouvellement de l'eau et à plusieurs mécanismes d'adaptation qui réduisent les dépenses énergétiques lors des pertes d'eau. L'oxydation des lipides corporels produit de l'énergie mais pas de gain en eau car cela implique une perte simultanée de l'eau des poumons.

Le lait du dromadaire n'est pas très concentré et a un taux butyreux assez bas (3-5%). Le contenu en gras du colostrum est très bas. Il diminue fortement chez la femelle déshydratée qui conserve la capacité en mangeant, de sécréter suffisamment de lait et de solides pour assurer une croissance normale à son jeune. Les lipides du lait contiennent très peu d'acides gras à chaîne courte et sont riches en acides gras mono et polyinsaturés. Les globules gras du lait sont de petite taille et entourés d'une membrane très résistante. La production en matière grasse du lait pourrait dépasser 90 Kg pendant les 305 jours de la lactation. Les régulations du flux de lipides alimentaires et des lipides corporels, et la lipogénèse de novo dans la glande mammaire ne sont pas connus et pourraient être utiles pour augmenter les performances laitières chez les chameaux.

Mots-clés: Lipides corporels, digestion des lipides alimentaires, utilisation énergie, lipides du lait.

SUMMARY - «Peculiarities of lipid and energy metabolism in dromedary: a review». Body lipids are the main form of energy storage in mammals. Lipid deposition and mobilization cycles are essential for reproduction, lactation and ecological adaptations. In the dromedary the fat is concentrated in the hump which enables heat loss over the rest of the body. Fat partitioning among anatomical sites seems to be due to differences in adipocyte number rather than to cell size variations. The weight of the hump is highly variable and can be as high as 100 kg in fat animals, but quantitative data on its variations in different physiological situations are very scarce. Hump fat is rich in palmitic, stearic and oleic acids.

Dietary polyunsaturated fatty acids are hydrogenated in the rumen. Low density lipoproteins are the main particles involved in blood lipid circulation. Blood glucose is higher than 1 g/l, and blood ketone bodies are very low, due to the low transformation of rumen butyrate by rumen epithelium, as well as to low hepatic ketogenesis during starvation. Butyrate is used by kidney (oxidation) and adipose tissue (lipogenesis). Lipogenic enzyme activities are similar (relative to soluble protein) in liver and hump adipose tissue.

Energy utilization is very efficient at the digestive and metabolic levels in connection with low water turn-over rate and several adaptive mechanisms that reduce the energetic cost of heat dissipation. Body lipid oxidation produces energy but no water gain, because it implies a simultaneous loss of respiratory water.

Dromedary milk is not very concentrated, and has a relatively low fat content (3-5%). Fat content is very low in colostrum. It decreases strongly in the milk of the dehydrated female, that retains ability to eat, and to secrete enough milk water and solids to insure a normal growth of her calf. Milk lipids contain very few short-chain fatty acids and are rich in mono- and polyunsaturated fatty acids. Milk fat yield could be higher than 90 kg during a 305 days lactation. Regulations of dietary and body lipids flows, and of mammary de novo lipogenesis, are not known and could be useful for increasing dairy performances in camels.

Key words: Body lipids, digestion of diet lipids, energy utilization, lipids in the milk.

Les lipides corporels

Les lipides de réserve constituent la forme la plus concentrée du stockage d'énergie dans l'organisme et ils jouent un grand rôle (schéma 1) dans l'adaptation, la survie et la reproduction de nombreuses espèces (YOUNG, 1976; LE MAHO, 1984; POND, 1984; CHILLIARD, 1986). La mobilisation des lipides corporels permet en particulier aux parents de défendre et de nourrir le jeune mammifère (produire du lait) quelles que soient les disponibilités alimentaires, parfois en cessant complètement de s'alimenter, comme les ours, les phoques ou les cétacés qui perdent de 20 à 50% de leur poids pendant l'allaitement. Les lipides corporels contribuent aussi à diverses adaptations à l'environnement: traversée des périodes de disettes saisonnières, hibernation (MROSOVSKY, 1976), migrations (BLEM, 1976), activité sexuelle saisonnière (CHRAIBI et al., 1982), isolation thermique (gras sous-cutané des mammifères terrestres et aquatiques, et des oiseaux des régions froides)... La constitution des réserves a généralement un caractère saisonnier et anticipe les événements saisonniers et /ou physiologiques qui nécessiteront la mobilisation ultérieure de celles-ci.

Chez les animaux des régions chaudes, les dépôts adipeux sous-cutanés formeraient un obstacle à la dissipation de la chaleur corporelle par évaporation de la sueur. En conséquence, ces dépôts sont très peu développés (WILSON, 1984). Diverses stratégies sont toutefois rencontrées selon les espèces. L'antilope Dikdik, dont la survie est liée à la vitesse de fuite (et donc à la légèreté), n'a presque pas de lipides corporels (moins de 2%), et compte essentiellement sur ses adaptations digestives et métaboliques (HOPPE, 1984). D'autres espèces déposent de façon très localisée leurs réserves lipidiques: bosse du dromadaire, queue grasse de certaines races ovines (jusqu'à 12% du poids vif, DEGEN, 1977) et de la souris marsupiale du désert australien, etc. Il est toutefois probable que les besoins de la thermorégulation ne permettent pas d'expliquer à eux seuls les variations anatomiques des dépôts lipidiques des différentes espèces (POND, 1978).

Les variations des lipides corporels sont très mal connues chez le dromadaire. On estime en moyenne à 10-20 kg les lipides de la bosse, mais on trouve une fourchette de 0 à 93 kg et on sait qu'ils sont très variables selon l'activité physique (travail) et selon l'état nutritionnel et physiologique (âge, sexe, castration) (CONGIU, 1953; WILSON, 1978, 1984). Chez un dromadaire de 750 kg, l'eau corporelle est d'environ 400 kg (SIEBERT et McFARLANE, 1971, 1975) et on peut donc penser qu'il possède alors plus de 150 kg de lipides corporels. La taille de la bosse augmente, et le pourcentage d'eau corporelle diminue lors de la saison des pluies, lorsque l'animal reconstitue ses réserves lipidiques. Il manque toutefois des données quantitatives sur les variations et la localisation anatomique de celles-ci en fonction de l'âge, du poids, de la sous-alimentation en eau ou en énergie, du cycle gestation-lactation...

Chez un chamelon bactrien de 100 kg ayant 2 kg de tissu adipeux dans la bosse arrière et 1 kg dans la bosse

avant, la taille des adipocytes est supérieure à celle rencontrée chez des bovins de même maturité (POND, 1984; ROBELIN, 1981; tableau 1). La taille des adipocytes est élevée dans tous les sites anatomiques étudiés chez le chamelon. Le faible développement de la plupart d'entre eux provient donc du faible nombre de cellules et non de leur faible taille.

La teneur en lipides du tissu adipeux de la bosse est inférieure à celle du tissu adipeux périrénal, et elle diminue avec l'âge des animaux (NASR et al., 1965; tableau 2). Les lipides de la bosse ont un point de fusion aussi élevé que ceux du tissu adipeux périrénal (environ 50°C) (MOURSY et al., 1966; tableau 3), en raison de la richesse de ces deux sites en acides gras saturés à longue chaîne (C16:0, C18:0) et de leur pauvreté relative en acides gras monoinsaturés (C16:1, C18:1). La composition en acides gras du tissu périrénal est voisine de celle rencontrée chez la chèvre, et celle de la bosse se rapproche de celle du tissu adipeux sous-cutané du cerf (tableau 4).

Métabolisme des lipides et métabolisme intermédiaire

L'ingestion quotidienne de matières grasses des fourrages et des graines est très variable selon les espèces végétales, le stade végétatif et les quantités ingérées. Pour des teneurs comprises selon les végétaux entre 0,5 et 4,5% de la matière sèche (MS), on peut estimer l'ingestion de matières grasses à 150-300 g/j. (dont environ la moitié d'acides gras) chez un dromadaire consommant 10 kg de MS (MUKASAMUGERWA, 1981; WILSON, 1984). Des quantités de 600 g/j. ont été observées en distribuant de la luzerne (MIRGANI, 1981). Les acides gras polyinsaturés sont entièrement hydrogénés dans les réservoirs digestifs et transformés en C18:0 et C18:1, qui sont ensuite absorbés et retrouvés dans les triglycérides du sérum, avec les autres acides gras alimentaires (C16:0 essentiellement) (tableau 5).

Les lipoprotéines sanguines du chameau bactrien sont presque totalement composées de lipoprotéines légères, contrairement à ce qui est observé chez les bovins et les ovins (MILLS et TAYLAUR, 1971; LEAT et NORTHROP, 1975). La cholestérolémie du dromadaire est voisine de celle des ovins et inférieure à celle des bovins (tableau 6). Les lipides sanguins augmentent au cours du jeûne (MIRGANI, 1982).

Les lipides hépatiques sont riches en triglycérides et pauvres en phospholipides (MIRGANI, 1977b; tableau 7), de façon voisine à ce qui est observé chez des vaches présentant une légère infiltration lipidique du foie (MAZUR et al., 1986). Par ailleurs, le cholestérol hépatique est plus élevé chez le dromadaire que chez les ovins et les bovins. Les triglycérides hépatiques du dromadaire sont riches en C14 et en C16, et pauvres en C18:1 (MIRGANI, 1977b; MIRGANI, 1981a).

Le dromadaire a une glycémie supérieure à 1 g/l (CHANDRASENA et al., 1979a; EMMANUEL, 1984), et présente une néoglucogénèse hépatique et rénale très active

(EMMANUEL, 1981c; MIRGANI et al., 1988a), avec en particulier une très faible transformation du butyrate en 3-hydroxybutyrate par l'épithélium du rumen ou par la foie (CHANDRASENA et al., 1979b; EMMANUEL, 1981b). Le butyrate absorbé est directement utilisé par le rein comme source d'énergie (EMMANUEL, 1980), et par le tissu adipeux comme précurseur de la synthèse des acides gras longs, ainsi que l'acétate (tableau 9).

Le glucose est normalement peu utilisé par le tissu adipeux de ruminant comme source de carbone pour la synthèse d'acides gras (tableau 10). Toutefois, EMMANUEL (1981a) observe une incorporation non négligeable de glucose dans les acides gras du tissu adipeux de dromadaire. Ceci n'est pas forcément lié à la forte glycémie du dromadaire, puisque cet auteur fait la même observation chez le mouton à queue grasse. En outre, les activités des enzymes lipogéniques productrices de NADPH par oxydation du glucose ne sont pas supérieures chez le dromadaire à celles observées dans les tissus adipeux de chèvre ou de bovin adulte (tableau 11).

Le foie de ruminant présente généralement une faible activité lipogénique (cf. CHILLIARD, 1987). Par contre, le foie de dromadaire présente des activités lipogéniques (par mg. de protéines solubles) comparables à celles de la bosse (MIRGANI et al., 1988b; URO et al., 1988).

Métabolisme énergétique

Le dromadaire est capable de digérer efficacement les végétaux des zones désertiques, même lorsqu'il ne reçoit pas d'eau, d'où une bonne efficacité de la première étape de l'utilisation de l'énergie des aliments.

Le dromadaire est en outre très bien adapté pour lutter contre la chaleur (WILSON, 1984; YAGIL, 1985), ce qui lui permet lorsqu'il est déshydraté d'économiser de l'énergie et de réduire de plusieurs façons son métabolisme énergétique: diminution de la vitesse de renouvellement de l'eau, réduction de rythme respiratoire, fluctuations possibles de la température corporelle, maintien de la fluidité du sang, baisse de l'insulinémie et conservation du glucose, hypothyroïdie, et divers mécanismes limitant les gains et augmentant les pertes de chaleur, et limitant les pertes d'eau). D'autres mécanismes sont aussi observés pendant la lactation (voir § IV). Même dans des conditions normales, le métabolisme de base du dromadaire est inférieur à celui des ovins, et encore plus à celui des bovins (McFARLANE et al., 1963, 1971). La chèvre bédouine présente aussi différentes adaptations du métabolisme énergétique qui lui confèrent une grande efficacité dans les zones arides (MALTZ et SHKOLNIK, 1984).

Les lipides corporels doivent être considérés chez le dromadaire essentiellement comme une source d'énergie, et peu comme source d'eau. En effet, bien que l'oxydation totale d'un kg de lipides fournisse environ 1,1 kg d'eau métabolique, elle accroît simultanément le besoin en oxygène, d'où une perte d'eau supplémentaire d'environ 1,7 kg au niveau des poumons (SCHMIDT-NIELSEN, 1964). Certains

rongeurs du désert sont par contre adaptés pour réduire la perte d'eau respiratoire et survivre grâce à l'eau métabolique. Les animaux hibernants doivent quant à eux éliminer l'excès d'eau métabolique (MROSOVSKY, 1976).

Pendant une déshydratation de 8-9 jours sans restriction du fourrage, des dromadaires de 340 ou 740 kg perdent respectivement 66 ou 93 kg d'eau, et 3 ou 17 kg de solides corporels et digestifs (McFARLANE et al., 1963; SIEBERT et McFARLANE, 1975), mais la taille extérieure de la bosse ne varie pas (YAGIL, 1985). On peut penser qu'une certaine mobilisation des lipides corporels peut avoir lieu. Le catabolisme de 3 kg de lipides apporterait environ 160 MJ d'énergie métabolisable, soit l'énergie nécessaire à 8 jours du besoin d'entretien d'un dromadaire déshydraté, ou 4 jours du besoin d'entretien d'une femelle normalement alimentée en lactation, ou 30 kg de lait à 4% de taux butyreux, ou plus de 40 kg de lait à 2% de taux butyreux (voir § IV).

Sécrétion des lipides du lait

Le lait de dromadaire présente un taux butyreux de 3 à 5%, comparable à celui des bovins et des caprins, et inférieur à celui de la brebis, de la bufflesse, de l'antilope, de la girafe ou du renne (tableau 12). Contrairement à ce qui est observé chez les bovins et les petits ruminants, le colostrum de dromadaire est très pauvre en lipides (OHRI et JOSHI, 1961a, b; YAGIL et ETZION, 1980; tableau 13). Le colostrum de la bufflesse présente aussi un faible taux butyreux (OFTEDAL, 1984).

Les lipides du lait de dromadaire ne contiennent presque pas d'acides gras à chaîne courte (moins de 14 atomes de carbone) (tableau 14), contrairement à ce qui est observé chez les ruminants (vache, chèvre, brebis, antilope...). Le lait de dromadaire est par contre riche en acides gras insaturés (C16:1, C18:1, C18:2, C18:3). Sa richesse en acides gras essentiels permet de souligner encore son intérêt nutritionnel pour le chamelon et le nomade. Les lipides sont sécrétés dans des globules gras de petite taille (2-4 μ m) entourés par une membrane très «épaisse», ce qui les rend très digestes mais difficile à baratter pour la fabrication du beurre (KNOESS et al., 1986). Ces caractéristiques (pauvreté en acides gras à courte chaîne et résistance des globules gras) expliquent probablement l'absence de rancissement des lipides au cours de la conservation du lait ou des produits laitiers de dromadaire (PURCHASE, 1943; WILSON, 1984; YAGIL et al., 1984).

La stratégie de la sécrétion lactée des herbivores du désert est variable selon les espèces. La gazelle, qui a peu de réservoirs d'eau, produit de faibles quantités d'un lait très concentré. Par contre, la chèvre bédouine et le dromadaire produisent des quantités importantes d'un lait relativement dilué (MALTZ et SHKOLNIK, 1984; OFTEDAL, 1984). En période de sécheresse, le dromadaire diminue de façon importante ses quantités d'aliments ingérés et de lait produit (RICHARD, 1985). Lors d'une déshydratation, le dromadaire assure toutefois l'approvisionnement en eau du jeune (et éventuellement du nomade) en maintenant une production

laitière suffisante, grâce à un meilleur maintien des quantités de matière sèche ingérée que les autres ruminants (YAGIL et ETZION, 1980a; YAGIL, 1986). L'hydratation du lait est même accrue en raison d'une baisse des taux butyreux (-50% à -75%), protéique et de lactose et d'une augmentation de la sécrétion des minéraux osmotiquement actifs (YAGIL et ETZION, 1980). Bien que l'on observe parfois une baisse du taux butyreux chez les bovins et les caprins soumis à des stress thermiques ou hydriques modérés, il y a généralement chez ceux-ci une augmentation du taux butyreux (tableau 13) et une diminution du taux protéique dues aux diminutions simultanées des quantités ingérées et de la production laitière, à l'augmentation du besoin d'entretien et à la mobilisation des lipides corporels (BIANCA, 1965; MOODY et al., 1967; THOMPSON, 1973; YAGIL et ETZION, 1980). Ces adaptations de la sécrétion lactée chez le dromadaire sont dues aux mécanismes qui régulent très efficacement le métabolisme de l'eau chez cette espèce, dans le tube digestif, le rein, les glandes sudoripares et mammaire..., par l'intermédiaire d'hormones telles qu'aldostérone et vasopressine (ETZION et YAGIL, 1981), mais aussi d'hormones impliquées dans la lactation telles que la prolactine et l'ocytocine (YAGIL, 1984).

Les dromadaires peuvent produire de 1000 à 3000 kg de lait à 3% de taux butyreux (soit de 30 à 90 kg de matières grasses) pendant une lactation de 305 jours. Des lactations dépassant 5000 kg sont observées (RICHARD, 1985; YAGIL, 1985; KNOESS et al., 1986). On ne connaît pas l'origine des matières grasses du lait de dromadaire et en particulier les pourcentages respectifs provenant des acides gras alimentaires, et des lipogénèses *de novo* tissulaires dans la glande mammaire ou dans les tissus adipeux et le foie. Chez la vache, la brebis et la chèvre, les réserves corporelles contribuent d'autant plus à la sécrétion lipidique mammaire en début de lactation que l'animal a une production laitière

élevée, reçoit une ration peu énergétique et présente un état d'engraissement élevé (CHILLIARD, 1987). Des consommations élevées de fourrages (20 kg MS/j) peuvent être enregistrées chez la chamelle en lactation (KNOESS et al., 1986).

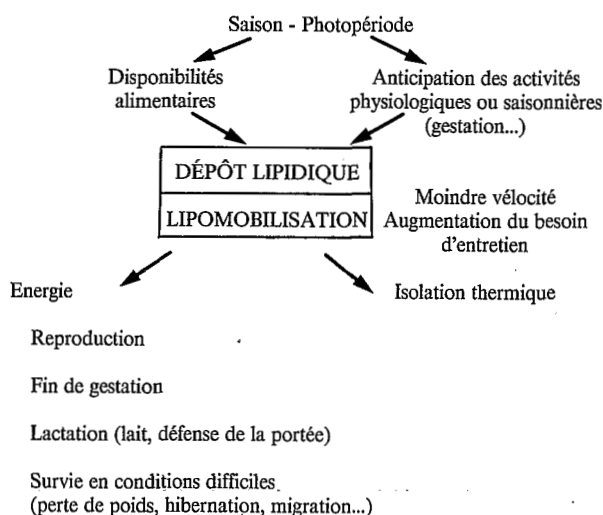
Conclusion

Le métabolisme lipidique du dromadaire présente de nombreuses particularités: localisation anatomique des réserves, formes de transport des lipides sanguins, métabolisme du glucose, du butyrate et des corps cétoniques, synthèse des lipides du lait. Ces particularités sont probablement en partie liées aux multiples adaptations de cette espèce à la vie dans le désert, acquises au cours de l'évolution des espèces. On connaît assez mal les variations quantitatives des réserves lipidiques du dromadaire au cours des cycles annuels et au cours des cycles de reproduction (gestation-lactation). La connaissance des mécanismes régulant la lipogénèse (mamelle, foie et tissu adipeux) et la lipomobilisation en début de lactation serait utile pour mieux raisonner la conduite alimentaire des troupeaux dans la perspective d'une intensification de la production laitière, que seule cette espèce est capable de maintenir lors de périodes de sécheresse prolongée.

Remerciements

Je tiens à remercier Y. FOURNIER et L. SOUCHET pour la dactylographie du manuscrit, B. FAYE, A. DE TURCKHEIM, D. BONIN, M. KAMOUN et H. GUERIN pour leur aide au cours de la recherche bibliographique, ainsi que G. GAGLIOSTRO et I. SEBASTIAN-PORRO-CHE pour la traduction du résumé en espagnol.

Schéma 1. Réserves lipidiques et survie des espèces. (Voir le texte.)



Scheme 1. Body lipids and species survival. (See text.)

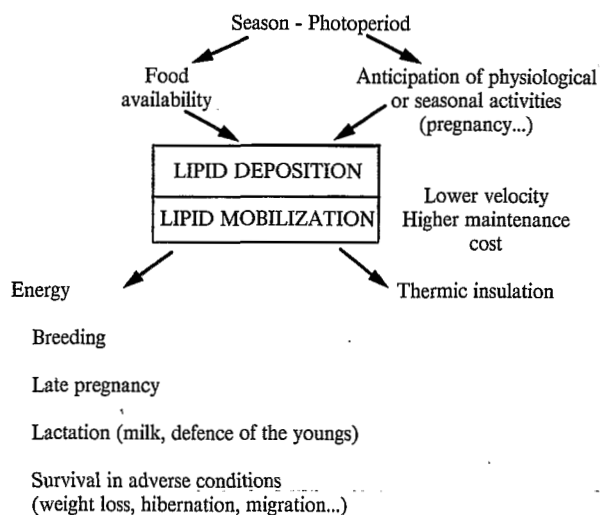


Tableau 1
VOLUME DES ADIPOCYTES
CHEZ LE CHAMEAU ET LES BOVINS
(Adipocyte volume in camel and cattle)

ESPECE (Species)	TISSUS (Tissues)	AGE (j) (Age, d)	POIDS (kg) (Weight, kg)	VOLUME DES ADIPOCYTES (nl.) (Adipocytes volume, nl.)
Chameau bactrien ¹ (<i>Bactrian camel</i> ¹)	Bosse (Hump)	78	104	0,5 - 0,7
	Autres (Others)			0,2 - 0,9
Bovins ² (<i>Cattle</i> ²)	Sous-cutané (Subcutaneous)	123	125	0,03
		608	579	0,4
	Internes (Internal)	123	125	0,05
		608	579	1,0

1. POND (1984).
2. ROBELIN (1981).

Tableau 2
TENEUR EN LIPIDES DES TISSUS ADIPEUX
DE DROMADAIRE (%)
Lipid content of camel adipose tissues (%)

AGE (Age)	PERIRENAL (Kidney)	BOSSE (Hump)
Moins de 5 ans (<i>Less than 5 years</i>)	66	52
Plus de 4 ans (<i>More than 4 years</i>)	62	42

(NASR et al., 1965).

Tableau 3
POINT DE FUSION (°C) DES LIPIDES
CORPORELS DE RUMINANTS
Melting point (°C) of ruminant body lipids

TISSU ADIPEUX (Adipose tissue)	PERIRENAL (Kidney)	SOUS-CUTANEE (Subcutaneous)
Dromadaire (<i>Dromedary</i>)	51	50 (Bosse) (Hump)
Mouton (Sheep)	52	38 (Queue) (Tail)
Bovin (<i>Cattle</i>)	48	—

(MOURSY et al., 1966).

Tableau 4
COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES TISSUS
ADIPEUX DES RUMINANTS (%)
Ruminant adipose tissue fatty acid composition (%)

ESPECE (Species)	TISSU (Tissue)	ACIDES GRAS (Fatty acids)						REFERENCES (References)
		14:0	16:0	18:0	16:1	18:1	18:2	
Dromadaire (<i>Dromedary</i>)	Bosse (Hump)	7 (±3)	32 (±2)	27 (±3)	3 (±1)	26 (±2)	1 (±1)	1 à 5
	Sous-cutané (Subcutaneous)	7	26	32	2	27	1	5
	Périrénal (Kidney)	5	27	29	3	25	2	3,5
Bovin (<i>Cattle</i>)	Sous-cutané (Subcutaneous)	4	24	14	6	44	3	6
	Périrénal (Kidney)	5	35	20	2	36	—	6
Ovin (<i>Sheep</i>)	Sous-cutané (Subcutaneous)	3	23	26	2	38	2	6
	Queue grasse (Fat tail)	3	29	10	3	43	3	7,8
	Périrénal (Kidney)	3	21	35	2	31	2	6
Chèvre (<i>Goat</i>)	S. C. sternal (Sternum)	2	23	4	8	50	1	9
	S. C. lombaire (Rump)	3	28	18	4	36	1	9
	Périrénal (Kidney)	2	29	34	1	26	1	9
Cerf (<i>Reddeer</i>)	Sous-cutané (Subcutaneous)	10	35	19	7	20	1	10
	Périrénal (Kidney)	8	30	33	2	17	1	10
Renne (<i>Reindeer</i>)	Sous-cutané (Subcutaneous)	2	29	20	3	41	1	10
	Périrénal (Kidney)	1	23	27	2	42	1	10

1. PATHAK et TRIVEDI (1958).
2. MATTSON et al. (1964).
3. SHOEB et OSMAN (1972).
4. MIRGANI (1977a).
5. EMMANUEL et NAHAPETIAN (1980).
6. CHRISTIE (1978).
7. KHACHADURIAN et al., (1966).
8. EMMANUEL (1981a).
9. BAS et al. (1987).
10. GARTON et DUNCAN (1971).

Tableau 5

**COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES LIPIDES
DES FOURRAGES ET DES TRIGLYCERIDES
SANGUINS CHEZ LE DROMADAIRE (%)**
*Fatty acid composition of forages and blood triglycerides
in dromedary (%)*

	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}
	Humra ¹ Triglycérides sanguins (Blood triglycerides)	6 8	39 57	9 —	4 26	19 8	9 —
Luzerne ² (Lucerne) Triglycérides sanguins (Blood triglycerides)	2 5	28 34	6 2	10 28	4 16	11 —	36 —

(MIRGANI, 1981).

- Humra (graminée *Aristida*), matières grasses ingérées = 150 g/j = 0,5% du fourrage.
Humra (Aristida grass), lipid intake = 150 g/d = 0.5% of the forage.
- Matières grasses ingérées = 600 g/j = 1,4% du fourrage.
Lipid intake = 600 g/d = 1.4% of the forage.

Tableau 7

LIPIDES HEPATIQUES DES RUMINANTS
Ruminant liver lipids

ESPECE Species	TENEUR EN LIPIDES Lipid content (mg/g)	COMPOSITION LIPIDIQUE (%) Lipid composition (%)		
		Triglycérides	Cholestérol	Phospho- lipides
Dromadaire ¹ (Dromedary)	31	26	20	54
Vache ² (Cow)	43 62	11 49	6 3	81 46
Mouton ³ (Sheep)	44 —	7 49	7 9	80 34

- MIRGANI (1977b).
- MAZUR et al. (1986).
- CHRISTIE (1978).

Tableau 6

LIPIDES SANGUINS DES RUMINANTS
Blood lipid in ruminants

	LIPOPROTEINES (Lipoproteins) (1,2)		CHOLESTEROL (Cholesterol)
	LDL (%)	HDL (%)	(g/l) (2,3,4,5)
Chameau bactrien (Bactrian camel)	100	0	0,3-0,8
Mouton (Sheep)	20	80	0,5
Bovin (Cattle)	15	85	1,7

- MILLS et TAYLAUR (1971).
- LEAT et NORTHROP (1975).
- PERK et LOBL (1961).
- ABDELGADIR et al. (1984).
- ABU SINNA et HABAKA (1974).

Tableau 8

**GLUCOSE ET CORPS CETONIQUES SANGUINS
CHEZ LE DROMADAIRE ET LE MOUTON**
*Blood glucose and ketone bodies
in dromedary and shepp*

		GLUCOSE (g/l)	3-HYDROXY- BUTYRATE (mg/l)	ACETO- ACETATE (mg/l)
Dromadaire Dromedary	Alimenté <i>Fed</i>	1,3	0,9	1,5
	A jeun <i>96 hr. fasted</i>	1,1	1,3	2,6
Mouton Sheep	Alimenté <i>Fed</i>	0,6	29,7	6,3
	A jeun <i>96 hr. fasted</i>	0,6	50,3	9,1

(CHANDRASENA et al., 1979a, b).

Tableau 9

PRECURSEURS DE LA LIPOGENESE DU TISSU ADIPEUX CHEZ LE DROMADAIRE ET LE MOUTON A QUEUE GRASSE

Lipogenic precursors in adipose tissue of dromedary and fat-tailed sheep

PRECURSEURS Precursors	QUEUE GRASSE DU MOUTON Sheep tail fat	BOSSE DU DROMADAIRE Dromedary hump
Acétate	0,9 - 1,6	0,7
Butyrate	1,2	2,1
3-hydroxybutyrate	0,7	0,3
Glucose	0,35	0,25

(EMMANUEL, 1981a).

Unités = μ moles de précurseur converti en acides gras/h/g.

Units = μ moles precursor converted into fatty acids/h/g.

Tableau 11

ENZYMES LIPOGENIQUES DES TISSUS ADIPEUX DE RUMINANTS

Lipogenic enzymes in ruminant adipose tissues

	DROMADAIRE (BOSSE) ¹ Dromedary (hump)	CHEVRE ² (EPIPLOON) Goat (omentum)	BOVIN ³ (ADULTE) (Adult) cattle
Enzyme malique (ME)	90	80 (50-250)	200 (10-500)
Glucose-6P déshydrogénase (G6 PDH)	135	250 (30-1000)	1500 (60-6000)
Synthétase des acides gras (FAS)			
<i>Fatty acid synthetase</i>	270-430	—	100 (15-300)
ME/G6PDH	0,67	0,3	0,15 (0,1-0,3)
FAS/G6PDH	2,6	—	0,06 (0,01-0,1)
ME/FAS	0,25	—	2 (1-10)

1. MIRGANI et al. (1988b); URO et al. (1988).

2. CHILLIARD et al. (1978, 1985).

3. VERNON (1980); PRIOR et SCOTT (1980); ZANARTU et al. (1983); SMITH et CROUSE (1984); CHILLIARD (1987 et non publié); SEBASTIAN-PORROCHE et CHILLIARD (non publié).

Unités = μ moles/min/g.

Tableau 10

UTILISATION DU GLUCOSE ET DE L'ACETATE POUR LA SYNTHÈSE D'ACIDES GRAS CHEZ LES RUMINANTS

Glucose and acetate conversion to fatty acids in ruminants

ESPECE Species	ACETATE (A)	GLUCOSE (G)	G/A
Dromadaire ¹ Dromedary	0,7	0,25	0,4
Mouton Sheep	Queue grasse ¹ Fat tail	0,9-1,6	0,35
	Autres ² Others	1,7 (0,2-5,2)	0,04 (0-0,1)
			<0,03
Bovins ^{2,3} Cattle	1,1 (0-5,5)	0,03 (0-0,2)	<0,1

1. EMMANUEL (1981a).

2. VERNON (1980).

3. GAGLIOSTRO et CHILLIARD (1988).

Unités comme dans le tableau 9 - Units as in table 9.

Tableau 12

TAUX BUTYREUX (g/kg) DU LAIT CHEZ LES HERBIVORES

Milk fat content (g/kg) in herbivores

Jument - mare	10 - 20
Chèvre - goat	30 - 45
Vache - cow	35 - 50
Dromadaire - Dromedary	30 - 55
Brebis - ewe	40 - 100
Girafe - giraffe	50 - 120
Buflasse - buffalo	65 - 150
Antilope - antelope	80 - 130
Renne - reindeer	110 - 220

(JENNESS, 1974; INRA, 1978; CHRISTIE, 1978; OFTEDAL, 1984; WILSON, 1984; ABU-LEHIA, 1987).

Tableau 13

TAUX BUTYREUX (g/kg) DU COLOSTRUM ET DU LAIT DE DROMADAIRE ET DE BOVIN
Milk fat content (g/kg) in dromedary and bovine

	DROMADAIRE Dromedary	BOVIN Cattle
Colostrum <i>Colostrum</i>	2 - 14 ^{1, 2}	20 - 130 ³
Lait «normal» « <i>Normal</i> » milk	30 - 55 ⁵	35 - 50
Lait après une période de déshydratation <i>Milk after dehydration period</i>	11 - 24 ²	— 10 ⁴ + 4 ⁵ + 3 ⁶

1. BESTUZHEVA, 1958; OHRI et JOSHI, 1961a.
2. YAGIL et ETZION, 1980.
3. HOUDINIÈRE, 1944; SMITH, 1959; JOURNET et JARRIGE, 1960; BOYD et HOGG, 1981.
- 4, 5. MOODY et al., 1967.
4. Une semaine à 32°C - *One week at 32°C.*
5. Deux semaines à 32°C - *Two weeks at 32°C.*
6. ITABASHI et al. (1982).
- 4, 5, 6. Variations par rapport à la période témoin - *Relative to control period.*

Tableau 14

COMPOSITION EN ACIDES GRAS DU LAIT DE RUMINANT (% pondéral)
Fatty acid composition of ruminant milk (weight %)

	VACHE Cow	BREVIS Ewe	CHÈVRE Goat	ANTILOPE Antelope	DROMA- DAIRE Dromedary
C ₄	3	4	3	4	—
C ₆ - C ₁₂	12	20	22	13	2
C ₁₄	14	12	11	16	11
C ₁₆	30	25	29	37	26
C _{16:1}	2	3	2	2	11
C ₁₈	10	9	7	7	12
C _{18:1}	22	20	20	19	28
C _{18:2}	2	2	2	2	4
C _{18:3}	1	1	—	—	3

(GLASS et al., 1967; CHRISTIE, 1978; STORRY, 1981; SAWAYA et al., 1984; CHILLIARD, 1985).

Bibliographie

- ABDELGADIR, S. E.; WAHBI, A. G. A., et IDRIS, O. F. (1984): Some blood and plasma constituents of the camel. In COCKRILL, W. R. (ed.): *The camelid, an all purpose animal. Proc. Khartoum workshop on camels* (Dec. 1979), vol. I, pp. 438-443 (Scand. Inst. Afr. Studies, Uppsala).
- ABU SINNA, M. E., et HABAKA, S. M. (1974): The cholesterol and phospholipid contents of the serum in the camel *Camelus dromedarius*. *Ann. Zool.*, 10, pp. 57-60.
- ABU-LEHIA, I. H. (1987): Composition of camel milk. *Milchwissenschaft*, 42, pp. 368-371.
- BAS, P.; CHILLIARD, Y.; MORAND-FEHR, P.; ROUZEAU, A., et MANDRAN, N. (1987): Composition des principaux tissus adipeux de la chèvre adulte. *Ann. Zootech.*, 36 (4), sous presse.
- BESTUZHEVA, K. T. (1958): Composition of the colostrum and milk of camels. *Dairy Sci. Abstr.*, 20, Abstract, n° 2937.
- BIANCA, W. (1965): Reviews of the progress of dairy science. Section A. Physiology. Cattle in a hot environment. *J. Dairy Res.*, 32, pp. 291-345.
- BLEM, C. R. (1976): Patterns of lipid storage and utilization in birds. *Am. Zool.*, 16, pp. 671-684.
- BOYD, J. W., et HOGG, R. A. (1981): Field investigation on colostrum composition and serum thyroxine, cortisol and immunoglobulin in naturally suckled dairy calves. *J. Comp. Path.*, 91, pp. 193-203.
- CHANDRASENA, L. G.; EMMANUEL, B., et GILANPOUR H. (1979a): A comparative study of glucose metabolism between the camel (*Camelus dromedarius*) and the sheep (*Ovis aries*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 62A, pp. 837-840.
- CHANDRASENA, L. G.; EMMANUEL, B.; HAMAR, D. W., et HOWAR, B. R. (1979b): A comparative study of ketone body metabolism between the camel (*Camelus dromedarius*) and the sheep (*Ovis aries*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 64B, pp. 109-112.
- CHILLIARD, Y. (1985): Métabolisme du tissu adipeux, lipogénèse mammaire et activités lipoprotéine-lipases chez la chèvre au cours du cycle gestation-lactation (134 pp., 1323 réf.). Thèse Doct. Etat ès-Sci., Univ. Paris 6 (France).
- CHILLIARD, Y. (1986): Revue bibliographique: Variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation. 1^{ère} partie: chez la ratte. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 26, pp. 1057-1103.
- CHILLIARD, Y. (1987): Revue bibliographique: Variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation, 2^{ème} partie: chez la brebis et la vache. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 27, pp. 327-398.
- CHILLIARD, Y.; DURAND, G.; SAUVANT, D., et MORAND-FEHR, P. (1978): Activité métabolique du tissu adipeux de la chèvre au cours de la gestation et en début de lactation. *C. R. Acad. Sci., Paris, Série D*, 287, p. 1131-1134.
- CHRAIBI, F.; DESBALS, B.; PEJOAN, C.; SABOUREAU, M.; MAUREL, D., et BOISSIN, J. (1982): Variations saisonnières de la lipolyse des adipocytes de Renard, de Blaireau et de Hérisson. Relation avec les cycles annuels des activités testiculaire et thyroïdienne. *J. Physiol.*, Paris, 78, pp. 207-213.
- CHRISTIE, W. W. (1978): The composition, structure and function of lipids in the tissues of ruminant animals. *Prog. Lipid Res.*, 17, pp. 111-205.
- CONGIU, S. (1953): Indagini sulla resa al macello. Sulla distribuzione ponderale e sulle correlazioni fra le diverse parti del corpo del dromedario somalo. *Zootecn. Vet.*, 8, pp. 188-191.
- DEGEN, A. A. (1977): Fat-tailed awassi and german mutton merino sheep under semi-arid conditions. I. Total body water, its distribution and water turnover. *J. Agric. Sci., Camb.*, 88, pp. 693-698.
- EMMANUEL, B. (1980): Oxidation of butyrate to ketone bodies and CO₂ in the rumen epithelium, liver, kidney, heart and lung of camel (*Camelus dromedarius*), sheep (*Ovis aries*) and goat (*Capra hircus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 65B, pp. 699-704.
- EMMANUEL, B. (1981a): Fatty acid synthesis in camel (*Camelus dromedarius*) hump and sheep (*Ovis aries*) tail fat. *Comp. Biochem. Physiol.*, 68B, pp. 551-554.
- EMMANUEL, B. (1981b): Further metabolic studies in the rumen epithelium of camel (*Camelus dromedarius*) and sheep (*Ovis aries*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 68B, pp. 155-158.
- EMMANUEL, B. (1981c): Glucokinase, hexokinase, gluconeogenesis, glycogenesis and glycolysis in camel (*Camelus dromedarius*) and sheep (*Ovis aries*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 68B, pp. 547-550.
- EMMANUEL, B. (1984): Comparative biochemical studies. In COCKRILL, W. R. (Ed.): «The camelid, and all purpose animal». *Proc. Khartoum workshop on camels* (Dec. 1979), vol. I, pp. 449-478 (Scand. Inst. Afr. Studies, Uppsala).
- EMMANUEL, B., et NAHAPETIAN, A. (1980): Fatty acid composition of depot fats and rumen wall of the camel (*Camelus dromedarius*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 67B, pp. 701-704.
- ETZION, Z., et YAGIL, R. (1981): Effect of exogenous ADH and aldosterone on milk in heat-stressed animals. *Comp. Biochem. Physiol.*, 69A, pp. 129-132.
- GAGLIOSTRO, G., et CHILLIARD, Y. (1988): Effets d'une infusion duodénale d'huile de colza chez la vache en pleine lactation. 2. Activités lipogéniques et lipolytiques du tissu adipeux périrénal. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 28, sous presse.
- GARTON, G. A., et DUNCAN, W. R. H. (1971): Fatty acid composition and intramolecular structure of triglycerides from adipose tissue of the red deer and the reindeer. *J. Sci. Fd Agric.*, 22, pp. 29-33.
- GLASS, R. L.; TROOLIN, H. A., et JENNESS, R. (1967): Comparative biochemical studies of milks. IV. Constituent fatty acids of milk fats. *Comp. Biochem. Physiol.*, 22, p. 415-425.
- HOPPE, P. P. (1984): The physiology of the dik-dik. In GILCHRIST, F. M. C., et MACKIE, R. I.: *Herbivore nutrition in the subtropics and tropics. The Sci. Press.*, pp. 719-721.
- HOUDINIÈRE, A. (1944): Le colostrum de vache. Composition-Propriétés. Répercussions en industrie laitière. *Le Lait*, n° 234-236, p. 108.
- I. N. R. A. (1978): Alimentation des ruminants. JARRIGUE, R. et al., I. N. R. A. Publ. Route de Saint-Cyr, 78000 Versailles, France.
- ITABASHI H.; KOBAYASHI, T.; YAMAGISHI, N., et SHISHIDO, H. (1982): Effect of high temperature on long chain fatty acid composition of milk fat of dairy cows. *Jap. J. Zootech. Sci.*, 53, pp. 499-502.
- JENNESS, R. (1974): The composition of milk. In LARSON, B. L., et SMITH, V. R.: *Lactation, a comprehensive treatise*, vol. III, Acad. Press, N. Y., pp. 96-107.
- JOURNET, M., et JARRIGE, R. (1960): Évolution de la sécrétion des matières grasses, des matières azotées et du lactose au cours du premier mois de lactation. *Ann. Zootech.*, 9, pp. 133-155.
- KHACHADURIAN, A. K.; ADROUNI, B., et YACOUBIAN, H. (1966): Metabolism of adipose tissue in the fat tail of the sheep in vivo. *J. Lipid Res.*, 7, pp. 427-436.
- KNOESS, K. H.; MAKHUDUM, A. J.; RAFIQ, M., et HAFEEZ, M. (1986): Potentiel laitier de la chamelle, plus particulièrement au Penjab pakistanais. *Rev. mond. zootéch.*, 57, pp. 11-21.
- LE MAHO, Y. (1984): Adaptations métaboliques au jeûne prolongé chez l'oiseau. *J. Physiol.*, Paris, 79, pp. 113-119.
- LEAT, W. M. F., et NORTHROP, C. A. (1975): Plasma lipids and lipoproteins of some herbivorous mammals. *Proc. Nutr. Soc.*, 34, 105A.
- MACFARLANE, W. V.; HOWARD, B.; HAINES, H.; KENNEDY, P. J., et SHARPE, C. M. (1971): Hierarchy of water and energy turnover of desert mammals. *Nature*, London, 234, 483-484.
- MACFARLANE, W. V.; MORRIS, R. J. H., et HOWARD, B. (1963): Turnover and distribution of water in desert camels, sheep, cattle and kangaroos. *Nature*, London, 197, pp. 270-271.
- MALTZ, E., et SHKOLNIK A. (1984): Lactational strategies of desert ruminants: the bedouin goat, ibex and desert gazelle. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 51, pp. 193-214.