

BA - TH372

DKW0924

CIRAD-EMVT  
Campus de Baillarguet  
B.P. 5035  
34032 MONTPELLIER Cedex 1

Ecole Nationale Vétérinaire  
d'Alfort  
7, avenue du Général de Gaulle  
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Institut National Agronomique  
Paris-Grignon  
16, rue Claude Bernard  
75005 PARIS

Muséum National d'Histoire Naturelle  
57, rue Cuvier  
75005 PARIS

---

**DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES  
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES**

---

**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

**L'ALIMENTATION DU DROMADAIRE**

*par*

*Marie-Gaëlle COTTIN*

**CIRAD-Dist**  
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE  
Baillarguet

année universitaire 1998-1999



\*000001590\*

## RESUME

L'alimentation du dromadaire est certainement l'un des atouts majeurs de l'adaptation de cet animal à des milieux souvent difficiles. En effet, herbivore de type "browser", au goût prononcé pour les ligneux, il est capable, au sein d'une végétation rare, non seulement de sélectionner les végétaux les plus riches, mais également de tirer parti de végétaux plus pauvres. C'est un animal économique, mais également écologique puisque contribuant à la préservation du milieu.

de Son système digestif présente des particularités anatomiques et physiologiques. Entre autres, l'estomac comprend trois compartiments et le rumen est pourvu de sacs glandulaires ou cellules aquifères. Sa physiologie digestive lui permet de digérer la cellulose et d'épargner l'azote, et l'adapte à la sous-nutrition énergétique ou minérale et au déficit hydrique.

La détermination de ses besoins nutritionnels, encore imparfaitement connus, montre une aptitude à valoriser sa nourriture plus forte que les ruminants vrais. Néanmoins, des recommandations peuvent être proposées pour le rationnement afin d'améliorer le régime de cet animal qu'il ne faudrait pas exagérément considérer comme sobre.

**Mots clés :** dromadaire, physiologie digestive, besoins alimentaires, rationnement, comportement alimentaire.

INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE.....	2
<b>COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DU DROMADAIRE</b> .....	2
1. LE DROMADAIRE, UN HERBIVORE DE TYPE "BROWSER".....	2
2. PRÉFÉRENCES ALIMENTAIRES (PRAT, 1993).....	4
2.1. LES ESPÈCES PRÉFÉRÉES.....	4
2.2. LA PART DES LIGNEUX.....	5
3. INTOXICATIONS PAR LES VÉGÉTAUX.....	7
3.1. <i>Conditions d'intoxication (Prat, 1993)</i> .....	7
3.2. <i>Les plantes toxiques (Lamnaouer, 1997 ; Prat, 1993)</i> .....	7
DEUXIEME PARTIE.....	8
<b>PARTICULARITES DU SYSTEME DIGESTIF DU DROMADAIRE</b> .....	8
1. DESCRIPTION DU TRACTUS DIGESTIF DU DROMADAIRE (FAYE, 1997 ; LECHNER-DOLL ET AL., 1989 ; SOULEM ET AL., 1994, WILSON 1988).....	8
1.1. <i>La cavité buccale (Faye, 1997 ; Prat, 1993)</i> .....	8
1.2. <i>L'œsophage</i> .....	8
1.3. <i>Les compartiments gastriques</i> .....	9
1.4. <i>Les intestins et les autres organes digestifs (Faye, 1997 ; Prat, 1993)</i> .....	10
2. PHYSIOLOGIE DIGESTIVE (LECHNER-DOLL ET AL., 1989).....	12
2.1. <i>Mastication (Engelhardt et al., 1982)</i> .....	12
2.2. <i>Les phénomènes moteurs</i> .....	12
2.3. <i>Processus biochimiques</i> .....	16
2.4. <i>Produits terminaux de la fermentation (Farid et al., 1984 ; Höller et al., 1989 ;       Jouany et al., 1989 ; Kayouli et al., 1989 ; Lechner-Doll et al., 1990 ; Wilson, 1989)</i> .....	17
2.5. <i>Sécrétion et absorption gastriques (Farid et al., 1984 ; Kayouli et al., 1989 ;       Souilem et al., 1994 ; Wilson 1988)</i> .....	17
2.6. <i>Utilisation digestive des aliments (Farid et al., 1979 ; Gihad et al. 1988 ; Jouany et al.,       1988)</i> .....	17
TROISIEME PARTIE.....	19
<b>L'ADAPTATION A LA SOUS-ALIMENTATION ET SES LIMITES</b> .....	19
1.1. <i>Adaptation à la sous-nutrition énergétique (Faye, 1997)</i> .....	19
1.2. ADAPTATION À LA SOUS-NUTRITION AZOTÉE (FAYE, 1997).....	19
1.3. <i>Adaptation à la sous-nutrition minérale</i> .....	20
1.4. <i>Adaptation au déficit hydrique</i> .....	22
QUATRIEME PARTIE.....	23
<b>BESOINS NUTRITIONNELS DU DROMADAIRE</b> .....	23
1. BESOINS ÉNERGÉTIQUES ET AZOTÉS DU DROMADAIRE.....	23
1.1. <i>Besoins d'entretien</i> .....	23
1.2. <i>Besoins de croissance et d'engraissement</i> .....	26
1.3. <i>Besoins de gestation</i> .....	27
1.4. <i>Besoins de lactation</i> .....	28

1.5. <i>Besoins du dromadaire de travail (Wilson, 1988 ; Wardeh et al., 1990)</i> .....	30
2. BESOINS HYDRIQUES ET MINÉRAUX .....	32
2.1. <i>Estimation des besoins hydriques</i> .....	32
2.2. <i>Estimation des besoins en minéraux majeurs</i> .....	33
2.3. <i>Estimation des besoins en oligo-éléments</i> .....	34
3. BESOINS EN VITAMINES.....	35
<b>CINQUIEME PARTIE</b> .....	<b>36</b>
<b>RATIONNEMENT DU DROMADAIRE : RECOMMANDATIONS ET EXEMPLES</b> .....	<b>36</b>
1. RECOMMANDATIONS.....	36
2. RATIONNEMENT DU DROMADAIRE.....	37
2.1. <i>Valeur nutritive et valeur alimentaire</i> .....	37
2.2. <i>Matière sèche volontairement ingérée</i> .....	37
2.3. <i>Calcul de ration</i> .....	38
3. EXEMPLES DE RATIONS .....	38
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>41</b>



# L'ALIMENTATION DU DROMADAIRE BASES POUR UN RATIONNEMENT PRATIQUE DU DROMADAIRE EN PRODUCTION (LAIT, TRAVAIL)

## INTRODUCTION

L'imaginaire véhiculé par le dromadaire évoque un animal du désert, conduit par des nomades ainsi capables de survivre dans les zones arides et chaudes de la planète en se nourrissant de son lait, de sa chair, voire de son sang. Sa capacité à résister à la soif et son apparente frugalité sont légendaires dans ces paysages où les points d'eau et la végétation sont rares. En effet, l'alimentation du dromadaire constitue certainement l'un des atouts les plus remarquables de son adaptation à un environnement hostile.

C'est pourquoi, à travers cette étude bibliographique, nous allons tenter de rassembler différentes données relatives à l'alimentation de cet animal fascinant, afin d'expliquer en quoi son comportement alimentaire, son anatomie et sa physiologie digestive constituent de formidables mécanismes d'adaptation à son milieu. Nous verrons que, si le dromadaire supporte relativement bien la sous- ou la malnutrition, ses besoins sont néanmoins réels et méritent d'être connus pour une complémentation éventuelle efficace ou pour l'établissement de rations alimentaires spécifiques en fonction de sa production (chamelles laitières, dromadaires à l'embouche) et de son activité (dromadaire de travail).

Cette faculté de sélectionner les parties de plantes les plus riches - en eau, en protéines... - semble due pour une large part à la possibilité qu'a le dromadaire d'atteindre les strates supérieures, jusqu'à plus de 3 m au-dessus du niveau du sol, même s'il préfère se servir à une hauteur comprise entre 1 et 2 m, ce que montre une étude d'Engelhardt *et al.* (1986) sur les préférences alimentaires de différents herbivores domestiques sur une savane aride à épineux (cf. fig. 2, 3 et 4).

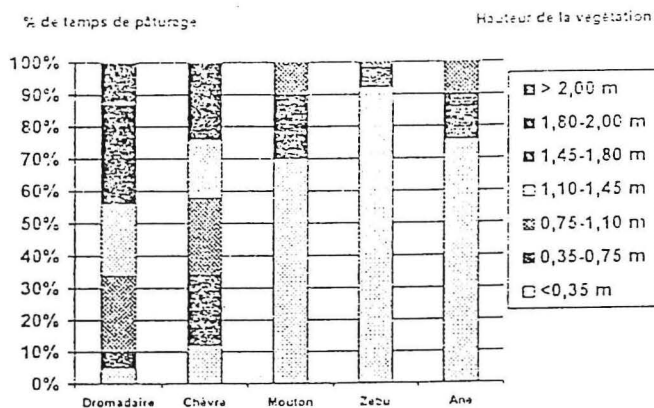


Fig. 2 : Temps consacré au pâturage de différentes strates de végétation par les herbivores domestiques.

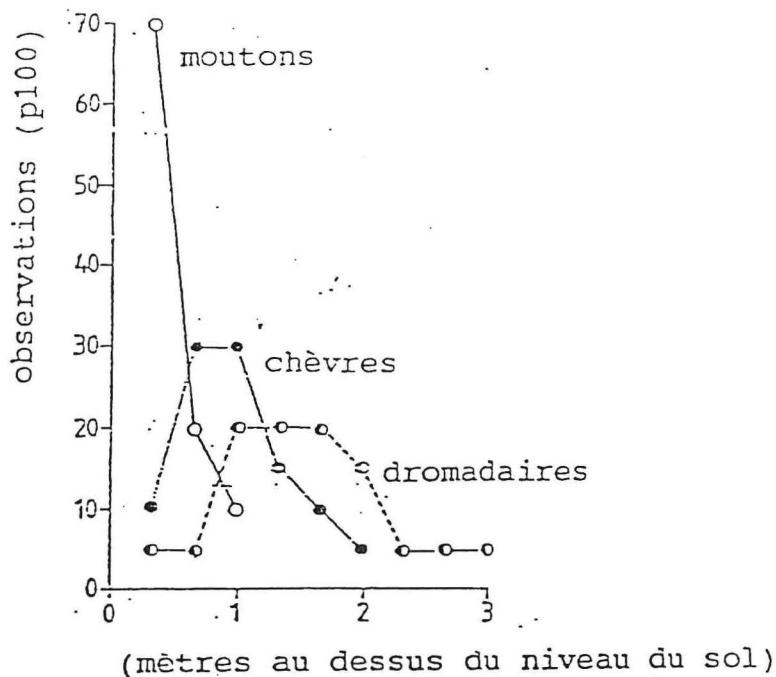


Fig.3 : Strates alimentaires préférées des dromadaires, chèvres et moutons dans une savane aride à épineux. (d'après Engelhardt *et al.*, 1986)

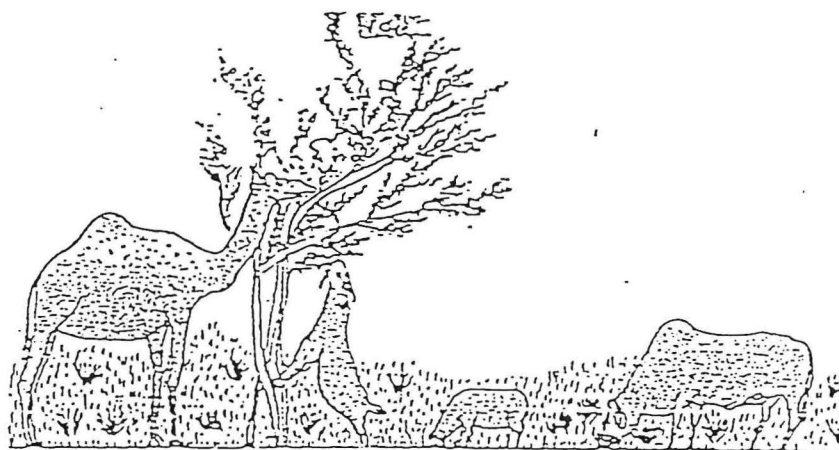


Fig. 4 : Illustration du comportement alimentaire des dromadaires, chèvres, moutons et bovins au pâturage. (d'après Engelhardt *et al.*, 1986)

Il en résulte que les habitudes alimentaires des dromadaires sont beaucoup moins destructrices que celles des autres herbivores domestiques. En effet, faire pâturer des bovins et des ovins, qui s'alimentent presque exclusivement de graminées, ou de feuilles vertes d'arbustes, ou des caprins qui, eux, n'hésitent pas à manger tout ce qui est à leur portée, y compris des jeunes plants d'arbre, s'avère beaucoup plus dévastateur pour le couvert végétal. Car ces animaux ont en commun un déplacement serré des troupeaux, des sabots durs, une tendance au pâturage sélectif, voire au surpâturage, alors que les dromadaires se déplacent beaucoup, et de manière dispersée ; leur régime alimentaire est plus varié, et ils ne surpâturent jamais. Par ailleurs, la sole molle de leurs pieds préserve la structure des sols : la couche arable n'est pas anéantie par l'effet de leur piétinement. Finalement, la pression du dromadaire sur le couvert végétal est à la fois plus légère et mieux répartie, d'autant plus que leur capacité à passer de longues périodes sans s'abreuver leur permet d'exploiter une aire plus grande de pâturage, jusqu'à 80 km du point d'eau (Prat, 1993 ; Stiles, 1988).

Le dromadaire s'avère donc, par son comportement, être un animal écologique, qui "respecte" le couvert végétal, et économique car profitant d'espèces dédaignées par les autres animaux domestiques et présentes dans des conditions hostiles.

Intéressons-nous maintenant de plus près aux espèces végétales consommées par les dromadaires.

## **2. Préférences alimentaires (Prat, 1993)**

Les préférences alimentaires du dromadaire vont aux arbres de légumineuses, aux arbustes et aux plantes halophytes, qui peuvent constituer jusqu'à 90 % de son régime, soit une consommation d'espèces à priori peu appétentes supérieure à celle des caprins pourtant déjà peu exigeants. Le dromadaire n'entre donc pas en compétition avec les autres herbivores domestiques, puisqu'il se nourrit d'espèces différentes : Acacias, Balanites, Salsola, Tamarix...(Wilson, 1988)

Selon Field (1979), le régime alimentaire du dromadaire se décompose en 50 % d'arbustes (proportion pouvant néanmoins atteindre 70 à 90 % en saison sèche), 30 % de fragments d'arbres et 20 % de plantes herbacées.

Néanmoins, le dromadaire, s'il se contente de plantes grossières, d'épineux fréquents en milieu sub-aride, ne dédaigne pas, et semble au contraire apprécier les tendres pâturages des *acheb* qui poussent avec les pluies. Le dromadaire est capable d'exploiter une large variété de plantes, et, souvent, seul le manque d'habitude le conduit à refuser une alimentation nouvelle.

### **2.1. Les espèces préférées**

De nombreux auteurs ont décrit les principales espèces végétales consommées par les dromadaires, mais la liste fournie ici n'est certainement pas exhaustive. Par exemple, *Balanites aegyptiaca* et ses feuilles particulièrement riches en protéines semblent très appréciées des dromadaires en dépit de ses épines mesurant de 2 à 5 cm, voire 10 cm (Gauthier-Pilters, 1979).

Sur un pâturage donné, le dromadaire fait sa sélection, et ses préférences alimentaires varient selon :

- la saison : certaines plantes sont ingérées tout au long de l'année en même quantité, alors que d'autres constituent la majorité de la ration pendant une partie de l'année, et sont délaissées le reste du temps. (Gauthier-Pilters, 1979)
- la région
- les espèces présentes et leur stade de végétation (surtout pour les graminées)
- le niveau d'abreuvement des animaux

Sur une savane semi-aride d'épineux, plusieurs études ont montré que les bovins et les ânes consomment un plus petit nombre d'espèces (30) que les moutons, les chèvres et les dromadaires (30 à 60). D'autre part, les bovins consomment essentiellement des monocotylédones, indépendamment de la saison, alors que ces plantes sont de qualité médiocre pendant la saison sèche. Pendant la saison des pluies, les bovins peuvent passer jusqu'à 60 % de leur temps de pâture sur des pâturages de mauvaise qualité. Par contre, les dromadaires et les ânes passent plus de 80 % de leur temps de pâture à consommer des dicotylédones, indépendamment de la saison, et sélectionnent une alimentation riche en matières azotées, mais pauvre en cellulose. (Rutagwenda *et al.*, 1990 ; Engelhardt *et al.*, 1989))

Cf. fig. 5 et 6.

Nombre moyen d'espèces fourragères consommées



Fig. 5 : Nombre moyen d'espèces fourragères consommées.

## 2.2. La part des ligneux

Les dromadaires présentent un goût prononcé pour les espèces ligneuses. Ils prélèvent délicatement sur les arbres feuilles, rameaux ou fruits et fleurs. Au Sahara occidental, ils trouvent essentiellement des arbres du genre *Acacia*. Un régime équilibré est d'ailleurs constitué

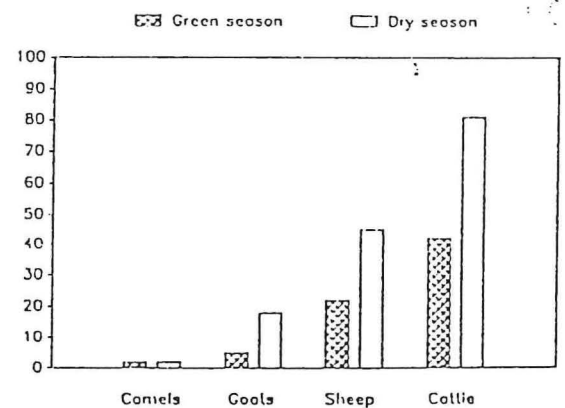


Fig. 6 : Proportion de plantes de pauvre qualité dans le régime alimentaire (en % de temps d'ingestion).

d'Acacia en plus de *Panicum turgidum*, association commune qu'on retrouve dans le lit des rivières sèches. (Gauthier-Pilters, 1979).

Le pâturage des ligneux a lieu essentiellement aux heures les plus chaudes de la journée : les animaux profitent ainsi également de la fraîcheur de l'ombre des arbres.

Cf. fig. 7.

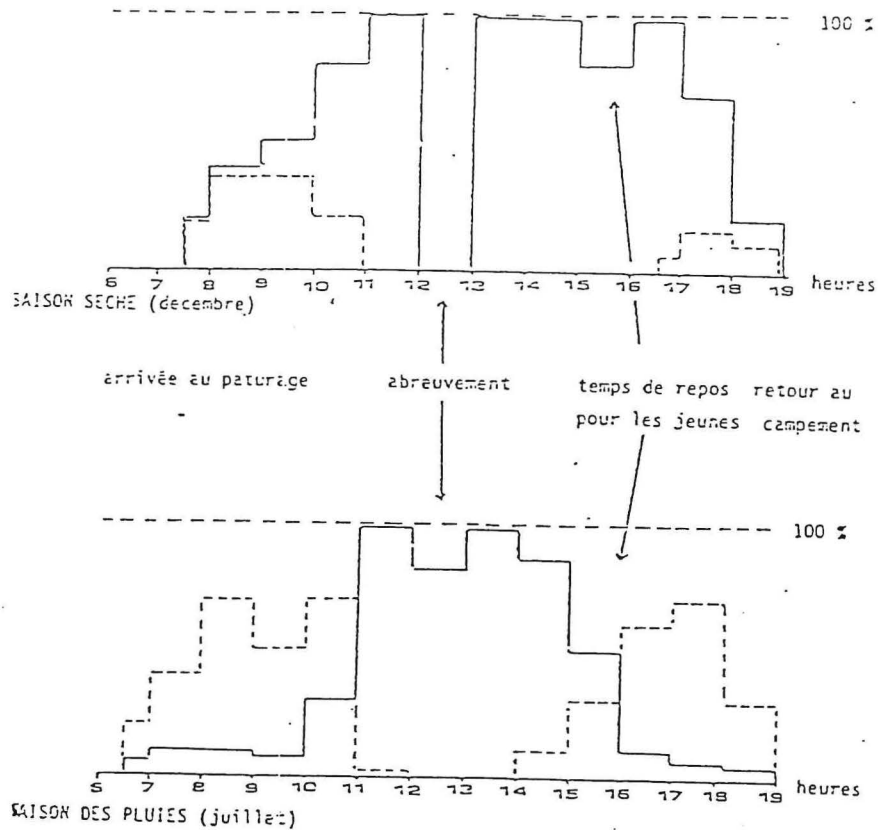


Fig. 7 : Pourcentages respectifs des temps de pâture sur les ligneux (-) et les non ligneux (--) (d'après Tisserand, 1988)

L'apport fourrager que constituent les ligneux assure aux animaux un apport azoté important, particulièrement en saison sèche, quand les graminées ont un niveau nutritionnel très bas. De plus, le pâturage de ligneux rendrait les dromadaires moins sensibles à la carence en cuivre dans des régions pourtant fortement carencées en cet élément comme la vallée de l'Awash en Ethiopie (Faye *et al.*, 1988).

Species	Location	Ref.			
			<u>Trichodesma zeylanicum</u>	Australia	Newman (in press)
<b>Acanthaceae</b>			<b>Burseraceae</b>		
<u>Duosperma eremophilum</u>	Kenya	Maloiy (1972)	<u>Commiphora africana</u>	Sudan	Leitch (1940)
<b>Aizoaceae</b>			<b>Caesalpiniaceae</b>		
<u>Aizoon zygophylloides</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Bauhinia reticulata</u>	Nigeria	Leitch (1940)
<u>Trianthema crystallina</u>	Somalia	Mares (1954)	<u>B. refescens</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>T. triquetra</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Cassia kotschyana</u>	Nigeria	Leitch (1940)
<b>Amaranthaceae</b>			<u>C. artemisioides</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>Ptilotus atriplicifolius</u>	Australia	Newman (pers. obs.)	<u>C. desolata</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
			<u>C. pleurocarpa</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<b>Anacardiaceae</b>			<u>Tamarindus indica</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Odina barteri</u>	Nigeria	Leitch (1940)	<b>Capparidaceae</b>		
<u>Sclerocarya birroea</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>Boscia elegans</u>	Somalia	Mares (1954)
<b>Apocynaceae</b>			<u>B. octandra</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Carissa diffusa</u>	India	Leitch (1940)	<u>B. senegalensis</u>	West Africa	Whyte (1947)
<u>C. edulis</u>	Sudan	Whyte (1947)	<u>Cadaba rotundifolia</u>	Somalia	Mares (1954)
<u>C. lanceolata</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>C. glandulosa</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Cerbera odollam</u>	India	Leitch (1940)	<u>Capparis aphylla</u>	India	Leitch (1940)
<b>Asclepiadaceae</b>			<u>C. decida</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Leichhardtia australis</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>C. spinosa</u>	Iraq	Leitch (1940)
<u>Leptadenia heterophylla</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>C. tomentosa</u>	Sudan, Nigeria	Leitch (1940)
<u>L. spartum</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>C. mitchellii</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>L. pyrotechnica</u>	Saudi Arabia	Batanouny (1979)	<u>Maerua angolensis</u>	Nigeria	Leitch (1940)
<u>Orthanthera viminea</u>	India	Leitch (1940)	<u>M. crassifolia</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Pergularia laevigata</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>M. somaliensis</u>	Somalia	Mares (1954)
<u>P. tomentosa</u>	Northern Algeria Tunisia	Gauthier-Pilters (1961) Bremaud and Pagot (1962)	<b>Caryophyllaceae</b>		
<b>Balanitaceae</b>			<u>Gymnocarpus decandrum</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Balanites aegyptiaca</u>	Sudan	Leitch (1940) Whyte (1947)	<u>Paronychia arabica</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<b>Bignoniaceae</b>			<u>Polycarpaea repens</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Stereospermum kunthianum</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>Herniaria hirsuta</u>	India	Anon (1947)
<b>Bombacaceae</b>			<b>Celastraceae</b>		
<u>Adansonia digitata</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>Celastrus senegalensis</u>	India	Anon (1947)
<b>Boraginaceae</b>			<u>Gymnosporia senegalensis</u>	Sudan	Leitch (1940) Whyte (1947)
<u>Cordia abyssinica</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>G. spinosa</u>	India	Leitch (1940)
<u>Echium pycnanthum</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<b>Chenopodiaceae</b>		
<u>Heliotropium bacciferum</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>Atriplex halimus</u>	Nth. Africa	Leitch (1940) Le Houérou (1974)
<u>Moltkia ciliata</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)		Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
			<u>A. elachophylla</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
			<u>A. limbata</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
			<u>A. vesicaria</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
			<u>A. verrucifera</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)
			<u>Arthrocnemum glaucum</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)
				Iraq	Leitch (1940)



<u>A. indicum</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>Suaeda fruticosa</u>	Sudan, India Northern Algeria	Leitch (1940) Gauthier-Pilters (1961)
<u>Anabasis aretioides</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)		Nth. Africa Somalia	Le Houérou (1974) Whyte (1947) Mares (1954)
<u>Sclerolaena muricata</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>S. mollis</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>S. andersonii</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>S. monoica</u>	India	Leitch (1940) Anon (1947) Mares (1954)
<u>S. diacantha</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>S. palaestina</u>	Somalia	Le Houérou (1974)
<u>S. lanicuspis</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Traganum nudatum</u>	Nth. Africa Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Corniculata monacantha</u>	Tunisia	Bremaud and Pagot (1962)		Nth. Africa Australia	Le Houérou (1974) Newman (pers.obs.)
	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>Threlkeldia inchoata</u>		
<u>Enchylaena tomentosa</u>	W. Africa	Whyte (1947)			
<u>Haloxylon persicum</u>	Australia	Newman (pers.obs.)			
<u>H. recurvum</u>	Iraq	Whyte (1947)			
<u>H. scoparium</u>	India	Leitch (1940)			
	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)			
<u>H. ammodendron</u>	India	Anon (1947)	Cistaceae		
<u>H. griffithii</u>	India	Anon (1947)	<u>Helianthemum lippii</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Halocnemum strobilaceum</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)			
<u>Hammada salicornica</u>	Iran	de Vos (1976)	Combretaceae		
<u>Maireana astrotricha</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Combretum aculeatum</u>	Sudan, Nigeria	Leitch (1940)
<u>M. scleroptera</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Guirea senegalensis</u>	Nigeria	Leitch (1940)
<u>M. triptera</u>	Australia	Newman (pers.obs.)			
<u>M. planifolia</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	Compositae		
<u>Rhanterium eppapposum</u>	Iraq	Whyte (1947)	<u>Achillea vermicularis</u>	Iraq	Leitch (1940)
			<u>A. falcata</u>	Iraq	Leitch (1940)
Chenopodiaceae (cont'd)			<u>A. santolinoides</u>	Iraq	Leitch (1940)
<u>Salsola foetida</u>	India	Sharma (1977) Leitch (1940) Anon (1947)	<u>Anvillea radiata</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>Atractylis babelii</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
	Somalia	Mares (1954)	<u>Bubonium graveolens</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>S. grasse</u>	Somalia	Mares (1954)	<u>Brocchia cinerea</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>S. kali</u>	Iraq	Leitch (1940)	<u>Centaurea pungens</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
	India	Anon (1947)	<u>C. calcitrapa</u>	Nigeria	Leitch (1940)
<u>S. spinescens</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Chrysanthemum macrocarpum</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>Helichrysum apiculatum</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>S. tetrandra</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)	<u>Helipterum floribundum</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>S. vermiculata</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)	<u>Launaea arborescens</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>S. zygophylla</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)		Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Salicornia arabica</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)	<u>L. glomerata</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Salvadora indica</u>	India, Somalia	Leitch (1940) Peck (1939) Mares (1954)	<u>L. resedifolia</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
		Sharma (1977) Leitch (1940)	<u>Matricaria pubescens</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>S. oleoides</u>	India	Sharma (1977) Leitch (1940)	<u>Ormenis lonadioides</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
	Tunisia	Bremaud and Pagot (1962)	<u>Pearalderia coronopifolia</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>S. persica</u>	Tunisia	Bremaud and Pagot (1962)			
	Sudan	Leitch (1940)			
<u>Schanginia baccata</u>	Iraq	Leitch (1940)			
<u>Seidlitzia rosmarinus</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)			

<u>Pulicaria crista</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Rhanterium adpressum</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Tourneuxia variifolia</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)

Convolvulaceae

<u>Convolvulus erubescens</u>	Australia	Newman (in press)
<u>C. leiocalycinus</u>	India	Anon (1947)
<u>C. spinosus</u>	India	Anon (1947)
<u>C. supinus</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Ipomoea muelleri</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>I. cardiosepala</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Merremia pedata</u>	Somalia Sudan Egypt	Leitch (1940) Leitch (1940) Leitch (1940)

Cruciferae

<u>Brassica campestris</u>	India	Nanda (1963) Leitch (1940)
<u>B. eruca</u>	India	Leitch (1940)
<u>Diplotaxis pitardiana</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Eremophyton chevallieri</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Eruca sativa</u>	Northern Algeria India	Gauthier-Pilters (1961) Leitch (1940) Nanda (1963)
<u>Farsetia aegyptiaca</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>F. hamiltonii</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Foleyola billotii</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Malcomia aegyptiaca</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Matthiola livida</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Morettia canescens</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Savignya parviflora</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Zilla macroptera</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)

Cucurbitaceae

<u>Citrullus lanatus</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
--------------------------	-----------	--------------------

Cyperaceae

<u>Cyperus conglomeratus</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
------------------------------	---------------------	----------------------------

Ehretiaceae

<u>Cordia abyssinica</u>	Sudan	Leitch (1940)
--------------------------	-------	---------------

Euphorbiaceae

<u>Euphorbia tannensis</u> ssp.	Australia	Newman (in press)
<u>eremophila</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>E. drummondii</u>	Australia	Leitch (1940)
<u>Ricinus communis</u>	Nigeria	Leitch (1940)

Fabaceae

<u>Cicer arietinum</u>	India	Leitch (1940)
<u>Dalbergia sissoo</u>	India	Leitch (1940) Anon (1947)
<u>Lathyrus sativus</u>	Australia India	Newman (pers.obs.) Leitch (1940)
<u>Melilotus parviflora</u>	India	Leitch (1940)
<u>Parkia filicoidea</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>Pisum sativum</u>	Nigeria	Leitch (1940)
<u>Trifolium alexandrinum</u>	India	Leitch (1940)
<u>T. resupinatum</u>	Egypt India	Leitch (1940) Leitch (1940)

Frankeniaceae

<u>Frankenia pulverulenta</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
-------------------------------	---------------------	----------------------------

Gnetaceae

<u>Ephedra alata</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
----------------------	---------------------	----------------------------

Goodeniaceae

<u>Goodenia lunata</u>	Australia	Newman (in press)
<u>Leschenaultia divaricata</u>	Australia	Newman (pers.obs.)

Gramineae

<u>Aeluropus repens</u>	Syria	Whyte (1947)
<u>A. litoralis</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Andropogon syrtocladus</u>	Somalia	Leitch (1940)
<u>Kelleri</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Aristida adscensionis</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>A. biglandulosa</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>A. mutabilis</u>	Iran	de Vos (1976)
<u>A. pennata</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>A. plumosa</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>A. pungens</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)

<u>Astrebula pectinata</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>Avena sativa</u>	India	Leitch (1940)
<u>Brachiaria gilesii</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>Cenchrus catharticus</u>	Sudan, Nigeria	Leitch (1940)
<u>C. ciliaris</u>	Australia	Newman (1975)
<u>Chloris virgata</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Chloris virgata</u>	Somalia	Leitch (1940)



<u>Cynodon dactylon</u>	Sudan	Leitch (1940)	Malvaceae		
<u>Dactyloctenium aegyptium</u>	Sudan, Nigeria	Leitch (1940)	<u>Abutilon otocarpum</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>D. radulans</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Sida corrugata</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>Digitaria debilis</u>	Nigeria	Leitch (1940)	<u>Malva parviflora</u>	Iraq, India	Leitch (1940)
<u>Danthonia forskalii</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	Meliaceae		
<u>D. fragilis</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>Melia azadirachta</u>	India	Leitch (1940) Nanda (1963)
<u>Echinochloa colonum</u>	Sudan	Leitch (1940)	Mimosaceae		
<u>Eleusine flagellifera</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>Acacia albida</u>	Sudan, Nigeria	Leitch (1940) Whyte (1947)
<u>Elionurus hirsutus</u>	India	Mathur (1960)	<u>A. aneura</u>	Australia	Williams (1963)
<u>Enneapogon avenaceus</u>	Australia	Newman (pers.obs.)		Australia	McKnight (1976)
<u>E. cylindricus</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>A. cambagei</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>E. polyphyllus</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>A. dictyophleba</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>Enteropogon ruspolianum</u>	Somalia	Leitch (1940)	<u>A. ehrenbergiana</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Eragrostis aspera</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>A. estrophiolata</u>	Australia	Siebert and Macfarlane (1971)
<u>E. tremula</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>A. leucophlloia</u>	India	Leitch (1940)
<u>E. dielsii</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>A. mearnsii</u>	Australia	Leitch (1940)
<u>Imperata cylindrica</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>A. mellifera</u>	Sudan	Leitch (1940) Whyte (1947)
<u>Ischaemum brachyatherum</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>A. modesta</u>	India	Leitch (1940) Anon (1947)
<u>Lasiurus hirsutus</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>A. nubica</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Oryza punctata</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>A. nilotica</u>	India	Leitch (1940) Nanda (1963)
<u>Panicum effusum</u>	Australia	Newman (pers.obs.)			Mathur (1960)
<u>P. turgidum</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>A. polyacantha</u>	India	Leitch (1940)
<u>Paspalidium constrictum</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>A. raddiana</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Pennisetum cenchroides</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>A. kempeana</u>	Australia	Williams (1963)
<u>P. orientale</u>	Somalia	Leitch (1940)	<u>A. senegal</u>	Sudan	Leitch (1940) Whyte (1947)
<u>P. pedicellatum</u>	Nigeria	Leitch (1940)	<u>A. seyal</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>P. typhoideum</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>A. sieberiana</u>	Nigeria	Leitch (1940)
<u>Schoenefeldia gracilis</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>A. tetragonophylla</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>Sorghum vulgare</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>A. tortilis</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>Sporobolus somalensis</u>	Somalia	Leitch (1940)	<u>A. verugera</u>	Sudan	Leitch (1940) Whyte (1947)
<u>Stipa tenacissima</u>	Egypt, Sudan	Leitch (1940)	<u>A. victoriae</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>Tripogon loliiformis</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Albizia lebbek</u>	India	Leitch (1940)
<u>Tragus australianus</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Crotalaria saharae</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Triticum vulgare</u>	India	Leitch (1940)	<u>Dichrostachys cinerea</u>	Sudan	Leitch (1940)
Gyrostemonaceae			<u>Genista saharae</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Codonocarpus cotinifolius</u>	Australia	Leitch (1940)	<u>G. raetam</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
Juncaceae			<u>Prosopis spicigera</u>	India	Leitch (1940)
<u>Juncus maritimus</u>	Syria	Whyte (1947)			
Labiatae					
<u>Marrubium deserti</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)			
Limoniaceae					
<u>Limoniastrum guyonianum</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)			
Loranthaceae					
<u>Amyema maidenii</u>	Australia	Newman (in press)			

<u>P. stephaniana</u>	Iraq	Leitch (1940)	Pistaciaceae		
			<u>Pistacia khinjuk</u>	India	Anon (1947)
Moraceae			Plumbaginaceae		
<u>Ficus gnaphalocarpa</u>	Nigeria	Leitch (1940)	<u>Limonium sinuatum</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>F. indica</u>	India	Leitch (1940)			
<u>F. platyphylla</u>	Nigeria	Leitch (1940)	<u>L. feei</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>F. religiosa</u>	India	Leitch (1940)			
<u>F. thonninga</u>	Nigeria	Leitch (1940)			
<u>Morus alba</u>	India	Leitch (1940)			
Myoporaceae			Polygonaceae		
<u>Eremophila elderi</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Calligonum azel</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>E. longifolia</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>C. comosum</u>	Northern Algeria India	Gauthier-Pilters (1961) Anon (1947)
<u>E. macdonnellii</u>	Australia	Newman (pers.obs.)			
Myrtaceae			<u>Calligonum polygonoides</u>	India	Anon (1947) Mathur (1960) Leitch (1940)
<u>Eucalyptus gamophylla</u>	Australia	Williams (1963)			
Neuradaceae			<u>Muehlenbeckia cunninghamii</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>Neurada procumbens</u>	Sudan	Whyte (1947)	<u>Pteropyrum olivieri</u>	India	Anon (1947)
			<u>Rumex vesicarius</u>	Northern Algeria Australia	Gauthier-Pilters (1961) Newman (pers.obs.)
Nyctaginaceae			Securidaca		
<u>Boerhavia diffusa</u>	India Australia	Leitch (1940) Newman (pers.obs.)	<u>longepedunculata</u>	Nigeria	Leitch (1940)
<u>B. repens</u>	India	Anon (1947)			
Olacaceae			Portulacaceae		
<u>Ximenia americana</u>	Nigeria	Leitch (1940)	<u>Portulaca intraterranea</u>	Australia	Newman (in press)
			<u>P. oleracea</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
Oleaceae			Proteaceae		
<u>Fraxinus xanthoxyloides</u>	India	Anon (1947)	<u>Hakea eyreana</u>	Australia	Siebert and Macfarlane (1971)
<u>Jasminum lineare</u>	Australia	Newman (pers.obs.)			
<u>Olea europaea</u> f. <u>oleaster</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)	<u>Grevillea juncifolia</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>O. cuspidata</u>	India	Leitch (1940) Anon (1947)	<u>G. stenobotrya</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
Palmae			Resedaceae		
<u>Hyphaene thebaica</u>	Sudan	Leitch (1940)	<u>Randonia africana</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
Papilionaceae			<u>Reseda arabica</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>Alhagi camalorum</u>	India	Anon (1947)			
<u>A. maurorum</u>	Iraq, India Nth. Africa	Leitch (1940) Le Houérou (1974)	Rhamnaceae		
<u>Cyamopsis tetragonoloba</u>	India	Leitch (1940) Nanda (1963)	<u>Rhamnus persica</u>	India	Anon (1947)
			<u>Zizyphus jujuba</u>	India	Sharma (1977) Leitch (1940) Mathur (1960) Anon (1947)
<u>Glycine canescens</u>	Australia	Newman (pers.obs.)			
<u>Indigofera georgei</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>Z. lotus</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>I. ruspoli</u>	Somalia	Whyte (1947)			
<u>I. pauciflora</u>	India	Leitch (1940)	<u>Z. nummularia</u>	India	Leitch (1940) Anon (1947) Nanda (1963)
<u>Medicago denticulata</u>	India	Leitch (1940)			
<u>Vigna aconitifolia</u>	India	Mathur (1960) Leitch (1940)	<u>Z. spina-christi</u>	Sudan	Leitch (1940)
<u>V. mungo</u>	India	Leitch (1940)			
<u>Phaseolus vulgaris</u>	Sudan	Leitch (1940)			

<u>Cotoneaster vulgaris</u>	India	Anon (1947)			
<u>Prunus eburnea</u>	India	Anon (1947)			
Rubiaceae					
<u>Feretia canthioides</u>	Nigeria	Leitch (1940)			
<u>Gaillonia reboudiana</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)			
<u>Synaptantha tillaeacea</u>	Australia	Newman (pers.obs.)			
Salicaceae					
<u>Populus euphratica</u>	Iraq	Leitch (1940)			
Santalaceae					
<u>Santalum lanceolatum</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	<u>P. chloranthus</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
Sapindaceae					
<u>Atalaya hemiglauc</u>	Australia	Newman (pers.obs.)	Verbenaceae		
<u>Avicennia officinalis</u> India Leitch (1940)					
<u>Newcastelia spodiotricha</u> Australia Newman (pers.obs.)					
<u>Premna resinosa</u> Sudan Leitch (1940)					
Sapotaceae					
<u>Reptonia buxifolia</u>	India	Leitch (1940) Anon (1947)	Zygophyllaceae		
<u>Fagonia arabica</u> Northern Algeria Gauthier-Pilters (1961)					
Scrophulariaceae					
<u>Antirrhinum ramosissium</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>Nitraria retusa</u>	Syria	Whyte (1947)
<u>Scrophularia saharae</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>Tribulus terrestris</u>	Nigeria, India	Leitch (1940)
Tamaricaceae					
<u>Tamarix aphylla</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)	<u>Zygophyllum album</u>	Australia Somalia	Newman (pers.obs.) Mares (1954)
<u>T. articulata</u>	Sudan	Whyte (1947)		Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)
<u>T. gallica</u>	India	Leitch (1940)	<u>Z. ammophilum</u>	Nth. Africa	Le Houérou (1974)
<u>T. macrocarpa</u>	Iraq, Nth. Africa	Leitch (1940)	<u>Z. aurantiacum</u>	Australia	Newman (pers.obs.)
<u>T. mannifera</u>	Iraq, Nth. Africa	Leitch (1940)		Australia	Newman (pers.obs.)
<u>T. nilotica</u>	Sudan	Whyte (1947)			
<u>T. orientalis</u>	India	Leitch (1940)			
<u>T. petandra</u>	Iraq, Nth. Africa	Leitch (1940)			
<u>T. speciosa</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)			
Tetragoniaceae					
<u>Tetragonia eremaea</u>	Australia	Newman (pers.obs)			
Thymelaeaceae					
<u>Thymelaea microphylla</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)			
Tiliaceae					
<u>Grewia flavescens</u>	Sudan	Leitch (1940)			
<u>G. populifolia</u>	India	Anon (1947)			
Umbelliferae					
<u>Pituranthos battandieri</u>	Northern Algeria	Gauthier-Pilters (1961)			

### 3. Intoxications par les végétaux

#### 3.1. Conditions d'intoxication (Prat, 1993)

En principe, le dromadaire sur pâturage évite les plantes toxiques. Cependant, des accidents peuvent survenir lorsque, par exemple, les animaux ne disposent pas de suffisamment de temps pour pâturer et avalent sans trier. Les dromadaires peuvent également être perturbés par un changement d'environnement : ils ne reconnaissent alors plus les plantes, confondent les plantes dangereuses avec des plantes familières comestibles qui leur ressemblent. Par ailleurs, la nature du sol joue également un rôle, rendant une espèce toxique par endroits et inoffensive ailleurs.

#### 3.2. Les plantes toxiques (Lamnaouer, 1992 ; Prat, 1993)

Cette liste ne saurait être exhaustive, il ne s'agit ici que de quelques exemples d'espèces réputées toxiques pour le dromadaire.

- *Nerium oleander* : le laurier rose
- *Lotus jolyi*
- *Aerva javanica*
- *Euphorbia calyptrata*
- *Calotropis procera*
- *Malva parviflora*
- *Androcymbium gramineum*
- *Cleome brachycarpa*
- *Launea arborescens*, etc...

### Conclusion

Le dromadaire semble <sup>trier</sup> doué pour choisir une alimentation de haute valeur nutritive. Son comportement alimentaire sélectif représente donc une stratégie efficace de survie. Mais le dromadaire semble aussi utiliser efficacement des fourrages réputés peu digestibles pour les autres espèces d'herbivores, se révélant ainsi capable de valoriser des aliments fibreux et de valeur alimentaire en apparence médiocre, et cela, comme on va le voir ensuite, en grande partie grâce aux particularités anatomo-fonctionnelles de son système digestif.

## DEUXIEME PARTIE

# PARTICULARITES DU SYSTEME DIGESTIF DU DROMADAIRE

Le dromadaire appartient à la famille des Camélidés, au sous-ordre des Tylopodes, à l'ordre des Artiodactyles, comme les Ruminants proprement dits. On retrouve donc un certain nombre de caractéristiques morphologiques et physiologiques communes, ainsi qu'un comportement de rumination similaire. Néanmoins, camélidés et ruminants se distinguent sur plusieurs points, au niveau morphologique comme au niveau fonctionnel.

### **1. Description du tractus digestif du dromadaire** (Faye, 1997 ; Lechner-Doll et al., 1989 ; Souilem et al., 1994, Wilson 1988)

#### **1.1. La cavité buccale** (Faye, 1997 ; Prat, 1993)

Le dromadaire dispose d'une lèvre inférieure très mobile, qui a une activité préhensile importante lors de la prise de nourriture. Dans la cavité buccale, les joues sont hérissées sur leur face interne d'odontoïdes longues (2 cm et plus) dirigées vers l'arrière, qui rendent le dromadaire insensible aux épines. Le voile du palais a la particularité de s'extérioriser sous l'effet de l'émission des gaz du rumen, notamment chez le mâle en rut, qui présente alors hors de la bouche un tissu rose et humide, tout en émettant un bruit caractéristique.

On compte 34 dents chez l'adulte : la mâchoire supérieure compte une paire d'incisives, une paire de canines trois paires de prémolaires et trois paires de molaires ; la mâchoire inférieure compte elle trois paires d'incisives, une paire de canines, deux paires de prémolaires et trois paires de molaires. Les incisives et les canines ont une croissance continue, ce qui impose un régime contenant au moins une partie de plantes dures, voire d'os.

Les glandes salivaires du dromadaire et des vrais ruminants ne présentent pas de grandes différences : on retrouve les glandes parotides, mandibulaires, sublinguales, buccales dorsales et ventrales, ainsi que de nombreuses petites glandes réparties sur la langue, la face interne des joues...

#### **1.2. L'œsophage**

Du fait de la longueur du cou, qui influe considérablement sur le comportement alimentaire du dromadaire en lui permettant d'accéder à des végétaux souvent de meilleure valeur nutritive (Boué, 19), l'œsophage est long. Il présente des glandes sécrétoires en grande quantité, qui humectent le bol alimentaire et facilitent ainsi le transit.

L'œsophage débouche directement dans la cavité ruminale (contrairement aux autres ruminants).

### 1.3. Les compartiments gastriques

Le dromadaire, comme les vrais ruminants, est un polygastrique, cependant son estomac se divise en seulement trois compartiments (Heller *et al.*, 1985). (fig. 3)

Le premier compartiment gastrique, équivalent du rumen, est le plus large : environ 1 m sur 60-70 cm, pour une capacité de 100 l environ. Deux sacs de taille inégale se distinguent : un sac crânio-ventral, petit, et un sac dorso-caudal, beaucoup plus volumineux. Deux piliers qui partent du cardia traversent les sacs glandulaires, et la gouttière oesophagienne traverse le premier compartiment (C1), C2, et se termine par un ouverture à l'entrée de C3. La principale particularité anatomique de C1 est la présence de reliefs arrondis de 4-5 cm de diamètre et serrés les uns contre les autres ; ce sont les sacs glandulaires, encore appelés cellules aquifères. Ces sacs, régulièrement alignés et divisés par des cloisons secondaires, sont au nombre de cinquante environ par lobe, et peuvent contenir chacun 200 à 300 cm<sup>3</sup> d'eau. L'entrée de ces sacs est circonscrite par des rubans musculaires jouant probablement le rôle de sphincters, et leur surface interne est recouverte d'une fine muqueuse.

L'épithélium interne du rumen de dromadaire est dépourvu des papilles présentes chez les autres ruminants.

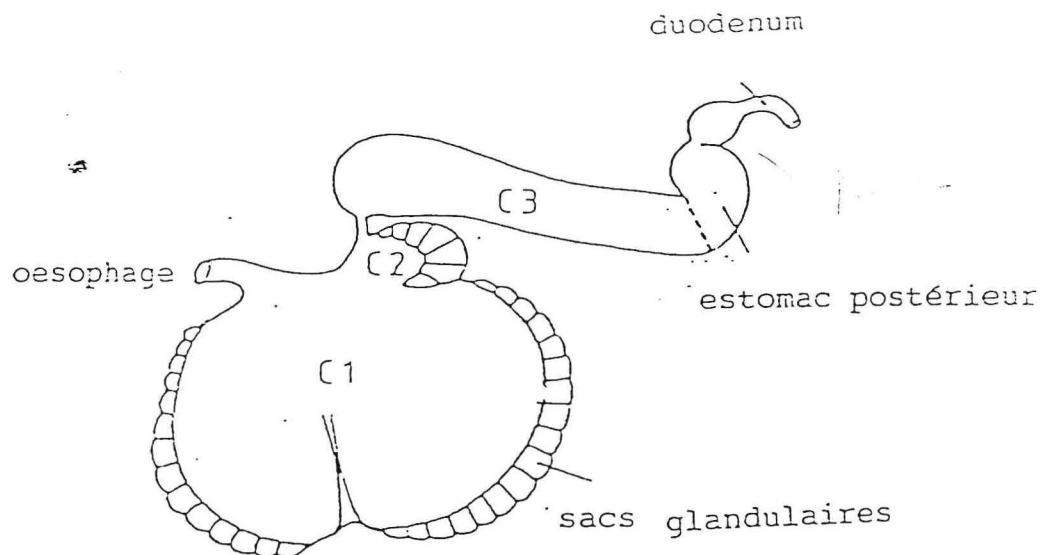
Le deuxième compartiment, ou réseau, n'est que partiellement séparé du rumen, et sa jonction avec C3 est marquée par un rétrécissement étroit. On retrouve des sacs glandulaires analogues à ceux du réseau, mais plus petits et présentant plusieurs cloisons. Ils sont remplis de matières végétales très fines, qui s'évacuent difficilement. Deux types de muqueuses se distinguent dans ce compartiment : une muqueuse aglandulaire de type oesophagien, le long de la petite courbure, et une muqueuse glandulaire au niveau des cellules réticulaires.

Le troisième compartiment est constitué d'une portion tubulaire placée directement après C2 et qui s'étend jusqu'au pylore. Cette portion, "intestiniforme", est composée de trois parties : une partie initiale, fortement dilatée, suivie par une partie longue et rétrécie qui se termine par une zone dilatée à proximité du pylore. Cette dilatation terminale (estomac postérieur) est considérée comme l'équivalent de la caillette proprement dite.

Les deux premières parties sont tapissées d'une muqueuse glandulaire et présentent des plis longitudinaux. L'épaisseur moyenne de la muqueuse à ce niveau est de 26 mm environ, et peut être assimilée à la muqueuse de la région fundique de la caillette. La muqueuse de l'"abomasum" est beaucoup plus épaisse que celle de la partie proximale de C3, et forme de gros plis moins nombreux. Les cellules à mucus (différents de celles retrouvées dans les parties antérieures), les cellules principales, les cellules pariétales, et les cellules endocrines sont semblables à celles retrouvées dans l'estomac des animaux monogastriques. Le faible développement de la "caillette" chez les camélidés semble compensé par l'abondance des structures glandulaires dans les deux premiers compartiments.

Les divers compartiments gastriques du dromadaire présentent dès la naissance des proportions proches de celles observées chez l'adulte. La fermeture non hermétique de la gouttière oesophagienne permet au lait de passer dans les pré-estomacs qui sont fonctionnels dès la naissance.





C1: compartiment 1 (rumen)  
 C2: compartiment 2 (reticulum)  
 C3: compartiment 3

Fig. 8 : représentation schématique des préestomacs du dromadaire (d'après Engelhardt *et al.*, 1986).

#### 1.4. Les intestins et les autres organes digestifs (Faye, 1997 ; Prat, 1993)

Ils ne présentent rien de remarquable. L'intestin grêle mesure environ 40 m de long, le gros intestin 20 m. L'essentiel de l'eau du tube digestif est réabsorbé au niveau du côlon.

Le foie est divisé en trois lobes, et dépourvu de vésicule biliaire. Le canal cholédoque est commun au canal pancréatique unique.

La rate est attachée au côté gauche du rumen, et non au diaphragme comme chez les autres ruminants .

Cf. fig. 9 : topographie des viscères.

TOPOGRAPHIE VISCERALE DU DROMADAIRE

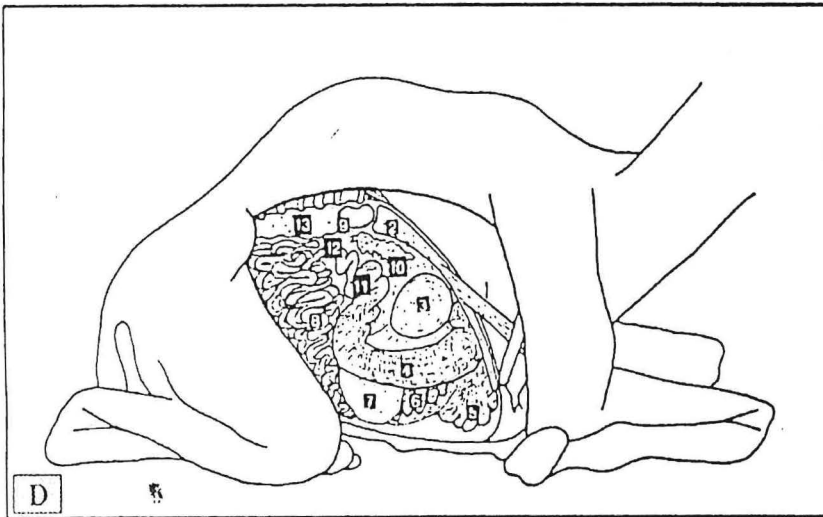
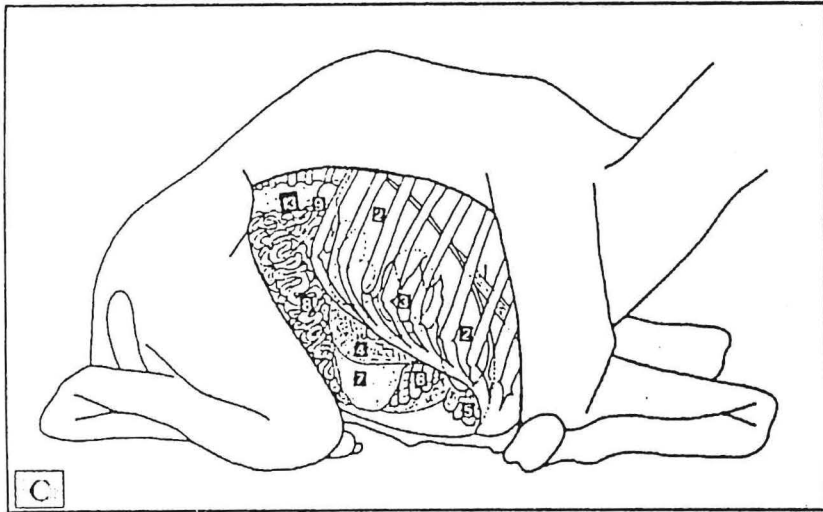


Schéma C :  
Topographie latérale droite des viscères abdominaux, après ablation des muscles des parois thoracique et abdominale

1 : Veine cave caudale; 2: Foie; 3: Deuxième compartiment gastrique; 4: Troisième compartiment gastrique; 5 : Sacs glandulaires crâniens; 6 : Sacs glandulaires caudaux  
7 : Grand omentum; 8 : Intestin grêle; 9 : Rein droit;  
10 : Pancréas;  
11 : Bulbe duodénal  
12 : Duodénum; 13 : Côlon terminal

Schéma D :  
Topographie latérale droite des viscères abdominaux, après section des côtes et de la partie droite du centre tendineux du diaphragme et une partie du foie

TOPOGRAPHIE VISCERALE DU DROMADAIRE

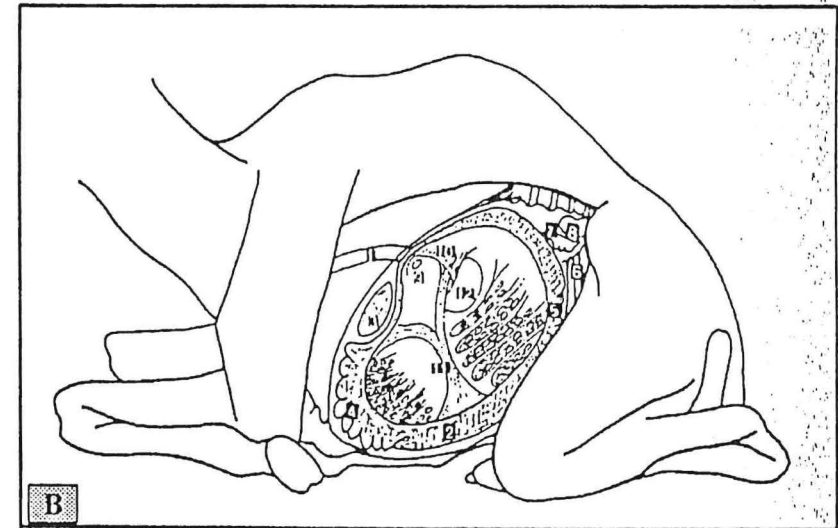
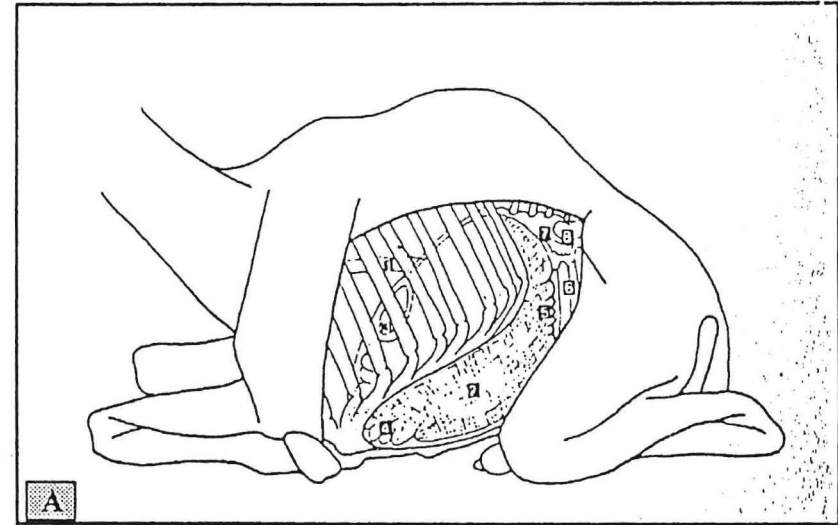


Schéma A :  
Topographie latérale gauche des viscères abdominaux, après résection des muscles des parois thoracique et abdominale

1 : Oesophage; 2: Premier compartiment gastrique; 3: Troisième compartiment gastrique; 4 : Sacs glandulaires crâniens; 5 : Sacs glandulaires caudaux

Schéma B :  
Topographie latérale gauche des viscères, après résection des côtes et de la partie gauche du centre tendineux du diaphragme et préparation de la conformation interne du

6 : Côlon spiral; 7 : Rate; 8 : Rein Gauche; 9 : Cardia; 10 : Sillon gastrique (gouttière oesophagienne); 11 : Pilier transverse  
12 : Orifice de communication entre le premier et le second compartiment gastrique (Orifice rumino-réticulaire)



## 2. *Physiologie digestive* (Lechner-Doll et al., 1989)

### 2.1. *Mastication* (Engelhardt et al., 1982)

Le dromadaire mastique chaque bouchée lentement, surtout s'il y a des épines, épines qui l'obligent parfois à mastiquer la bouche ouverte. Le mouvement des mâchoires se fait de droite à gauche, afin que les dents opposées viennent au contact, la mâchoire inférieure étant plus étroite que la supérieure. Le dromadaire est un mâcheur alternatif, contrairement aux autres ruminants qui conservent le bol alimentaire d'un seul côté de la bouche. Chaque mastication dure environ 1 s.

### 2.2. *Les phénomènes moteurs*

- *Motricité des pré-estomacs* (Heller et al., 1986),

L'activité motrice des pré-estomacs des camélidés, étudiée essentiellement chez le lama, est très différente de celle observée chez les autres ruminants.

Le cycle moteur des pré-estomacs du dromadaire (fig. ) dure en moyenne 5 minutes (pause de 2 à 3 min). Chaque cycle est composé de contractions de type A (séquence A) et de contractions de type B (séquence B). Il commence par une contraction de type A, suivie par plusieurs contractions de type B, et se termine dans la plupart (85 %) des cas par une contraction de type B.

#### - *Séquence A*

Elle débute par une contraction biphasique du canal omasal (portion initiale de l'omasum), puis se poursuit successivement, par une contraction de C2, des sacs glandulaires de C1, du sac dorso-caudal de C1, et se termine par une seconde contraction du canal omasal. La contraction biphasique du canal omasal est séparée par une brève phase de relaxation au cours de laquelle s'effectue la contraction de C2. La portion proximale se contracte avant la portion distale.

#### - *Séquence B*

Elle débute par une contraction du sac ventro-crânial de C1, suivie successivement par la contraction de C2, des sacs glandulaires de C1, et finalement par la contraction du sac dorso-caudal de C1. L'intervalle qui sépare deux contractions de type A, au niveau de C2, est de l'ordre de 10 s. Cet intervalle est de l'ordre de 20 s quand les contractions de type A sont suivies par des contractions de type B. Les sacs glandulaires (riches en fibres musculaires lisses) contenus dans le sac dorso-caudal se contractent environ 2 s avant le sac lui-même. Occasionnellement, une contraction isolée du sac ventro-crânial est observée au cours de la phase de repos. C3 présente une activité contractile continue de type segmentaire et péristaltique, surtout dans sa partie distale.

Cf. fig. 10

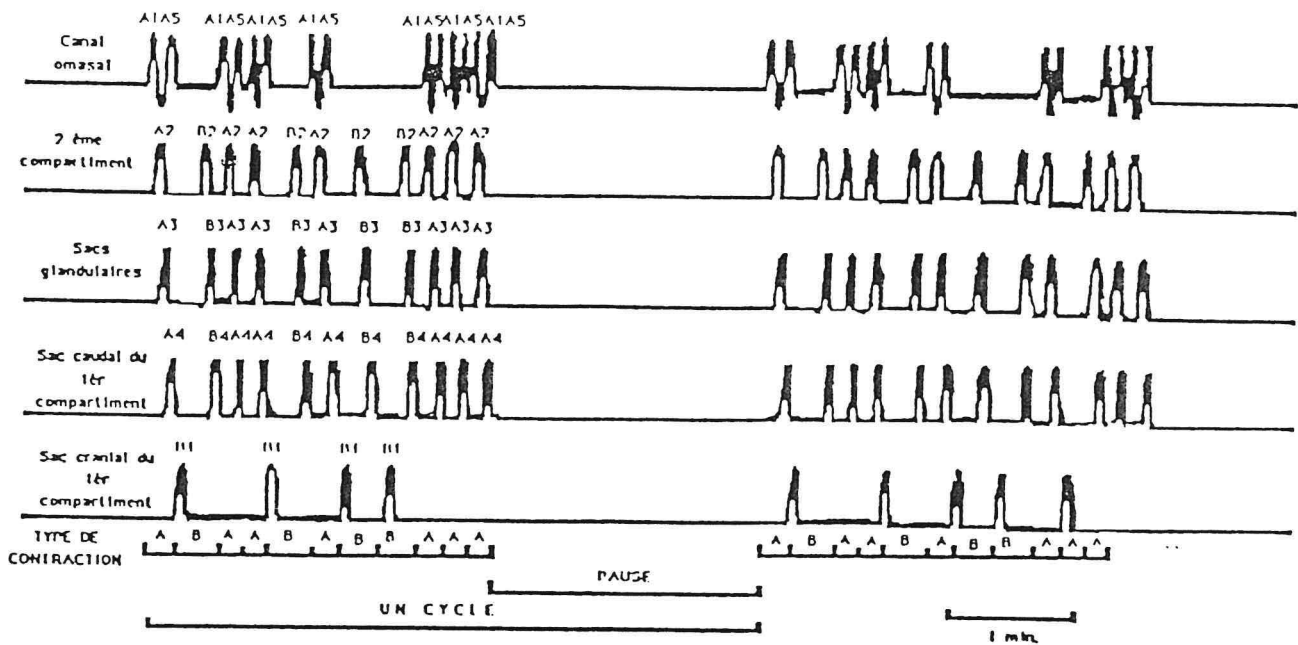


Fig. 10 : Enregistrement des variations de pression accompagnant l'activité motrice des préestomacs du dromadaire. La séquence de contractions de type A et B est indiquée par A1-A5 et B1-B4.

La régurgitation associée à la rumination est observée après la contraction du sac ventro-cranial de C1, ce qui fait remonter le contenu digestif au niveau de la région du cardia. Comme chez les autres ruminants, elle est déclenchée par une inspiration profonde à glotte fermée, qui crée une dépression dans la partie thoracique de l'œsophage. Elle se produit à raison de 3 à 4 fois par cycle. La rumination a lieu surtout la nuit, le pic maximal d'activité étant observé entre 1 h et 6 h du matin. Sa survenue relativement tardive par rapport aux autres ruminants pourrait augmenter l'efficacité de la digestion des aliments fibreux en prolongeant le temps de rétention dans les pré-estomacs. Comme chez les autres ruminants, elle reste en effet le principal facteur permettant la réduction de la taille des particules alimentaires ingérées.

L'éructation, indispensable à l'évacuation des gaz résultant des processus de fermentation dans les pré-estomacs, est liée à la contraction du sac dorso-caudal de C1. Elle se produit 3 à 4 fois par cycle. Pour un même poids, la quantité de gaz évacuée est identique à celle retrouvée chez les bovins. (Engelhardt *et al.*, 1982)

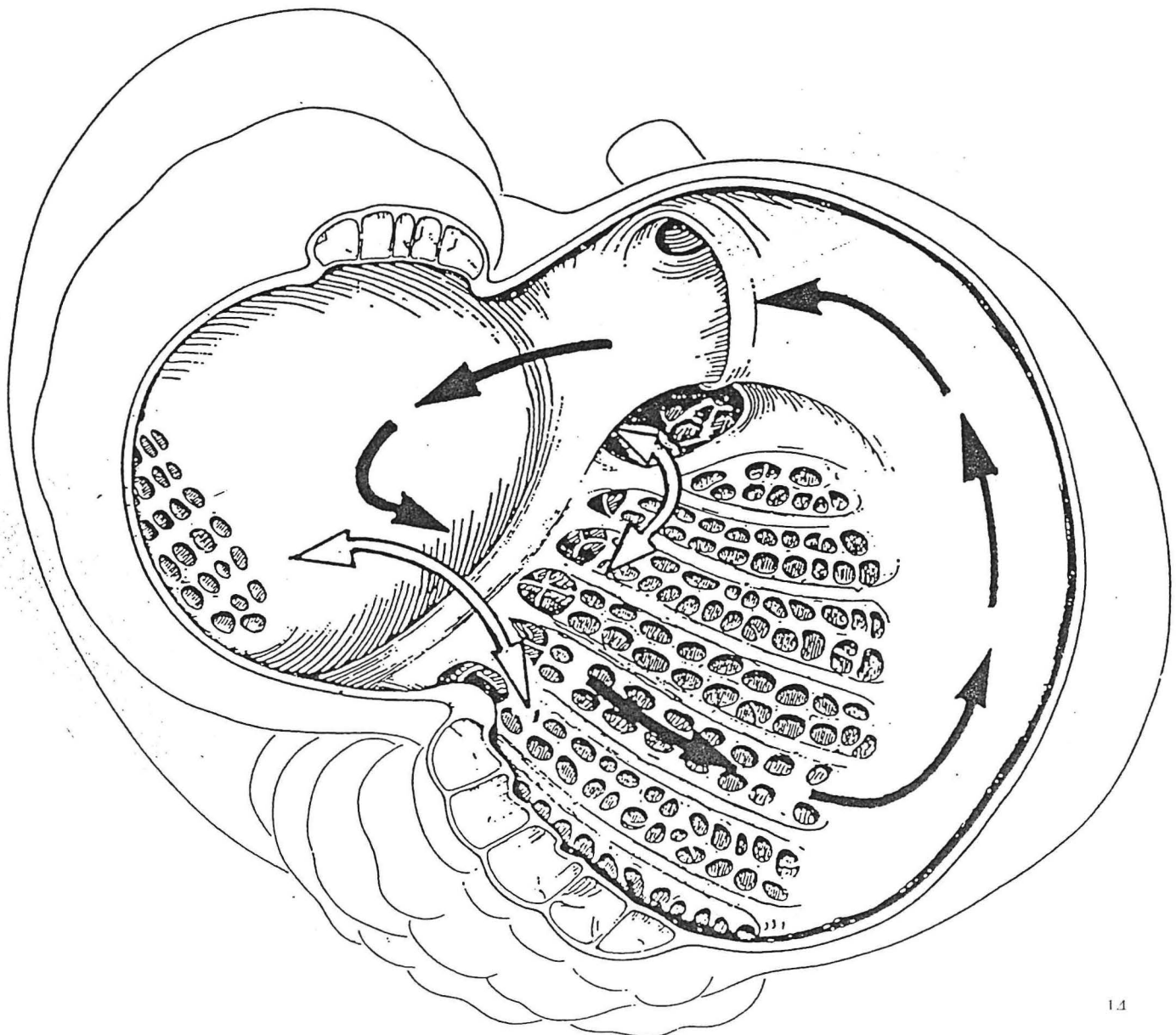
La régulation de la motricité des pré-estomacs présente de grandes analogies avec celle des autres ruminants. Elle est très influencée par le degré de distension de chaque compartiment gastrique, et par des facteurs psychologiques tels que le stress.

La motricité originale des pré-estomacs des dromadaires permet aux particules de grande taille de séjourner plus longtemps au contact des micro-organismes de C1 et C2, assurant une meilleure digestion des constituants pariétaux des aliments peu digestibles.

- **Mouvements du contenu alimentaire**

A la suite de la contraction de C2, le contenu alimentaire est déversé dans le sac dorso-caudal de C1. Quand celui-ci se contracte, une partie du contenu est transférée dans C2, et le reste dans le sac ventro-crânial. Enfin, au cours de la contraction de ce dernier se contracte, le contenu est déversé à nouveau dans le sac dorso-caudal. Les fortes contractions brassent les aliments dans C1, de haut en bas et d'arrière en avant, et le fluide est lentement poussé puis déversé dans les sacs glandulaires où une grande partie de l'absorption se produit ; les sacs glandulaires jouent en quelque sorte un rôle équivalent à celui du feuillet chez les autres ruminants. Le passage des ingestas dans C3 s'effectue seulement quand le canal omasal est dilaté, et au cours de la première contraction de C2. Par la suite, la portion proximale du canal se contracte en totalité pour transvaser son contenu dans C3. Le débit a été évalué à 850 ml/h, soit 17 ml par onde propulsive. (Engelhardt *et al.*, 1982)

Fig. 11 : Mouvements des digesta dans les préestomacs. Flèches noires : circulation lente des particules solides ; flèches blanches : échanges de liquides et de particules de petite taille entre la région ventrale de C1 et C2 et C1 caudal.



- **Temps moyen de rétention** (Heller et al., 1986, Lechner-Doll et al., 1989)

Le temps de rétention des ingestas dans les pré-estomacs est le principal facteur limitant de la digestion des particules alimentaires. Les liquides présentent un temps de rétention significativement inférieur à celui des particules, et ce quelle que soit leur taille. Le temps de rétention est de l'ordre de 10 h chez tous les ruminants, dromadaire compris. Le temps de rétention des liquides est plus important pendant la saison sèche.

Le temps de rétention dans les pré-estomacs des particules solides est fonction de leur taille : 57 h pour les particules de l'ordre de 25 mm, 49 h pour celles de 2 mm. Seules les particules inférieures à 3-5 mm transitent vers la partie distale de l'estomac.

Le dromadaire présente un temps de rétention des particules solides plus élevé que les autres ruminants. Cependant, en saison sèche (végétation de moindre valeur nutritive), ce temps augmente moins significativement chez les camélidés que chez les bovins ; le dromadaire, en effet, sélectionne davantage les plantes pauvres en cellulose et riches en protéines grâce à son long cou et à sa langue très mobile, et, dans ces conditions, les processus de digestion ne sont pas valorisés par un temps de rétention plus long dans les pré-estomacs.

Le dromadaire présente donc un temps de rétention plus long que les autres ruminants en présence d'une alimentation riche en cellulose. Temps de rétention long des aliments solides, et court des liquides au niveau de C1-C2 permettent au dromadaire de digérer de manière optimale des fibres alimentaires riches en lignine.

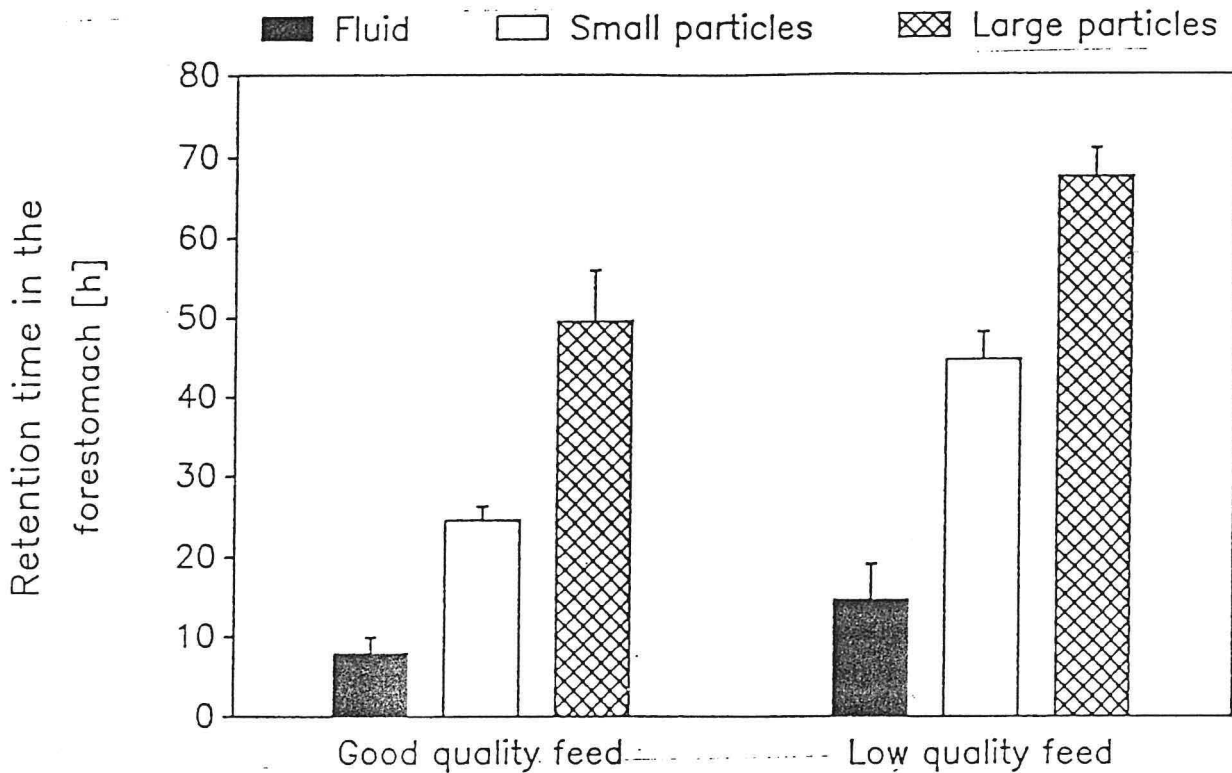


Fig. 12 : retention time of fluid and particles in the forestomach compartments 1 and 2 of camels grazing a green season pasture and fed indoors a fibrous diet *ad libitum* (Heller et al., 1986)

## 2.3. Processus biochimiques

- **La salive** (Engelhardt et al., 1982)

La composition de la salive chez le dromadaire est assez semblable à celle des autres ruminants, bien que plus abondante et plus riche en bicarbonates et en phosphates. Son rôle est identique : humidifier les aliments et apporter ainsi eau et ions alcalins nécessaires à la fermentation.

- **Composition du jus de rumen** (Jouany et al., 1989 ; Kayouli et al., 1990, 1993)

La teneur en eau de C1 est de l'ordre de 87,5 % (81,3 % chez le mouton), et le liquide est légèrement hypotonique par rapport au plasma.

Cette importante teneur en eau facilite la diffusion des produits de fermentation microbienne (acides gras à courte chaîne,  $\text{NH}_3$ ) et leur élimination du milieu microbien, ce qui est un facteur positif pour la prolifération microbienne.

Le pH ruminal passe de 6,7 avant le repas à 6,5 trois heures après, et il continue de diminuer progressivement pendant sept heures. La variation est donc moins brutale que chez le mouton, sans doute parce que la sécrétion de bicarbonates par la salive et les sacs glandulaires assure un pouvoir tampon plus efficace à des valeurs de pH où la cellulolyse est optimale (les effets négatifs de l'amidon sur la cellulolyse ne sont pas observés comme chez les autres ruminants). Le pouvoir tampon du contenu ruminal est par contre plus faible en milieu basique, ce qui explique une sensibilité plus grande aux intoxications par  $\text{NH}_3$ .

La concentration totale en acides gras à courte chaîne (AGCC) est systématiquement plus forte chez le dromadaire que chez le mouton, alors que la concentration en  $\text{NH}_3$  est généralement plus faible dans le rumen, ce qui confère aux paramètres physico-chimiques du contenu ruminal une plus grande stabilité, assurant ainsi une fermentation de meilleure qualité.

Le pH, la concentration en AGCC et les proportions en acides acétique, propionique et butyrique ne diffèrent pas significativement entre dromadaires et zébus soumis à des mêmes conditions d'alimentation.

- **Micro-organismes du rumen** (Engelhardt et al., 1984 ; Farid et al., 1984 ; Jouany et al., 1989 ; Kayouli et al., 1989)

Les bactéries du rumen sont les mêmes chez les bovins et les dromadaires, bien qu'en nombre plus important chez ces derniers :  $10^{12}$ /ml. La flore microbienne du dromadaire semble moins affectée par la déshydratation que celle des ovins.

Les protozoaires sont au nombre de  $10^5$  à  $10^6$ /ml environ, avec une baisse de la concentration après les repas, due à l'effet de dilution et au blocage de leur multiplication à bas pH. Les ciliés du genre *Entodinium* représentent 95 % de la microfaune ruminale, et le dromadaire héberge en plus une population variée de type B (*Epidinium sp.* et *Eudiplodinium sp.*) absente chez le mouton et au pouvoir cellulolytique supérieur.

#### 2.4. **Produits terminaux de la fermentation** (Farid *et al.*, 1984 ; Höller *et al.*, 1989 ; Jouany *et al.*, 1989 ; Kayouli *et al.*, 1989 ; Lechner-Doll *et al.*, 1990 ; Wilson, 1989)

Les produits terminaux de la fermentation gastrique sont presque identiques de ceux des autres ruminants, bien que la concentration en AGCC soit plus forte chez le dromadaire que chez le mouton, et la concentration en  $\text{NH}_3$  plus faible, en relation avec une synthèse microbienné plus importante, ou encore une dégradation moindre des acides aminés (épargne d'azote alimentaire, et apport plus élevé d'acides aminés dans les intestins). Ceci semble constituer un avantage décisif pour le dromadaire dans l'exploitation de rations à faible teneur en azote; le dromadaire semble faire un meilleur usage de l'azote, en réduisant son excrétion dans l'urine, et en limitant la quantité d'azote microbien recyclé dans le rumen.

#### 2.5. **Sécrétion et absorption gastriques** (Farid *et al.*, 1984 ; Kayouli *et al.*, 1989 ; Souilem *et al.*, 1994 ; Wilson 1988)

Les travaux sur l'absorption et la sécrétion gastrique chez le dromadaire sont rares. Ces phénomènes sont mieux connus chez les camélidés du nouveau monde, type lama. C1 et C2 sont pourvus d'un grand pouvoir d'absorption et de sécrétion grâce aux sacs glandulaires, ce qu'on ne retrouve pas chez les autres ruminants, chez lesquels seules les glandes salivaires sont une source d'eau indispensable à la fermentation et de sels alcalins nécessaires à la neutralisation des AGCC. Le taux d'absorption est ainsi 2 à 3 fois supérieur à celui des petits ruminants.

La partie initiale de C3, comme le feuillet des petits ruminants, peut absorber l'eau, les AGCC et le sodium.

L'abomasum est l'estomac sécrétoire ; son épithélium, comme chez les autres mammifères sécrète de l'acide chlorhydrique.

#### 2.6. **Utilisation digestive des aliments** (Farid *et al.*, 1979 ; Gihad *et al.* 1988 ; Jouany *et al.*, 1988)

Les camélidés semblent plus aptes à utiliser et à digérer les glucides pariétaux et à réduire les pertes d'azote urinaire. Les valeurs de digestibilité de la cellulose sont en moyenne de 20 % supérieures chez le dromadaire par rapport au mouton, et l'excrétion d'azote urinaire environ 40 % plus faible.

L'urémie, ainsi que le recyclage de l'urée endogène (fig.) ne présentent pas de différence entre les ruminants, cependant, le dromadaire présente un pouvoir de recyclage largement supérieur, de l'ordre de 74 % contre 46 %. Ce pouvoir est par ailleurs d'autant plus important que la ration est appauvrie en protéines : quand le taux protéique de la ration passe de 13,6 à 6,1 %, il passe de 47 à 68 %, et peut atteindre une valeur de 92 % dans les conditions désertiques. Le pourcentage d'azote recyclé est augmenté chez la femelle gestante, et les pertes urinaires d'azote fortement réduites en période de jeûne hydrique prolongé.

La grande capacité du dromadaire à recycler l'urée endogène semble s'expliquer par la réduction de l'excrétion urinaire et la capacité du recyclage du tractus gastro-intestinal.

L'importance de la réabsorption rénale n'est pas uniquement fonction de la teneur en azote de la ration ; elle dépend aussi des apports énergétiques qui, lorsqu'ils sont suffisants, permettent une meilleure utilisation de  $\text{NH}_3$  par les micro-organismes du rumen, ce qui limite les quantités d'urée sanguine. De plus, la réponse des reins à une urémie sanguine élevée suite à un



régime riche en azote dégradable mais carencé en énergie, nécessite une longue période d'adaptation, de l'ordre de 10 semaines, pendant lesquelles les pertes d'azote dans les urines risquent d'être importantes.

La concentration d'urée dans la salive est corrélée à l'urémie sanguine ; la salive constitue ainsi également une voie de recyclage de l'urée.

La perméabilité des parois du rumen à l'urée est fonction de la concentration et de la nature des AGCC, ainsi que de la teneur en  $CO_2$ . De fortes concentrations augmentent cette perméabilité, le butyrate ayant les effets les plus puissants.

Ainsi, lorsque l'apport azoté alimentaire limite la synthèse microbienne, mais que l'apport énergétique est suffisant, l'azote de l'urée endogène induit une activité bactérienne supplémentaire entraînant une synthèse accrue de protéines ensuite digérées dans l'intestin.

De la même façon, l'azote  $NH_3$  peut être converti en protéines microbiennes dans le gros intestin, mais l'absorption est négligeable à ce niveau chez le dromadaire. Cependant, comme l'élimination de l'azote sous forme de protéines nécessite moins d'eau que sous forme d'urée dans les urines, la voie fécale d'élimination est avantageuse pour des animaux vivant dans des conditions désertiques, puisque limitant les pertes hydriques.

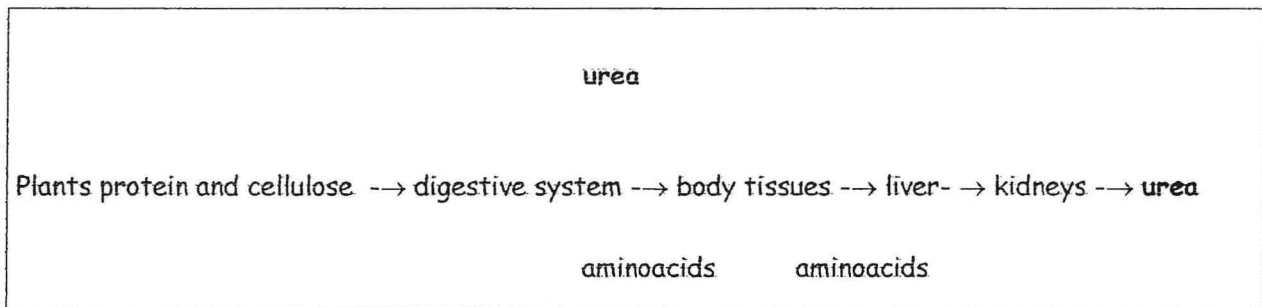


Fig. 13 : Recyclage de l'urée chez le dromadaire.

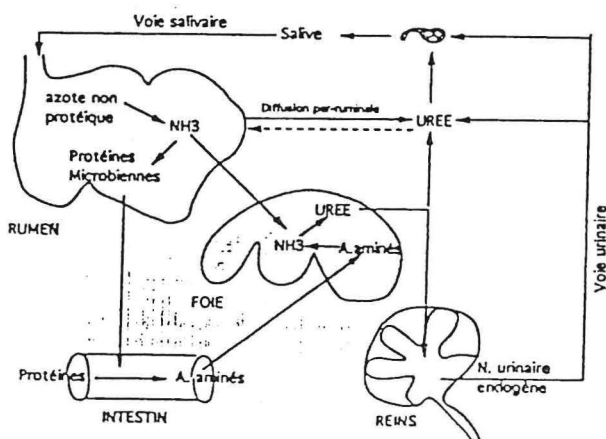


Fig. 14 : Schéma simplifié des principales voies de recyclage de l'urée chez les ruminants.

Le dromadaire apparaît donc comme un "professionnel" du recyclage, ce qui en fait un animal "économe" dans un milieu où les ressources sont rares, et qui lui permet de tolérer un certain déficit en eau et en nutriments, déficit au-delà duquel ne manqueront cependant pas d'apparaître diverses carences.

## TROISIEME PARTIE

### L'ADAPTATION A LA SOUS-ALIMENTATION ET SES LIMITES

Le dromadaire, réputé pour sa légendaire sobriété, peut se contenter d'une nourriture parfois frugale en faisant appel à ses réserves. Toutefois, si exemplaire qu'elle soit, sa tolérance d'un régime alimentaire déficitaire présente des limites au-delà desquelles on note l'apparition de carences.

Nous traiterons ici en parallèle les mécanismes d'adaptation à un apport insuffisant d'éléments nutritifs et les carences qui peuvent en découler.

#### 1.1. Adaptation à la sous-nutrition énergétique (Faye, 1997)

Un stockage de lipides de réserve est réalisé dans la bosse, le gras périrénal et les muscles, en "prévision" de périodes de disette. La bosse peut ainsi peser de 0 à 90 kg. Un dromadaire de 750 kg disposerait ainsi de 150 kg de lipides, dont le catabolisme lui fournirait l'énergie nécessaire à 8 jours (dromadaire déshydraté) ou 4 jours (femelle en lactation normalement alimentée) d'entretien (3 kg de lipides apportent 160 MJ d'énergie mobilisable).

Le métabolisme énergétique est différent des ruminants vrais, chez lesquels seule une faible production de glucose est assurée, les besoins énergétiques étant essentiellement couverts par la production d'acides gras : la glycémie du dromadaire est de l'ordre de 1 g/l, valeur proche de ce qui est observé chez les monogastriques.

De plus, le foie et les reins assurent une néoglucogenèse active, ce qui lui permet de maintenir une glycémie presque normale en cas de privation de nourriture. Chez les ruminants, la prise de nourriture, et surtout le jeûne se traduisent par une cétogenèse importante, avec accumulation dans le sang de corps cétoniques comme le 3-hydroxybutyrate qui peuvent, en cas de privation de nourriture prolongée ou d'ingestion insuffisante (exemple de la vache laitière en début de lactation) conduire à des troubles sanitaires graves (acétonémie ou cétose). Chez le dromadaire, la cétogenèse est faible en toutes circonstances : le butyrate absorbé par l'animal au cours du cycle de transformation des AGV est directement utilisé par le rein comme source d'énergie, et par le tissu adipeux comme précurseur de la synthèse des acides gras.

#### 1.2. Adaptation à la sous-nutrition azotée (Faye, 1997)

Comme nous l'avons vu précédemment, le dromadaire sélectionne sa nourriture, et choisit ainsi des végétaux riches en matières azotées.

D'autre part, le recyclage de l'urée, associé à celui de l'eau permet de récupérer jusqu'à 90 % de l'urée endogène.



Un déficit en azote se traduit rapidement par une chute de la production ou par une modification de la qualité des productions. Un déficit plus marqué peut amener des troubles graves bien connus chez les animaux (amaigrissement pouvant aller jusqu'à la mort) (Rivière, 1991).

### 1.3. Adaptation à la sous-nutrition minérale

Le plus souvent, les besoins en minéraux sont couverts par le régime naturel des dromadaires élevés en système extensif. En l'absence de plantes salées, les animaux sont conduits à la cure salée, qui a lieu à différents moments de l'année, et qui permet la consommation de nourriture, de terre, d'eau riches en sel.

Une affection courante en Afrique du Nord, le "krafft", est causée par un désordre métabolique dû à un déséquilibre du rapport Ca/P (Wilson, 1988). Prat (1993) l'appelle kraff et une des manifestations de cette affection serait l'apparition de boiteries. Il s'agit d'une pathologie enzootique observée chez les adultes, qui entraîne des lésions d'arthrite, un épaissement des membranes synoviales et des exostoses périarticulaires. Les articulations du dos sont lésées et l'animal tient sa queue horizontalement. Le dromadaire boite de manière non caractéristique et présente des difficultés à barraquer. Les symptômes évoluent en trois phases:

- 1) pica intense
- 2) apparition de troubles ostéo-articulaires
- 3) phase de paralysie : l'état général de l'animal est médiocre ; le poil terne, facile à arracher ; la bosse est diminuée ; anorexie ; température normale ou abaissée ; asthénie ; apparition d'œdèmes déclives. L'animal meurt en une semaine à un mois.

D'autres carences peuvent être observées : carence en sodium responsable de nécrose cutanée et de boiteries, carence en magnésium pouvant être incriminée dans le syndrome du chamelon contracté et dans certains phénomènes d'hyperexcitabilité avec trémulations musculaires chez des dromadaires fournissant de gros efforts au travail (Prat, 1993).

Les principales manifestations des carences minérales en minéraux chez les ruminants sont rassemblées sur la figure 15.

# Principales manifestations cliniques des carences minérales chez les ruminants

Troubles	de la Reproduction	des Productions	Locomoteurs	Cutanés	Autres
Ca		croissance ralentie lactation réduite	boiterie chronique articulations douloureuses (rachitisme - jeune) ostéomalacie (laitière)		fièvre de lait (hypocalcémie <i>post-partum</i> )
P	anoestrus, infertilité retard de puberté et maturité sexuelle	croissance ralentie lactation réduite mauvaise efficacité alim.	ostéomalacie (laitière)		pica, perte d'appétit anémique
Mg	rétenion placentaire infertilité	croissance ralentie lactation réduite	tétanie hypomagnésique boiterie (déméralisation)		sensibilité aux infections calcification des tissus mous lithiase calcique
K		croissance ralentie lactation réduite mauvaise efficacité alim.		poil terné	perte d'appétit pica, polyurie-polydipsie anomalies cardiaques
NaCl	infertilité	croissance ralentie lactation réduite mauvaise efficacité alim.	tremblements station debout hésitante	pelage rêche poil terné	pica, perte d'appétit polyurie-polydipsie morbidité accrue
Cu	infertilité anoestrus retard de puberté	croissance ralentie lactation réduite	boiterie (rachitisme) articulations douloureuses ataxie enzootique (OV)	poils décolorés laine fil de fer (OV)	diarrhée, anémie faiblesse cardiaque rupture vasculaire
Zn	atrophie génitale anoestrus rétenion placentaire stérilité du mâle	croissance ralentie lactation réduite mauvaise efficacité alim.	articulations douloureuses et gonflées déformations osseuses ataxie (tr. oreille interne)	parakératose et dépilation défectuosité de la corne eczéma suintant (onglons puants)	perte d'appétit (jeune) retard de cicatrisation salivation abondante sensibilité aux infections
Mn	atrophie génitale anoestrus oestrus retardé infertilité		articulations douloureuses rétraction tendineuse (jarret droit) raccourcissement os long		
Se	rétenion placentaire morbidité néonatale mortalité embryonnaire infertilité	susceptibilité accrue aux mammites	myodystrophie myopathie raide (OV) fibrolipomatose		dyspnée atteinte myocardique dégénérative diarrhée chronique
I	avortement, mortinatalité rétenion placentaire mortalité embryonnaire infertilité, anoestrus absence de libido (mâle)	croissance ralentie (asthénie) lactation réduite		absence de poil (avorton et nouveau-né) follicules pileux atrophiés	goître
Co	infertilité	marasme enzootique croissance ralentie et dysharmonieuse		poil piqué, cassant	anémie, pica, perte d'appétit surparasitisme, cachexie larmolement

## 1.4. Adaptation au déficit hydrique

La réputation du dromadaire en matière de résistance à la déshydratation n'est plus à faire : en effet, la gestion de l'eau est assurée de manière efficace chez celui-ci, grâce à une adaptation physiologique, anatomique et comportementale. Cependant, ces capacités diminuent avec le stress, ou lorsque l'animal travaille. Nous ne nous étendrons pas ici sur les différents mécanismes d'adaptation au déficit hydrique, ceux-ci n'étant pas limités à la seule fonction vitale qui nous intéresse ici, l'alimentation. Citons tout de même en exemple la capacité qu'a le dromadaire de faire varier sa température interne, jusqu'à 7 °C au cours d'une seule journée ; la température augmente le jour, et l'évacuation de "l'excès" de chaleur pendant la nuit plus froide entraîne des pertes hydriques moindres par transpiration ou hyperventilation. Tous ces mécanismes permettent au dromadaire de rester 4 à 7 jours sans boire, voire jusqu'à plusieurs mois si sa nourriture est par ailleurs riche en eau.

Par ailleurs, l'estomac représente un important réservoir hydrique, dans lequel l'eau est recyclée, ce qui assure un passage toujours fluide des ingestas et permet ainsi au dromadaire de conserver son appétit, même déshydraté.

Lorsqu'elle survient, la déshydratation est tolérée par le dromadaire jusqu'à une diminution de 30 % de son poids vif ; 90 % peuvent alors être bus ensuite en très court laps de temps. (Wilson, 1988).

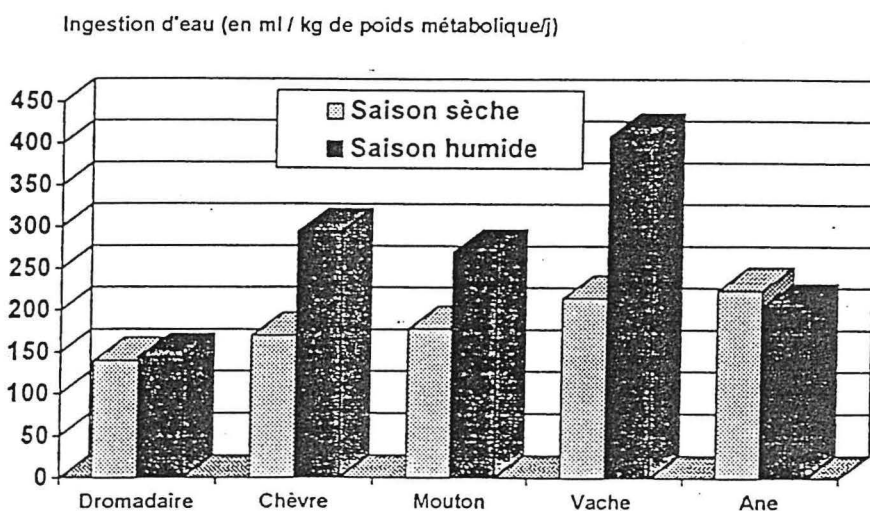


Fig. 16 : Consommation d'eau selon la saison chez différentes espèces d'herbivores domestiques...

En fait, le dromadaire survit en dépit de conditions parfois franchement défavorables par un jeu d'utilisation-reconstitution des réserves : ses réserves de graisse lui permettent de surmonter une période de disette transitoire, un état de déshydratation parfois important peut être compensé par une consommation impressionnante d'eau lorsque le dromadaire y a accès...

Néanmoins les états carenciels existent bel et bien dès que les besoins du dromadaire ne sont pas couverts, besoins dont nous allons à présent donner les valeurs.

## QUATRIEME PARTIE

### BESOINS NUTRITIONNELS DU DROMADAIRE

#### 1. Besoins énergétiques et azotés du dromadaire

##### 1.1. Besoins d'entretien

Les données concernant les besoins nutritionnels du dromadaire sont rares. Nous nous appuyons ici sur les travaux de Wilson (1988), Wardeh *et al.* (1990), Guerouali (1997) et Kamoun (1994).

Seul Guerouali explique sa méthode de détermination des besoins protéo-énergétiques du dromadaire par la technique de la calorimétrie indirecte (mesure des gaz respiratoires) : l'énergie retenue par l'animal représente la différence entre l'énergie métabolisable de la ration (énergie ingérée moins les pertes par les fèces - énergie digestible -, l'urine et les gaz) et l'énergie dissipée sous forme de chaleur. Wilson reconnaît s'être appuyé sur des données déjà existantes dans la littérature, mais qui, d'après lui, semblent avoir fait leurs preuves.

Les besoins d'entretien correspondent aux besoins de "base", auxquels s'ajoutent ceux requis par les déplacements effectués à la recherche de nourriture.

Guerouali (1997) estime les besoins énergétiques d'entretien à  $310 \text{ kJ/kg}^{0,75}$  d'énergie nette, c'est-à-dire environ 1,2 Unité Fourragère (UF) par 100 kg de poids vif du dromadaire. Ces valeurs doivent être majorées d'environ 20 % dans le cas de dromadaires en déplacement quotidien, pour tenir compte des dépenses énergétiques liées à l'activité musculaire. Les besoins en azote sont estimés à 2,6 g de protéines digestibles par  $\text{kg}^{0,75}$ , soit 90 g de protéines brutes par 100 kg PV de l'animal. Les besoins protéiques sont donc plus faibles que ceux des autres ruminants, compte-tenu d'un recyclage plus important de l'urée.

Les besoins quotidiens d'entretien en énergie nette et en protéines digestibles en fonction du poids métabolique sont présentés dans le tableau 1, et leur évolution en fonction du poids vif de l'animal est illustrée figure 16. (Faye, 1997)

Wardeh *et al.* (tableau Ibis) fournissent des résultats à peu près semblables en matière de besoins azotés : 2,7 kg de protéines brutes par  $\text{kg}^{0,75}$ , mais les valeurs des besoins énergétiques diffèrent : 104 kcal (= 435 kJ) d'énergie métabolisable par  $\text{kg}^{0,75}$ . Eux aussi recommandent de majorer ces résultats si l'animal marche ou travaille de 2 à 4 h dans la journée ; + 25-40 % pour les besoins énergétiques, + 5 % pour les besoins azotés.

Wilson (1988) fournit des valeurs des besoins d'entretien du dromadaire encore plus grandes (tableau 1c).

Les différences de résultats quant aux besoins en énergie peuvent peut-être s'expliquer par l'utilisation de protocoles moins précis.

POIDS VIF		ENERGIE NETTE		PROTEINES DIGESTIBLES
KG	KG <sup>0,75</sup>	(MJ/j)	(UF/j)	(g/j)
200	53,2	16,5	2,1	144
250	62,9	19,5	2,5	169
300	72,1	22,4	2,9	195
350	80,9	25,1	3,2	218
400	89,4	27,7	3,6	241
450	97,7	30,3	3,9	264
500	105,7	32,8	4,2	285
550	113,6	35,2	4,5	307
600	121,2	37,6	4,8	327

Tab. 1a : Besoins d'entretien du dromadaire. (Guerouali, 1997)

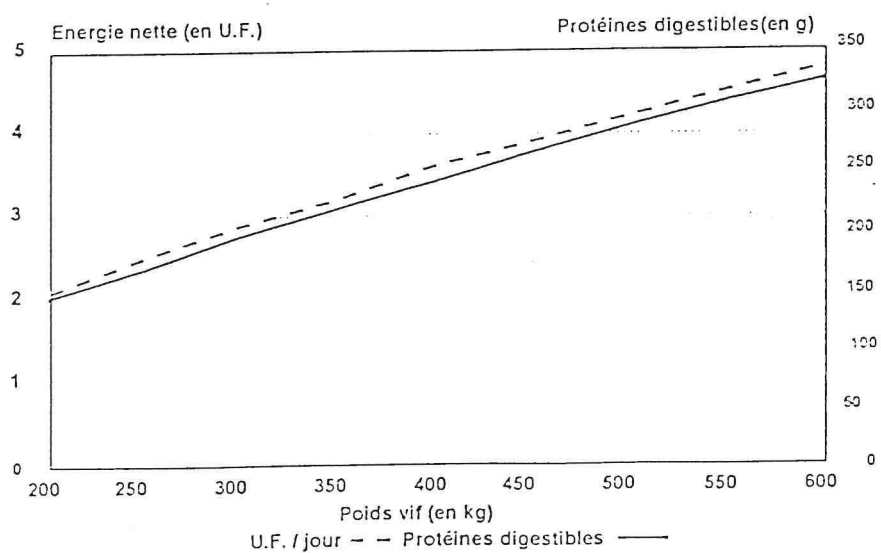


Fig. 17 : Evolution des besoins d'entretien quotidiens en énergie et en protéines en fonction du poids vif (Faye, 1997).

BODY WEIGHT		REQUIREMENTS*		
KG	KG <sup>0.75</sup>	DRY MATTER (KG)	METABOLIZABLE ENERGY (MEBACALORIES)	DIRESTIBLE PROTEIN (GRAMS)
200	55.2	2.50	5.53	144
250	62.9	2.96	6.54	169
300	72.1	3.39	7.50	195
350	80.9	3.80	8.42	218
400	89.4	4.20	9.30	241
450	97.7	4.59	10.16	261
500	105.7	4.97	11.00	285
550	113.6	5.34	11.81	307
600	121.2	5.70	12.61	327

Tab. 1b : The daily energy and protein requirements of camels for maintenance. (Wardeh *et al.*, 1990)

Calculations were based on the following:

- energy concentration is not less than 2,1 kcal ME/kg dry matter.
- Energy requirements : 104 kcal ME/kg<sup>0,75</sup>.
- Protein requirements : 2,7 kg DP/kg<sup>0,75</sup>.
- Energy and protein requirements for maintenance increase by 25-40 %, respectively when camel graze or work for 2 to 4 hours/day.

Function and animal class and weight	Daily requirements	
	Energy MJ ME	Protein g DCP
Maintenance		
500 Kg. male or castrate	54	300
400 Kg. breeding female	45	260
300 Kg. «average» camel at MPW	36	210
Milk production		
1 litre milk	5	50
Work		
1 hour work 500 Kg. draft or pack animal	8-2	probably none

Source: WILSON, 1984

Tab. 1c : Probable energy and protein requirements of camels performing various functions.

## 1.2. Besoins de croissance et d'engraissement

Les besoins énergétiques des dromadaires en croissance ou à l'engraissement varient avec le taux et la composition du gain de poids quotidien. D'après Guerouali, les recherches en métabolisme énergétique ont montré qu'un gain de 100 g par jour nécessite un apport de 4 MJ d'EM en plus des besoins d'entretien. Le coefficient d'utilisation de l'EM pour la croissance est de l'ordre de 61 % ( $k_f = 0,61$ ), ce qui signifie que, lorsqu'un dromadaire en croissance reçoit, en plus de la réponse à ses besoins d'entretien, 100 kJ d'EM, environ 61 kJ sont retenus par les tissus, et 39 kJ dissipés sous forme de chaleur. Ce coefficient de rendement énergétique est plus élevé que celui des bovins (42 %) ou des ovins (56 %). Pour une croissance de 100 g par jour, il faut donc apporter 2,4 MJ ou 0,3 UF d'énergie nette, en plus de la ration d'entretien. Les besoins de croissance et d'engraissement en énergie nette et en protéines digestibles sont rapportées dans le tableau 2.

Wardeh *et al.* rapportent des résultats identiques quant aux besoins protéiques, et très proches quant aux besoins énergétiques.

Tab. 2 : Besoins de croissance et d'engraissement en énergie nette et en protéines digestibles en fonction du poids vif et du taux de croissance de l'animal. (Guerouali, 1992)

POIDS VIF		GAIN (g/J)	ENERGIE NETTE		PROTEINES DIGESTIBLES
(2) KG	( $0,75$ ) KG <sup>0,75</sup>		(MJ/j)	(UF/j)	(g/j)
100	31,6	250	14,6	1,9	195
		500	16,5	2,1	249
		750	19,5	2,5	304
200	53,9	250	22,6	2,9	285
		500	25,6	3,3	340
		750	29,9	3,8	394
300	72,1	250	29,9	3,8	345
		500	34,2	4,4	400
		750	39,0	5,0	454
400	89,4	250	36,0	4,6	378
		500	41,5	5,3	433
		750	47,6	6,1	488
500	105,7	250	42,1	5,4	386
		500	48,2	6,2	440
		750	54,9	7,0	495

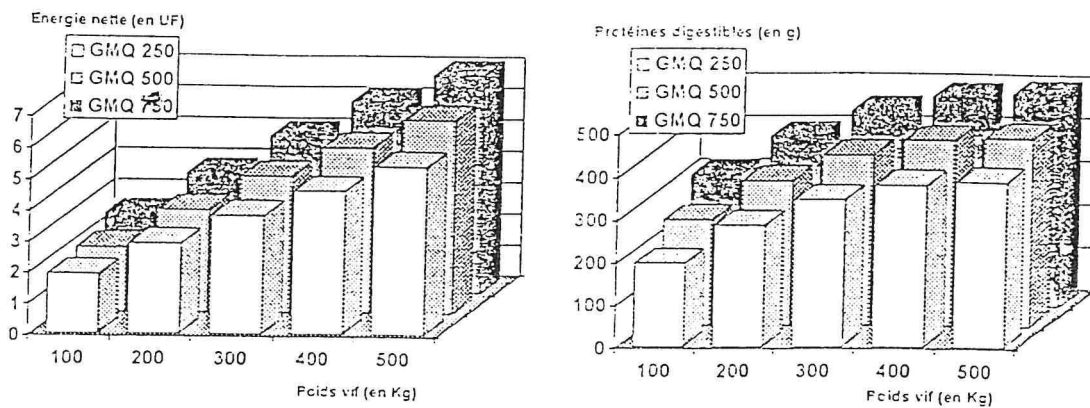


Fig. 18 : Evolution des besoins de croissance quotidiens en énergie nette et en protéines en fonction du poids vif et du GMQ (Faye, 1997).

### 1.3. Besoins de gestation

La gestation de la chamelle dure de 12 à 13 mois. Pendant les 8 premiers mois, on ne tient compte que des besoins d'entretien ; puis les besoins d'entretien en énergie nette doivent être majorés de 25 % durant le neuvième et le dixième mois, et de 50 % du onzième mois au part. Les besoins en protéines digestibles sont estimés à une valeur moyenne de 26 g PD/4,18 MJ d'EN de la ration. Les besoins de gestation en EN et en PD en fonction du poids vif de la chamelle sont présentés dans le tableau 3 (Guerouali, 1991).

Wardeh (1990) cite des résultats de même ordre de grandeur.

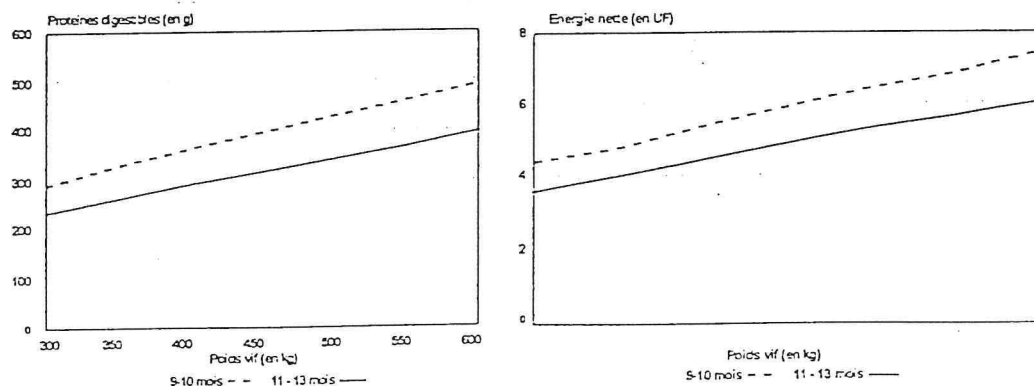


Fig. 19 : Evolution des besoins quotidiens de gestation en protéines et en énergie nette en fonction du poids vif.



Tab. 3 : Besoins en énergie nette et en protéines digestibles de la gestation en fonction du poids vif de la chamelle (Guerouali, 1992).

POIDS VIF		ENERGIE NETTE		PROTEINES DIGESTIBLES
KG	KG <sup>0.75</sup>	(MJ/j)	(UF/j)	(g/j)
<u>LE 9ème ET LE 10ème MOIS DE GESTATION</u>				
300	72,1	28,1	3,6	234
350	80,9	31,4	4,0	263
400	89,4	34,9	4,5	290
450	97,7	37,9	4,9	317
500	105,7	41,2	5,3	343
550	113,6	44,0	5,6	368
600	121,2	47,3	6,0	393
<u>DU 11ème MOIS JUSQU'A LA PARTURITION</u>				
300	72,1	34,2	4,4	292
350	80,9	37,7	4,8	328
400	89,4	42,5	5,4	363
450	97,7	45,5	5,9	396
500	105,7	50,2	6,4	429
550	113,6	52,8	6,8	462
600	121,2	57,6	7,4	492

#### 1.4. Besoins de lactation

Le lait de la chamelle contient 13 à 13,4 % de matière sèche, 4,15 à 4,33 % de lipides, 3,4 à 4 % de protéines, 4,2 à 4,5 % de lactose et 0,7 à 0,8 % de matières minérales. Pour produire 1 kg de lait (4 %), la chamelle a besoin de 5,02 MJ d'EM, et de 55 g de PD. Le coefficient d'utilisation de l'EM pour la lactation est de 70 %, soit un rendement supérieur à celui observé

chez la vache. Pour produire 1 kg de lait, la chamelle doit donc recevoir en plus de sa ration d'entretien 3,5 MJ d'EN ou 0,45 UF, et 55 g de PD. Les besoins quotidiens en EN et en PD de chamelles produisant 5 kg de lait (4 %) sont présentés dans le tableau 4 (Guerouali, 1991).

Ici encore, les résultats de Wardah *et al.* sont comparables, bien qu'exprimés en EM.

Pour Wilson (1988), 1 l de lait nécessite autant d'énergie que 10 % des besoins d'entretien en énergie, et autant de protéines que 20 % des besoins d'entretien en protéines (femelle de 400 kg), ce qui équivaut aux mêmes valeurs que précédemment : 5 MJ EM et 50 g PD pour 1l. Par ailleurs, pour lui, il est impossible de prétendre à des productions de l'ordre de 15 kg sans recourir à une complémentation de la ration.

Tab.4 : Besoins quotidiens en énergie nette et en protéines digestibles des chamelles en lactation produisant 5 kg de lait (4 %). (Guerouali, 199?)

POIDS VIF		ENERGIE NETTE		PROTEINES DIGESTIBLES
KG	KG <sup>0.75</sup>	(MJ/j)	(UF/j)	(g/j)
300	72,1	40,0	5,2	470
350	80,9	42,7	5,5	493
400	89,4	45,3	5,9	516
450	97,7	47,9	6,2	540
500	105,7	50,4	6,5	560
550	113,6	52,8	6,8	582
600	121,2	55,2	7,1	602

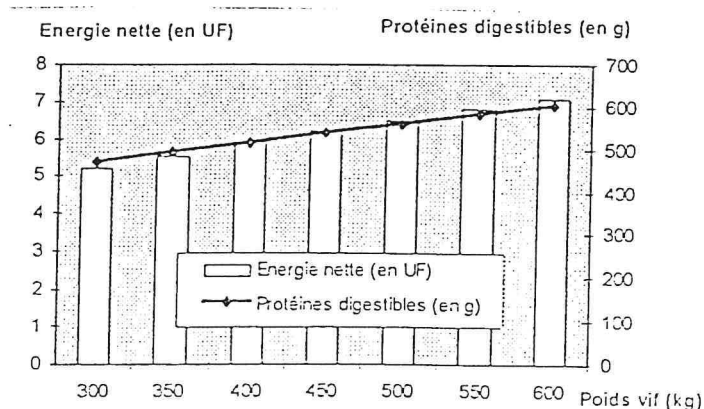


Fig. 20 : Evolution des besoins de lactation quotidiens en énergie et en protéines en fonction du poids vif (Faye, 1997).

	Requirement	
	Energy MJ ME	Protein g DCP
Daily maintenance	45	260
1 litre milk	5	50
Daily requirement for maintenance plus peak yield of 15 litres milk	90	1,010
Annual requirement for one female for maintenance plus lactation yield of 1500 litres milk	23,925	169,900
Average annual requirement for breeding female assuming 50 per cent reproduction rate	20,175	132,400

Source: WILSON, 1984

Tab. 4b : Besoins en énergie et en protéines pour un dromadaire femelle de 400 kg PV.

### 1.5. Besoins du dromadaire de travail (Wilson, 1988 ; Wardeh *et al.*, 1990)

Lorsqu'un dromadaire travaille, son temps, donc son niveau d'ingestion diminue, alors que ses besoins en énergie sont accrus. Le dromadaire parvient à surmonter ces problèmes si le travail n'est pas continu au cours de l'année en ingérant des quantités supérieures à ses besoins propres immédiats quand il ne travaille pas, et en "stockant" le surplus d'énergie sous forme de lipides dans sa bosse.

La production de travail est surtout à l'origine d'une dépense d'énergie ; si le travail demande une puissance de 455 watts, pour 1 h de travail, il faudra fournir 8,2 MJ EM en plus à l'animal, le rendement de la conversion de l'énergie ingérée en force de travail étant de l'ordre de 20 %. En effet, l'énergie est exprimée en J ou en wattheure (1 Wh = 3600 J), et si on considère un travail d'une durée de 1 h et requérant une puissance de 455 W, 1,638 MJ sont nécessaires à l'animal. Or, le rendement de conversion EM-EN (l'EN étant ici l'énergie de travail) n'est que de 20 % ; il faut donc fournir 8,2 MJ EM à l'animal.

Wardeh *et al.* donnent eux les valeurs des besoins énergétiques et protéiques en fonction du temps de travail, sans considération de l'intensité de celui-ci.

Cf. tableaux 5.

Wilson constate également qu'il y a souvent un excès de protéines dans la ration des animaux de trait, alors que la ration protéique des animaux laitiers est souvent insuffisante. D'autre part, il est fréquent que, lorsque les femelles ne sont pas utilisées pour le travail, seuls les mâles reçoivent une ration supplémentée.

Wilson donne également quelques exemples de complémentation tableau 6 (Wilson, 1988).

## Conclusion

Le dromadaire s'avère donc plus efficace que les autres ruminants domestiques dans la transformation des ressources alimentaires en viande et en lait ( $K_l = 0,7$  et  $K_f = 0,61$ ). Par ailleurs, sa survie et ses productions sont assurées même sous le stress du climat désertique.

PV.

Tab. 5 : Besoins journaliers en énergie et protéines des dromadaires de travail de 500 kg

	Requirement	
	Energy MJ ME	Protein g DCP
Daily maintenance	54	300
1 hour work	8.2	
Daily requirement for camel for maintenance and 10 hours work	136	300
Annual requirement for one camel for maintenance and 8 hour work in 250 days of the year	36.110	109.500
Annual requirement for one camel for maintenance and 6 hour work in 60 days of the year	22.662	109.500

Source: WILSON, 1984

Tab. 5b : Besoins journaliers en énergie et protéines des dromadaires de travail (Wardeh *et al.*, 1991).

BODY WEIGHT		REQUIREMENTS					
KG	KG <sup>0.75</sup>	2 HOURS		4 HOURS		6 HOURS	
		ME	DP	ME	DP	ME	DP
300	72.1	8.91	205	10.38	205	11.82	214
350	80.9	10.10	229	11.78	229	13.46	240
400	89.4	11.22	253	13.14	253	15.06	265
450	97.7	12.32	277	14.48	277	16.64	290
500	105.7	13.40	299	15.80	299	18.20	314
550	113.6	14.45	322	17.09	322	19.73	338
600	121.2	15.49	343	18.37	343	21.25	360

\* CALCULATIONS WERE BASED ON THE FOLLOWING :

1. ENERGY REQUIREMENTS WERE 2.4 MEGACALORIES/KG BODY WEIGHT / WORKING HOUR OVER MAINTENANCE
2. PROTEIN REQUIREMENTS INCREASE BY 5% WHEN WORKING UP TO 4 HOURS, AND BY 10% WHEN WORKING OVER 4 HOURS/DAY.
3. ME CONCENTRATION SHOULD NOT BE LESS THAN 2.0 AND 2.2 MEGACALORIES/KG DRY MATTER WHEN WORKING TWO HOURS OR MORE/DAY, RESPECTIVELY.

ME = METABOLIZABLE ENERGY (MEGACALORIES).

DP = DIGESTIBLE PROTEIN (GRAMS).

Tab. 6 : Compléments de ration pour les dromadaires et évaluation de la valeur nutritive (poids en kg).

TYPE OF FEED <sup>1</sup>	SUDAN RIDING CAMELS <sup>2</sup>	SOUTH YEMEN RIDING CAMELS <sup>3</sup>	SOMALIA MILITARY CAMELS <sup>3</sup>	INDIA HEAVY WORKING CAMELS <sup>4</sup>	INDIA HEAVY WORKINGS CAMELS <sup>5</sup>	TUNISIA PLOUGH CAMELS <sup>6</sup>
Grain (sorghum)	6.8					
Grain (barley)						3,0
Pulse (Phaseolus spp.)			1.8		2.7	
Cotton seed		2.3		2.3		
Oilseed concentrate		2.3				
Bran			0.9			
Hay			4.5			
Chopped millet straw		11.3				
Barley straw				11.3		5.0
Phaseolus spp. haulms					9.1	
Green cactus						10.0
Nutritive value						
energy MJ/day	50.7	59.0	27.4	54.4	58.2	39.7
DCP g/day	469	1440	448	990	1512	440

Sources: 1. ACLAND, 1932.

2. LEESE, 1927.

3. PECK, 1938.

4. YASSIN and ABDUL WAHID, 1957.

5. LEESE, 1927.

6. BURGEMEISTER, 1975.

## 2. Besoins hydriques et minéraux

On s'appuiera ici sur une synthèse de Bengoumi (1991) pour estimer les besoins du dromadaire en eau et en minéraux.

### 2.1. Estimation des besoins hydriques

Le dromadaire est réputé pour sa grande résistance à la déshydratation et ses faibles besoins en eau. Ceux-ci sont de l'ordre de 6l /100 kg PV/jour. Ces besoins ont été déterminés chez des dromadaires en stabulation entravée à l'air libre, recevant une alimentation sèche et dans des conditions climatiques arides, c'est-à-dire avec une température maximale moyenne de 45 °C et une humidité relative de l'ordre de 20 %. (Bengoumi *et al.*, 1993). Bengoumi cite également des résultats de Riad *et al.* (1994), obtenus dans des conditions climatiques plus favorables : température maximale de 25 °C, humidité relative de l'ordre de 70 % ; les besoins sont alors de 3l /100 kg PV/jour.

L'estimation des besoins hydriques dus à la production laitière a été réalisée en tenant compte de la teneur en eau du lait et des pertes hydriques dues à l'augmentation du métabolisme de base induite par la lactogénèse. On estime ainsi qu'1,5 l d'eau est nécessaire à la production d'1l de lait. (Bengoumi *et al.*, 1994)

Les besoins hydriques de la chamelle gestante augmentent également : on conseille d'augmenter les apports en eau de 20 % du septième mois au part.

Dans les régions arides du Sahara, il n'est pas rare que les dromadaires passent la saison humide (novembre à avril) sans être abreuvés ; ils consomment alors des plantes gorgées d'eau. En saison sèche, ils sont par contre abreuvés en moyenne une fois par semaine (Bengoumi, 1992). Par ailleurs, toujours selon Bengoumi, le dromadaire consomme ses besoins en eau une fois tous les trois jours ; la distribution de l'eau peut donc être effectuée deux fois par semaine.

## 2.2. Estimation des besoins en minéraux majeurs

### 2.2.1. Chlorures de sodium (NaCl)

Le dromadaire est friand de plantes riches en sel ou halophytes. Les besoins en NaCl sont estimés à environ 20 g /100 kg PV, soit 24 g /kg de matière sèche consommée. La consommation d'eau et la diurèse augmentent de manière significative avec un apport de 40 g de NaCl. (Bengoumi, 1992 ; Bengoumi *et al.*, 1993)

La teneur moyenne du lait en NaCl est de 2,2 g/l, et le coefficient d'utilisation digestive du NaCl est de l'ordre de 85 % : l'apport recommandé est donc de 2,5 g/l de lait.

Il n'est pas recommandé d'augmenter les apports en sel pour la gestation.

Les apports en sel peuvent être réalisés par la mise à disposition de pierres à lécher de sel gemme. Cette complémentation est recommandée surtout pour les animaux ne disposant pas de plantes halophytes. Cependant, compte-tenu de la polydipsie observée lors d'un apport important en sel, cette complémentation doit être ajustée aux disponibilités hydriques.

### 2.2.2. Calcium (Ca) et phosphore (P)

D'après une étude de Riad *et al.* (1994) sur le métabolisme phosphocalcique, la concentration en vitamine D3 est 10 à 15 fois plus élevée chez le dromadaire que chez les autres ruminants, d'où une meilleure assimilation du calcium et du phosphore. En effet, Bengoumi estime les coefficients d'utilisation digestive du Ca et du P à respectivement 40 et 65 %, valeurs supérieures à celles observées chez les bovins. Le dromadaire fixe 2,5 g Ca et 1,8 g P par 100 kg PV, ce qui conduit à recommander un apport de 4 g de Ca et 2,5 g de P par 100 kg PV.

La concentration plasmatique de la vitamine D3 est plus élevée chez les femelles allaitantes et en fin de gestation, d'où une assimilation encore plus forte.

Les besoins liés à la production laitière peuvent être estimés à partir des teneurs du lait en Ca et en P, égales à  $1,2 \pm 0,2$  g/l et  $0,8 \pm 0,2$  g/l, et de leurs coefficients d'utilisation digestive. Les besoins sont ainsi estimés à 1,9 g Ca et 1,1 g P par litre de lait.

Les besoins de gestation n'ont pas encore été déterminés. Toutefois, ils peuvent être estimés par analogie avec les autres ruminants domestiques. En effet, au cours du dernier tiers de la gestation, période de l'ossification du fœtus, il est recommandé d'apporter à la chamelle l'équivalent des besoins nécessaires à la production de 5 litres de lait : 9,5 g Ca et 5,5 g P.

Aucune étude n'a été réalisée pour déterminer les besoins liés à la croissance.

### 2.2.3. Magnésium (Mg)

Le métabolisme du magnésium est très peu étudié chez les animaux domestiques. Apports en Mg et pertes urinaires fixent la magnésémie sanguine, indicateur fiable de l'état nutritionnel en cet élément. 3 g de Mg par 100 kg PV (soit 2,5 g/kg MS) permettraient de maintenir une magnésémie normale (1,1mmol/l) (Bengoumi, 1992).

## 2.3. Estimation des besoins en oligo-éléments

### 2.5.1. Cuivre (Cu)

Le métabolisme du cuivre chez le dromadaire est différent de celui des autres ruminants domestiques. En effet, la cuprémie reste faible, même avec des apports trois fois plus élevés que ceux recommandés chez d'autres ruminants. La régulation plus basse de la cuprémie chez le dromadaire semble s'effectuer au niveau de l'absorption intestinale, plus faible que chez les bovins, et par un stockage hépatique. Les apports recommandés sont semblables à ceux recommandés pour les bovins : 15 mg Cu/100 kg PV, ou 12,5 mg/kg MS (Bengoumi *et al.*, 1995).

### 2.5.2. Zinc (Zn)

La zincémie, comme la cuprémie, semble être régulée à des valeurs plus basses que chez les autres ruminants domestiques, en l'absence toutefois de stockage tissulaire ; la régulation s'effectue surtout au niveau de l'absorption intestinale. On recommande les mêmes apports que pour les bovins : 60 mg Zn/100 kg PV, ou 50 mg/kg MS (Bengoumi *et al.*, 1995).

### 2.5.3. Sélénium (Se)

Le métabolisme du sélénium est également différent de celui des autres ruminants, cependant c'est ici l'inverse qui se produit : l'absorption intestinale est plus forte. Les normes recommandées pour les bovins peuvent cependant être appliquées au dromadaire, dans l'attente d'autres études : 0,10 mg/kg MS, ou 0,12 mg/100 kg PV (Bengoumi *et al.*, 1995).

Des travaux plus récents réalisés à Djibouti et au Maroc cités par Faye (1997) préconisent des apports deux fois moindres, soit 0,06 mg par 100 kg PV.



Tab. 7 : Besoins bruts du dromadaire en eau et en minéraux (Bengoumi).

	H <sub>2</sub> O (Litre)	NaCl (g)	Ca (g)	P (g)	Mg (g)	Cu (mg)	Zn (mg)	Se (mg)
Entretien (p.100 kg P. vil)	3,0	20,0	4,0	2,5	3,0	15	60	0,12
Entretien (p. kg M.Sèches)	2,5	16,6	3,3	2,1	2,5	12,5	50	0,10
Gestation (Dernier tiers)	+ 20 %	-	9,5	5,5	?	?	?	?
Lactation (p. 1 litre de lait)	1,5	2,5	1,9	1,1	?	?	?	?

### 3. Besoins en vitamines

Les besoins en vitamines ne sont pas connus. Les besoins en vitamine C sont certainement élevés chez la chamelle, compte-tenu de la richesse de cet élément dans le lait. Les dosages sont malheureusement trop rares chez le dromadaire. Il semblerait toutefois que les concentrations en  $\beta$ -carotène (provitamine A) sont très faibles, d'où une couleur translucide du plasma. La teneur plasmatique en vitamine E est également plus faible. Par contre, acide folique (vitamine B) et biotine (vitamine H) présentent des concentrations plasmatiques semblables à celles des bovins.

Cependant, ces résultats demeurent insuffisants pour estimer les besoins, et les carences sont mal connues dans cette espèce, bien qu'il y ait vraisemblablement un lien entre la sensibilité à la gale et un déficit en vitamine A (Faye, 1997).

## CINQUIEME PARTIE

### RATIONNEMENT DU DROMADAIRE : RECOMMANDATIONS ET EXEMPLES

#### 1. *Recommandations*

Les particularités de l'alimentation du dromadaire : digestion, comportement alimentaire, conduisent à considérer un peu différemment la gestion de leur alimentation de celle des autres ruminants domestiques. Kayouli *et al.* (1989) donnent un ensemble de recommandations reprises ici :

- Eviter de trop raisonner par rapport à des ruminants plus connus (digestion différente)
- Avec les régimes riches en glucides fermentescibles, les risques d'acidose sont limités, mais attention aux régimes riches en azote non protéique car il y a des risques d'intoxication.
- Utiliser l'aptitude des dromadaires à utiliser fourrages pauvres, pour valoriser au mieux les sous-produits disponibles localement (grignons d'olives, déchets de dattes par exemple)
- Augmenter l'utilisation des fourrages lignifiés par une complémentation appropriée sous forme de céréales en évitant par une distribution modérée de créer des phénomènes de substitution. L'orge en particulier peut jouer un rôle efficace.
- Inutile de préconiser une alimentation azotée de haute qualité étant donné l'aptitude du dromadaire à recycler son urée sanguine. Pour utiliser au mieux l'aptitude de l'écosystème microbien de son préestomac à synthétiser, à partir de cette source d'azote soluble, des protéines microbiennes, il faut apporter une petite quantité d'énergie rapidement dégradable.  
Si l'alimentation contient de l'azote non protéique, il est recommandé d'apporter un complément énergétique approprié et d'observer une période d'adaptation suffisamment longue (10 semaines), au cours de laquelle la distribution sera progressive. (Engelhardt, 1978)
- Mettre au point une complémentation permettant de pallier les carences alimentaires minérales et vitaminées les plus connues.
- Abreuvement : bien que le dromadaire fasse preuve d'une résistance légendaire à la sécheresse, il convient de mettre à sa disposition de l'eau le plus régulièrement possible, car cela augmente son ingestion d'aliments secs. Un abreuvement régulier apparaît très important notamment pour la femelle reproductrice et les jeunes en croissance.

Enfin, il ne faut pas négliger la conduite elle-même de l'alimentation du dromadaire. Le dromadaire est en effet un animal sensible aux variations de régime, capable de se laisser dépérir en présence d'une plante inconnue pourtant comestible. Par ailleurs, il faut essayer d'entraver le dromadaire un minimum, puisque cela le freine dans sa recherche de nourriture.

## **2. Rationnement du dromadaire**

### **2.1. Valeur nutritive et valeur alimentaire**

Connaissant la nature des aliments ingérés par le dromadaire, nous pouvons connaître leur valeur nutritive en reprenant les tableaux existant déjà pour les bovins et en considérant que la valeur nutritive d'un aliment est identique pour les ruminants en général. On peut trouver ces tableaux dans le manuel d'alimentation des ruminants domestiques sous les tropiques (Rivière, 1991) par exemple.

Cependant il est prudent d'observer une certaine réserve, la valeur nutritive ne correspondant pas à la valeur alimentaire, qui elle tient compte des notions d'ingestibilité et de capacité d'ingestion, bases du rationnement. En fait, la capacité d'ingestion chez le dromadaire, comme chez les autres ruminants des tropiques est encore mal connue, et on va se contenter de quantifier la matière sèche ingérée.

### **2.2. Matière sèche volontairement ingérée**

La grande taille de l'estomac du dromadaire comme celui des bovins lui permet une meilleure utilisation de la MS ; proportionnellement, la MSI est inférieure à celle des petits ruminants.

Nous ne disposons que de peu d'informations sur les quantités de MSI des différents aliments par le dromadaire. Nous reprendrons les résultats de quelques auteurs. Par exemple, Wilson estime que l'ingestion serait de l'ordre de 4 % de MS par rapport au poids vif. Ainsi, un dromadaire adulte de 650 kg ingérerait plus de 25 kg de MS, soit 80 à 100 kg d'une nourriture riche en humidité.

Richard (1988) rapporte les résultats de Cross (1918) dont les conclusions sont les suivantes :

- il existe un phénomène de substitution (ingestion augmentée quand apport de concentrés) ; l'ingestion est donc liée à la qualité du fourrage.
- MSI = 2,3 à 3,4 kg MS/100kg PV.

Richard rapporte aussi les résultats d'autres essais de mesures de l'ingestion du dromadaire = 1 kg MS/100 kg PV, cependant il s'agissait d'essais effectués en stalle, avec un distribution d'aliments grossiers et pauvres en matières azotées, d'où une interprétation difficile (stress de l'enfermement...).

Gérard et Richard (1989) rapportent les mesures de la consommation d'un foin effectuées au cours d'un essai thérapeutique en Ethiopie, pour pallier les lacunes existant dans ce domaine. La moyenne de consommation est de 51 g MS/kg<sup>0,75</sup>, soit une consommation faible, mais qui est compatible avec l'ingestibilité des fourrages pauvres.

## 2.3. Calcul de ration

Il s'agit de déterminer en premier lieu les quantités de fourrage ingérées, et ensuite d'en déduire les apports en énergie, azote, minéraux. Ces apports sont ensuite comparés aux besoins de l'animal en fonction de sa production ou de son activité. On procède ensuite à un réajustement apports-besoins, par l'ajout de concentrés et de complément minéral à la ration.

## 3. Exemples de rations

Il n'est pas possible d'établir des rations-types pour le dromadaire ; plusieurs facteurs entrent en jeu : disponibilité des ressources alimentaires, type d'activité du dromadaire (travail, production de lait...), élaboration d'une ration complète dans le cadre d'un élevage intensif ou simple complémentation d'animaux alimentés sur parcours...

Nous nous contenterons donc de citer quelques exemples de rations rassemblées par Mukasa-Mugerwa (1985).

Tab. 8 : Quelques rations alimentaires recommandées pour le chameau.

Type de chameau	Pâturages	Complémentation
Indien de trait ou égyptien de bât	Assez bons	3,6 kg de mil
	Médiocres	8,9 kg de paille; 1,8 kg de graminées; 42 g de sel.
	Non disponibles	13,3 kg de paille; 2,7 kg de graminées; 42 g de sel
Somali de trait ou chameau d'Aden	Médiocres ou non disponibles	8,9 kg de foin; 1,8 kg de <i>Sorghum bicolor</i> ; 42 g de sel.
Chameau de selle d'Aden	Variables	11,1 kg de karbi; 2,2 kg de tourteaux de graines de coton ou d'autres oléagineux; 38 litres d'eau.
Chameau voyageant au pas	Bons	Pas de céréales, mais un peu de sel.
Chameau voyageant au trot	Bons	Le jour de l'abreuvement, 4,5 kg de céréales et un peu de sel.
	Médiocres	2,27 kg de céréales par jour plus un peu de sel.
Chameau se déplaçant sur une longue distance	Variables	2,27 - 4,5 kg de céréales chaque jour plus un peu de sel.
Chameau de selle au repos en activité	Disponibles	2,27 kg de céréales par jour.
	Disponibles	3,6 kg de céréales par jour.
	Non disponibles	4,5 à 6,8 kg de céréales par jour et un peu de sel.

Sources: Adaptation des travaux de Leese (1927) et d'Acland (1932).

## CONCLUSION

Beaucoup reste encore à faire dans l'étude de l'alimentation du dromadaire, et établir des rations pour un animal jusque là essentiellement nourri sur parcours, donc sans contrôle de la qualité ou de la quantité de ce qu'il ingère réellement n'est pas chose aisée. Une dimension plus pratique pourrait être envisagée en précisant davantage la situation étudiée : disponibilité en ressources, type d'activité du dromadaire, type d'alimentation (à l'auge, sur parcours, ou une situation intermédiaire). On pourrait également envisager, sans se lancer de prime abord dans des calculs de ration pas toujours évidents, des méthodes de contrôle du statut nutritionnel, de manière à simplement améliorer la ration d'un animal parfois victime de sa réputation, justifiée certes, mais parfois exagérée, de sobriété.



## BIBLIOGRAPHIE

BENGOUMI M.

Besoins hydriques et minéraux.

Rapport de synthèse : "Etudes et recherches appliquées sur l'élevage camelin", p. 57-64.

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat-Instituts, 1991.

ENGELHARDT W. Von, LECHNER DOLL M., HELLER R., SCHWARTZ H.Z., RUTAGWENDA T., SCHULTKA W.

Physiology of the forestomach in camelids with particular adaptation to extrem dietary conditions. A comparative approach.

Seminar on "Dromedary digestion, nutrition and feeding", Ouargla, Algérie, février 1988.

Paris, CIHEAM, 17 p.

ENGELHARDT W. von, HOLLER H.

A survey of the salivary and gastric physiology of camelids.

Animal Research and Development, vol. 26.

Edited in conjunction with Numerous Members of German Universities and Research Institutions by the Institute for Scientific Co-operation, 1982.

ENGELHARDT W. von, RUBSAMEN K.

Digestive physiology of camelids.

1986. s. l., 12 p.

ENGELHARDT W. v., RUTAGWENDA T., LECHNER DOLL M., KASTE W..

Comparative aspects of ruminants and camels grazing on a thornbush savannah pasture.

Reprint from "Feeding strategies for improving productivity of ruminant livestock in developing countries", proceedings of a combined advisory group meeting and a research coordination meeting organized by the joint F.A.O./I.A.E.A. division of nuclear techniques in food and agriculture and held in Vienna, mars 1989.

International Atomic Energy Agency, Vienna, 1989? P. 63-69.

FARID M.F.A., SHAWKET S.M., ABDEL-RAHMAN M.H.A.

Observations on the nutrition of camels and sheep under stress.

Workshop of camels, Khartoum, December 1979.

IFS. Provisional report 6 : 125-170, Desert Institute, Al-Matareya, Cairo, Egypt, 1980.

FARID M.F.A.

Water and minerals problems of the dromedary camel. An overview.

Seminar on "Dromedary digestion, nutrition and feeding", Ouargla, Algérie, février 1988.

Paris, CIHEAM, 44 p.

FAYE B., BONNET P., BENGOUMI M., DIA M.L.

Guide de l'élevage du dromadaire.

Sanofi, santé, nutrition animale. 126 p., 1997.



FAYE B., TISSERAND J.L.

Problèmes de détermination de la valeur alimentaire des fourrages prélevés par le dromadaire.  
Seminar on "Dromedary digestion, nutrition and feeding", Ouargla, Algérie, février 1988.  
Paris, CIHEAM, 10 p.

GAUTHIER-PILTERS H.

Observations sur la consommation d'eau du dromadaire en été dans la région de Beni-Abbès (Sahara nord-occidental).  
Bulletin de L'Institut Français de l'Afrique Noire, t. 34, sér. A, 1, 1972, p.219-259.

GAUTHIER-PILTERS H.

Contribution à l'étude de l'écophysiologie du dromadaire en été dans son milieu naturel (moyenne et haute Mauritanie).  
Bulletin de L'I.F.A.N., T. 39, sér. A, 2, 1977, p. 385-459.

GERARD D., RICHARD D.

Note sur la consommation d'un foin par des dromadaires.  
Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 42 (1) : 95-96, 1989.

GIHAD E.A., EL-GALLAD T.T., ABOU EL-NASR H.M., FARID M.F.A.

Feed and water intake, digestibility and nitrogen utilization by camels compared to sheep and goats fed low protein desert by-products.  
Seminar on "Dromedary digestion, nutrition and feeding", Ouargla, Algérie, février 1988.  
Paris, CIHEAM, 24 p.

GUEROUALI A.

Détermination des besoins nutritionnels du dromadaire pour l'entretien, la croissance, la gestation et la lactation.  
Rapport de synthèse : "Etudes et recherches appliquées sur l'élevage camelin", p. 49-56.  
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat-Instituts, 1992.

GUEROULI A., ZINE FILALI R., VERMOREL M., WARDEH M.F.

Maintenance energy requirements and energy utilization by the dromedary at rest.  
In "Elevage et Alimentation du dromadaire", Actes du Séminaire du Projet CEE-DGXII TS2\*33C (EDB), Douz (Tunisie), oct. 1992.  
Ed. J.L. Tisserand, Zaragoza : IAMZ-CIHEAM, 164 p.  
Série B : Etudes et Recherches, 13, Options méditerranéennes, 1995.

HELLER R., LECHNER M., ENGELHARDT W.von

Forestomach motility in the camel (*Camelus dromedarius*).  
Comp. Biochem. Physiol. Vol. 84A, 2, 185-288, 1986.

HELLER R., LECHNER M., WEYRETER H., ENGELHARDT W.von

Forestomach fluid volume and retention of fluid and particles in the gastrointestinal tract of the camel (*Camelus dromedarius*).  
J. Vet. Med. A, 33 (5) : 396-399, 1986.

HOLLER H., BREVES G., LECHNER-DOLL M.

Mineral profiles and mineral turnover in the forestomachs of camels in Kenya grazing under various seasonal conditions.

Rev. Elev. Méd. Vét. Pays tropicaux, **42** (1) : 81-87, 1989.

JOUANY J.P., KAYOULI C.

La digestion microbienne chez les camélidés.

Seminar on "Dromedary digestion, nutrition and feeding", Ouargla, Algérie, février 1988.

Ou Options Méditerranéennes. Série séminaires. 2, 89-96, 1989.

JOUANY J.P., KAYOULI C., DARDILLAT C. (1992)

Microbial cell wall digestion in camelids.

In "Elevage et Alimentation du dromadaire", Actes du Séminaire du Projet CEE-DGXII TS2\*33C (EDB), Douz (Tunisie), oct. 1992.

Ed. J.L. Tisserand, Zaragoza : IAMZ-CIHEAM, 164 p.

Série B : Etudes et Recherches, **13**, Options méditerranéennes, 1995.

KAYOULI C., JOUANY J.P., BEN AMOR J.

Comparison of the microbial activity in the forestomachs of the dromedary and the sheep measured *in vitro* and *in sacco* on mediterranean roughages.

Animal Feed Science and Technology, 1991, **33** (3-4): 237-246.

KAYOULI C., JOUANY J.P.

Comparison of the hydrolytic activity of microorganisms in the forestomachs of dromedaries and sheep.

Reprod. Nutr. Dev., suppl. 2, 1990.

KAYOULI C., DARDILLAT C., JOUANY J.P., TISSERAND J.L. (1992)

Particularités physiologiques du dromadaire : conséquences pour son alimentation.

p.143-155

In "Elevage et Alimentation du dromadaire", Actes du Séminaire du Projet CEE-DGXII TS2\*33C (EDB), Douz (Tunisie), oct. 1992.

Ed. J.L. Tisserand, Zaragoza : IAMZ-CIHEAM, 164 p.

Série B : Etudes et Recherches, **13**, Options méditerranéennes, 1995.

KAYOULI C., JOUANY J.P., DEMEYER D.I., ALI-ALI, TAOUEB H., DARDILLAT C.

Comparative studies on the degradation and mean retention time of solid and liquid phases in the forestomachs of dromedaries and sheep fed on low-quality roughages from Tunisia.

Animal Feed Science and Technology, **40**, 343-355.

Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1993.

LAMNOUER D.

Diagnose des plantes toxiques chez le dromadaire.

Rapport de synthèse : "Etudes et recherches appliquées sur l'élevage camelin", p.77-96.

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat-Instituts, 1991.

LECHNER-DOLL M., ENGELHARDT W.v.

Particle size and passage from the forestomach in camels compared to cattle and sheep fed a similar diet.

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. **61** (2-3), 120-128, 1989.

LECHNER-DOLL M., ABBAS A.M., MOUSA H.M., LUCIANO L., REALE E., ENGELHARDT W.v.  
Particularities in forestomach anatomy, physiology and biochemistry of camelids compared to ruminants.

In "Elevage et Alimentation du dromadaire", Actes du Séminaire du Projet CEE-DGXII TS2\*33C (EDB), Douz (Tunisie), oct. 1992.

Ed. J.L. Tisserand, Zaragoza : IAMZ-CIHEAM, 164 p.

Série B : Etudes et Recherches, 13, Options méditerranéennes, 1995.

MIGONGO-BAKE W., HANSEN R.M.

Seasonal diets of camels, cattle, sheep, and goats in a common range in Eastern Africa.

Journal of Range Management 40 (1), January 1987, p. 76-79.

MUKASA-MUGERWA

Le chameau (*Camelus dromedarius*). Etude bibliographique.

CIPEA Monographie, Centre International pour l'Elevage en Afrique, Addis-Abeba (Ethiopie), 1981, 111 p.

PRAT M.L.

L'alimentation du dromadaire.

Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil, 111 p., 1993.

RICHARD D.

Ingestibilité et digestibilité des aliments par le dromadaire.

Seminar on "Dromedary digestion, nutrition and feeding", Ouargla, Algérie, février 1988, 16 p.

RICHARD D.

Connaissances actuelles sur les besoins et recommandations nutritionnelles pour les dromadaires.

Seminar on "Dromedary digestion, nutrition and feeding", Ouargla, Algérie, février 1988, 12 p.

RIVIERE R.

Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical.

Ministère de la Coopération et du Développement, I.E.M.V.T. La Documentation française, 1991, 534 p.

Collection Manuels et Précis d'Elevage n° 9.

RUTAGWENDA T., LECHNER-DOLL M., SCHWARTZ H.J., SCHULTKA W., ENGELHARDT W. v.

Dietary preference and degradability of forage on a semiarid thornbush savannah by indigenous ruminants, camels and donkeys.

Animal Feed Science and technology, 31 (3-4), p.179-192.

Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1990.

SOUILEM O., DJEGHAM M.

La digestion gastrique chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*)

Rec. Méd. Vét., 172, (4/5), 199-208, 1994.

STILES D.N.

Le dromadaire contre l'avancée du désert.

La Recherche, 1988, 201, 949-952.

WARDEH F., FARID F.

The nutrients requirements (energy and protein) for Arabian camels (*Camelus dromedarius*).

Symposium of Animal Science Divisions, in the Arab Universities, mars 1990.

Al-Ain, United Arab Emirates.

Damas (Syrie), ACSAD, 27 p.

WILSON R.T.

The one humped-camel and its nutritional requirements.

Paper presented at the seminar on "Dromedary digestion, nutrition and feeding", Ouargla,

Algérie, février 1988, 21 p.