

Estimation des réserves corporelles chez le dromadaire

B. Faye^{1*} M. Bengoumi² S. Messad¹ Y. Chilliard³

Mots-clés

Camelus dromedarius – Mensuration corporelle – Etat corporel – Conformation animale – Maroc.

Résumé

La gestion des réserves corporelles par les herbivores est un moyen de répondre à la variabilité de la qualité et de l'accès aux ressources alimentaires. L'estimation de ces réserves représente un outil de pilotage pour les éleveurs. Chez le dromadaire, les données sur ces aspects sont quasi inexistantes. Le présent article a fait la synthèse de plusieurs travaux relatifs à des observations baryométriques permettant l'estimation du volume et du poids de la bosse, principale part des réserves adipeuses, l'estimation des relations entre les dimensions de la bosse et le poids de la carcasse et les relations entre le poids de la bosse et celui du gras périrénal. L'évaluation du nombre et de la taille des adipocytes permet de tester la pertinence de ces formes de stockage adipeux. Il existe notamment une relation positive entre la taille et le nombre des adipocytes de la bosse et ceux du gras périrénal. Les effets âge et sexe sont très marqués sur certains de ces critères. L'appréciation de quelques sites anatomiques a permis de construire une grille d'état corporel adaptée à l'espèce. Les résultats ont cependant montré que la bosse, du fait de la variabilité tant de son poids que de la taille des adipocytes, ne représentait pas un bon indicateur de l'état corporel.

■ INTRODUCTION

La capacité des camélidés à s'adapter à de fortes variations des disponibilités alimentaires dans les conditions arides est proverbiale. Cette propriété s'appuie sur des mécanismes d'épargne très performants comme cela a été observé pour l'eau (4, 31), l'azote (11), les minéraux (13, 14), l'énergie et les lipides (6). Les fluctuations saisonnières des ressources alimentaires conduisent plus généralement les herbivores à s'inscrire dans une dynamique stockage/mobilisation des réserves corporelles (7) qui permet à l'animal de s'adapter aux conditions extrêmes et à l'éleveur de gérer les apports alimentaires.

Chez le dromadaire, la bosse représente une part considérable des réserves adipeuses et possède l'avantage d'être facilement visible

et estimable. La forte variabilité observée de son volume et de son poids signe son rôle dans la gestion des réserves corporelles par lui-même et la possibilité de prise de décision par l'éleveur. Toutefois, elle ne représente pas le seul lieu de stockage et l'on manque chez cette espèce d'un indicateur objectif de l'état d'engraissement. D'où l'importance, d'une part, de préciser les relations entre les mesures baryométriques et cellulaires (taille moyenne et profil de tailles des adipocytes) de la bosse et l'importance des réserves adipeuses totales afin de tester la pertinence de cette forme de stockage et, d'autre part, de disposer d'une grille de notation de l'état corporel en tant qu'outil de gestion pour les éleveurs.

La présente publication est la synthèse de trois séries de données collectées sur des dromadaires de race Maghrebi dans les provinces sahariennes du sud du Maroc entre 1996 et 2001. Ces données ont concerné :

- des mesures baryométriques réalisées sur 46 animaux à l'abattoir de Laâyoune (province saharienne du Maroc) incluant 28 femelles et 18 mâles de tous âges. Ces mesures ont consisté en des prises de dimensions *ante mortem* concernant la taille de la bosse (longueur, hauteur et largeur) et de l'animal (longueur scapulo-ischiale, tour de poitrine, tour abdominal). Les mesures *post mortem* ont compris le poids de la bosse et celui du poids du gras périrénal (Gpr). Tous

1. Cirad-emvt, TA 30/A, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex, France

2. Département de Biochimie, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat Instituts, Maroc

3. Unité de recherche sur les herbivores, Inra, 63122 Saint-Genes-Champanelle, France

* Auteur pour la correspondance

les animaux ont subi après abattage un prélèvement du gras de la bosse et du gras périrénal en vue de mesurer la taille des adipocytes ;

- des mesures baryométriques sur 82 chamelles à l'abattoir de Dakhla. Les mêmes relevés ont été effectués et la mesure du tour de cuisse chez l'animal vivant a été ajoutée. Après abattage, le poids de la bosse a été répertorié. Bien entendu, dans cette étude, comme dans la précédente, le poids de carcasse a été retenu comme élément complémentaire d'information. Par ailleurs, des informations sur l'état corporel des animaux ont été apportées à partir d'une base de caractéristiques anatomiques précisées ci-après ;

- des relevés sur 573 chamelles adultes portant sur l'état d'engraissement perceptible par la palpation et/ou la simple observation visuelle de régions anatomiques précises (apophyses transverses et épineuses des vertèbres, creux du flanc, pointe de la hanche et de la fesse, zone ano-génitale).

■ OBSERVATIONS BARYMETRIQUES SUR LA BOSSE ET LA CARCASSE

Estimation du volume et du poids de la bosse chez l'animal vivant

Le volume de la bosse a été estimé à partir des données baryométriques, en considérant la bosse comme un demi-ellipsoïde (figure 1). La longueur a été définie comme étant la distance entre A et B en passant par le sommet de la bosse E (il s'agit d'une demi-circonférence vue de profil), la largeur comme étant la distance entre A et B en passant par le côté C (ou D) de la bosse (soit la demi-circonférence vue du dessus), la hauteur comme étant la distance entre C et D en passant par le sommet de la bosse E (soit la demi-circonférence vue de l'avant ou de l'arrière de l'animal). Ces mesures ont été réalisées avec un mètre-ruban en prenant soin de tasser la laine, épaisse à ce niveau et susceptible de conduire à une légère surestimation des distances réelles.

L'estimation du volume d'un demi-ellipsoïde de rayons rL, rl et rH peut être approchée par la formule :

$$V = 1/2 (4/3 \pi * rL * rl * rH)$$

Soit en considérant que les demi-circonférences sont égales respectivement à :

$$L = \pi 2 rL / 2$$

$$l = \pi 2 rl / 2$$

$$H = \pi 2 rH / 2$$

Le volume V devient : $1/2 (4/3 \pi * L/\pi * l/\pi * H/\pi)$

Soit en simplifiant :

$$V = 0,07 L * l * H$$

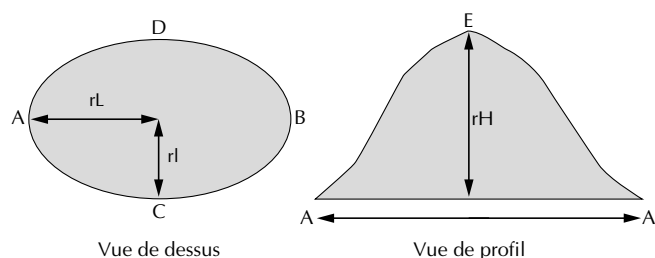


Figure 1 : mesures baryométriques de la bosse du dromadaire.

L'évaluation du poids n'est possible que sur la base d'abaques élaborés à partir d'un jeu de données comprenant des mesures baryométriques et le poids de la bosse mesurée après abattage des animaux. Sur la base de 82 relevés réalisés à l'abattoir, une équation de prédiction au second degré a pu être proposée, les relations entre le poids et chacune des dimensions retenues – hauteur H et longueur L – n'étant pas linéaires :

$$\text{Racine carrée de } P \text{ (kg)} = 0,083 H \text{ (cm)} + 0,000096 L \text{ (cm)} + 1,587 \varepsilon = 0,331 p < 0,0001$$

Cependant, la prédiction obtenue par l'ajout de la longueur L de la bosse n'est pas améliorée. Aussi une équation simplifiée peut être proposée pour les dromadaires du Sud marocain :

$$\text{Racine carrée de } P \text{ (kg)} = 1,59 + 0,0836 H \text{ (cm)} \varepsilon = 0,571 p < 0,0001$$

L'analyse des résidus a montré un meilleur ajustement de ce modèle avec les bosses de taille moyenne ou de grande taille.

Relations entre les dimensions de la bosse et le poids de carcasse

Une première question a consisté à s'interroger sur le caractère prédictif des dimensions de la bosse du dromadaire pour estimer le poids de carcasse après abattage. Les paramètres de dimensions de la bosse (longueur, largeur et hauteur) sont apparus en effet tous corrélés au tour de la cuisse et au poids de carcasse au seuil de 0,05 (tableau I).

Pour un animal donné, les dimensions de la bosse permettent donc bien d'évaluer la conformation générale, le poids de carcasse en particulier. Toutefois, une mesure comme le périmètre de la cuisse, dont la variabilité résulte *a priori* à la fois du gras et surtout du muscle, couramment utilisée par les bouchers, est un meilleur indicateur que la bosse pour disposer, sur l'animal vivant, d'une évaluation assez fiable du poids de carcasse. Ceci a été confirmé par l'analyse des relations entre les mesures baryométriques de l'animal et le poids de la carcasse avec ou sans le gras de la bosse et le gras périrénal. Un index de conformation a été défini à partir de trois mesures (longueur de l'animal, tour de poitrine et tour abdominal qui reflètent *a priori* le format osseux surtout, la musculature et, dans une moindre mesure, l'adiposité) et a permis de décrire deux types d'animaux : (1) bonne conformation, (2) mauvaise conformation. Cet index a été construit à partir du premier facteur d'une analyse en composantes principales, les trois mesures ayant été fortement corrélées. Les facteurs de variation retenus ont été l'âge et le sexe (tableau II).

Tableau I

Matrice de corrélation des paramètres de dimensions de la bosse, de conformation, des poids de la carcasse et de la bosse (n = 82)

Variables	HB ¹	LB ²	TC ³	PC ⁴	PB ⁵
HB	1,00				
LB	0,96	1,00			
TC	0,69	0,65	1,00		
PC	0,74	0,67	0,90	1,00	
PB	0,80	0,70	0,64	0,79	1,00

¹ Hauteur de la bosse

² Longueur de la bosse

³ Tour de cuisse

⁴ Poids de la carcasse

⁵ Poids de la bosse

Tableau II

Plan d'observation pour l'étude des relations entre conformation et poids de la carcasse sans ou avec gras selon l'âge et le sexe

Age ¹	Sexe ²	Conformation ³	Nb. d'observations	Poids de carcasse ⁴ (kg)			
				Moyenne		Ecart-type	
				gras-	gras+	gras-	gras+
1	1	1	2	230	245	14,1	20,8
1	1	2	12	122	133	16,2	15,5
1	2	1	3	199	211	28,5	29,2
1	2	2	6	151	163	30,1	30,7
2	1	1	3	242	268	57,1	53,9
2	2	1	12	258	282	52,5	57,7
2	2	1	2	200	214	0	3,4

¹ 1 = jeune < 4 ans ; 2 = adulte ≥ 4ans

² 1 = femelle ; 2 = mâle

³ 1 = bonne ; 2 = mauvaise

⁴ gras- = sans gras ; gras+ = avec gras

L'analyse de la variance a été testée à partir du modèle :

$$\log(PC) = \text{âge} + \text{sexe} + \text{conf.} + \text{âge*sexe} + \text{âge*conf.} + \text{sexe*conf.}$$

Les résultats ont indiqué dans les deux cas (avec ou sans gras) qu'il existait un effet significatif de l'âge ($p < 0,0001$), mais surtout de la conformation ($p < 0,0000$), indépendamment semblait-il du poids de la bosse et du gras périrénal.

Relation entre le poids de la bosse et le gras périrénal

La relation positive entre le poids de la bosse et le poids du gras périrénal a été faiblement significative ($r = 0,57$) (figure 2 et tableau III). Cette relation a été en fait dépendante du sexe et surtout de l'âge des animaux. En effet, les cinq animaux qui ont eu les bosses les plus grosses, à poids donné de Gpr, ont été des animaux âgés de plus de sept ans. En revanche, chez les animaux de moins de quatre ans (mâles ou femelles), le poids de la bosse a peu varié, même lorsqu'il y a eu une variation significative du poids de gras périrénal.

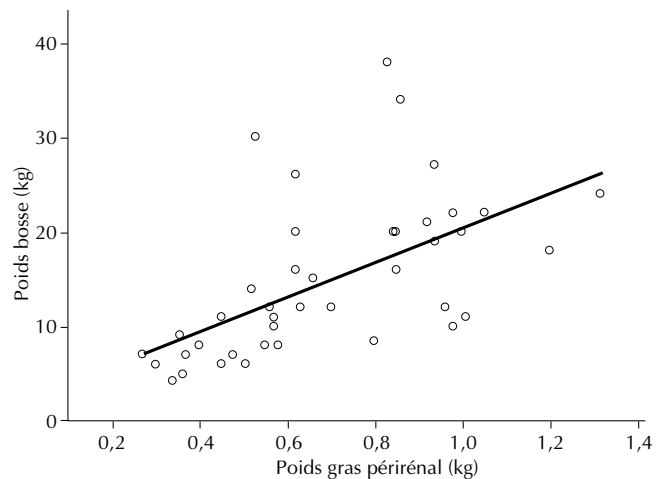


Figure 2 : relations entre poids de la bosse et poids de gras périrénal.

Tableau III

Coefficients de corrélation entre indicateurs : mesure de liaison globale (qui ne tient pas compte des éventuels effets des facteurs âge et sexe) et test de la nullité du paramètre (niveau de confiance : 95 p. 100)

Critère a	Critère b	r	n
Poids bosse	Poids Gpr ¹	0,57 *	41
Poids bosse/poids carcasse	Poids Gpr/poids carcasse	0,36 *	41
Diam. moy. adipo. ² bosse	Diam. moy. adipo. Gpr	0,33 *	43
Vol. moy. adipo. bosse	Vol. moy. adipo. Gpr	0,33 *	43
Poids bosse	Vol. moy. adipo. bosse	0,40 *	39
Poids Gpr	Vol. moy. adipo. Gpr	0,40 *	38
Poids bosse/poids carcasse	Vol. moy. adipo. bosse	0,22	39
Poids Gpr /poids carcasse	Vol. moy. adipo. Gpr	0,003	38

* P < 0,05

¹ Gras périrénal

² Diamètre moyen des adipocytes

Il semble donc y avoir un stockage différencié entre la bosse et le tissu adipeux périrénal, mais il est difficile de conclure en l'absence de données sur la dynamique intra-individu des réserves adipeuses. La bosse pourrait être un moins bon indicateur que le gras périrénal de l'état d'engraissement de la carcasse. De fait, le coefficient de variation du poids de la bosse (54,48) a été plus important que pour le gras périrénal (37,84). Le gras périrénal a semblé toutefois être un meilleur indicateur du poids de carcasse (PC) que la bosse. En effet, le coefficient de variation du rapport poids du Gpr/PC a été plus faible (31,31) que celui du rapport poids de la bosse/PC (37,76). Toutefois, il faut signaler que le poids du gras périrénal a été beaucoup plus faible que celui de la bosse : dans l'échantillon de l'étude (n = 46), le poids de la bosse a varié entre 4 et 38 kg (moyenne : 14,8 kg) contre 0,27 et 1,32 kg pour le gras périrénal (moyenne : 1,08 kg). L'importance et la variabilité des autres dépôts adipeux (viscéraux, intermusculaires et sous-cutanés) sont très mal connues chez le dromadaire.

■ TAILLE ET NOMBRE DES CELLULES ADIPEUSES

Le tissu adipeux est constitué de cellules (adipocytes) dont la taille varie en fonction des triglycérides qui s'accumulent dans une vacuole lipidique. Après traitement à l'acide osmique et stockage dans l'urée, le tissu adipeux a été dilacéré pour isoler les cellules les unes des autres et faciliter leur comptage par un système automatisé de photographie (30).

Le diamètre des adipocytes a varié entre 12,5 et 175 µm. Pour faciliter l'interprétation de cette variabilité, les cellules ont été groupées en 14 classes par écarts de 12,5 µm. Ainsi, dans la classe 1 les cellules ont eu des diamètres compris entre 12,5 et 25 µm, dans la classe 2 ils ont été compris entre 25 et 37,5 µm ... et dans la classe 14 ils ont été compris entre 162,5 et 175 µm.

A partir du nombre de cellules dans chacune des classes, on peut calculer une moyenne pondérée du volume des adipocytes et évaluer ainsi le volume moyen d'un adipocyte par la formule du calcul du volume d'une sphère de rayon R : $V = 4/3 \pi R^3$ (exprimé en pico-cm^3). La densité d'une cellule lipidique étant de 0,92, on en déduit le poids moyen par l'équation :

Poids moyen d'un adipocyte (picogrammes) = $0,92 \times V$

On peut ainsi calculer le poids moyen d'un adipocyte de la bosse et du gras périrénal. A partir des données de poids de la bosse et du gras périrénal, il est donc possible d'évaluer le nombre total d'adipocytes dans les différents tissus adipeux. Deux valeurs ont ainsi été définies :

NBC_b = poids de la bosse/poids moyen d'un adipocyte de la bosse

NBC_{pr} = poids du gras périrénal/poids moyen d'un adipocyte du gras périrénal

Ces valeurs ont permis de calculer le nombre de cellules par gramme de tissu adipeux, ce qui a représenté une fonction inverse de la taille.

Relations entre les nombres d'adipocytes de la bosse et du gras périrénal

Il y a eu une corrélation positive significative ($r = 0,43$; $n = 38$) entre le nombre total de cellules adipeuses de la bosse et celui du Gpr, quel qu'ait été l'âge ou le sexe. En revanche, l'analyse de variance a indiqué qu'il n'y avait pas de lien entre le poids de la bosse ou du Gpr et le nombre total d'adipocytes, alors qu'il existait une corrélation positive avec la taille des adipocytes ($r = 0,40$;

$n = 38$ ou 39). En d'autres termes, la variabilité des réserves adipeuses de la bosse et du Gpr a été probablement liée à la fois à une variabilité de la taille des adipocytes (surtout intra-animal) et de leur nombre (surtout interanimaux), mais les parts respectives de ces facteurs restent à préciser. Il y a eu cependant un léger effet âge sur le nombre d'adipocytes du Gpr, qui a été en moyenne moins important chez les animaux de moins de quatre ans.

Relations entre les volumes des adipocytes de la bosse et du gras périrénal

Il y a eu une corrélation positive et significative (quoique modeste, $r = 0,33$; $n = 43$) entre les volumes moyens des adipocytes de la bosse et du Gpr (figure 3 et tableau III). La taille moyenne des adipocytes de la bosse a été légèrement (mais non significativement) inférieure à celle du Gpr. En effet, dans l'échantillon de l'étude, le volume moyen des adipocytes de la bosse a été de 341 pl (picolitres) vs 401 pour ceux du Gpr. Un tel résultat pourrait suggérer que le stockage des réserves lipidiques s'opère en priorité dans le Gpr et dans un second temps dans la bosse.

Autres relations entre les paramètres d'estimation des réserves adipeuses

Le tableau III montre les analyses des relations entre les différents paramètres permettant d'estimer les réserves adipeuses de la bosse et du Gpr (poids total, volume moyen des adipocytes, rapport au poids de carcasse). Ces résultats se sont appuyés sur la totalité des individus de l'échantillon dès lors que les données ont été disponibles et non aberrantes. Il y a eu des effets âge et sexe susceptibles de renforcer les coefficients observés. Cela a notamment été le cas pour le poids de la bosse fortement lié à l'âge des animaux. Comme pour les paramètres précédents, le coefficient de variation du nombre de cellules adipeuses par milligramme de tissu adipeux a été supérieur pour la bosse (53,98) comparé au Gpr (35,07).

Relations entre le nombre de cellules adipeuses par gramme de bosse et indice « adiposité bosse »

L'indice « adiposité bosse » est le rapport entre le poids de la bosse et le poids de la carcasse ($\times 100$). Il permet d'estimer l'importance relative de la bosse par rapport à la carcasse. La relation entre cet indice et le nombre de cellules adipeuses par gramme de bosse a été négative ($-0,20$) mais non significative ($p = 0,22$).

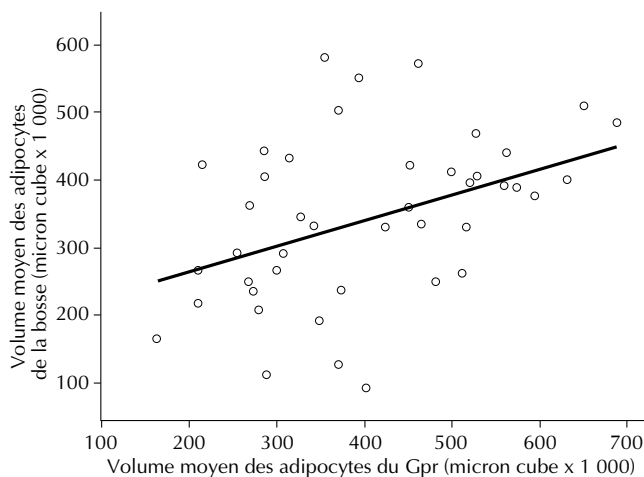


Figure 3 : relations entre les volumes moyens des adipocytes de la bosse et du gras périrénal.

■ ELABORATION D'UNE GRILLE D'ETAT CORPOREL

Type de conformation à partir des données de terrain

A partir des données de mesures baryométriques de la bosse (hauteur et longueur) et de la cuisse (périmètre de la cuisse à mi-hauteur) obtenues sur 469 femelles adultes, une analyse en composantes principales suivie d'une classification ascendante hiérarchique a permis d'identifier quatre types d'animaux (figure 4).

On observe un gradient net intégrant l'ensemble des mesures allant des mauvaises conformations (animaux avec petite bosse et faible tour de cuisse, type 2) vers les bonnes conformations (importante dimension de la bosse et bon tour de cuisse, type 4), le type 3 étant intermédiaire. Toutefois, on remarque que le type 1 se caractérise par un tour de cuisse intermédiaire et par une absence totale de bosse. Ce premier résultat montre la différence de sens physiologique des paramètres retenus, le tour de cuisse étant un indicateur de la corpulence générale des animaux (corrélation de 0,90 avec le poids de carcasse), la bosse étant un indicateur partiel des réserves lipidiques corporelles.

Notes d'état corporel à partir du même échantillon

Une analyse multivariée a été mise en œuvre sur les mêmes 469 individus femelles et l'état de différentes zones anatomiques a été

évalué (tableau IV). Ces sites ont été appréciés par l'observation visuelle suivie d'une palpation manuelle, la toison des chamelles pouvant masquer l'état réel des animaux. Il est à noter que la bosse n'était pas incluse dans les sites anatomiques servant de bases à l'analyse.

Ainsi a été obtenu un tableau de données qualitatives où les individus ont été identifiés par leur race, leur âge, leur stade physiologique, leur état d'abreuvement (qui pouvait fortement influencer sur certains paramètres comme le creux du flanc) et leur poids estimé visuellement. Une analyse factorielle des correspondances suivie d'une classification n'ayant inclus que les paramètres qualitatifs d'évaluation des sites anatomiques comme variables actives, les autres variables identifiantes ayant été projetées en supplémentaires, a permis d'identifier quatre types d'animaux selon leur état corporel. Le plan factoriel (F1, F3) est apparu le plus discriminant (figure 5). Ces quatre classes ont pu être interprétées comme quatre notes d'état corporel appréciées après observation/palpation des sites anatomiques cités : animaux très maigres (type 1), maigres (type 2), moyens (type 3), gras (type 4).

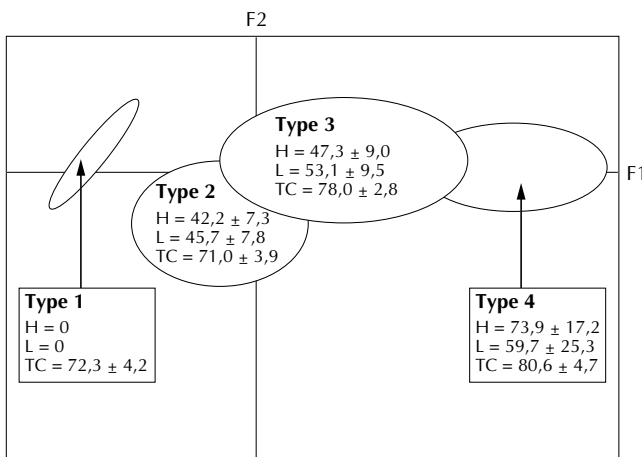


Figure 4 : représentation des types de conformation sur le plan factoriel principal (F1, F2).

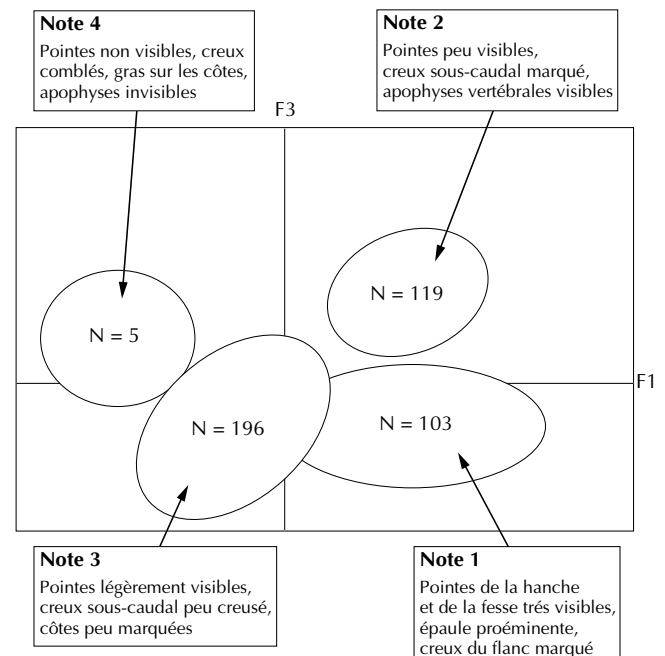


Figure 5 : projection sur le plan factoriel (F1, F3) des classes de données qualitatives (évaluation des sites anatomiques).

Tableau IV

Critères qualitatifs retenus pour apprécier l'état corporel des animaux à partir de l'observation/palpation des animaux

Zone anatomique	Critères qualitatifs			
Côtes	Très saillantes	Saillantes	Peu saillantes	Invisibles
Pointe de la fesse	Très saillante	Saillante	Peu saillante	Invisible
Pointe de la hanche	Très saillante	Saillante	Peu saillante	Invisible
Zone ano-génitale	Très creusée	Creusée	Peu creusée	Pleine
Pointe de l'épaule	Très saillante	Saillante	Peu saillante	Invisible
Omoplate	Très saillante	Saillante	Peu saillante	Invisible
Creux du flanc	Très creusé	Creusé	Peu creusé	Plein
Apophyses vertébrales	Très saillantes	Saillantes	Peu saillantes	Invisibles

Relations entre le type de conformation et la note d'état corporel

Le tableau croisant les résultats des deux typologies précédentes a permis d'évaluer le degré de corrélation entre les types de conformation générale, exprimant le gabarit de l'animal ainsi que ses réserves adipeuses dans la bosse, et les notes d'état corporel, exprimant l'importance de ses réserves notamment adipeuses sous-cutanées en dehors de la bosse. Il existait une certaine relation entre ces deux paramètres (tableau V). Toutefois, dans le type 1 (dépourvu de bosse) un tiers des animaux ont présenté une note d'état corporel de 3 (état moyen). Une majorité d'animaux du type 2 (animaux de faible conformation) correspondaient à des animaux maigres (note 2). Pour le type 3, la répartition entre animaux très maigres, moyens et gras n'a pas été claire, même si une majorité de chamelles (65,4 p. 100) ont été notées 3 ou 4. En revanche le type 4 (animaux de bonne conformation) comprenait clairement une majorité d'animaux à note élevée.

Cette étude a donc montré qu'une grande variabilité a été observée dans la population et que la bosse, généralement considérée comme la principale réserve adipeuse, n'a pas été un indicateur fiable pour apprécier l'état corporel des animaux dans un troupeau. S'il est possible de clairement distinguer des animaux maigres et

Table V

Répartition (pourcentage) des notes d'état corporel et des types de conformation attribués aux dromadaires (la somme des pourcentages des lignes est égale à 100)

	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4
Type 1	35,5	3,2	38,7	22,6
Type 2	5,6	52,8	13,9	27,8
Type 3	29,7	5,0	26,9	38,5
Type 4	16,3	10,0	24,0	49,5

des animaux gras à la fois à partir d'une note d'appréciation générale sur la base de l'état des sites anatomiques classiques et de la bosse, la variabilité des cas intermédiaires interdit de juger de l'état corporel à partir des seules mensurations de la bosse, sans doute un bon indicateur individuel, mais un mauvais indicateur entre les individus à l'échelle d'un troupeau. L'état d'engraissement des animaux, en tout cas, ne peut être apprécié par la seule dimension du gras de la bosse, en dépit de son intérêt zootechnique évident.

Tableau VI

Grille des notes d'état corporel des dromadaires Maghrébi du Maroc

Note	Vue de dos				Vue de flanc				
	Pointe de la fesse	Ligament sacro-tubéral	Détroit caudal	Apophyses épineuses	Pointe de la hanche	Creux du flanc	Apophyses transverses	Côtes	Bosse
0	Totalement visible	Très concave	Très creusé, base de la queue saillante	Toutes visibles	Très saillante	Très apparent	Toutes saillantes	Toutes visibles, la peau colle aux os	Absente
1	Bien visible	Concave	Creusé, base de la queue encore saillante	Saillantes sur la longueur du dos	Nettement saillante	Nettement apparent	Nettement saillantes	Nettement visibles	Absente ou très petite
2	Bien visible	Légèrement aplati	Dépression visible	Visibles sur la longueur du dos	Visible	Visible	Visibles sur toute la longueur	Visibles sur l'avant	Petite
3	Visible, dépôt de gras peu marqué	Plat à convexe	Dépression légère	Légèrement apparentes	A peine visible	Très léger	A peine visibles	Invisibles ou très légèrement visibles à l'avant du thorax	Taille moyenne ou petite
4	A peine visible et couverte de gras	Convexe	Comblé	Bien couvertes de gras	Pratiquement invisible	Pratiquement invisible	Invisibles	Invisibles	Taille importante
5	Disparue sous le gras	Convexe	La base de la queue est noyée dans le gras	Invisibles	Invisible	Invisible	Invisibles et ligne de dos arrondie	Gras de couverture visible	Bosse pouvant déborder les flancs

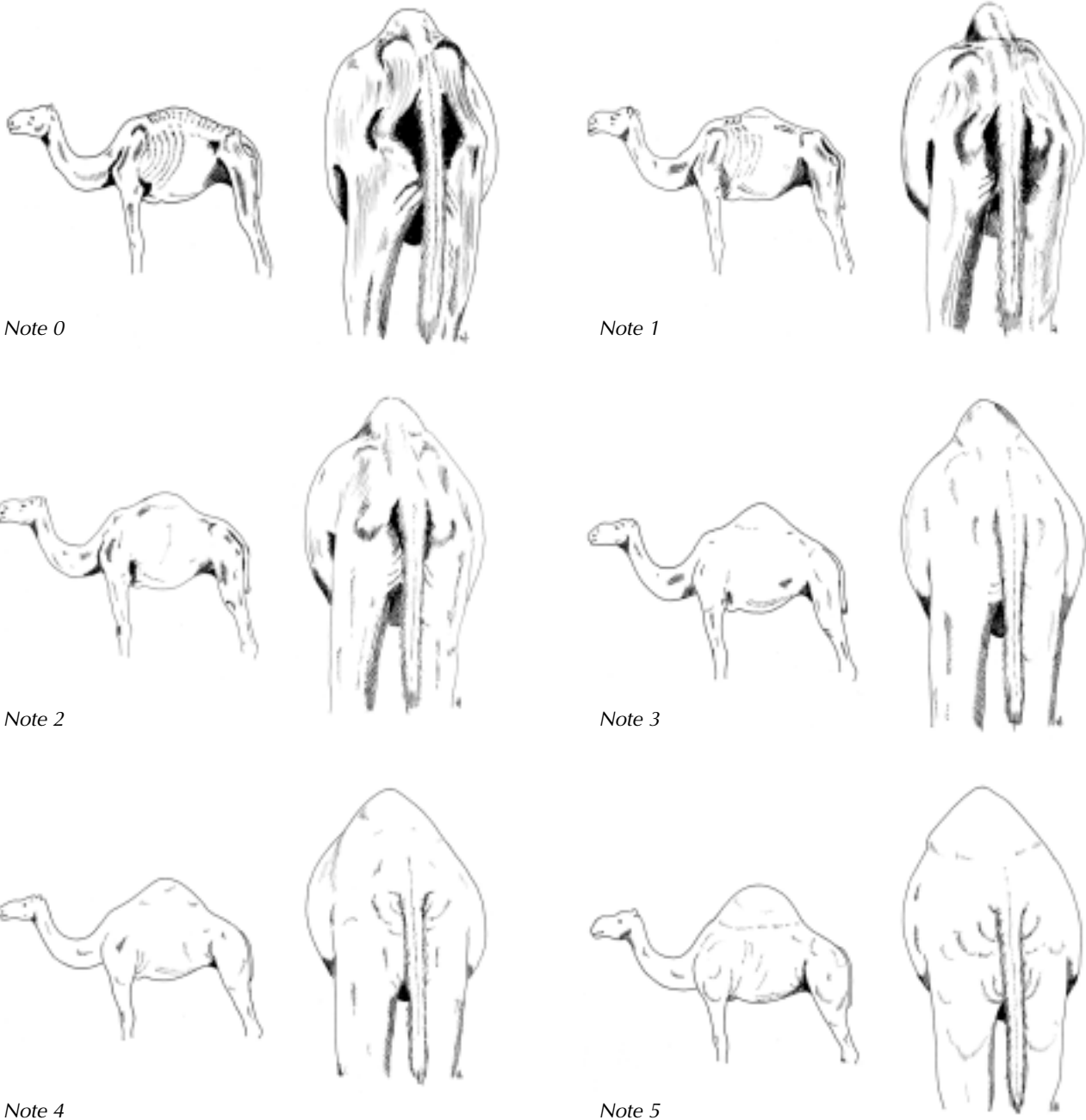


Figure 6 : grille de notation de l'état corporel des dromadaires (notes de 0 à 5).

Proposition d'une grille d'état corporel

L'analyse présentée ici s'est appuyée sur une population où il pouvait être admis que des animaux extrêmes, très maigres (notamment chamelles affectées par la trypanosomose) ou très gras (animaux issus d'emboûche intensive) n'étaient pas présents. Aussi, pour être comparable à la grille de notation utilisée chez les espèces bovines tempérées (3) ou tropicales (19), une échelle en 6 points allant de 0 à 5 a été proposée (figure 6 et tableau VI). Pour des raisons de commodité, la bosse a été représentée selon un gradient de dimensions corrélé aux autres paramètres bien que, comme cela a déjà été remarqué, cette relation ne soit pas linéaire. Sur le plan pratique, c'est bien l'estimation des sites anatomiques décrits, hors la bosse, qui doit être déterminante pour apprécier l'état corporel d'un animal donné.

■ DISCUSSION

On distingue généralement l'état corporel, au sens strict, qui rend compte de l'ensemble des réserves corporelles visibles (adipeuses sous-cutanées et musculaires apparentes) par un observateur sur l'animal vivant et l'état d'engraissement qui ne rend compte que des réserves adipeuses seules mais dans leur totalité (sous-cutanées et internes). De fait, ces deux critères étant corrélés, l'état corporel est généralement utilisé comme indicateur des réserves lipidiques. Les variations des réserves protéiques et minérales ne sont en effet appréciables pour les premières que chez des animaux en état de sous-alimentation aiguë (fonte musculaire) et pour les secondes que par des sondages biologiques (mesure des paramètres minéraux dans le plasma ou les phanères, par exemple) (12). L'état

d'engraissement est un critère utilisé plutôt pour les animaux de boucherie après abattage.

La note d'état corporel, quand elle s'appuie sur une grille de notation objective et des notateurs entraînés (20), représente un meilleur indicateur que le poids vif, celui-ci ne permettant pas de faire la distinction entre les réservoirs digestifs et utérins, les réserves adipeuses et les muscles (3). La variation de la note d'état corporel, en tant que critère d'accumulation des réserves, permet d'évaluer *a posteriori* et à long terme (semaines ou mois) la qualité de l'alimentation reçue au-delà des besoins (entretien, gestation, lactation, croissance) par un animal donné pendant une période donnée. En cela, cette notation est complémentaire des profils métaboliques dont la pertinence se limite au court terme (heures ou jours) (8).

Il existe une forte variabilité raciale et *a fortiori* spécifique de la répartition des réserves corporelles chez les animaux domestiques. Il est donc nécessaire de disposer d'une grille de notation en principe pour chaque race. La grille proposée ici est valable pour les dromadaires du Sud marocain. Toutefois, les différenciations raciales chez l'espèce dromadaire sont faibles* et la grille présentée ici peut être facilement adaptée, contrairement à l'espèce bovine où les races sont plus fortement différenciées. En revanche, la grande hétérogénéité individuelle de répartition des lipides corporels entre les sites anatomiques (par exemple, le cas des dromadaires sans bosse bien qu'encore assez gras) rend moins précises les notations individuelles.

L'établissement d'une grille de notation s'appuie de préférence sur l'observation d'animaux aux états contrastés et sur la dissection fine des tissus adipeux et musculaire suivie d'analyses chimiques (24). Il n'était pas possible d'opérer des dissections sur les dromadaires dans le cadre de cette étude réalisée en milieu réel et non en station. Les auteurs ont donc opté pour une analyse statistique à partir des seules observations des zones anatomiques les plus remarquables. Les méthodes statistiques ont déjà été utilisées pour établir des grilles de notation notamment chez la chèvre tchadienne (17) ou sur des races caprines françaises (25).

La mesure de la taille des adipocytes sous-cutanés est un bon indicateur de l'état d'engraissement. Chez les bovins, il existe une forte corrélation positive entre ce diamètre et le poids des dépôts adipeux (27) ou le pourcentage de lipides du corps entier (28). Chez la vache allaitante, les animaux notés 1 ont des adipocytes sous-cutanés de diamètre moyen inférieur à 40 µm. Chez les vaches très grasses (note 5), le diamètre moyen peut dépasser les 100 µm (1). Chez la vache Holstein, la quantité de lipides corporels est prédite à partir du poids vif et de la taille des adipocytes sous-cutanés avec un coefficient de variation résiduel de 13 p. 100 contre 21 p. 100 en utilisant la note d'état (9). Chez la brebis Lacaune, les chiffres correspondants sont de 14 et 17 p. 100 (5). Chez la brebis Rasa Aragonesa, la note d'état corporel est corrélée au volume des adipocytes sous-cutanés (29) et mésentériques (30). Chez le dromadaire, les données sont inexistantes. Une étude comparative (22) a permis d'observer chez un chameau de bactriane que la taille des adipocytes était plus importante en moyenne que chez les bovins de même âge, mais

ce type d'observation ne peut être généralisé. En effet, la présente étude montre (figure 3) que les adipocytes de dromadaire, dans la bosse comme dans le tissu adipeux périrénal, ont des volumes moyens compris entre 150 et 700 pl (diamètres moyens compris entre 50 et 120 microns) et ont donc des tailles comparables à celles observées chez la vache adulte et la brebis (9). Les faibles corrélations observées entre la taille des adipocytes et les critères partiels d'adiposité connus, dans cette étude, sont peut-être liées à une plus grande variabilité du nombre d'adipocytes entre individus chez le dromadaire (coefficient de variation de 40 à 60 p. 100 pour le nombre total d'adipocytes dans le Gpr et la bosse). Cette hypothèse reste toutefois à confirmer par des comparaisons quantitatives entre espèces plus complètes.

La grille présentée ici demande à l'évidence d'être validée par son utilisation dans d'autres contextes que celui de sa réalisation. Il importe notamment de tester la répétabilité de la note (un notateur formé doit être capable d'attribuer la même note à un même animal lors de notations répétées dans un laps de temps court) et sa reproductibilité (écart observé entre des notes attribuées au même animal par différents notateurs). Des procédures d'évaluation et de validation ont été proposées dans la littérature (16, 20). La mesure de la taille des adipocytes, compte tenu des corrélations évoquées plus haut, peut également permettre de valider cette grille. Ce travail de validation représente d'ailleurs l'étape suivante des recherches des auteurs.

Selon une étude non publiée de Tunisie, la bosse du dromadaire représente en moyenne 44 p. 100 des réserves adipeuses. C'est l'organe le plus représentatif (bien que non majoritaire) de l'importance du stockage adipeux, avant les régions périrénale et périviscérale. Le tissu adipeux se dépose également sur différentes parts de la carcasse (épaule, sternum, flanc, côtes, cuisse et cou, sous la peau, entre les muscles ou dans ceux-ci). Sur les animaux gras, le tissu adipeux s'accumule également dans la région ano-génitale (21).

La répartition générale du tissu adipeux chez le dromadaire est différente de celle observée chez les bovins (26), les ovins (2) et les caprins (20). Chez les vaches ayant une note moyenne, le gras représente environ 20 p. 100 de la carcasse. Selon des résultats non publiés de Tunisie, cette part représente seulement 8 p. 100 chez le dromadaire, ce qui suggère que le dromadaire est une espèce à carcasse maigre.

La variabilité du poids de la bosse est très importante dans toutes les catégories d'animaux quelle que soit leur note d'état corporel. D'après les résultats de la présente étude, certains animaux dépourvus de bosse peuvent même présenter un état corporel moyen (type 1). Ceci montre sans doute que la bosse ne constitue pas un excellent indicateur du statut adipeux (15). En effet, l'état corporel ne semble pas nécessairement lié à la taille de la bosse. Il est probable que des facteurs génétiques jouent un rôle plus important. Chez le chameau de bactriane, il a d'ailleurs été montré que l'héritabilité de la bosse était assez élevée (10). Autrement dit, si la bosse représente un indicateur individuel (la taille de la bosse augmente de taille pour un individu donné quand son état corporel augmente), les dimensions de la bosse ne peuvent représenter un bon indicateur pour une population donnée. En revanche, le tour de cuisse apparaît comme un indicateur fiable. C'est d'ailleurs celui qu'utilisent les bouchers et les maquignons.

D'un point de vue prospectif, des travaux sont en cours pour étudier la dynamique des dimensions de la bosse et de la taille des adipocytes dans des conditions de sous-alimentation et de suralimentation successives durant des périodes alternées.

* Dans des publications récentes (Jianlin et coll., 2000, *Anim. Genet.*), il a cependant été montré une distance génétique entre le chameau de bactriane domestique (*Camelus bactrianus*) et le chameau sauvage d'Asie (*Camelus ferus*), observée par les outils de la génétique moléculaire, qui justifie la dénomination de deux espèces distinctes et qui se traduit sur le plan phénotypique par une plus grande distance entre les deux bosses chez la variété sauvage

■ CONCLUSION

En dépit de son intérêt zootechnique évident, les dimensions de la bosse du dromadaire dépendent de facteurs qui ne sont pas uniquement alimentaires. Le volume des réserves adipeuses dans ce tissu dorsal, unique parmi les espèces domestiques par son importance relative potentielle, témoigne sans aucun doute de l'état nutritionnel d'un individu compte tenu du nombre d'adipocytes dont il dispose. Mais les dimensions elles-mêmes, le nombre d'adipocytes et la forme générale dépendent de facteurs génétiques et varient donc fortement entre individus ayant des états d'engraissement de l'organisme entier comparables. On peut d'ailleurs observer une variabilité raciale tant dans la position exacte de la bosse sur le dos que dans la propension de certaines races à disposer d'une bosse de fortes dimensions. Autrement dit, la taille et le positionnement de la bosse sont des éléments qui permettent de décrire certaines races de dromadaires.

La grille de notation de l'état corporel proposée ici doit être validée dans d'autres populations de dromadaires. En tout état de cause, si s'agit d'un outil de gestion zootechnique des troupeaux qui, dans la perspective d'une intensification des productions camélines, notamment pour la production laitière, sera de plus en plus utile pour les producteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- AGABRIEL J., GIRAUD J.M., PETIT M., 1986. Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant. *Bull. tech. Crzv Inra-Theix*, **66** : 43-50.
- ATTI N., KHALDI G., 1987. Caractéristiques de croissance chez les agneaux de trois races tunisiennes. In : Proc. Symp. Philostios, L'évaluation des ovins et des caprins méditerranéens, Fonte Boa, Portugal, 22-25 sept. 1987, CEE, p. 375-381.
- BAZIN S., AUGÉARD P., CARTEAU M., CHAMPION H., CHILLIARD Y., CUYLLE G., DISENHAUS C., DURAND G., ESPINASSE R., GASCOIN A., GODINEAU M., JOUANNE D., OLLIER A., REMOND B., 1984. Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie Noires. Paris, France, RNED, ITEB, 31 p.
- BENGOUMI M., RIAD F., GIRY J., DE LA FARGE F., DAVICCO M.-J., SAFWATE A., BARLET J.P., 1993. Hormonal control of water and sodium in plasma and urine of camels during dehydration and rehydration. *Gen. comp. Endocrinol.*, **89**: 378-386.
- BOCQUIER F., GUILLOUET P., BARILLET F., CHILLIARD Y., 1999. Comparison of three methods for the *in vivo* estimation of body composition in dairy ewes. *Ann. Zootech.*, **48**: 297-308.
- CHILLIARD Y., 1989. 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, Ouargla, Algérie, 27 fév. - 1 mars 1988. Paris, France, Ciheam-lamz, p. 101-110. (Options méditerranéennes, série A. Séminaires méditerranéens n° 2)
- CHILLIARD Y., BOCQUIER F., 2000. Direct effects of photoperiod on lipid metabolism, leptin synthesis and milk secretion in adult sheep. In: Cronjé P.B. Ed., Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. Wallingford, UK, CAB International, p. 205-223.
- CHILLIARD Y., DOREAU M., BOCQUIER F., LOBLEY G.E., 1995. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to variations in food supply. In: Journet M., Grenet E., Farce M.H., Thériez M., Demarquilly C. Eds, Recent developments in the nutrition of herbivores. Paris, France, Inra, p. 329-360.
- CHILLIARD Y., REMOND B., AGABRIEL J., ROBELIN J., VERITE R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation lactation. *Bull. tech. Crzv Inra-Theix*, **70** : 117-131.
- DE LATOUR G., 1971. Inheritance of the hump in the camel, dromedary and cow. *Saug. Mitt.*, **19**: 193-194.
- EMMANUEL B., HOWARD B.R., EMADY M., 1976. Urea degradation in the camel. *Can. J. Anim. Sci.*, **56**: 595-601.
- FAYE B., BENGOUMI M., 1994. Trace-elements status in camels: a review. *Biol. Trace Elem. Res.*, **41**: 1-11.
- FAYE B., BENGOUMI M., 1997. Données nouvelles sur le métabolisme des principaux éléments-traces chez le dromadaire. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **50** : 47-53.
- FAYE B., BENGOUMI M., 2000. Le dromadaire face à la sous-nutrition minérale : un aspect méconnu de son adaptabilité aux conditions désertiques. *Revue Sécheresse*, **11** : 155-161.
- FAYE B., BENGOUMI M., MESSAD S., CHILLIARD Y., 2001. Fat storage and adipocyte patterns in camel: a tool for management of reproduction. *Adv. Reprod.*, **5**: 1-8.
- FAYE B., CALAVAS D., ROSNER G., 1994. La fiabilité des données dans les enquêtes d'écopathologie. *Revue sci. tech. Off. int. Epizoot.*, **13** : 651-664.
- IMADINE M., 1991. Mise au point d'une grille de notation de l'état corporel des caprins du Sahel. Mémoire Dess Productions animales en régions chaudes. Maisons-Alfort, France, Cirad-emvt, 75 p.
- JIANLIN H., MBURU D., OCHIENG J., KAUFMANN B., REGE B., HANOTTE O., 2000. Application of New World Camelidae microsatellite primers for amplification of polymorphic loci in Old World Camelids. *Anim. Genet.*, **31**: 404-406.
- MEYER C., DENIS J.P., 1999. Élevage de la vache laitière en zone tropicale. Montpellier, France, Cirad, 314 p. (Coll. Techniques)
- MORAND-FEHR P., BRANCA A., 1987. Méthodes d'estimation de l'état corporel des chèvres reproductrices. In : Proc. Symp. Philostios, L'évaluation des ovins et des caprins méditerranéens, Fonte Boa, Portugal, 22-25 sept. 1987, CEE, p. 182-201.
- OLLIER A., CUYLLE G., PEZANT J.P., CHILLIARD Y., 1995. Reproductibilité de la notation de l'état corporel des vaches Pie Noires. *Cah. Tech. Inra*, **36** : 17-26.
- POND C.M., 1984. Physiological and ecological importance of energy storage in the evolution of lactation: evidence for a common pattern of anatomical organization of adipose tissue in mammals. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, **51**: 1-32.
- PRAT M.L., 1993. L'alimentation du dromadaire. Thèse Doct. vét., Ecole nationale vétérinaire, Maisons-Alfort, France, 125 p.
- REMOND B., ROBELIN J., CHILLIARD Y., 1988. Estimation de la teneur en lipides des vaches laitières Pie Noires par la méthode de notation de l'état d'engraissement. *Inra Prod. Anim.*, 111-114.
- RENARD P., 1990. L'état corporel des chèvres laitières. Mise en œuvre d'une méthode d'appréciation par les maniements. Thèse Doct. vét., Ecole nationale vétérinaire, Nantes, France, 72 p.
- ROBELIN J., 1986. Composition corporelle des bovins : évolution au cours du développement et différences entre races. Thèse Doct. ès-Sci., université de Clermont-Ferrand, France.
- ROBELIN J., AGABRIEL J., 1986. Estimation de l'état d'engraissement des bovins vivants à partir de la taille des cellules adipeuses. *Bull. tech. Crzv Inra-Theix*, **66** : 37-41.
- ROBELIN J., CHILLIARD Y., AGABRIEL J., 1989. Estimation of body lipids and proteins of Holstein, Charolaise and Limousine cows by dilution technique and adipose cell size. In: Van der Honing Y., Close W.H. Eds, Proc. 11th Symp. Energy metabolism of farm animals. Wageningen, Netherlands, EAAP, Pudoc, **43**, p. 370-373.
- SEBASTIAN I., CHILLIARD Y., JAIME C., PURROY A., 1989. Variations du volume des adipocytes et de la note d'état corporel chez la brebis Rasa Aragonesa pendant la lactation et après le tarissement. *Ann. Zootech.*, **38** : 83-90.
- SEBASTIAN I., CHILLIARD Y., PURROY A., JAIME C., 1993. Supplémentation en céréales, état corporel et enzymes lipogéniques du tissu adipeux chez la brebis Aragonesa. *Ann. Zootech.*, **42** : 299-313.
- YAGIL R., SOD-MORIAH V.A., MEYERSTEIN N., 1974. Dehydration and camel blood. III. Osmotic fragility, specific gravity and osmolality. *Am. J. Physiol.*, **226**: 305-308.

Reçu le 17.05.2002, accepté le 28.11.2002

Summary

Faye B., Bengoumi M., Messad S., Chilliard Y. Assessment of Body Reserves in Camels

Herbivores manage their body reserves in a way that helps them respond to variations in the quality and accessibility of feed resources. Assessing these reserves provides farmers with a decision-making tool. Almost no data are available on these aspects of the camel. The present article summarizes several works on weight estimations that are used to assess the volume and weight of the hump (main location of fat reserves), relationships between hump measurements and carcass weight, and between hump weight and perirenal fat weight. Assessing the number and size of adipocytes is a means to test the relevance of these types of fat storage. There is in particular a positive relationship between the size and number of adipocytes in the hump and those in the perirenal fat. The age and sex effects were very pronounced for some of the criteria. A body condition score was established for this species based on the assessment of selected body parts. Results however showed that the hump was not a good body-condition indicator because of variations in its weight as well as in the size of its adipocytes.

Key words: *Camelus dromedarius* – Body measurement – Body condition – Body conformation – Morocco.

Resumen

Faye B., Bengoumi M., Messad S., Chilliard Y. Estimación de las reservas corporales en el dromedario

El manejo de las reservas corporales por parte de los herbívoros es una forma de responder a la variabilidad en la calidad y en el acceso a los recursos alimenticios. La estimación de estas reservas representa una herramienta de monitoreo para los criadores. En el dromedario, los datos sobre estos aspectos son casi inexistentes. El presente artículo representa una síntesis de varios trabajos relativos a estas observaciones barométricas, permitiendo la estimación del volumen y del peso de la giba, principal zona de reservas adiposas, la estimación de las relaciones entre las dimensiones de la giba y el peso de la carcasa y las relaciones entre el peso de la giba y el de la grasa peri renal. La evaluación de la cantidad y del tamaño de los adipositos permite poner a prueba la pertinencia de estas formas de almacenamiento adiposo. Existe sobretudo una relación positiva entre el tamaño y la cantidad de adipositos en la giba y los de la grasa peri renal. Los efectos de la edad y el sexo se encuentran muy marcados en ciertos criterios. La apreciación de algunos sitios anatómicos permitió construir una clasificación del estado corporal adaptado a la especie. Los resultados muestran sin embargo, que la giba, debido a la variabilidad, tanto de su peso como del tamaño de los adipositos, no representa un buen indicador del estado corporal.

Palabras clave: *Camelus dromedarius* – Medición del cuerpo – Condición corporal – Conformación animal – Marruecos.