Mp 89 0176

9498

Institut d'Elevage et de Médecine
Vétérinaire des Pays Tropicaux
10, rue Pierre Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

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

+ PPA-DROM DTIB

PROFIL METABOLIQUE ET STATUT NUTRITIONNEL CAMELINS DANS LA REPUBLIQUE DE DJIBOUTI

par

CHRISTIAN MULATO

Bibliothèque de l'E.M.V.T.

année universitaire 198 8- 19899

9498

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES

PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

PROFIL METABOLIQUE ET STATUT NUTRITIONNEL CAMELINS DANS LA REPUBLIQUE DE DJIBOUTI

par

CHRISTIAN MULATO

Lieu du stage : INRA - Theix, Clermont-Ferrand

Organisme d'accueil : Institut Ntional de la Recherche Agronomique

Période du stage : mai - juillet 1989

Rapport présenté oralement le :

PROFIL METABOLIQUE

ET

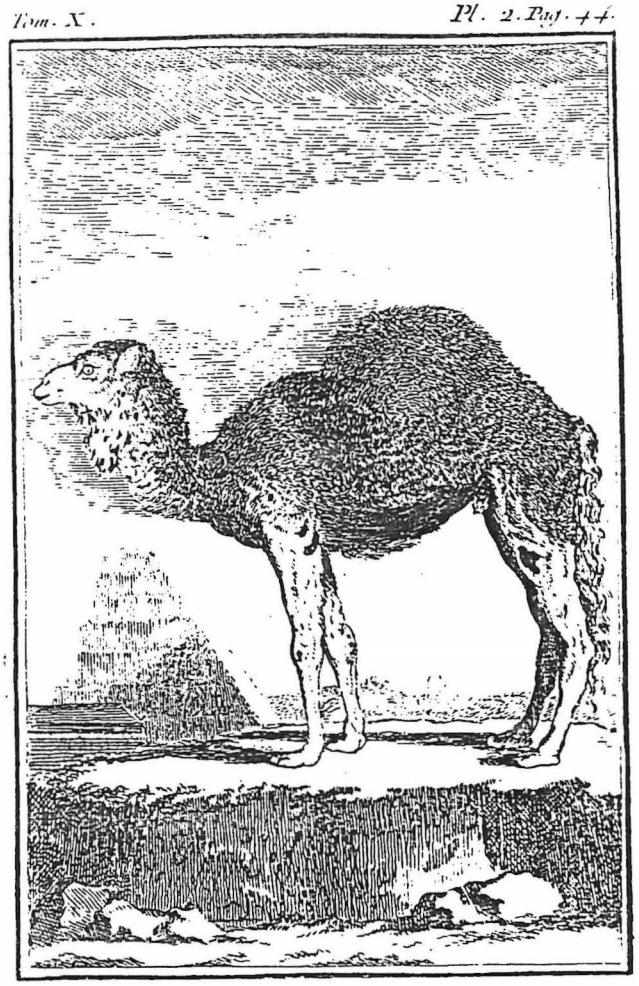
STATUT NUTRITIONNEL CAMELINS

DANS LA

REPUBLIQUE DE DJIBOUTI

REMERCIEMENTS

Sincères remerciements à Bernard Faye et à l'équipe du laboratoire d'Eco-pathologie de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Theix pour leur acceuil chaleureux et leur aide; à Yves Chilliard (laboratoire de la Lactation INRA de Theix), à Andrej Mazur (laboratoire des Maladies Métaboliques INRA de Theix), à Gilles Saint-Martin (Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux) et à Philippe (Bibliothèque de l'IEMVT) pour la documentation qu'ils ont mis à ma disposition. Merci à Hubert Guérin (Service Alimentation de l'IEMVT) qui a rendu possible ce stage.



LE DROMADAIRE.

"Les Arabes regardent le chameau comme un présent du Ciel, un animal sacré, sans le secours duquel ils ne pourraient ni subsister, ni commercer, ni voyager. Le lait des chameaux fait leur nourriture ordinaire, ils en mangent aussi la chair, surtout celle des jeunes qui est très bonne à leur goût; le poil de ces animaux, qui est fin et moelleux, et qui se renouvelle tous les ans par une mue complète, leur sert à faire des étoffes dont ils se vêtissent et se meublent... si l'on est en pays vert, dans une bonne prairie, ils prennent en moins d'une heure tout ce qu'il leur faut pour en vivre vingt-quatre, et pour ruminer pendant toute la nuit, mais rarement ils trouvent de ces bons pâturages, et cette nourriture délicate ne leur est pas nécessaire; ils semblent même préférer aux herbes les plus douces, l'absynte, le chardon, l'ortie, le genêt, la cassie et les autres végétaux épineux; tant qu'ils trouvent des plantes à brouter, ils se passent très aisèment de boire..."

Extraits de l'Histoire Générale et Particulière de BUFFON, Paris, Imprimerie Royale, I769, tome X.

SOMMAIRE

- AVANT - PROPOS.....7
- INTRODUCTION.....8
- CHAPITRE I Potentialités de l'élevage camelin à Djibouti.....I0

I.I Population cameline de Djibouti.....I2

I.2 Le dromadaire de Djibouti.....I3

I.2.I Races et types

I.2.2 Production cameline

I.3 Les régions naturelles de Djibouti et la répartition des effectifs camelins. Particularités régionales alimentaires.I7

I.3.I Aspects géomorphologiques,climatologiques et conséquences pour l'élevage

I.3.2 Unités de végétation et ressources pastorales

I.3.2.I Note préliminaire

I.3.2.2 Pâturages djiboutiens

- CHAPITRE 2 Méthodologie de l'étude.....36

2.I Prélèvements.....38

2.I.I Prélèvements de fourrages

2.I.2 Prélèvements sanguins

2.2 Analyses de laboratoire.....38

2.2.I Analyses de fourrages

2.2.2 Analyses plasmatiques

2.3 Analyses statistiques.....44

- CHAPITRE 3 Les fourrages. Analyse minérale.....45

3.I Résultats.....47

3.I.I Les oligo-éléments

3.I.2 Les macro-éléments

3.2 Discussion.....50

3.2.I Intérêt des analyses de fourrages

3.2.2 Normes d'apport pour les ruminants

3.2.3 Cartographie de Djibouti

3.2.4 Rôles et métabolisme des minéraux

- CHAPITRE 4 Les plasmas - Analyse minérale, biochimique, enzymatique.....60

4.I Analyse statistique simple.....62

4.I.I Résultats des analyses.....62

4.I.I.I Les paramètres minéraux

4.I.I.2 Les paramètres biochimiques

4.I.I.3 Les paramètres enzymatiques

4.I.2 Eléments de variation.....73

4.I.2.I Age

4.I.2.I.I Les paramètres minéraux

4.I.2.I.2 Les paramètres biochimiques

4.I.2.2 Sexe

4.I.2.2.I Les paramètres minéraux

4.I.2.2.2 Les paramètres biochimiques

4.I.2.3 Région

4.I.2.3.I Distribution régionale des animaux

4.I.2.3.2 Comparaison des teneurs plasmatiques observées en fonction des grandes régions

4.I.2.3.2.I Paramètres minéraux

4.I.2.3.2.2 Paramètres biochimiques

4.I.2.3.3 Cas particulier du Rift de l'Afar

4.I.3 Discussion..... 84

4.I.3.I Profil minéral camelin..... 84

4.I.3.I.I Absorption des minéraux et contrôle des teneurs sanguines

4.I.3.I.2 Normes sanguines

4.I.3.I.3 Considérations sur les dromadaires

4.I.3.2 Profil biochimique camelin 97

4.I.3.2.I Céruloplasminémie

4.I.3.2.2 Glycémie et teneur en 3-hydroxybutyrate

4.I.3.2.3 Urémie et albuminémie

4.I.3.2.4 Teneurs plasmatiques en acides gras libres, cholestérol, phospholipides et triglycérides

4.2 Les analyses de données.....II4

- CHAPITRE 5 Statut nutritionnel du dromadaire en République de Djibouti.....II9
- CONCLUSION.....I26
- RESUME - MOTS CLES.....I27
- BIBLIOGRAPHIE.....I28
- TABLE DES FIGURES.....I42
- TABLE DES TABLEAUX.....I43

AVANT – PROPOS

Le présent rapport est le fruit d'un stage effectué à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Theix dans le cadre du Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées des Productions Animales en régions chaudes de l'Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux.
Bernard Faye, responsable du Service Ecopathologie, a effectué en décembre I988 une enquête en République de Djibouti comprenant des prélèvements fourragers et des prélèvements sanguins sur bovins, ovins, caprins, dromadaires - les résultats de son étude sont réunis dans le rapport " Statut nutritionnel du bétail dans la République de Djibouti" présenté au début de l'année I989.

Mon travail a été de réaliser une analyse de données sur les résultats des analyses plasmatiques des dromadaires afin d'étudier les rapports entre le statut nutritionnel des animaux et leur profil métabolique.
Afin de pouvoir interpréter les valeurs des paramètres sanguins il a été nécessaire d'approfondir les études hématologiques réalisées sur dromadaires pour obtenir un profil métabolique camelin, base à toute discussion constructive.

INTRODUCTION

Cette étude réalisée sur le territoire de Djibouti veut continuer celles effectuées au Soudan - par Tartour, dont les travaux concernent essentiellement les minéraux - et en Ethiopie - par Faye, ses travaux, partant d'une enquête éco-pathologique sur l'incidence de l'ataxie néonatale des jeunes petits ruminants, ont permis de préciser l'importance des carences en cuivre et zinc des animaux élevés dans cette zone géologique particulière -. C'est une des premières études aussi complète sur l'hématologie des dromadaires. Depuis les années 80 nous observons une multiplication des publications concernant le dromadaire. Son aptitude à rester la seule espèce capable, non seulement de survivre, mais encore d'assurer une production de travail, de lait, de viande aux populations humaines touchées par les sécheresses de ces dernières décennies, explique l'intérêt croissant dont il fait l'objet.

Une première partie consacrée aux résultats des analyses bromatologiques permettra de définir le statut nutritionnel minéral des dromadaires dans cette région qui englobe une partie de la Vallée du Rift.

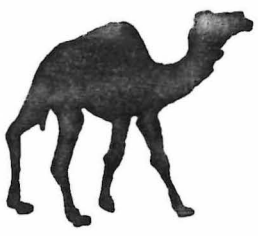
L'analyse des facteurs âge, sexe, région - éléments de variation des paramètres sanguins - permettra d'établir un profil métabolique camelin pour le territoire de Djibouti. La comparaison avec le profil métabolique moyen - que nous nous efforcerons d'établir, aucune norme sanguine n'ayant été, à ce jour, définie pour le dromadaire - montrera quelle signification donner à chacun des paramètres. Nous nous efforcerons ainsi de donner des seuils de carence pour les oligo-éléments cuivre et zinc, qui sont des facteurs extrèmement déterminants du profil métabolique camelin sur le territoire de Djibouti. Le but de notre analyse étant d'envisager dans quelle mesure le statut nutritionnel des animaux influence le profil mé-

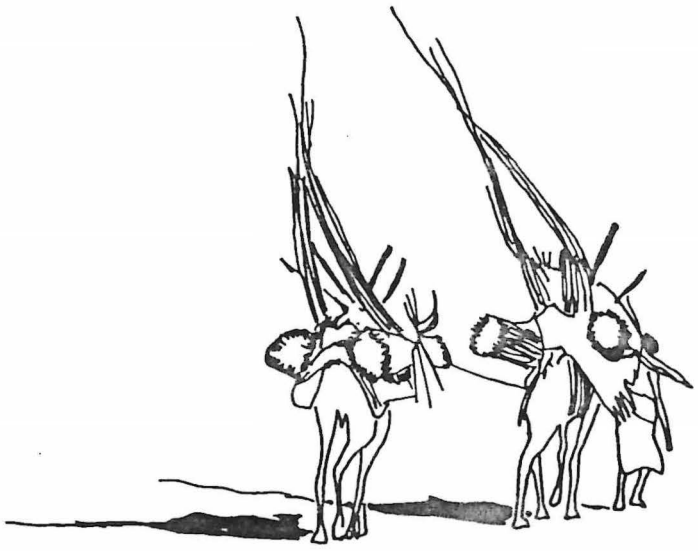
tabolique.

Une connaissance optimale du milieu dans ses relations avec le statut métabolique du dromadaire permettra de quantifier les besoins des animaux et d'envisager l'opportunité d'une complémentation. Ce travail devrait être le départ d'une étude nutritionnelle sur le terrain.

CHAPITRE 1

POTENTIALITES DE L'ELEVAGE CAMELIN A DJIBOUTI





Nomades Afar en Ethiopie (d'après Mukasa-Mugerwa I98I).

"Ces animaux sont six à sept jours sans boire et sans manger, ce que je n'aurais jamais cru si je ne l'avais observé avec exactitude" (Relation du voyage de Poncet en Ethiopie. Lettres édifiantes. Histoire Naturelle Générale et particulière de Buffon, Paris, Imprimerie Royale, I769).

I.I POPULATION CAMELINE DE DJIBOUTI

La connaissance des effectifs des populations animales est une chose délicate en Afrique. Selon les sources les recensements varient beaucoup. Ainsi en est il pour la population cameline de la République de Djibouti. Se référant au Production Yearbook (F.A.O. Rome), Mukasa-Mugerwa (I98I), Wilson (I984) et Richard (I984) font état de 26 000 camelins à Djibouti (utlisant respectivement les données F.A.O. de I979, I978 et I982). Higgins (I984) dans sa série d'articles "The camel in health and disease" préfère une estimation de 54 000 têtes qu'il trouve plus raisonnable. Enfin Faye (I989) après contact avec les autorités responsables de l'Elevage et de l'Agriculture lors de sa mission à Djibouti en décembre I988 estime la population cameline à 50 000 individus. Ce dernier chiffre est vraisemblablement proche de la réalité.

L'Afrique de l'Est compte à elle seule environ IO millions de dromadaires pour une population globale en Afrique proche de I3 millions. La place de Djibouti y est très faible; ainsi Mukasa-Mugerwa (I98I), Wilson (I984) et Richard (I984) comptent l'effectif camelin de Djibouti pour 0,27 % de l'effectif d'Afrique de l'Est, l'estimation de Higgins le ramène à I % (tableau I).

tableau I: Population cameline estimée pour l'Afrique de l'Est

pays	dromadaires (en milliers de têtes) selon les auteurs		
	Richard I984	Mukasa-M. I98I Wilson I984	Higgins I984
Somalie	5500	5400	5428
Soudan	2542	2904	2570
Ethiopie	900	960	I000
Kenya	609	574	6I0
Djibouti	26	26	54
Afrique de l'E.	97I7	9864	9662

L'étude de la densité cameline par contre modifie cette appréciation (tableau 2):

tableau 2 Densité cameline en Afrique de l'Est

pays	dromadaire / km^2 selon les auteurs		
	Richard I984	Mukasa-M. I98I Wilson I984	Higgins I984
Somalie	8,70	8,47	8,5I
Soudan	I,0I	I,I6	I,03
Ethiopie	0,8I	0,79	0,82
Kenya	I,05	0,99	I,05
Djibouti	I,I8	I,I8	2,45
Afrique de l'E.	I,96	I,98	I,94

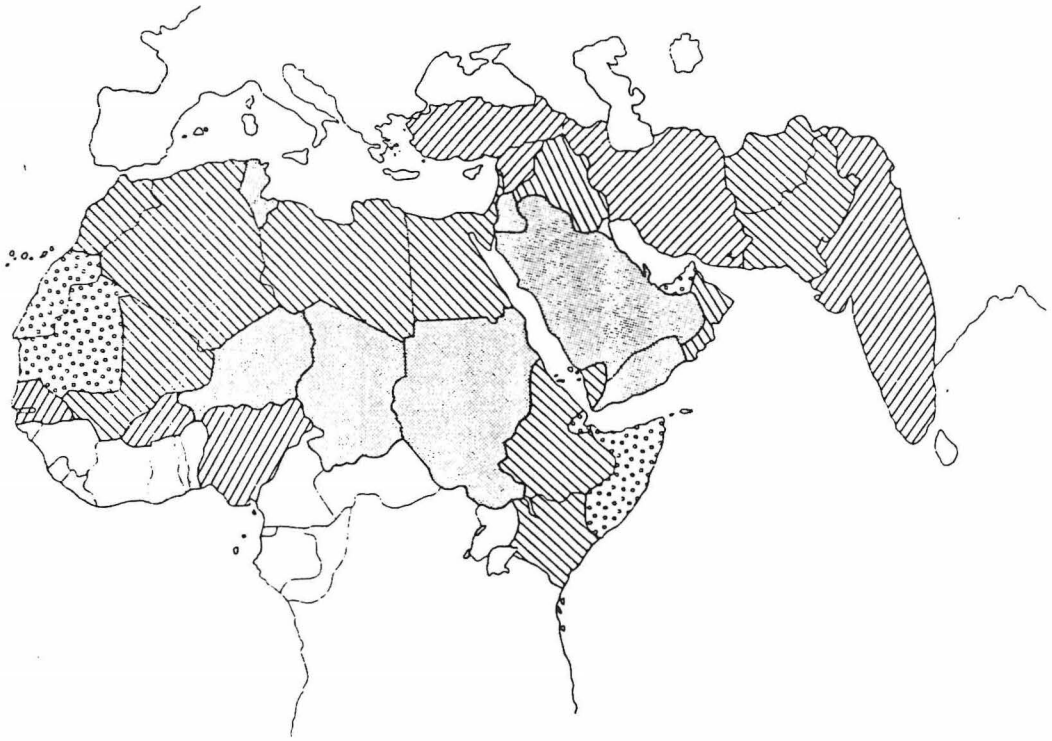
On observe ainsi que Djibouti arrive en seconde position après la Somalie, avec des variations très importantes selon les sources. Ceci souligne cependant l'importance des dromadaires dans l'économie rurale de Djibouti.

Wilson (I984) a voulu chiffrer l'importance des camelidés en pourcentage de la biomasse herbivore domestique (BHD), il estime ainsi que les camelins représentent 30,86 % de la BHD de Djibouti; ce qui permet de classer Djibouti parmi les six régions du monde où les camelins dépassent 20 % de la BHD: Mauritanie, Somalie, Sahara Occidental, Qatar et union des Emirats Arabes (figure I).

I.2 LE DROMADAIRE DE DJIBOUTI

I.2.I RACES ET TYPES

Les revues récentes sur les races et types de dromadaires font état de la difficulté de proprement parler de races de dromadaires, les dénominations font souvent référence d'abord à un type d'ani-



Catégorie 1 : importance mineure, moins de 1 % de la biomasse herbivore domestique

Catégorie 2 : importance pour certaines populations 1 à 8 % de la biomasse herbivore domestique

Catégorie 3 : importance majeure dans l'économie de l'élevage, 8 à 20 % de la biomasse herbivore domestique

Catégorie 4 : grande importance dans l'économie nationale, la vie culturelle, plus de 20 % de la biomasse herbivore domestique

Figure 1 : Classification des pays en fonction du pourcentage camelin de la biomasse herbivore domestique (d'après Wilson 1984).

mal qui est fonction soit du mode d'utilisation soit de la localisation géographique des camelins. Il est ainsi possible d'arriver à une "race" d'animaux qui tire son nom, soit de la région d'élevage originelle, soit des populations qui l'utilisent.

La plus simple et plus élégante façon est de distinguer un type de montagne et un type de plaine, ce dernier subdivisé en plaine désertique et plaine fluviale ou côtière.

Le type de montagne: A une utilisation préférentielle comme animal de bât, cet animal répond par une taille comprise entre I,80 et 2 mètres au garrot et une ossature imposante permettant un développement de l'avant et de l'arrière-main.

Le type de plaine: La description de ces animaux est plus sujette à variation: au type de plaines désertiques: fin, élancé, mesurant de I,90 à 2,I5 mètres au garrot, et dont le développement musculaire de l'avant-main en fait un animal adapté à la course, s'oppose le type des plaines fluviales ou côtières où l'on semble trouver à la fois des animaux fins et élancés ainsi que des animaux plus osseux et plus petits.

C'est dans le troisième et dernier type que l'on rencontre les animaux de Djibouti. Il s'agit essentiellement de dromadaires appartenant à la race Dankali, d'après Di Maria (I975) (Richard I984), du désert du même nom en Ethiopie. D'autres noms sont donnés à ce groupe: Danâkil d'après Mason et Maule (I960) (Richard I984) (Danâkil est un mot arabe dont le singulier est Dankali, c'est le nom d'un peuple de l'Afrique appelé aussi Afar habitant le pays Danâkil); Arho d'après Droandi (I936) (Richard I984); Issas d'après Richard (I984); soit encore Afar d'après Wilson (I984). Les auteurs cependant sont d'accord pour décrire cette "race" comme appartenant au type des plaines côtières, de taille assez modeste I,76 mètres au garrot en moyenne, de forme trappue, à tête massive. Ce format en fait des animaux essentiellement utilisés pour le bât (notamment

le transport du sel).

Cependant l'on semble trouver de surcroît un autre type à Djibouti: dans son rapport épidémiologique en I986 la G.T.Z. (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) travaillant sur I53 dromadaires semble n'avoir rencontré que des individus appartenant au "type dit "grand de Somalie", race de grand format...(dont) les adultes ont une robe beige, parfois presque blanche sur la bosse et sur le front." Ces individus se rattacheraient donc à la race Somalie ou d'Ogaden (d'après Richard I984) dont les représentants mesurent entre I,80 et I,90 mètres au garrot. A l'origine animaux de bât, ces dromadaires sont utilisés pour la production de lait et de viande. Cette particularité dans le type des animaux s'explique par le choix des animaux étudiés lors de cette enquête: les dromadaires proviennent essentiellement des districts de Tadjourah, Obock, Dikhil, Ali-Sabieh et Djibouti zones d'élevage traditionnel des Issas qui se rattachent au groupe Somali, ce qui va dans le sens d'un lien entre type d'animal élevé et attaches culturelles du groupe pastoral.

I.2.2 PRODUCTION CAMELINE

les observations sont très fragmentaires concernant une"race" particulière de dromadaire. Bien souvent les revues sont une compilation d'observations ponctuelles desquelles est tiré un profil "production cameline".

Concernant la "race" Dankali nous disposons des travaux de Richard (I974), Di Maria (I975) (voir Richard I984). Pour la "race" Dankali Di Maria note des poids adultes de 350 à 400 kg, Richard (I974) sur la "race" Issas note une moyenne de 450 kg. Le chamelon nouveau-né pèse environ 30 kg à la naissance; à un an des animaux élevés traditionnellement atteignent I40 à I60 kg chez les mâles, soit un

gain moyen quotidien (GMQ) de 330 g et pour les femelles II0 kg soit un GMQ de 220 g.

Pour la production laitière nous disposons des travaux de Richard sur 4 femelles Dankali (en Ethiopie) en élevage traditionnel sur pâturage naturel. L'estimation de la production donne des lactations de 800 à I300 litres sur des périodes de II à I2 mois. Les courbes de lactation obtenues font état d'une bonne persistance: 95,6 % entre I50 et 200 jours, 86 % entre 200 et 250 jours. Le pic de lactation situé entre 30 et 60 jours post-partum varie de 3,5 à 5,6 litres par jour. (ce qui amène une précision aux chiffres donnant une production de lait de 2 à I0 kg par jour).

Les femelles sont mises à la reproduction vers l'âge de 4 ans, le mâle choisi comme reproducteur est utilisé à partir de l'âge de 6 à 7 ans. En général les femelles à Djibouti ne sont mises à la reproduction qu'à la fin de leur lactation: ainsi une période de I2 à I5 mois s'écoule entre une mise-bas et une nouvelle saillie (une saillie survenue trop tôt écourterait la lactation) (Godet I985).

I.3 LES REGIONS NATURELLES DE DJIBOUTI ET LA REPARTITION DES EFFECTIFS CAMELINS. PARTICULARITES REGIONALES ALIMENTAIRES.

Nous disposons des travaux récents de Godet (I985), Audru et collab. (I987), Faye (I989). Il n'est pas de notre propos de les citer in extenso mais d'établir une cartographie critique de Djibouti montrant la répartition des effectifs camelins et les possibilités et particularités fourragères qui s'offrent régionalement.

La superficie relativement faible de Djibouti (de l'ordre de 23 000 km^2) permet une analyse assez fine.

I.3.I ASPECTS GEOMORPHOLOGIQUES, CLIMATOLOGIQUES ET CONSEQUENCES POUR L'ELEVAGE.

Nous reprendrons la cartographie réalisée par Audru et collab. (I987) qui présentent I3 grandes régions naturelles à Djibouti: (figure 2)

I. Le Rift de l'Afar
2. Les Monts Goda, Dadar et Mabla
3. La plaine côtière de Doumera à Obock
4. Les massifs du Nord-Est
5. La plaine d'Asa Gueyla et le plateau d'Ayladou
6. La région sud-ouest
7. Le Grand et le Petit Bara
8. La plateau du Gabla et Dolad
9. La chaîne du Qoton, Hadla et Galemi
I0. La région d'Ali Sabieh
II. Le plateau de Danan et Goelbik
I2. La région d'Arta
I3. Les formations du Ghoubbet al Kharab

La mission réalisée par Faye en décembre I988 a permis des prélèvements de fourrages et de plasmas camelins qui n'intéressent qu'un nombre moindre de régions naturelles, aussi nous nous en tiendrons à une description de celles-ci (cette description est tirée des travaux de Audru et collab. I987):

- Le Rift de l'Afar
- La plaine côtière de Doumera à Obock
- Les massifs du Nord-Est
- La région sud-ouest
- Le Grand et le Petit Bara
- La région d'Ali Sabieh

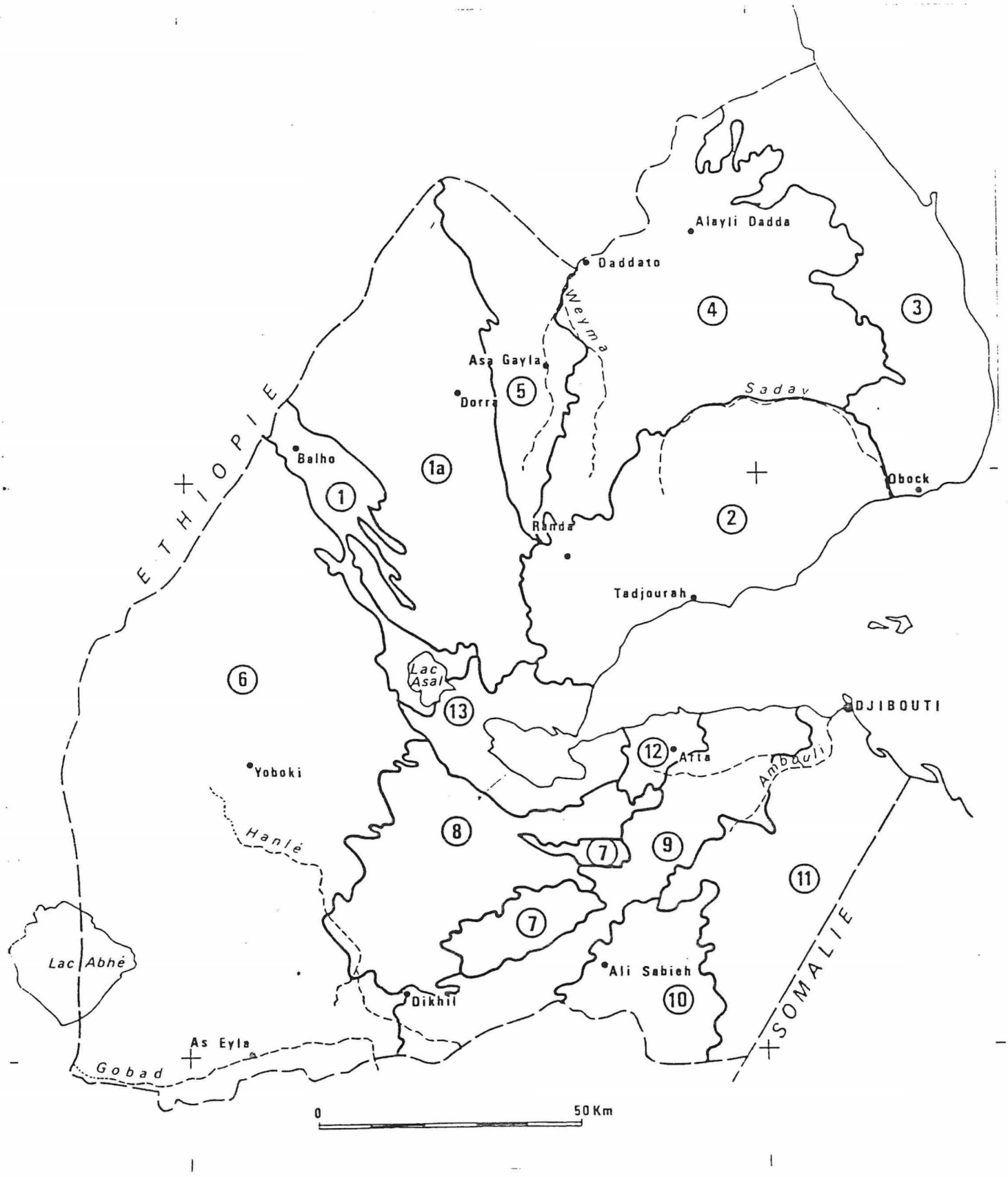


Figure 2 : Carte des régions naturelles (d'près Audru et collab. 1987).

I.3.I.I LE RIFT DE L'AFAR

Caractérisé par le fossé d'effondrement de l'Afar, bordé par une couverture basaltique. La partie ouest de cette zone comprend trois plaines fermées: Sâkâlol, Haralé, Hagandé orientées suivant l'axe Balho-Lac Asal (figure 3). Ces plaines sont recouvertes de sédiments lacustres aux nombreuses efflorescences salines. Elles reçoivent l'eau de nombreuses sources originaires des zones basaltiques limitant ces enclaves. A l'est se trouve le Mak'Arrasou, ensemble de plateaux culminant à I000 mètres d'altitude. L'altitude moyenne est inférieure à 500 mètres hormis le Mak'Arrasou.
Dans cette région on observe une seule saison des pluies en juillet-août-septembre, ce qui crée des pâturages de saison chaude (de juin à octobre) dans l'ensemble des trois plaines fermées Sâkâlol, Haralé, Hagandé.

I.3.I.2 LA PLAINE COTIERE DE DOUMERA A OBOCK

(figure 4). Cette plaine alluviale est interrompue essentiellement par deux reliefs: la zone d'Ibira -coulée de lave- et l'Asa Gineyta, et par trois lagunes: Ras Syyan, Khor Angar et Godorya. Pour cette région l'altitude est inférieure à 500 mètres. La plaine côtière est la moins arrosée du pays, elle reçoit des pluies durant la saison fraîche de novembre à avril ainsi que quelques précipitations en juillet-août-septembre.

I.3.I.3 LES MASSIFS DU NORD-EST

Cette région est hétérogène: à l'est composée d'un massif rhyolitique (le rhyolite est une roche éruptive voisine du granite), au centre les deux plateaux de Dalha et Deseyna qui sont recouverts d'une nappe basaltique, enfin à l'ouest un massif basaltique stratifié. Du nord-est au sud-ouest l'altitude s'élève progressivement jusqu'à I500 mètres. La répartition de la pluviométrie correspond à celle de la région précédente; les précipitations y étant néanmoins supérieures.

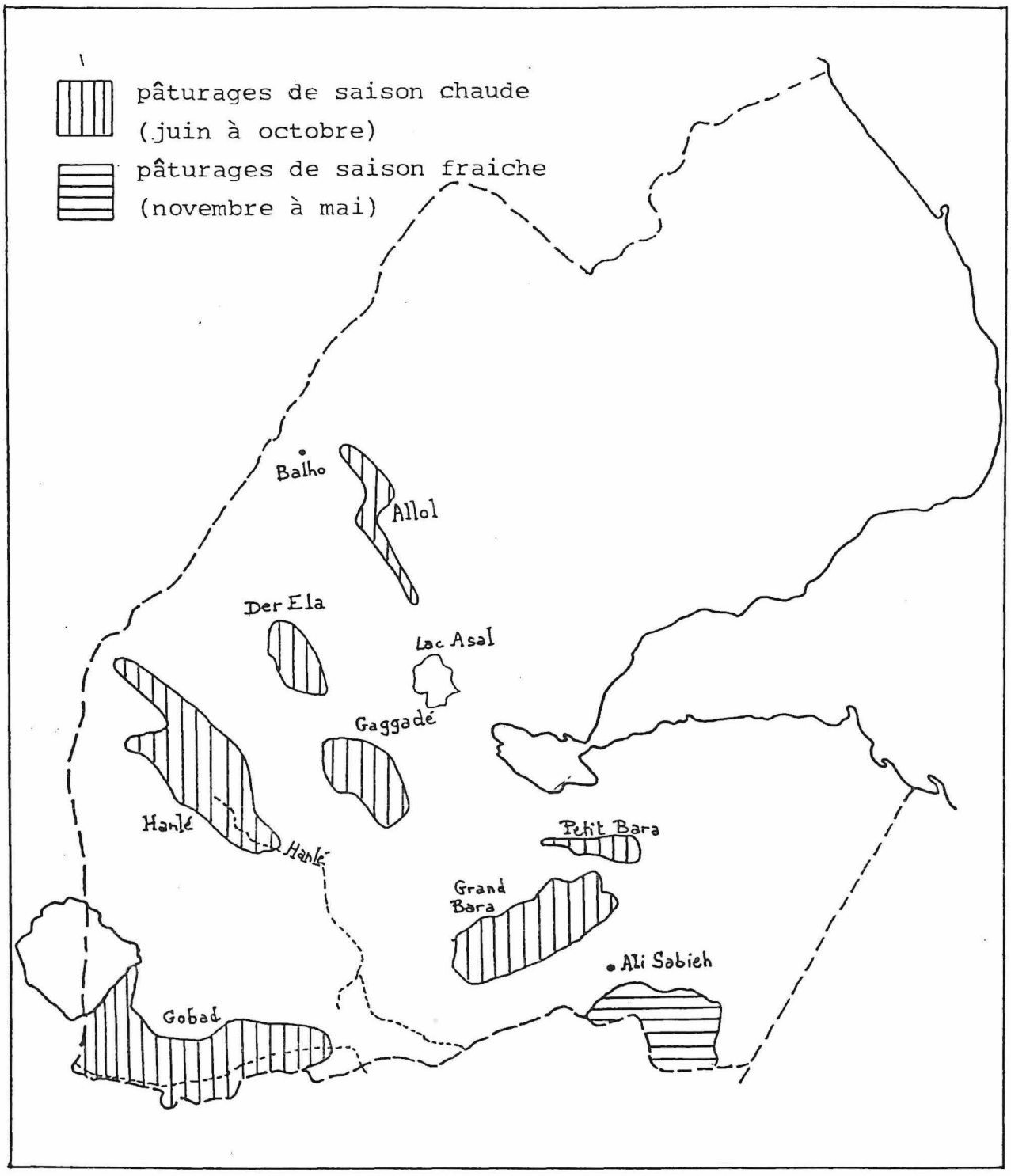


Figure 3 : Zones de pâture.

Figure 4 : Plaine côtière de Doumera à Obock.

I.3.I.4 LA REGION SUD-OUEST

Grande entité représentant près du quart du territoire djiboutien, cette région présente une alternance de bassins d'effondrelent- dont trois nous intéressent plus particulièrement (figure3)- et de plateaux. Le premier fossé comprend les plaines de Der Elwa et Gaggadé dont les parties centrales sont limoneuses et dénudées; nous trouvons à l'ouest la plaine de Hanlé à recouvrement sablo-gravillonnaire à sableux au sud et limoneux au nord. Enfin au sud la plaine lacustre de Gobad se terminant sur la zone limoneuse du lac Abbé. Les trois plaines ont une altitude inférieure à 500 mètres, recevant des pluies en avril et en juillet-août-septembre (le mois de juin est sec ainsi que la période d'octobre à février) elles permettent de constituer des pâturages de saison chaude de juin à octobre.

I.3.I.5 LE GRAND ET LE PETIT BARA

(figures 2 et 3). Le Grand Bara est une plaine sablo-argileuse à recouvrement limono-argileux de quelques millimètres; le Petit Bara est une plaine recouverte de sables basaltiques avec une surface limono-argileuse dénudée en son centre. L'altitude moyenne est comprise entre 500 et I000 mètres, les deux plaines comme précédemment sont pâturables en saison chaude (juin à octobre).

I.3.I.6 LA REGION D'ALI SABIEH

(figures 2 et 3). Cette région présente au sud le massif gréseux d'Arrey, le plateau rhyolitique de Boura accolé au plateau de Danan; en son centre cette région présente la dépression de Werka, bassin à important réseau hydrographique. Contrairement aux plaines précédentes c'est durant la saison fraîche (novembre à mai) que la région d'Ali Sabieh offre des terres pâturables. (La description des saisons chaude et fraîche correspond à celle de Godet et Gueda (I984) (d'après Audru et collab. I987)).

I.3.I.7 REPARTITION DE L'ELEVAGE CAMELIN

La République de Djibouti présente deux populations de pasteurs élevant des dromadaires: les Afars au nord et à l'ouest retrouvés dans le pays Dânâkil en Ethiopie, à l'origine du nom de la "race" cameline dominante de Djibouti; les Issas au sud-est, groupe apparenté aux Somalis. Selon le rapport de Godet (I986) le sud comprendrait les deux tiers des camelins soit 33 000 têtes; le reste,I7 000, pour le nord. Les camelins semblent cependant plus concentrés dans certaines zones arides voire y être les seuls. C'est le cas des zones arides de la plaine côtière de Doumera à Obock, les zones de mangrove où les camelins sont presque exclusivement les seuls à résister. On trouve d'autre part des concentrations camelines importantes dans les régions d'Ali Sabieh, du Gobad et de la plaine de Hanlé.

I.3.2 UNITES DE VEGETATION ET RESSOURCES PASTORALES

I.3.2.I NOTE PRELIMINAIRE

De récentes études viennent confirmer la trop célèbre adaptabilité du dromadaire au conditions difficiles: tant climatiques que bromatologiques. Des travaux sur la digestion: Engelhardt (I988), Jouany (I988) permettent d'établir une base scientifique à cette acception trop banalisée. Si l'on décrit le dromadaire comme un animal arrivant à se contenter de pâturages très pauvres (notons que ce phénomène peut être rapporté pour d'autres espèces mais les dromadaires, eux, ne montrent pas les mêmes altérations des paramètres de reproduction et de production (Williams I963)) il apparaît cependant quelques restrictions: les animaux semblent acquérir une aptitude qui tient à la région. De ce fait certaines

populations d'animaux acquièrent un comportement de brouteur en zone où l'apport alimentaire est très variable, alors que d'autres peuvent être considérés comme paisseurs comme les bovins et les ovins (dans une moindre mesure) ceci sur des pâturages de bonne qualité (Godet I985). Les dromadaires ainsi, s'ils développent une adaptation à un type de pâturage, doivent y être soumis très tôt: à Djibouti les dromadaires "se contentent" de rations alimentaires particulières comme celles des mangroves ou des fourrés à Salvadora persica dans la mesure où les chamelons y sont habitués dès leur plus jeune âge. Il serait très difficile d'implanter dans de telles zones des dromadaires ayant acquis un comportement de paisseur sur des régions plus clémentes.

Enfin corrigeons un autre dogme déjà bien ébranlé par les revues de Engelhardt et Jouany (I988), les camélidés,bien que présentant le phénomène de rumination, ne peuvent être considérés comme de véritables ruminants. Si l'on considère l'arbre évolutif des Artiodactyles le premier ancêtre commun aux camélidés et aux ruminants l'est aussi aux suidés et aux hippopotamidés.. Ainsi dans les revues actuelles, faute d'études aussi développées dont ont fait l'objet bovins, ovins et caprins -notamment pour les carences minérales- les mesures effectuées sur dromadaires sont rapportées et comparées à celles, connues, des ruminants. Ce mode d'interprétation, qui pour de nombreux sujets à l'avantage d'être au moins utilisable dans l'état de nos connaissances actuelles, peut être sujet à critique (Chapman I987).

Ainsi Jouany (I988) dans sa revue "La digestion microbienne chez les camelidés" parle "d'un avantage définitif des camelidés sur les ruminants" à propos du cycle de l'azote; en d'autres termes: la comparaison n'est plus de mise.

Lors d'une alimentation à faible teneur en azote,mais avec des

apports énergétiques suffisants, le dromadaire recycle mieux l'azote: l'excrétion de l'azote urinaire est abaissé de 40 % par rapport au mouton. D'autre part la digestibilité de la cellulose est supérieure de 20 % à celle observée chez le mouton. Le dromadaire semble présenter une meilleure digestibilité par rapport au mouton, ceci plus le fourrage est peu digestible; par contre pour de bons fourrages il n'apparaît pas de différence interspécifique.

I.3.2.2 PATURAGES DJIBOUTIENS

La description des unités de végétation des zones qui nous intéressent est extraite de l'ouvrage de Audru et collab.(I987). Nous y adjoindrons des particularités pour l'alimentation du dromadaire lorsque celles-ci auront été décrites.

I.3.2.2.I LE RIFT DE L'AFAR (figure 5)

La région du Sac Allolest décrite comme une zone dénudée. On trouve en son centre une formation ligneuse à Hyphaena thebaïca et Tamarix nilotica. Tamarix nilotica n'est jamais brouté selon Audru et collab.(I987); cependant Faye (I989) lors de sa mission à Djibouti a prélevé Tamarix nilotica ce qui semble indiquer que dans certaines zones et dans certaines conditions le Tamarix peut faire partie de la ration du dromadaire. (Tamarix nilotica peut ainsi apparaître comme une espèce ligneuse bien appétée en saison sèche (Faye I988) où son taux de matières azotées totales (MAT) atteint II,63 % de la matière sèche). Hyphaena thebaïca est le palmier "Doum" (dénomination arabe), c'est une plante très tolérante au sel. Il entre dans la ration du dromadaire qui en consomme les jeunes pousses, les feuilles et les fruits. Après exploitation humaine pour l'extraction du vin de palme, le bourgeon terminal des rejets de pousse est très bien appété par les

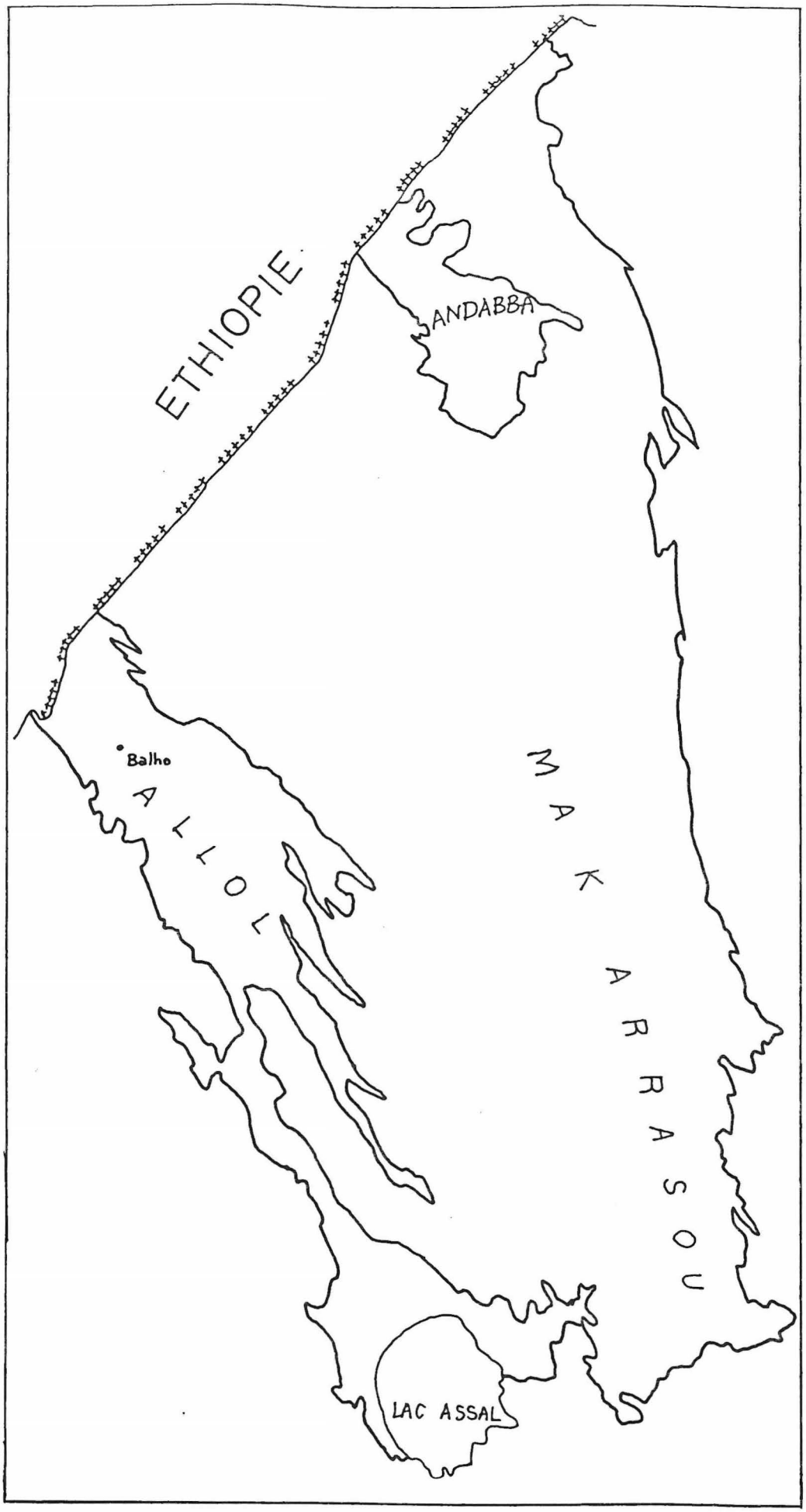


Figure 5 : Le Rift de l'Afar.

dromadaires.

Bordant ces formations ligneuses,on trouve au Sac Allol, une steppe herbeuse à Aerva javanica et Laziurus scindicus. Alors que Laziurus scindicus a une bonne valeur pastorale, la steppe à Aerva javanica est de valeur mauvaise, c'est en effet un faciès de dégradation qui se substitue aux autres steppes herbeuses du fait de la disparition des graminées dominantes. C'est une unité pauvre en espèces vivaces, dont le recouvrement du sol atteint I5 %; l'espèce dominante, Aerva javanica, étant très peu broutée.

Sur les versants du Mak'Arrasou on trouve un faciès type à Rhighozum somalense, cette espèce arbustive croît dans des conditions difficiles et reverdit à la première pluie. Sa résistance fait que les plantes peuvent survivre au stade végétatif si la sècheresse se prolonge, sa valeur pastorale étant néanmoins faible.

Avec l'altitude on rencontre un faciès à Acacia tortilis. Parmi les épineux A. tortilis, ask et mellifera sont les plus appétés par les dromadaires.

La zone nord de la région du Rift de l'Afar présente une végétation dispersée à Rhighozum somalense entrecoupée de deux îlots: la région d'Andabba et celle d'Otoye. A Andabba l'unité type est une steppe herbeuse de plaine inondable à Jatropha glauca et une steppe arbustive à Acacia ehrenbergiana, à Otoye la répartition est la même avec toutefois la présence de zones dénudées. D'après Godet (I985) l'euphorbe Jatropha est d'une appétibilité proverbiale selon les Afars pour les dromadaires.

I.3.2.2.2 LA PLAINE COTIERE DE DOUMERA A OBOCK (figure 4)

Cette plaine présente trois zones de mangroves: Godorya, Khor Angar et Ras Syyan. Les dromadaires sont la seule espèce à pouvoir subsister dans ce type de végétation. Ces forêts marécageuses marines comprennent deux espèces ligneuses types: Ceriops tagal et

Avicennia marina qui constituent un pâturage aérien pour les dromadaires.Au nord de Khor Angar il existe des fourrés unispécifiques à Salvadora persica - Salvadora persica est une espèce ligneuse - . Cette plante est considérée localement comme un excellent fourrage (Godet I985), elle est essentiellement pâturée par les dromadaires. La teneur en MAT de cette plante atteit I6,02 % de la matière sèche, c'est un fourrage très appété par les dromadaires (Faye I988).Cependant les animaux ne pâturent cette espèce végétale qu'à condition d'y être accoutumés très tôt, les feuilles étant fortement chargées en sel. A ce propos il est à noter que le sel est un élément très important de l'alimentation du dromadaire. Les études réalisées sur les besoins en sel des camelins donnent des valeurs de 45 à 60 grammes par jour, selon Leese (I927), à I40 grammes par jour selon Perk (I939) (d'après Higgins I984b) - soit des apports en sodium respectifs de I7 à 23 et 55 grammes par jour, par comparaison notons que les apports recommandés pour une vache laitière sont de I8 grammes de sodium quotidiens (Guegen et collab. I988).

Pour le reste de le région, on rencontre du nord au sud: des zones dénudées autour de Doumera; puis une steppe herbeuse à Panicum turgidum dont la valeur pastorale est bonne; le relief d'Ibira présente une steppe buissonnante et arborée à A. tortilis et A. asak; ensuite une steppe clairsemée à Panicum turgidum coupée par l'Asa Gineyta où les formations sont du même type qu'à Ibira; le sud montre une steppe arborée à A. tortilis et A. asak avec dans la région d'Obock une limitation aux zones d'écoulements.

I.3.2.2.3 LES MASSIFS DU NORD-EST (figure 6)

La partie Est ainsi que les plateaux de Dalha et Deseyna

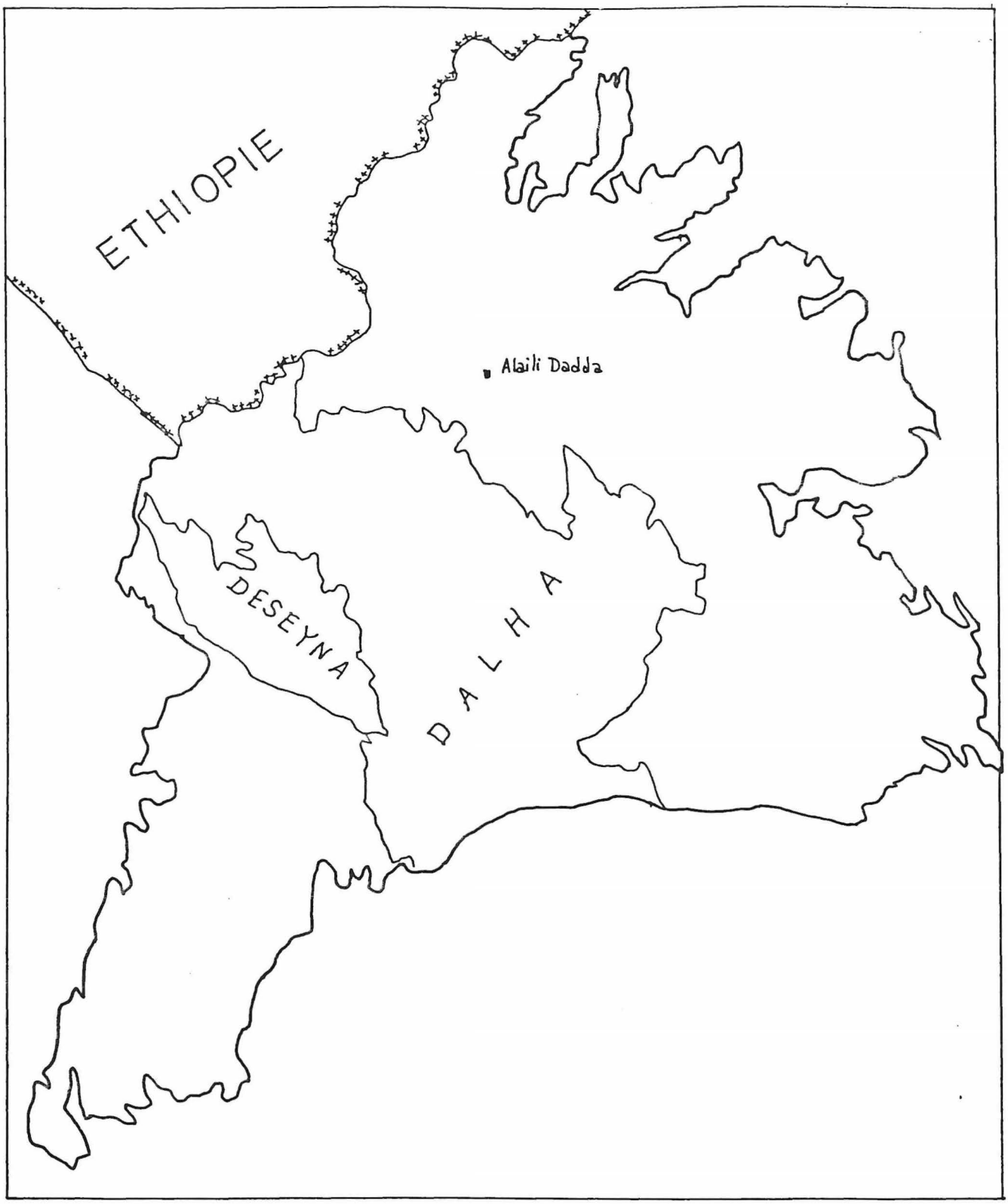


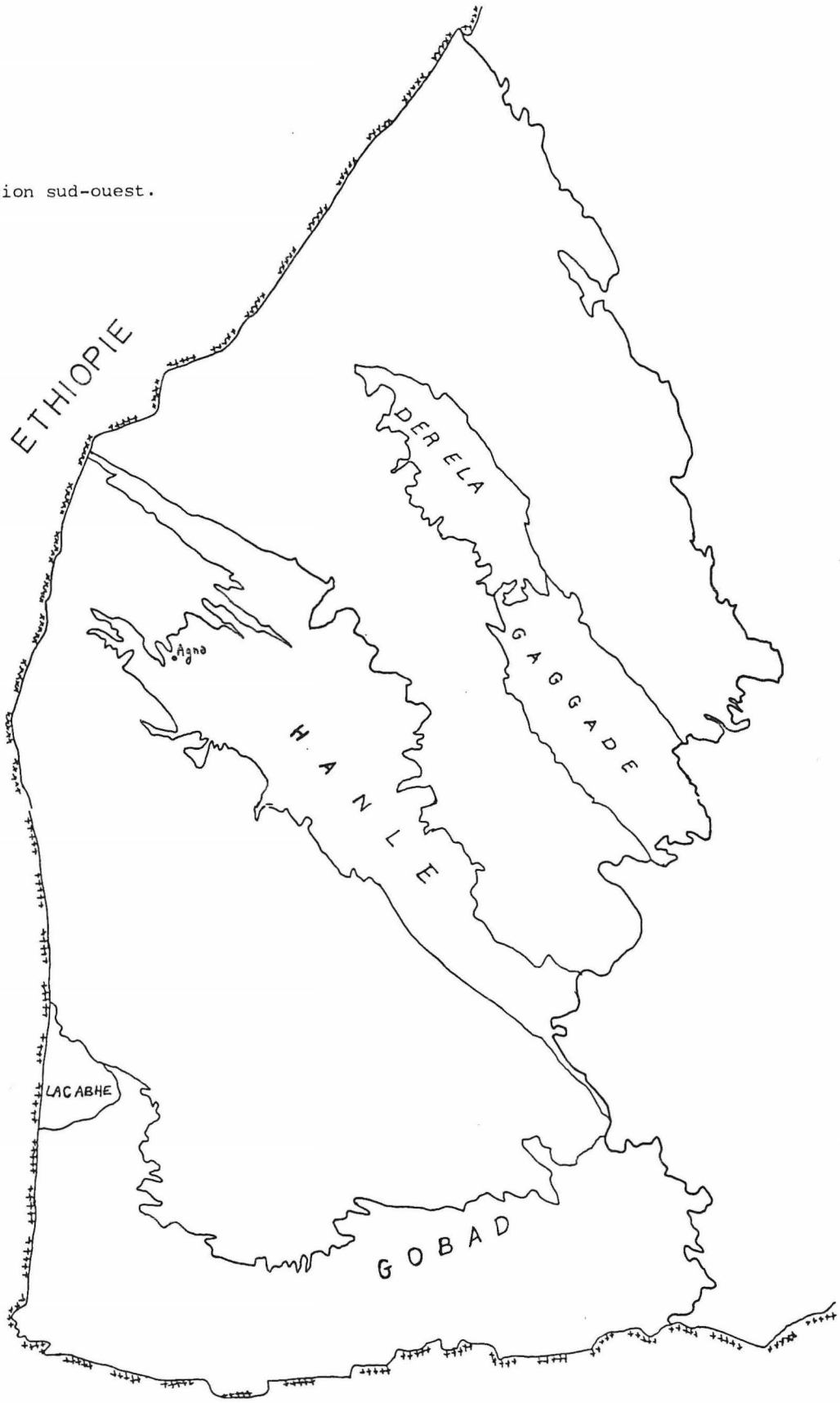
Figure 6 : Les massifs du Nord-Est.

présentent des unités de végétation à Rhighozum somalense: végétation clairsemée à l'est, steppes buissonnantes sur le plateau de Dalha et faciès type sur Deseyna et la partie sud-est.
Au sud-ouest ce sont des steppes à Aizoon caraniense de valeur pastorale faible et une végétation clairsemée à Acacia etbaïca ssp uncinata. La steppe arborée à A. etbaïca est une formation ouverte où ce ligneux est pratiquement la seule espèce arborée ou arbustive; le couvert ligneux est de l'ordre de I à 5 %. On constate dans cette zone un effet d'appauvrissement dû à l'exploitation du bois et au pâturage des animaux: le tapis herbacé est alors envahi par des espèces mal broutées comme ici Aizoon caraniense donnant une steppe herbeuse à buissonnante; cette annuelle circumméditerranéenne n'est prélevée par les animaux qu'à l'état sec.

I.3.2.2.4 LA REGION SUD-OUEST (figure7)

Nous nous intéresserons à la description des plaines de fossé d'effondrement: Der Elwa (ou bien Der Ela), Gaggadé, Hanlé, Gobad avec la bordure du lac Abbé.
DER ELWA: La partie ouest de la plaine montre un faciès type à Rhighozum somalense; au nord une steppe arborée à Acacia tortilis et Acacia asak; au sud une steppe herbeuse à Aerva javanica. Le centre de la plaine est une zone dénudée avec en périphérie une steppe succulente à Suaeda. Cette halophyte se présente en touffes buissonnantes, le recouvrement normal de 20 à 45 % peut atteindre 80 % par endroit. De faible valeur pastorale, c'est une végétation à bonne valeur fourragère pour les dromadaires qui en sont les consommateurs préférentiels. Elle ne peut être consommée en grande quantité en raison de sa forte concentration en chlorure de sodium.

Figure 7 : La région sud-ouest.



CAGGADE: Du nord-ouest au sud-est cette plaine présente une végétation clairsemée à A. tortilis et A. asak, des ilôts de Suaeda autour du centre dénudé, puis une zone de prairie marécageuse de valeur pastorale excellente et une steppe herbeuse à Aerva javanica.

HANLE: Entre deux zones dénudées au nord-ouest et au sud-est nous trouvons dans le sens nord-est - sud-ouest une steppe arborée à A. tortilis et A. asak sur une steppe herbeuse à Aerva javanica; vers les bords de la zone dénudée nord-ouest une steppe succulente à Suaeda associée à une formation ligneuse à Hyphaena thebaïca et des fourrés à Cadaba rotundifolia près de la steppe arborée à A. tortilis et A. asak. Les fourrés à Cadaba rotundifolia sont associés aux fourrés à Salvadora persica, ils s'installent sur terrains sableux; la végétation présentant une forme en mosaïque.
Cadaba rotundifolia peut présenter des teneurs en MAT de 22,43 % de la matière sèche, c'est une espèce bien appétée par les dromadaires (Faye I988) bien que d'autres auteurs déclarent qu'elle n'est pas consommée quelle que soit l'espèce élevée.

GOBAD: Les abords du lac Abbé sont dénudés, on trouve d'ouest en est une steppe herbeuse à Laziurus scindicus et une steppe herbeuse à Cymbopogon schoenantus -cette formation, de valeur pastorale médiocre, est la plus fréquente sur le territoire de Djibouti; on la rencontre sur les plaines, les dépressions, les vallées sur terrains limoneux ou limono-sableux ainsi que sur les versants rocheux - cette zone est traversée dans le sens est-ouest par une ligne de formation ligneuse inondable à Tamarix nilotica.
Dans la partie centrale de la plaine de Gobad, Laziurus scindicus se trouve en formation pure: des grandes touffes espacées sur sol nu dominant (20 % de recouvrement au maximum).

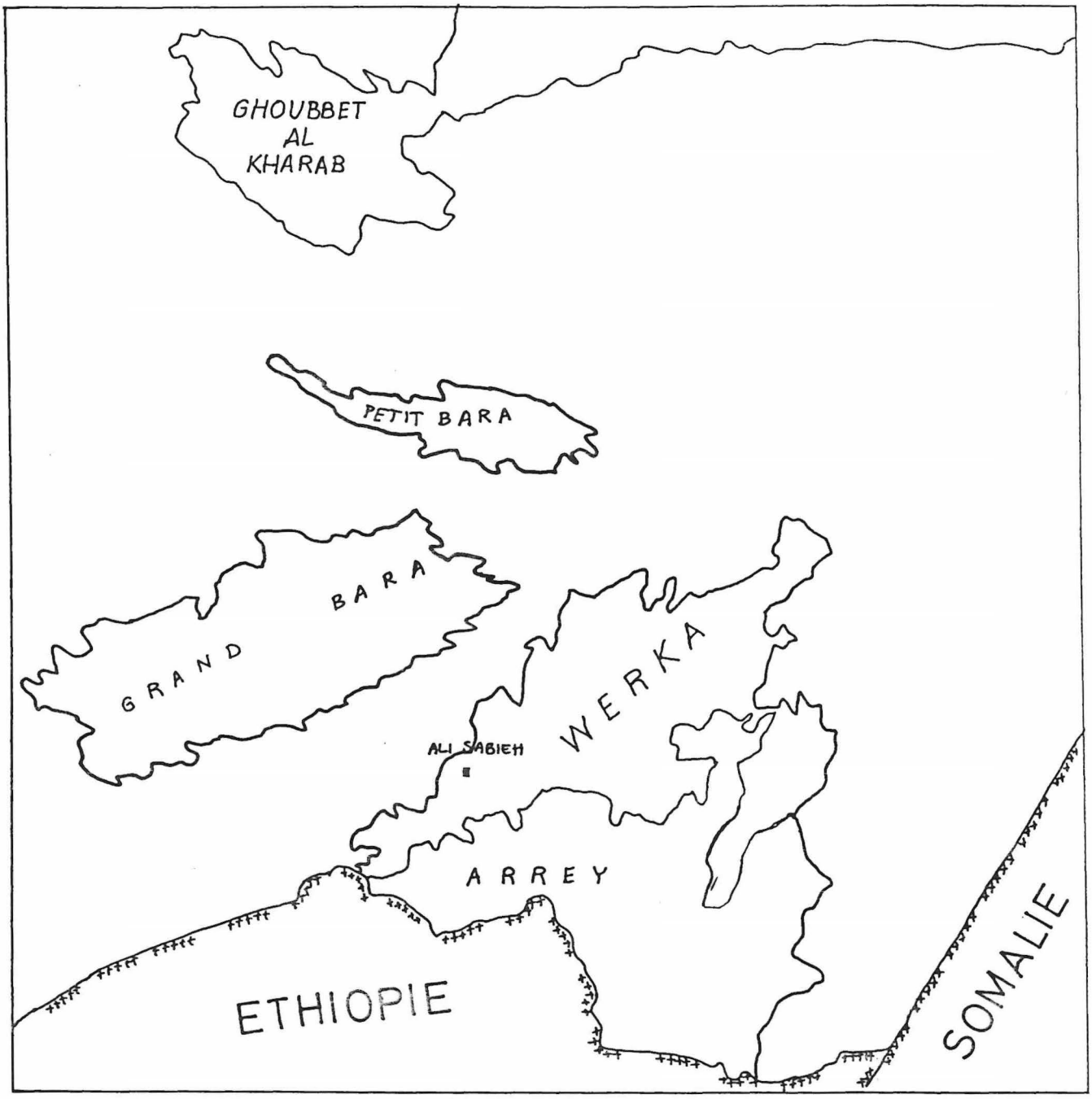


Figure 8 : Le Grand et le Petit Bara et la région d'Ali Sabieh.

I.3.2.2.5 LE GRAND ET LE PETIT BARA (figure 8)

Le Grand Bara présente une steppe herbeuse à Cymbopogon schoenantus et des zones dénudées.

Le Petit Bara présente une steppe herbeuse à Cymbopogon schoenantus et une steppe arborée à A. tortilis et A. asak.

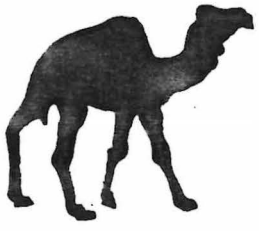
I.3.2.2.6 LA REGION D'ALI SABIEH (figure 8)

Le massif d'Arrey au sud est couvert d'une steppe arborée à A. etbaïca ssp uncinata, ici le recouvrement atteint 20 % par endroit. La strate herbacée associée est limitée en saison sèche; de l'ordre de 20 à 40 % en saison des pluies: il s'agit de quelques vivaces (fructescents ou sub-ligneux) et d'un grand nombre d'annuelles. La strate herbacée est dominée par Cymbopogon schoenantus.

La dépression de Werka présente une steppe herbeuse à Cymbopogon schoenantus et quelques fourrés à Cadaba rotundifolia et Salvadora persica.

CHAPITRE 2

METHODOLOGIE DE L'ETUDE



Jeune ISSA (Djibouti)
d'aprés "La côte française
des Somalis", Ministère de
la France d'Outre-Mer, Paris
I950.

2.I PRELEVEMENTS

2.I.I PRELEVEMENTS DE FOURRAGES

Des prélèvements de fourrages ont été réalisés dans les grandes régions naturelles de Djibouti. Chaque fois il a été prélevé les espèces dominantes et les espèces entrant pour une grande part dans l'alimentation des animaux. Lors de cette enquête seules les parties prélevées par les animaux furent récoltées (en particulier seules les feuilles des ligneux): les échantillons de 250 à 300 grammes placés dans des sacs étanches ont été préséchés à température ambiante dans une pièce fermée à ventilation dynamique. Au total I7 fourrages ont été prélevés sur I4 lieux (figure 9). Sur place le nom vernaculaire était relevé; c'est avec le rapport d'Audru et collab.(I987) que la reconnaissance des espèces a été faite (tableau 3). Pour deux espèces la transcription a été impossible.

2.I.2 PRELEVEMENTS SANGUINS

Sur l'ensemble du territoire de Djibouti 52 dromadaires ont été prélevés; la figure I0 donne les lieux de prélèvements, les effectifs, le sexe et l'âge des animaux. Le sang a été prélevé à la jugulaire sur tube DARSTED contenant une goutte de liquémine (anticoagulant), et centrifugé sur place dans un délai de six heures; le plasma a été collecté par un filtre à hématies, conservé à la température de la glace fondante et congelé dès le retour à Djibouti (après au maximum un délai de cinq jours à 0°C).

2.2 ANALYSES DE LABORATOIRE

Les analyses ont été réalisées dans les laboratoires d'Eco-pathologie, des Maladies Nutritionnelles et Immunologie des ruminants,

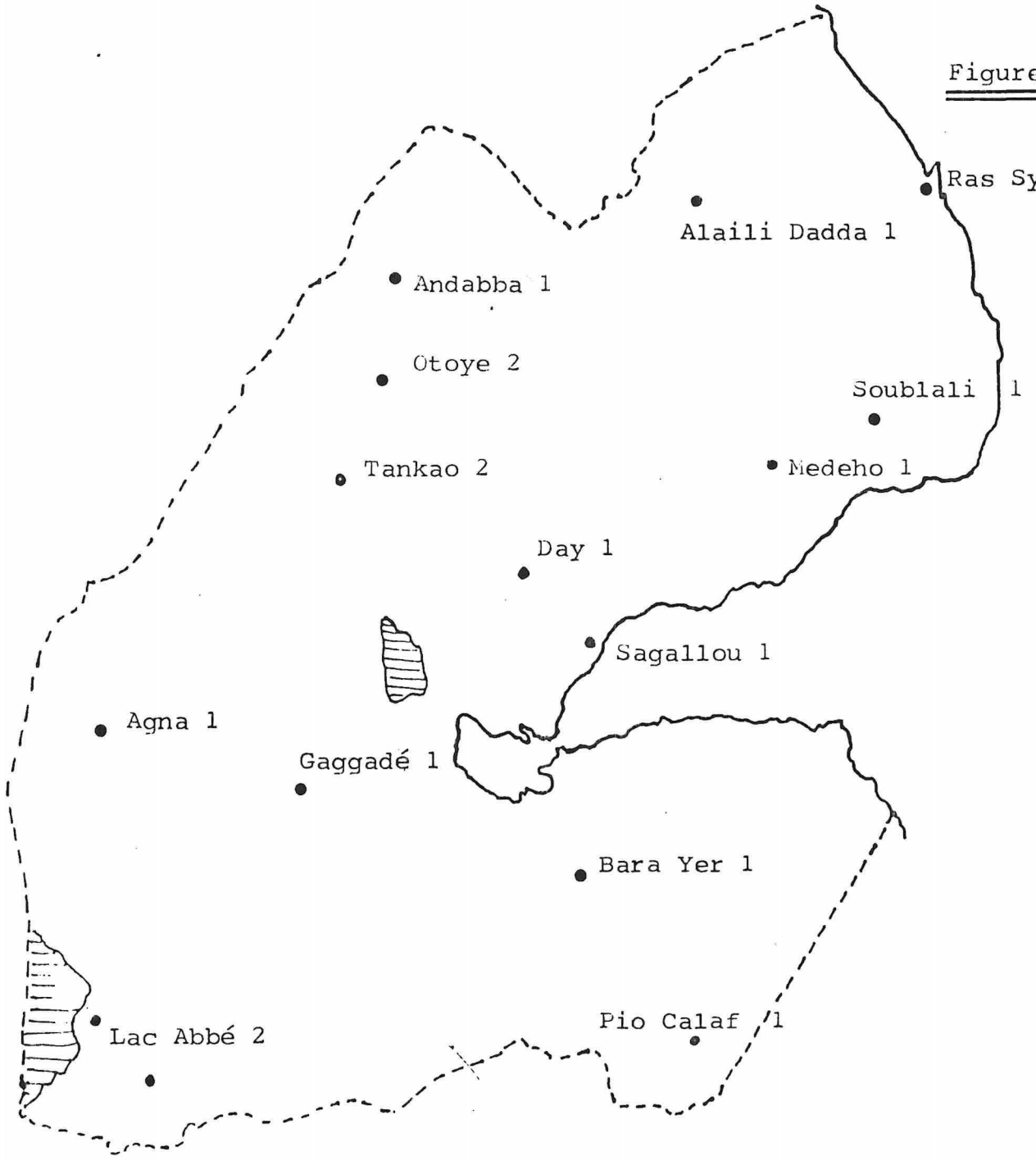


Figure 9 : Nombre et lieu de prélèvements de fourrages.

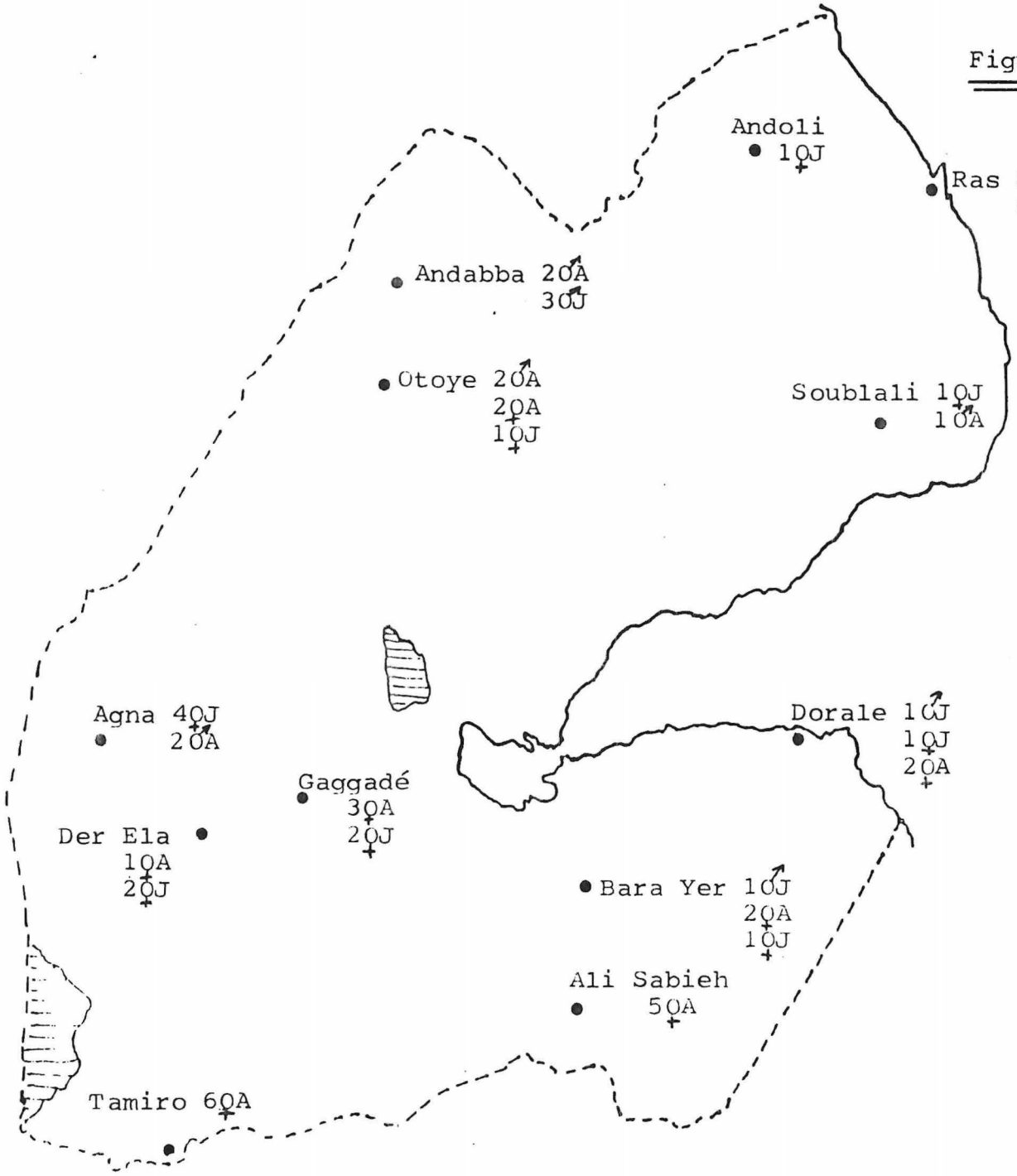


Figure 10: Prélèvements sanguins de dromadaires (J jeunes A adultes).

Lieu de prélèvement	Numéro et type	Nom vernaculaire	Nom latin
Otoye	I (L)	Tikibleita	Acacia asak
Otoye	2 (G)	Bilita + Amantou	Laziurus hirsutus Panicum turgidum
Tankao	3 (L)	Elaïta	Hyphaena thebaïca
Tankao	4 (L)	Dara + Hamiltou	Cyperus laevigatus Sporobolus robustus
Andabba	5 (L)	Cassalto	Acacia nilotica
Sagallou	6 (G)	—	Saccharum officinarum Zea mais
Day	7 (L)	Sassacto + Abobeita	Acacia etbaïca Grevia bicolor
Soublali	8 (L)	—	Cossocarpus lancifolius (laurier du Yemen)
Aleili Dada	9 (B)	Adaïto	Salvadora persica
Syyan	IO (L)	Takaïto	Avicennia marina
Medeho	II (L)	Webaïto	?
Pio Calaf	I2 (B)	Adaïto	Salvadora persica
Bara Yer	I3 (G)	Damba	Cymbopogon schoenantus
Lac Abbé	I4 (G)	Bilita	Laziurus hirsutus
Lac Abbé	I5 (L)	Sagan	Tamarix nilotica
Agna	I6 (B)	Sissa	?
Gaggadé	I7 (B)	Hourounto	Suaeda fructicosa

Tableau 3 : Prélèvements de fourrages ligneux (L), graminéens (G), buissonnants (B).

des Maladies Métaboliques à l'INRA - Theix et au laboratoire d'Analyses Végétales à l'INRA - Bordeaux.

2.2.I ANALYSES DE FOURRAGES

Pour les éléments mineurs ont été dosés le cuivre, le zinc, le molybdène, le cobalt, l'iode, le sélénium, le manganèse et le soufre. Cuivre, manganèse et zinc ont été mesurés suivant la méthode décrite par Bellanger (I97I), le molybdène avec celle de Duval (I97I), pour le cobalt celle de Hocquelet (I974), la méthode de Aumont et Tressol (I986)pour l'iode, celle de Lamand (I969) pour le sélénium le soufre a été dosé par titration à l'iodate de potassium.

Les minéraux majeurs calcium, magnésium, sodium et potassium ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique, pour le phosphore c'est la réaction de Misson (complexe phosphore-vanadium-molybdène) qui a été utilisée.

2.2.2 ANALYSES PLASMATIQUES

Quinze paramètres ont été mesurés dans les plasmas camelins: les paramètres minéraux sont: le cuivre, le zinc, le calcium et le magnésium; les paramètres biochimiques sont: le glucose (GLU), l'urée (URE), l'albumine (ALB), le 3-hydroxybutyrate (BOH)(principal corps cétonique des ruminants), la céruloplasmine (CER) (protéine de transport du cuivre), les acides gras libres (AGL), les triglycérides (TRG), le cholestérol (CHO) et les phospholipides (PHO); les paramètres enzymatiques concernent la gamma glutamyl transférase (GGT) et la glutamate deshydrogénase (GLD).
Les méthodes d'analyses utilisées sont présentées au tableau 4.

Paramètre plasmatique	Méthode de dosage
Cu et Zn	Spectrophotométrie à absorption atomique, Bellanger, Lamand (I975).
Ca et Mg	Spectrophotométrie d'absorption atomique.
GLU	Coffret commercialisé par Merck ref 3389
URE	Coffret commercialisé par Boehringer ref I24 320
ALB	Méthode de Don et collab.I972.
BOH	Méthode de Barnouin et collab.I986.
CER	Méthode de Chacornac et collab. I986.
AGL	Méthode de Chilliard et collab. I986.
TRG	Méthode de Bucolo et collab. I973.
CHO	Méthode de Allain et collab. I974.
PHO	Méthode de Takayama et collab. I977.
GGT	Coffret commercialisé par Boehringer ref 543 098 et 543 IOI.
GLD	Coffret commercialisé par Boehringer ref I24 320.

Tableau 4 : Méthodes de dosage des paramètres plasmatiques.

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

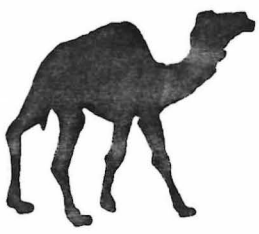
Les résultats bruts sont donnés par le logiciel STAT - ITCF: moyenne, écart-type, histogrammes, graphiques.

Pour les comparaisons des moyennes nous avons d'abord réalisé une comparaison des variances (calcul de F), dans le cas où la variable étudiée ne remplissait pas les conditions d'une répartition normale, le test U de Mann et Whitney (test non paramétrique) fut utilisé; dans les autres cas nous avons utilisé le test t de comparaison de deux moyennes observées (Schwartz I986).

Nous avons d'autre part utilisé les analyses multidimensionnelles classiques: Analyse en Composantes Principales (ACP), Classification Hiérarchique Ascendante (CHA), Analyse factorielle des Correspondances multiples (AFC) et Analyse Discriminante (AD); pour l'interprétation des résultats nous nous sommes appuyés sur les ouvrages de Bouroche et collab.(I987) et Fénelon (I98I).

CHAPITRE 3

LES FOURRAGES. ANALYSE MINERALE



"...je domine notre île: elle est couverte en partie par des marais qui assèchent à marée basse, faisant comme de larges clairières au milieu de la forêt de mangliers (palétuviers) ... tandis que je contemple ce spectacle exquis d'énormes animaux au pelage fauve sortent d'entre les branches dont ils paissent les feuilles en allongeant un cou démesuré; ce sont des chameaux. Ils vivent là en liberté, se nourissent de feuilles de mangliers sans jamais boire, la sève de cet arbre suppléant au besoin de liquide de leur sobre et robuste organisme. A ce régime les chamelles ont cependant du lait, car je vois la jeune génération mêlée à la tribu..."

Henry de Monfreid, "Les secrets de la Mer Rouge" I932.

3.I RESULTATS

3.I.I LES OLIGO-ELEMENTS

L'ensemble des résultats d'analyses est répertorié dans le tableau 5: Teneurs en oligo-éléments dans les fourrages exprimées en ppm (sauf pour le soufre exprimée en g/kg de matière sèche)

N°	Nom	Cu	Zn	Mn	Co	Mo	I	Se	S
I	Acacia asak	5,4	I6,9	36	0,39	0,75	2,60	0,77	2,3
2	Laziurus hirsutus Panicum turgidum	5,6	I5,6	26	0,I5	0,55	I,03	0,5I	I,9
3	Hyphaena thebaïca	2,I	3,2	27	0,II	0,20	4,2I	0,20	2,6
4	Cyperus laevigatus Sporobolus robustus	2,I	7,3	I78	0,06	4,08	3,30	0,I0	4,2
5	Acacia nilotica	8,2	22,3	43	0,32	0,80	2,48	I,86	2,I
6	Saccharum officinarum, Zea mais	7,I	I3,7	27	0,I4	0,69	0,85	0,48	I,2
7	Acacia etbaïca Grevia bicolor	5,4	I5,6	68	0,49	0,56	I,49	0,2I	2,4
8	Cossocarpus lancifolius	7,9	24,9	72	0,74	0,64	0,79	I,02	9,8
9	Salvadora persica	3,8	7,0	2I	0,I9	3,9I	0,60	5,I2	I7,2
I0	Avicennia marina	I,9	8,3	23	I,07	0,49	2,66	0,09	2,7
II	"Weibato"	7,2	28,7	3I	0,II	0,26	0,94	0,56	I,3
I2	Salvadora persica	2,7	4,8	45	0,I9	4,06	I,30	5,52	II,9
I3	Cymbopogon schoenantus	II,2	29,6	I8I	I,42	0,8I	4,80	0,09	2,9
I4	Laziurus hirsutus	3,6	II,8	54	0,I7	0,98	I,50	0,29	2,6
I5	Tamarix nilotica	I4,I	2I,I	67	0,79	I0,79	2,95	0,36	I0,0
I6	"Sissa"	I9,9	I9,5	232	2,I2	0,2I	I,6I	0,I0	0,8
I7	Suaeda	I4,9	I5,3	I05	0,47	5,64	2,8I	0,2I	6,2

Nous notons que les végétaux présentant des valeurs basses pour le cuivre ont aussi des teneurs faibles en zinc: Hyphaena, Sporobolus, Salvadora, Avicennia.Pour le manganèse cinq espèces présentent des valeurs très élevées: Cyperus, Sporobolus, Cymbopogon,Suaeda et l'espèce Sissa . Il faut aussi noter l'association des valeurs élevées en molybdène et soufre chez Cyperus, Sporobolus, Salvadora, Tamarix et Suaeda. L'espèce Cossocarpus lancifolius (le laurier du Yemen) présente une forte teneur en soufre.
Les deux prélèvements de Salvadora persica présentent des résultats comparables pour cuivre, zinc, cobalt, molybdène, sélénium et soufre.

3.I.2 LES MACRO-ELEMENTS (MINERAUX MAJEURS)

L'ensemble des résultats d'analyses est répertorié dans le tableau 6.
Notons la richesse en calcium de l'espèce Salvadora persica: de l'ordre de I00 grammes de calcium par kilogramme de matière sèche!
Les teneurs en phosphore sont basses, ce qui est fréquent sur les végétaux des zones tropicales.
Pour le magnésium nous notons des valeurs élevées chez les espèces Cossocarpus lancifolius, Salvadora persica, Tamarix nilotica et l'espèce Sissa qui sont des plantes buissonnantes ou ligneuses. Une étude sur le comportement alimentaire du dromadaire dans la vallée d'Awash en Ethiopie (Faye, Tisserand I988) estima à 90 % la proprotion de ligneux entrant dans la ration en saison sèche et à 50 % en saison des pluies, ce désequilibre en faveur des ligneux souligne l'intérêt du dosage des minéraux chez ces végétaux.Ceci justifiera l'établissement d'une carte des apports minéraux à Djibouti pour préjuger de l'occurence d'une carence minérale primaire ou d'un excés d'apport, cette cartographie repose sur I3 prélèvements de ligneux ou buissonnants et 4 prélèvements de graminées.
Au sujet du potassium nous notons une très grande variabilité dans

N°	Nom	Ca	P	Mg	K	Na
I	Acacia asak	29,6	I,75	3,78	I2,60	0,49
2	Laziurus hirsutus Panicum turgidum	3,6	I,08	I,44	I2,5I	0,73
3	Hyphaena thebaïca	2,4	0,74	2,62	I,60	6,92
4	Cyperus laevigatus Sporobolus robustus	4,3	0,45	3,97	I0,64	I2,34
5	Acacia nilotica	23,5	I,60	2,30	9,62	0,23
6	Saccharum officinarum Zea mais	3,7	I,I0	I,88	7,I5	0,36
7	Acacia etbaïca Grevia bicolor	I6,8	I,26	3,06	I0,3I	0,56
8	Cossocarpus lancifolius	27,7	I,I9	I0,77	II,32	3,7I
9	Salvadora persica	I00,I	0,77	5,7I	7,I8	I2,49
I0	Avicennia marina	4,6	I,08	4,70	9,27	46,56
II	"Weibato"	2I,0	I,39	3,95	I0,I4	0,74
I2	Salvadora persica	I02,2	0,55	8,00	II,84	I0,46
I3	Cymbopogon schoenantus	8,4	I,89	3,55	23,06	I,I3
I4	Laziurus hirsutus	5,4	0,35	2,00	4,40	2,20
I5	Tamarix nilotica	20,8	I,2I	9,I9	8,7I	44,26
I6	"Sissa"	24,3	I,75	II,II	6,90	85,09
I7	Suaeda fructicosa	I5,5	I,I3	5,87	I2,37	63,82

Tableau 6 : Teneurs en macro-éléments dans les fourrages exprimées en g/kg de matière:sèche.

les apports. Quant au sodium nous observons les très fortes teneurs des espèces Avicennia marina (le palétuvier), Tamarix nilotica, l'espèce Sissa et Suaeda fructicosa. Hyphaena thebaïca (le palmier Doum) espèce très résistante au sel (Audru et collab.) présente une teneur en sodium sensiblement plus basse que les espèces précédentes.

3.2 DISCUSSION

3.2.I INTERET DES ANALYSES DE FOURRAGES

Cette étude sur le territoire de Djibouti continue celle réalisée en Ethiopie (Faye et collab. I986) dont les résultats sont parus en I986. Le territoire de Djibouti est dans la continuité de la Vallée du Rift où ont été repérés au niveau des fourrages des carences en cuivre et zinc. Il convient cependant de relativiser les résultats obtenus lors de cette enquête ponctuelle car les teneurs en oligo-éléments dans les fourrages varient suivant le stade de végétation, le cycle de repousse et la saison. D'autre part n'ont été prélevé somme toute que I9 espèces différentes, qui, si elles sont représentatives de la ration des animaux, n'en constituent cependant pas la totalité. Enfin on peut être surpris de l'importance des variations des teneurs minérales des fourrages entrant dans les rations des animaux si l'on s'en réfère à certains auteurs déclarant à propos du dromadaire qu'il ajuste assez correctement sa prise de fourrages vers un équilibre de ses besoins. A l'inverse Arnold en I964 (Mc Dowell I984) déclarait "qu'il existe maintes preuves dans la littérature du peu de "sagesse" nutritionnelle de la pluplart des mammifères, qui choisiront un régime alimentaire de mauvaise qualité, mais appétent, de préférence à un régime nutritif, non appétent, même s'ils sont à l'article de la mort".

L'analyse en oligo-éléments des fourrages permet de connaître s'il existera au niveau animal des carences ou des excés. Au contraire l'ana-

lyse de sol ne permet aucune prospection quant aux effets sur les animaux car la plante n'absorbe qu'une fraction des oligo-éléments du sol la plus grande partie étant non assimilable. Il existe d'autre part une compétition pour les oligo-éléments entre les végétaux et les micro-organismes du sol, compétition que ne reflète pas une analyse de sol. Enfin la composition en oligo-éléments d'un sol est variable dans le temps et l'espace; ainsi selon Lamand (I979) "une interprétation d'analyse de prélèvements (de sols) arbitraires ne peut être qu'aléatoire". Au contraire l'analyse des fourrages donne une juste idée des oligo-éléments ingérés, elle permet de diagnostiquer les carences primaires (carences d'apport) et dans une moindre mesure de prévoir les carences secondaires dont souffriront les animaux du fait d'interactions existant entre les minéraux de la ration. De plus l'analyse des fourrages en manganèse et cobalt est le seul moyen de détecter une carence en ces deux éléments car aucun prélèvement d'origine animale n'est assez fiable pour détecter ces deux carences.
C'est ainsi que l'on a pu établir pour les minéraux des valeurs seuils d'apport dans les fourrages permettant d'envisager une carence ou une toxicité chez le bétail.

3.2.3 NORMES D'APPORT POUR LES RUMINANTS

Les services d'alimentation des bovins, ovins et caprins de l'INRA préconisent certains seuils pour les oligo-éléments (tableau 7).

Tableau 7 : Apports recommandés en oligo-éléments et seuils de toxicité (mg/kg de MS de la ration) d'après Gueguen, Lamand, Meschy .

Elément	Limite de carence	Apport recommandé	Limite de toxicité
Cu	7	I0	Ovins I5 Bovins 30
Co	0,07	0,I	I0
I	0,I5	0,2-0,8	8
Mn	45	50	I000
Zn	45	50	250
Se	0,I	0,I	0,5
Mo	-	-	3

Ces valeurs cependant doivent être considérées comme des valeurs guides ; les besoins nets des animaux en oligo-éléments ne sont pas exactement connus.

Pour les autres minéraux nous donnerons une marge de sécurité:

-le soufre: sa teneur dans le fourrage dépend de la teneur en azote, il est délicat de proposer un apport, on préconise habituellement une teneur de I,5 g à 2 g de soufre par kg de MS; cet élément se trouve en général en quantité suffisante dans la ration.

- le calcium: suivant l'espèce le type de production, on préconise différents apports:
  - pour les vaches laitières, en fonction de leur production l'apport recommandé varie de 3,6 à 7,3 g/kg de MS.
  - pour les bovins à viande de 5,5 à IO g/kg de MS.
  - pour les ovins de 5 à IO g/kg de MS.

- le phosphore suit des apports différents comme pour le calcium:
  - pour les vaches laitières de 2,3 à 4 g/kg de MS.
  - pour les bovins à viande de 3,2 à 6 g/kg de MS.
  - pour les ovins de 3 à 4 g/kg de MS.

-le potassium ne présente pas de problèmes dans l'alimentation des ruminants.

- le sodium est rarement suffisant; les besoins en sodium d'une vache laitière sont de I8 g/jour.

_ le magnésium: les besoins d'une vache laitière sont de I8 g/jour.

Compte tenu de ces apports recommandés dans les fourrages, il est possible d'établir sur l'ensemble du territoire de Djibouti, en fonction des lieux de prélèvements, des zones où les apports en minéraux seront déficients ou en excés.

3.2.3 CARTOGRAPHIE DE DJIBOUTI

Voir les figures II et I2. La carence en zinc est généralisée à l'ensemble du territoire de Djibouti, la moitié des prélèvements est carencée en cuivre, la carence en manganèse est présente dans la moitié nord du pays. La zone de mangrove du Ras Syyan et la région du Rift de l'Afar sont particulièrement carencées: zinc, cuivre et manganèse.

Notons d'autre part la fréquence des excés en molybdène qui sont associés à des excés de soufre: Aleili Dadda, région du lac Abbé et Pio Calaf.

L'établissement de cette cartographie permet de noter l'étendue des carences primaires en cuivre, zinc, manganèse; il ne sera cependant possible d'en tirer les conséquences utiles qu'au vu de la cartographie établie dans le chapitre suivant à partir des teneurs plasmatiques en minéraux des dromadaires.

Cependant cette cartographie est établie à partir des recommandations pour bovins, ovins et caprins. Force est, pour le dromadaire, de reconnaître notre manque presque total de connaissances dans le domaine des apports en minéraux. Il suffira de consulter l'article de Richard présenté lors du Séminaire de Ouargla en I988 pour comprendre nos lacunes. Lors de son étude en Ethiopie Faye (I986) avait retenu comme limites de carences les teneurs suivantes des fourrages: 5 ppm pour le cuivre, 30 ppm pour le zinc, 45 ppm pour le manganèse et 0,07 ppm pour le cobalt. Parmi ces normes, cuivre et zinc sont abaissées par rapport aux récentes valeurs de Gueguen, Lamand et Meschy. Si l'on différencie Camélidés et Ruminants comme le laissent envisager Engelhardt et Jouany, les normes d'apport sont certainement à revoir pour les dromadaires. Quoi qu'il en soit, c'est d'abord par l'établissement d'un profil métabolique camelin -certainement différent des ruminants- que les recherches doivent passer pour avoir une connaissance assurée des apports indispensables. Citons le fait que lors de leur étude du comportement alimen-

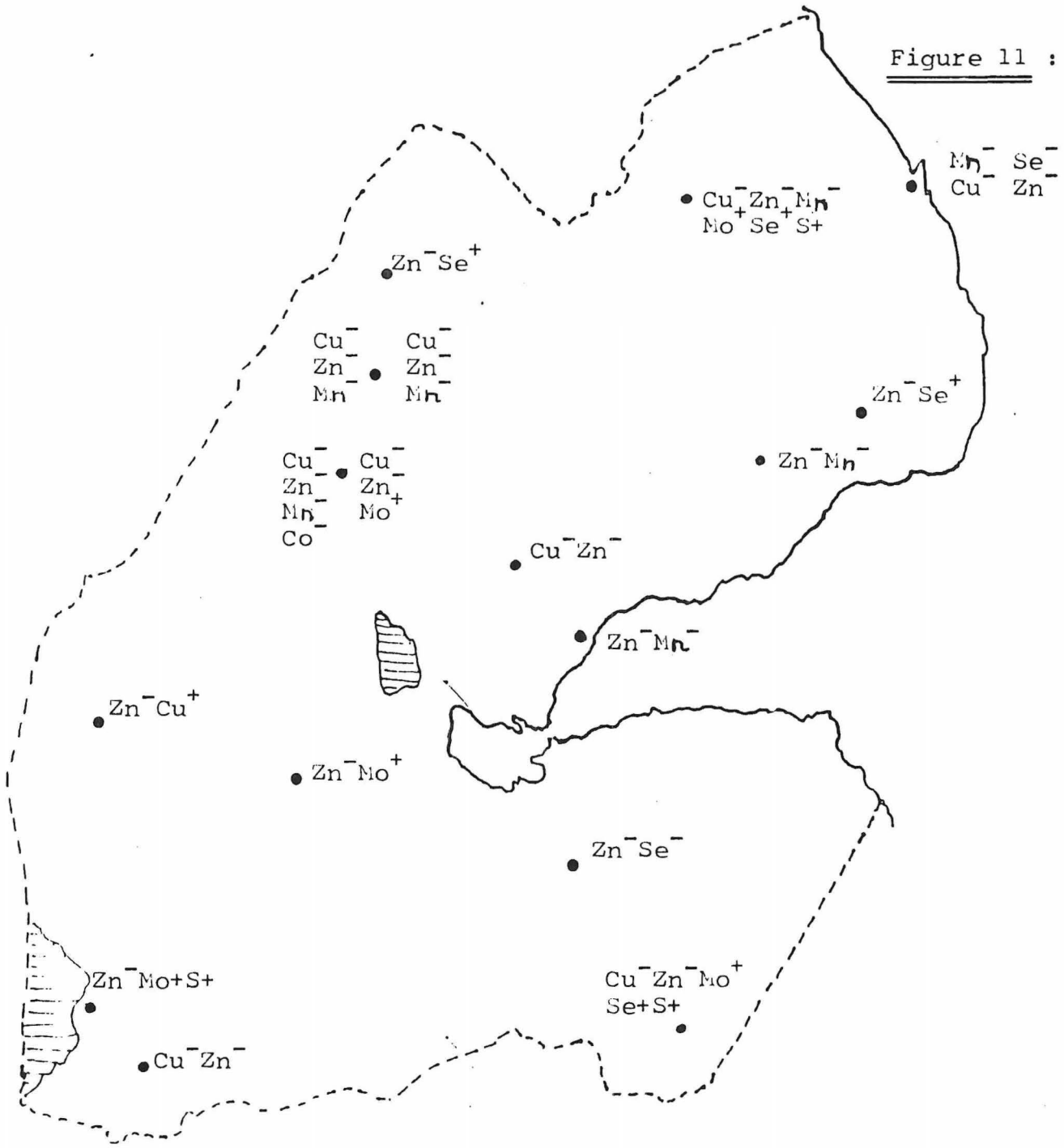


Figure 11 : Carences et excés en oligo-éléments dans les fourrages.

Cu⁻ carence en cuivre
Zn⁻ carence en zinc
Mn⁻ carence en manganèse
Co⁻ carence en cobalt
Cu+ excés ce cuivre
Mo+ excés de molybdène
Se⁻ carence en sélénium
Se+ excés de sélénium
S+ excés de soufre

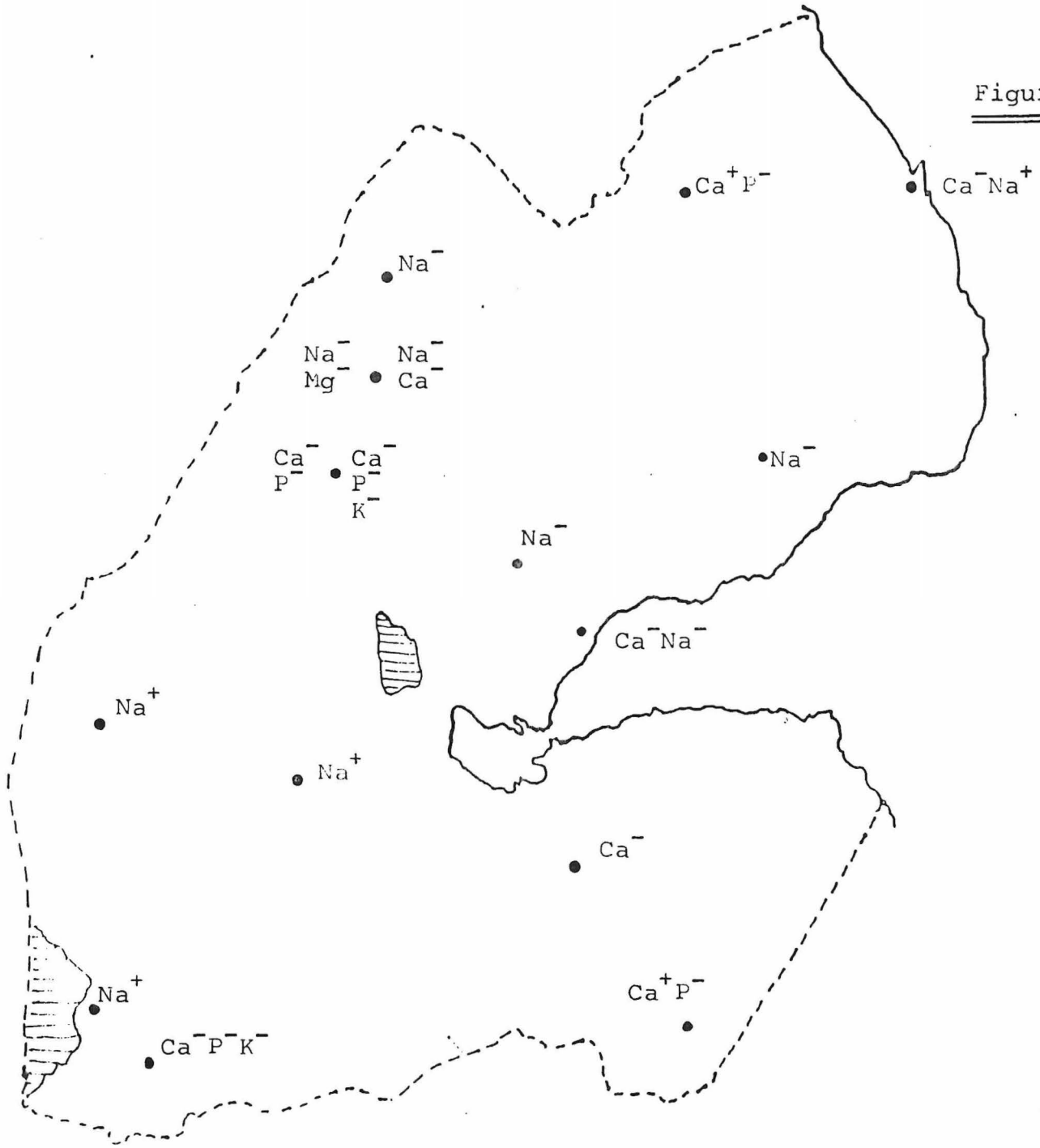


Figure 12 : Déficits et excés en macro-éléments dans les fourrages.

Ca^+ riche en calcium
Ca^- pauvre en calcium
K^- pauvre en potassium
P^- pauvre en phosphore
Na^- pauvre en sodium
Na^+ riche en sodium
Mg^- pauvre en magnésium

taire des dromadaires, Faye et Tisserand (I988) déclarent que le dromadaire est moins sensible à la carence cuivre que les autres espèces sur des pâturages identiques.

3.2.4 ROLES ET METABOLISME DES MINERAUX

La recherche et la mesure des teneurs minérales des fourrages ne se justifient que si l'on tient compte du rôle métabolique primordial de certains minéraux, des interactions existant entre les minéraux présents dans les fourrages et qui modifient l'absorption d'éléments minéraux particuliers. Cette mesure, en effet, n'est qu'un élément d'appréciation quantitatif, il convient d'y ajouter des connaissances qualitatives sur le métabolisme des minéraux pour que notre étude soit complète et pleinement justifiée.

Les apports minéraux doivent correspondre à deux besoins: ceux de l'organisme et ceux des micro-organismes du tube digestif; ainsi si les besoins en phosphore, soufre, magnésium, zinc et cobalt des micro-organismes ne sont pas couverts, l'efficacité de la ration alimentaire en sera réduite. Le principal besoin en soufre des ruminants se situe au niveau du rumen: les bactéries utilisent le soufre pour la synthèse de leurs acides aminés soufrés. Par contre la plupart des oligo-éléments qui nous intéressent jouent un rôle comme constituants ou activateurs d'enzymes (dénommées de ce fait métallo-enzymes) intervenant dans l'utilisation par l'animal des lipides, glucides et protides.
Il existe une différence entre la fraction des minéraux apportés par les fourrages et la partie absorbée par l'animal, et donc, disponible pour satisfaire ses propres besoins. Ainsi pour l'absorption des minéraux trois éléments sont à prendre en compte:

I/ la capacité d'absorption de l'intestin

2/ l'absorbabilité des minéraux

3/ les interactions minérales

La capacité d'absorption de l'intestin est caractéristique de l'animal

et de son état physiologique (sur ce plan aucune étude ne concerne le dromadaire). L'absorbabilité des minéraux dépend de l'aliment et du régime alimentaire. En effet les sels minéraux pour être absorbés par l'intestin doivent être disponibles en général sous forme ionisée; ainsi certaines combinaisons chimiques existant dans l'aliment ou formées dans l'intestin sont insolubles et de ce fait non absorbables. Les interactions jouent d'une part sur l'absorbabilité des minéraux par création de complexes insolubles et d'autre part par compétition au niveau des sites d'absorption.

Nous envisagerons ces trois éléments pour l'apparition de carence en cuivre et zinc, qui sont les deux oligo-éléments faisant le plus défaut dans les fourrages de Djibouti.

- Eléments interagissant dans le tube digestif:

  -un excés de calcium peut diminuer l'absorption du cuivre, du zinc, du manganèse. Rappelons la teneur de I00 g/kg MS de l'espèce Salvadora persica.

  - un excés de potassium réduit l'absorption du magnésium.

  - le cuivre et le zinc entrent en compétition au niveau de leur absorption intestinale.

  - les sulfures (provenant d'un excés de soufre) bloquent l'absorption du zinc et du manganèse; si la ration comporte en plus du molybdène en excés alors les thiomolybdates synthétisés empêchent l'utilisation du cuivre.

- Eléments d'apparition d'une carence en zinc:

  On a observé (Tartar I986) que malgrè des teneurs en zinc insuffisantes dans les fourrages, les carences cliniques sont rares, elles n'apparaissent qu'à l'occasion de la baisse de la digestibilité de cet élément de l'ordre de 20 %, ce qui peut être observé dans le cas d'un fourrage dont la matière sèche est peu digestible, lors d'un régime à fort déficit protéique, lorsque les fourrages sont contaminés par de la terre.

- Eléments d'apparition d'une carence en cuivre:

Au niveau du fourrage, Suttle (I986) distingue trois facteurs dans l'apparition d'une carence:

I/ le type d'aliment: le cuivre est moins disponible dans les fourrages frais que dans les fourrages secs. Ainsi dans certains fourrages la disponobilité représente IO % de la teneur en cuivre.

2/ la composition minérale de l'aliment: soufre et molybdène en excés bloquent l'absorption du cuivre; ce qui est le cas dans notre étude pour les échantillons de Cyperus, Sporobolus, Salvadora, Tamarix et Suaeda. Selon Suttle lors de teneurs en molybdène dépassant 4 mg/kg MS de la ration la disponibilité en cuivre diminue de 50 %; une baisse identique peut être obtenue avec I g/kg MS de soufre dans la ration; plus récemment Lamand (I989) déclare que l'interférence soufre-molybdène-cuivre apparaît dès la dose de 2,4 mg de molybdène par kg de matière sèche.

3/ l'interaction entre type d'aliment et composition chimique: ainsi pour une concentration donnée en soufre d'un fourrage, l'effet du molybdène est moindre dans le fourrage sec que dans le fourrage frais.

Pour le molybdène quelques précisions sont à apporter: la teneur en molybdène des fourrages dépend de la disponibilité du molybdène dans le sol. Cet élément se trouve très disponible dans les sols riches en matières organiques (type tourbe) et dans les sols minéraux neutres ou alcalins mal draînés. Enfin plutôt que de tenir compte des teneurs respectives en cuivre et molybdène, Kincaïd (I986) avance que c'est plus le rapport du cuivre au molybdène qui est primordial, attendu qu'une carence en cuivre peut survenir sur des pâturages où la concentration en

molybdène est faiblement augmentée et où la teneur en cuivre est acceptable.

- Variations interspécifiques et intraspécifiques de l'absorption des minéraux.

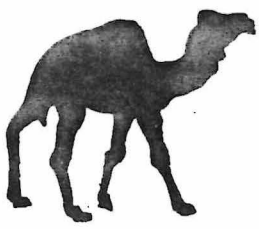
Malgrè l'absence de résultats encore répertoriés chez le dromadaire (travaux de Jouany de l'INRA - Theix à venir), il faut citer qu'il peut exister chez d'autres espèces des variations intraspécifiques de la capacité d'absorption minérale. Ainsi Suttle (I986) rapporte la possibilité de sélectionner chez les ovins des lignées génétiques à haut ou bas potentiel d'absorption du cuivre (travaux de Wiener et Woolliams,I983, d'après Suttle). De ce fait le statut en cuivre d'un troupeau ovin est modifiable.

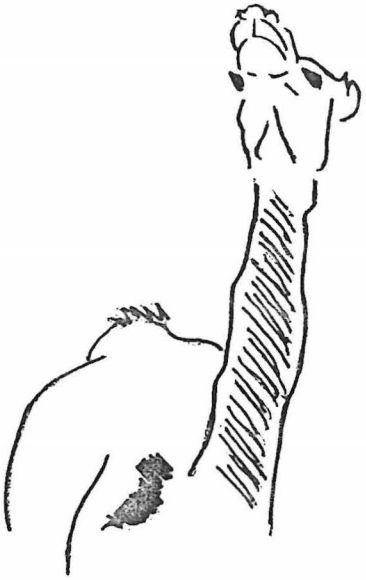
D'autre part le National Research Council (NRC) note l'existence de différences interspécifiques quant à la résistance aux doses plasmatiques de molybdène (donc à l'absorption de ce même élément minéral): les ovins tolèrent des teneurs plasmatiques de I à 2 mg/l soit de vingt à quarante fois les taux plasmatiques normaux, sans que la teneur en céruloplasmine soit affectée (la céruloplasmine est une enzyme de transport du cuivre). De la même façon les chevaux semblent plus résistants que les bovins sur les mêmes pâtures.

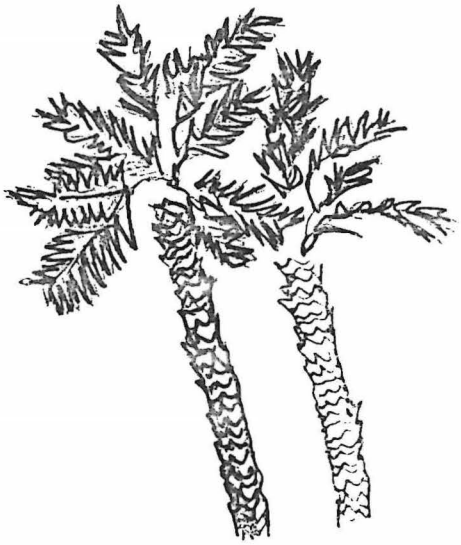
Pour les dromadaires il est possible d'envisager l'hypothèse d'une plus forte tolérance que les ruminants et donc,en ce qui concerne le molybdène, de penser que les teneurs toxiques sont peut-être supérieures à celles retenues pour l'établissement de notre cartographie. Dans le même sens, il est possible que les seuils de carence en cuivre et zinc soient considérablement abaissés par rapport aux normes retenues par Gueguen, Lamand et Meschy concernant les ruminants classiques.

CHAPITRE 4

LES PLASMAS. ANALYSE MINERALE BIOCHIMIQUE, ENZYMATIQUE







"Il y a peu d'animaux aussi faciles à nourrir. Le chameau se contente de branches d'arbres, de ronces et de joncs qu'il rumine: il est capable de demeurer chargé pendant trente ou quarante jours, et d'en passer huit ou dix sans boire et sans manger...si l'herbe est fraiche, on ne lui donne de l'eau qu'une fois en trois jours. Il boit beaucoup lorsqu'il en trouve l'occasion; et, loin d'aimer l'eau bien claire, il la trouble avec le pied pour la rendre bourbeuse...on assure que les femelles portent une année presque entière, et qu'elles ne s'accouplent qu'une fois en trois ans. Aussitôt qu'un jeune chameau vient au monde, les Maures lui lient les quatre pieds sous le ventre et le couvent d'un drap, sur les coins duquel ils mettent des pierres fort pesantes; ils l'accoutument ainsi à recevoir les plus lourds fardeaux. Le lait des chameaux est un des principaux aliments des Maures. On mange leur chair lorsqu'ils deviennent très vieux ou peu propres au service; et l'on assure que, malgré sa dureté, elle est saine et nourrissante."

Extraits de "l'Abrégé de l'histoire générale des voyages" par Jean François Laharpe, Paris, 1820, tome 1.

4.I ANALYSE STATISTIQUE SIMPLE

4.I.I RESULTATS DES ANALYSES

4.I.I.I LES PARAMETRES MINERAUX

Les paramètres minéraux sont au nombre de quatre: le cuivre, le zinc, le calcium et le magnésium. Les analyses des 52 prélèvements donnent:

	Cuivre	Zinc	Calcium	Magnésium
valeur minimum	7	9,25	8,54	I,I
valeur maximum	I22	I00	II,35	3,9
moyenne	60,72	46,25	9,49	2,27
écart type de la moyenne	3,25	2,43	0,08	0,08
écart type de l'échantillon	23,44	I7,55	0,58	0,62

Tableau 8 : Teneurs plasmatiques minérales exprimées en µg/I00ml pour le cuivre et le zinc, en mg/I00ml pour le calcium et le magnésium.

La répartition des individus est intéressante à observer (se reporter aux histogrammes correspondants):

I/ cuivre:

pour cet élément la dispersion des individus est importante, l'histogramme montre une répartition qui n'est pas homogène autour de la moyenne: la courbe de Gauss classique d'une variable normale n'étant pas retrouvée.

2/ zinc:

comme pour le cuivre la dispersion des individus est grande mais néanmoins la répartition est bien centrée sur la moyenne.

CUIVRE : histogramme de répartition des animaux

limites des classes	effectif	
0,00 - 10,00	4	====
10,00 - 20,00	0	
20,00 - 30,00	2	==
30,00 - 40,00	0	
40,00 - 50,00	7	=======
50,00 - 60,00	12	============
60,00 - 70,00	8	========
70,00 - 80,00	11	===========
80,00 - 90,00	5	=====
90,00 - 100,00	0	
100,00 - 11o,00	1	=
110,00 - 120,00	1	=
120,00 - 130,00	1	=

ZINC : histogramme de répartition des animaux

5,00 - 10,00	1	=
10,00 - 15,00	0	
15,00 - 20,00	0	
20,00 - 25,00	2	==
25,00 - 30,00	1	=
30,00 - 35,00	4	====
35,00 - 40,00	10	==========
40,00 - 45,00	9	=========
45,00 - 50,00	10	==========
50,00 - 55,00	9	=========
55,00 - 60,00	1	=
60,00 - 65,00	0	
65,00 - 70,00	1	=
70,00 - 75,00	0	
75,00 - 80,00	0	
80,00 - 85,00	0	
85,00 - 90,00	0	
90,00 - 95,00	1	=
95,00 - 100,00	2	==
100,00 - 105,00	1	=

CALCIUM : histogramme de répartition

limites des classes	effectif	
8,00 - 8,50	0	
8,50 - 9,00	9	=========
9,00 - 9,50	17	=================
9,50 - 10,00	19	===================
10,00 - 10,50	4	====
10,50 - 11,00	2	==
11,00 - 11,50	1	=

MAGNESIUM : histogramme de répartition des animaux

1,00 - 1,20	1	=
1,20 - 1,40	2	==
1;40 - 1,60	6	======
1,60 - 1,80	6	======
1,80 - 2,00	5	=====
2,00 - 2,20	2	==
2,2o - 2,40	8	========
2,40 - 2,60	6	======
2,60 - 2,80	6	======
2,80 - 3,00	5	=====
3,00 - 3,20	2	==
3,20 - 3,40	1	=
3,40 - 3,60	1	=
3,60 - 3,80	0	
3,80 - 4,00	1	=

3/ calcium:

les teneurs plasmatiques du calcium varient dans une fourchette assez étroite.

4/ magnésium:

comme pour cuivre et zinc, les individus ont des teneurs plasmatiques très dispersées; l'histogramme fait apparaître deux populations d'individus: le premier groupe centré autour de I,60 mg/I00ml et le second autour de 2,60 mg/I00ml.

4.I.2.2 LES PARAMETRES BIOCHIMIQUES

Les paramètres biochimiques mesurés sont au nombre de neuf: la glycémie (GLU), la teneur en 3-hydroxybutyrate (principal corps cétonique des ruminants) (BOH), l'urémie (URE), l'albuminémie (ALB), la céruloplasminémie (CER) (qui mesure la teneur en céruloplasmine , protéine de transport du cuivre, les acides gras libres (AGL), la cholestérolémie (CHO), la phospholipidémie (PHO), la triglycéridémie (TRG). Les analyses des 52 prélèvements donnent:

	GLU	BOH	URE	ALB	CER	AGL	CHO	PHO	TRG
valeur minimum	I2	0	I0,8	2I,4	3I,8	0	9	I3	9
valeur maximum	II4	0,I2	97,I	39,I	4I,4	0,57	52	45	74
moyenne	63,69	0,025	35,99	32,74	35,53	0,I75	I9,46	22,40	26,65
écart type de la moyenne	3,55	0,003	2,44	0,49	0,4I	0,0I7	I,2I	0,94	I,79
écart type de l'échantillon	25,63	0,026	I7,58	3,53	2,96	0,I2	8,7I	6,77	I2,92

Tableau 9 : Teneurs plasmatiques biochimiques exprimées: en mg/I00ml pour le glucose, mmol/l pour le BOH, en mg/I00ml pour l'urée, en g/l pour l'albumine, en Unités Oxydasiques (UO) pour la céruloplasmine (le taux de la céruloplasmine correspond à la cuprémie divisée dans un rapport

de 2,3), en mmol/l pour les acides gras libres, en mg/I00ml pour le cholestérol, les phospholipides, les triglycérides.

La répartition des individus sous forme d'histogrammes donne les résultats suivants:

I/ glycémie: les variations sont très importantes autour de la moyenne, la distribution des individus est homogène.

2/ teneur en BOH: 9 animaux sur 52 soit I7 % des dromadaires ont une teneur nulle; 67 % des animaux se trouvent sous la moyenne: la distribution est hétérogène.

3/ urémie: la dispersion des individus est grande, la distribution très hétérogène. On observe 30 % des individus sous la valeur 25 mg/I00ml qui forment un groupe isolé.

4/ albuminémie: là encore la dispersion des valeurs est grande avec I8 animaux se détachant du groupe avec des teneurs comprises entre 30 et 32 g/l.

5/ céruloplasminémie: la distribution hétérogène des individus fait apparaître deux populations. Cependant si l'on prend la relation unissant céruloplasminémie et cuprémie (rapport de 2,3 trouvé chez les ruminants) on ne retrouve pas ce lien entre les histogrammes de le céruloplasmine et du cuivre (voir paragraphe précédent): nous aurons donc à approfondir ce point.

6/ teneur en acides gras libres: ici encore à une dispersion importante des individus correspond une distribution hétérogène. On distingue essentiellement deux groupes d'individus: le premier de I7 animaux à teneur comprise entre 0 et 0,I0 mmol/l, le second, soit 32 animaux, à teneur comprise entre 0,I0 et 0,34 mmol/l.

7/ cholestérolémie: l'histogramme révèle que 60 % des animaux se situent sous la moyenne; et hormis le groupe d'animaux de I0 à I4 mg/I00ml, la distribution apparaît normale pour les individus restants.

GLUCOSE : histogramme de répartition des animaux

limites des classes	effectif	
10,00 - 20,00	3	---
20,00 - 30,00	2	--
30,00 - 40,00	4	----
40,00 - 50,00	7	-------
50,00 - 60,00	7	-------
60,00 - 70,00	8	--------
70,00 - 80,00	5	-----
80,00 - 90,00	7	-------
90,00 - 100,00	5	-----
100,00 - 11o,oo	1	-
11o,00 - 120,00	3	---

3-hydroxybutyrate : histogramme de répartition des animaux

0;00 - 0,01	9	---------
0,01 - 0,02	18	------------------
0,02 - 0,03	8	--------
0,03 - 0,04	4	----
0,04 - 0,05	3	---
0,05 - 0,06	2	--
0,06 - 0,07	3	---
0,07 - 0,08	3	---
0,08 - 0,09	0	
0,09 - 0,10	1	-
0,10 - 0,11	0	
0,11 - 0,12	0	
0,12 - 0,13	1	-

UREE : histogramme de répartition des animaux

limites des classes	effectif	
10,00 - 15,00	5	==========
15,00 - 20,00	6	============
20,00 - 25,00	5	==========
25,00 - 30,00	2	====
30,00 - 35,00	9	==================
35,00 - 40,00	3	======
40,00 - 45,00	8	================
45,00 - 50,00	6	============
50,00 - 55,00	2	====
55,00 - 60,00	2	====
60,00 - 65,00	1	==
65,00 - 70,00	1	==
70,00 - 75,00	1	==
75,00 - 80,00	o	
80,00 - 85,00	0	
85,00 - 90,00	0	
90,00 - 95,00	0	
95,00 - 100,00	1	==

ALBUMINE : histogramme de répartition des animaux

20,00 - 21,00	0	
21,00 - 22,00	1	==
22,00 - 23,00	1	==
23,00 - 24,00	o	
24,00 - 25,00	0	
25,00 - 26,00	0	
26,00 - 27,00	0	
27,00 - 28,00	0	
28,00 - 29,00	3	======
29,00 - 30,00	1	==
30,00 - 31,00	8	================
31,00 - 32,00	10	====================
32,00 - 33,00	3	======
33,00 - 34,00	5	==========
34,00 - 35,00	6	============
35,00 - 36,00	5	==========
36,00 - 37,00	3	======
37,00 - 38,00	4	========
38,00 - 39,00	1	==
39,00 - 40,00	1	==

CERULOPLASMINE : histogramme de répartition des animaux

limites des classes	effectif	
31,00 - 32,00	1	==
32,00 - 33,00	11	==========
33,00 - 34,00	11	==========
34,00 - 35,00	6	======
35,00 - 36,00	2	==
36,00 - 37,00	2	==
37,00 - 38,00	5	=====
38,00 - 39,00	5	=====
39,00 - 40,00	4	====
40,00 - 41,00	3	===
41,00 - 42,00	2	==

PHOSPHOLIPIDES : histogramme de répartition des animaux

10,00 - 12,00	0	
12,00 - 14,00	2	==
14,00 - 16,00	3	===
16,00 - 18,00	11	==========
18,00 - 20,00	6	======
20,00 - 22,00	6	======
22,00 - 24,00	4	====
24,00 - 26,00	5	=====
26,00 - 28,00	5	=====
28,00 - 30,00	4	====
30,00 - 32,00	2	==
32,00 - 34,00	0	
34,00 - 36,00	1	=
36,00 - 38,00	1	=
38,00 - 40,00	1	=
40,00 - 42,00	0	
42,00 - 44,00	0	
44,00 - 46,00	1	=

ACIDES GRAS LIBRES : histogramme de répartition des animaux

limites des classes	effectif	
0,00 - 0,01	3	======
0,01 - 0,02	o	
0,02 - 0,03	2	====
0,03 - 0,04	1	==
0,04 - 0,05	1	==
0,05 - 0,06	1	==
0,06 - 0,07	2	====
0,07 - 0,08	2	====
0,08 - 0,09	2	====
0,09 - 0,10	3	======
0,10 - 0,11	0	
0,11 - 0,12	0	
0,12 - 0,13	0	
0,13 - 0,14	4	========
0,14 - 0,15	3	======
0,15 - 0,16	0	
0,16 - 0,17	3	======
0,17 - 0,18	3	======
0,18 - 0,19	3	======
0,19 - 0,20	1	==
0,20 - 0,21	1	==
0,21 - 0,22	0	
0,22 - 0,23	1	==
0,23 - 0,24	2	====
0,24 - 0,25	1	==
0,25 - 0,26	1	==
0,26 - 0,27	0	
0,27 - 0,28	1	==
0,28 - 0,29	1	==
0,29 - 0,30	0	
0,30 - 0,31	1	==
0,31 - 0,32	2	====
0,32 - 0,33	0	
0,33 - 0,34	4	========
0,34 - 0,35	o	
0,35 - 0,36	0	
0,36 - 0,37	0	
0,37 - 0,38	0	
0,38 - 0,39	1	==
0,39 - 0,40	1	==

CHOLESTEROL : histogramme de répartition des animaux

limites des classes	effectif	
8,00 - 10,00	1	==
10,00 - 12,00	6	==========
12,00 - 14,00	10	==========
14,00 - 16,00	3	======
16,00 - 18,00	5	==========
18,00 - 20,00	8	==========
20,00 - 22,00	2	====
22,00 - 24,00	5	==========
24,00 - 26,00	3	======
26,00 - 28,00	2	====
28,00 - 30,00	0	
30,00 - 32,00	1	==
32,00 - 34,00	2	====
34,00 - 36,00	1	==
36,00 - 38,00	1	==
38,00 - 40,00	0	
40,00 - 42,00	1	==
42,00 - 44,00	0	
44,00 - 46,00	0	
46,00 - 48,00	0	
48,00 - 50,00	0	
50,00 - 52,00	0	
52,00 - 54,00	1	==

TRIGLYCERIDES : histogramme de répartition des animaux

limites des classes	effectif	
8,00 - 10,00	1	==
10,00 - 12,00	3	======
12,00 - 14,00	2	====
14,00 - 16,00	2	====
16,00 - 18,00	4	========
18,00 - 20,00	3	======
20,00 - 22,00	5	==========
22,00 - 24,00	6	============
24,00 - 26,00	5	==========
26,00 - 28,00	3	======
28,00 - 30,00	2	====
30,00 - 32,00	2	====
32,00 - 34,00	3	======
34,00 - 36,00	2	====
36,00 - 38,00	1	==
38,00 - 40,00	0	
40,00 - 42,00	1	==
42,00 - 44,00	1	==
44,00 - 46,00	1	==
46,00 - 48,00	0	
48,00 - 50,00	2	====
50,00 - 52,00	0	
52,00 - 54,00	1	==
54,00 - 56,00	0	
56,00 - 58,00	1	==
58 00 - 60,00	0	
60,00 - 62,00	0	
62,00 - 64,00	0	
64,00 - 66,00	0	
66,00 - 68,00	0	
68,00 - 70,00	0	
70,00 - 72,00	0	
72,00 - 74,00	0	
74,00 - 76,00	1	==

8/ phospholipidémie: ici encore 60 % des animaux se trouvent sous la moyenne, avec l'émergence d'un ensemble d'individus à teneur comprise entre I6 et 22 mg/I00ml.

9/ triglycéridémie: encore 60 % des individus sont situés sous la moyenne. La distribution est hétérogène.

4.I.I.3 LES PARAMETRES ENZYMATIQUES

Deux enzymes sont dosées: la glutamate deshydrogénase (GLD) et la gamma glutamyl transférase (GGT):

	GLD	GGT
valeur minimum	0	4
valeur maximum	97	20
moyenne	I4	8,4

Tableau I0 : Teneurs plasmatiques enzymatiques exprimées en Unités Internationales (UI).

La distribution des individus montre:

I/ glutamate deshydrogénase: une dispersion très hétérogène avec 34 animaux à teneur plasmatique inférieure à I0 UI.

2/ gamma glutamyl transférase: là encore uneforte dispersion des individus.

4.I.2 ELEMENTS DE VARIATION

Une étude plus approfondie peut être réalisée en observant les paramètres en fonction de l'âge, du sexe des animaux (voir figure I0) et en fonction de la grande région d'origine des dromadaires: les grandes régions (GR) retenues sont au nombre de cinq (voir la figure I3).

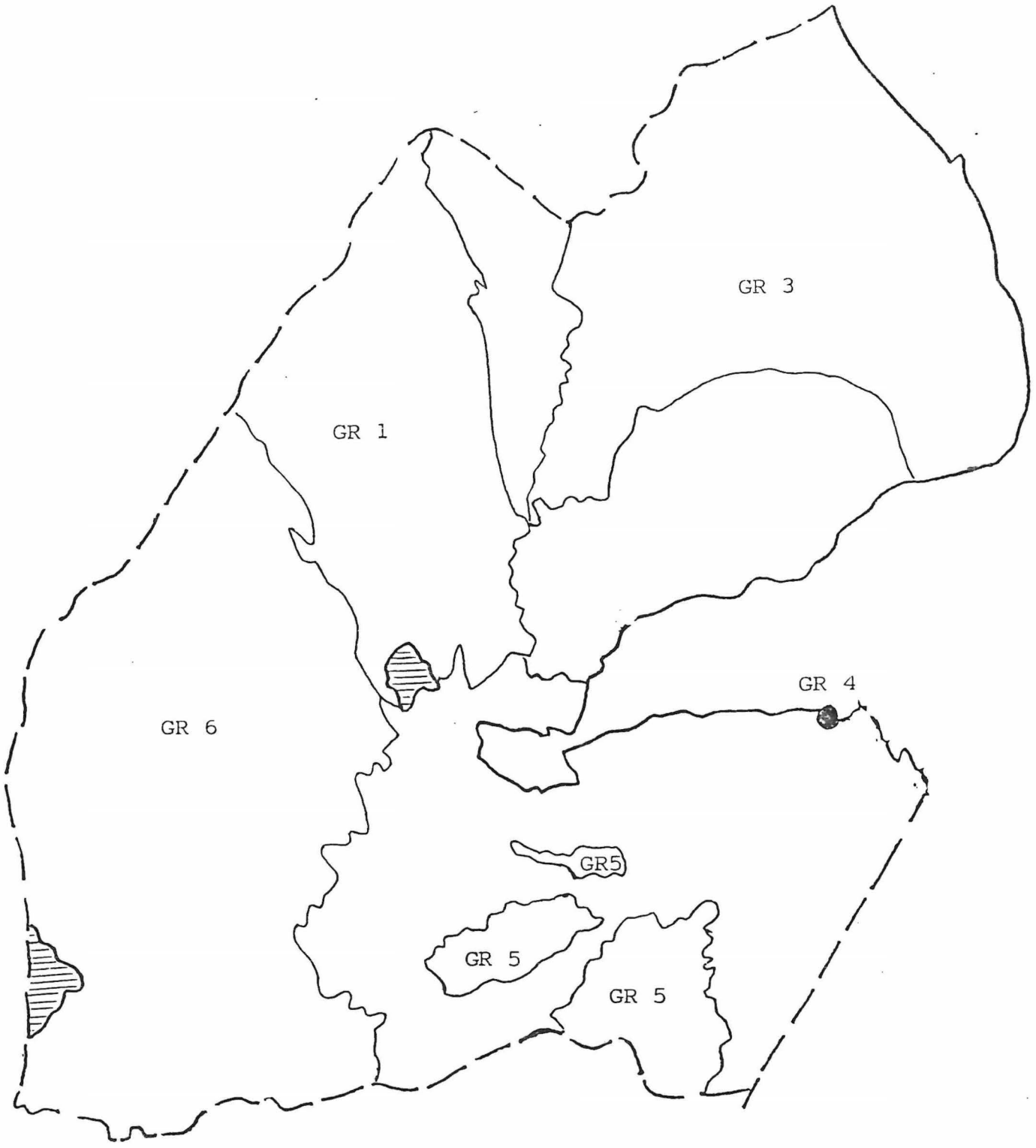


Figure 13 : Grandes régions retenues pour l'étude des paramètres plasmatiques :

GR 1 : région du Rift de l'Afar

GR 3 : région du Nord-Est

GR 4 : élevages intensifs ou semi-intensifs

GR 5 : région des Grand et Petit Bara et d'Ali Sabieh

GR 6 : région sud-ouest.

GLUTAMATE DESHYDROGENASE : histogramme de répartition des animaux

limites des classes	effectif	
0,00 - 5,00	24	==========
5,00 - 10,00	10	==========
10,00 - 15,00	6	======
15,00 - 20,00	1	=
20,00 - 25,00	1	=
25,00 - 30,00	3	===
30,00 - 35,00	3	===
35,00 - 40,00	0	
40,00 - 45,00	0	
45,00 - 50,00	0	
50,00 - 55,00	0	
55,00 - 60,00	1	=
60,00 - 65,00	0	
65,00 - 70,00	0	
70,00 - 75,00	0	
75,00 - 80,00	1	=
80,00 - 85,00	0	
85,00 - 90,00	1	=
90,00 - 95,00	0	
95,00 - 100,00	1	=

GAMMA GLUTAMYL TRANSFERASE : histogramme de répartition des animaux

4,00 - 5,00	2	==
5,00 - 6,00	0	
6,00 - 7,00	11	==========
7,00 - 8,00	13	==========
8,00 - 9,00	5	=====
9,00 - 10,00	7	=======
10,00 - 11,00	5	=====
11,00 - 12,00	2	==
12,00 - 13,00	0	
13,00 - 14,00	1	=
14,00 - 15,00	1	=
15,00 - 16,00	0	
16,00 - 17,00	1	=
17,00 - 18,00	1	=
18,00 - 19,00	0	
19,00 - 20,00	0	
20,00 - 21,00	1	=

4.I.2.I AGE

L'enquête a porté sur I8 jeunes (les jeunes sont les femelles avant la première mise-bas et les mâles avant la mise à la reproduction) et 34 adultes (animaux en âge de se reproduire).

4.I.2.I.I LES PARAMETRES MINERAUX

I/ comparaison des moyennes observées

Le tableau II donne tous les résultats:

	cuivre		zinc		calcium		magnésium	
valeur minimum	45	7 °	24	9,25°	8,64	8,54°	I,55	I,I°
valeur maximum	II3	I22°	I00	55°	II,35	I0,83°	2,93	3,9°
moyenne	68,83	56,42°	54,5	4I,89°	9,65	9,4I°	2,27	2,27°
écart type de la moyenne	3,75	4,42°	5,89	I,69°	0,I6	0,09°	0;09	0,I2°
écart type échantillon	I5,92	25,76°	25,0	9,87°	0,67	0,5I°	0,37	0,72°

Tableau II : Teneurs plasmatiques minérales en fonction de l'âge exprimées en µg/I00ml pour le cuivre et le zinc, en mg/I00ml pour le calcium et le magnésium.(° adultes)

L'étude statistique utilisant le test t de comparaison de deux moyennes observées ou le test U de Mann et Whitney (conditions d'utilisation se reporter au chapitre 2 partie 2.3) donne:

- le cuivre varie avec l'âge. Ainsi à Djibouti les jeunes dromadaires ont une cuprémie supérieure à celle des adultes (test des rangs).
- le zinc ne varie pas avec l'âge (bien que les deux moyennes observées diffèrent sensiblement) (test des rangs).
- le calcium varie avec l'âge (différence significative à 5 %) (test t). Ainsi les adultes ont une calcémie plus basse que les

jeunes.

- le magnésium ne varie pas avec l'âge (test des rangs).

2/ histogramme de répartition du cuivre

L'étude des histogrmmes montre que chez les jeunes la distribution est homogène, bien répartie autour de la moyenne; par contre pour les adultes nous observons une dispersion forte des individus.

4.I.2.I.2 LES PARAMETRES BIOCHIMIQUES

Le tableau 12 donne les résultats:

JEUNES	GLU	BOH	URE	ALB	CER	AGL	CHO	PHO	TRG
valeur minimum	40	0	IO,8	22	33,7	0,02	11	15	11
valeur maximum	114	0,12	49,3	37,5	41,3	0,57	52	39	74
moyenne	73,44	0,024	32,88	31,32	36,65	0,I9	22,89	23,58	36,25
ecart type de la moyenne	5,59	0,007	2,95	0,83	0,68	0,03	2,72	I,54	3,63
écart type échantillon	23,74	0,029	I2,53	3,51	2,87	0,13	II,53	6,52	15,41

ADULTES	GLU	BOH	URE	ALB	CER	AGL	CHO	PHO	TRG
valeur minimum	12	0	11	21,4	31,8	0	9	13	9
valeur maximum	114	0,09	97,1	39,1	41,4	0,39	34	45	44
moyenne	58,53	0,025	37,64	33,49	34,94	0,17	17,64	21,78	21,56
écart type de la moyenne	4,36	0,004	3,38	0,57	0,49	0,02	1,07	1,19	1,31
écart type échantillon	25,41	0,024	19,72	3,35	2,88	0,11	6,24	6,92	7,65

Tableau 12 : Teneurs plasmatiques biochimiques en fonction de l'âge, pour les unités se référer au tableau 9.

L'étude statistique utilisant le test t de comparaison de deux moyennes observées ou le test U de Mann et Whitney donne:

- aucune différence significative n'est observée pour le 3-hydroxybutyrate (test t), l'urée (test t), les acides gras libres (test t),

CUIVRE : histogramme de répartition des animaux jeunes

limites des classes	effectif	
0,00 - 10,00	o	
10,00 - 20,00	0	
20,00 - 30,00	0	
30,00 - 40,00	0	
40,00 - 50,00	2	====
50,00 - 60,00	3	======
60,00 - 70,00	5	==========
70,00 - 80,00	4	========
80,00 - 90,00	3	======
90,00 - 100,00	0	
100,00 - 11o,00	0	
110,00 - 120,00	1	==

CUIVRE : histogramme de répartition des animaux adultes

0,00 - 10,00	4	========
10,00 - 20,00	0	
20,00 - 30,00	2	====
30,00 - 40,00	0	
40,00 - 50,00	5	==========
50,00 - 60,00	9	==================
60,00 - 70,00	3	======
70,00 80,00	7	==============
80,00 - 90,00	2	====
90,00 - 100,00	0	
100,00 - 11o,00	1	==
110,00 - 120,00	0	
120,00 - 130,00	1	==

le cholestérol (test des rangs), les phospholipides (test t).
- par contre varient avec l'âge:le glucose (différence significative à 5 %, test t), l'albumine (différence significative à 5 %,test t), la céruloplasmine (différence significative à 5 %, test t), les triglycérides (différence significative à 5 %, test des rangs).
La glycémie et la triglycéridémie sont donc supérieures chez les jeunes, l'albuminémie inférieure, la teneur en céruloplasmine est supérieure chez les jeunes ce qui concorde avec l'observation de leur cuprémie supérieure par rapport à celle des adultes.

4.1.2.2 SEXE

Le même type d'étude va être réalisé suivant le sexe des animaux, les femelles lors de cette enquête ont été privilégiées, ainsi sur 52 animaux, 10 mâles ont été prélevés contre 42 femelles.

4.1.2.2.1 LES PARAMETRES MINERAUX

Le tableau 13 présente les résultats:

	cuivre		zinc		calcium		magnésium	
valeur minimum	7	69°	9,25	28°	8,54	8,64°	1,1	2,29°
valeur maximum	113	122°	100	55°	11,35	10,08°	3,9	2,99°
moyenne	55,39	83,1°	47	43,1°	9,52	9,37°	2,19	2,62°
écart type de la moyenne	3,36	5,14°	2,94	2,80°	0,09	0,16°	0,10	0,08°
écart type de l'échantillon	21,78	16,27°	19,05	8,86°	0,59	0,51°	0,65	0,25°

Tableau 13 : Teneurs plasmatiques minérales en fonction du sexe exprimées en µg/100ml pour cuivre et zinc, en mg/100ml pour calcium et magnésium.(° mâles).

L'étude statistique donne les résultats suivants:
- aucune différence pour le zinc et le calcium (test t).
- par contre le cuivre est significativement plus bas (1°/₀₀) chez les femelles (test t) ainsi que le magnésium (1°/₀₀) (test des rangs).

4.1.2.2.2 LES PARAMETRES BIOCHIMIQUES

Le tableau 14 donne les résultats:

FEMELLES	GLU	BOH	URE	ALB	CER	AGL	CHO	PHO	TRG
valeur minimum	12	0	13,9	21,4	31,8	0	10	13	11
valeur maximum	114	0,12	97;1	39,1	41,4	0,39	52	39	74
moyenne	60,28	0,025	39	32,72	34,72	0,16	19,37	21,27	26,90
écart type de la moyenne	3,90	0,004	2,66	0,58	0,41	0,01	1,38	0,92	1,90
écart type de l'échantillon	25,28	0,028	17,22	3,77	2,65	0,11	8,93	5,97	12,29
MALES	GLU	BOH	URE	ALB	CER	AGL	CHO	PHO	TRG
valeur minimum	37	0,01	10,8	30,3	37,2	0,07	9	17	9
valeur maximum	110	0,05	45,9	36,4	40,8	0,57	34	45	56
moyenne	78	0,021	23,36	32,83	38,97	0,229	19,85	27,15	25,6
écart type de la moyenne	23,01	0,014	4,26	0,77	0,39	0,15	2,58	2,58	5,06
écart type de l'échantillon	7,27	0,004	13,46	2,42	1,23	0,05	8,17	8,17	15,99

Tableau 14 : Teneurs plasmatiques biochimiques en fonction du sexe (pour les unités se reporter au tableau 9).

L'étude statistique indique que:
- le 3-hydroxybutyrate, l'albumine, les acides gras libres, le cholestérol et les triglycérides ne varient pas en fonction du sexe.
- par contre la glycémie est significativement (5 %) plus basse chez les femelles (test t), l'urémie est significativement plus élevée chez les femelles (1 %, test t), la céruloplasminémie est

significativement (1°/₀₀) plus basse chez les femelles (test des rangs), la teneur en acides gras libres est significativement plus basse chez les femelles (test t), la phospholipidémie est significativement (5 %) plus basse chez les femelles.
Ce premier ensemble de résultats est à prendre avec précaution dans la mesure où tous les paramètres: âge, sexe et région naturelle n'ont pas été analysés de façon simultanée: ce qui sera réalisé à la partie 4.3.

4.1.2.3 REGION

Les différences trouvées ci dessus ne sont peut être pas toutes confirmées dans la mesure où se référant au relevé géographique des prélèvements sanguins (voir figure 10) les mâles ne sont pas uniformément répartis sur le territoire de Djibouti. Un biais dû à la région naturelle existe sans doute.

4.1.2.3.1 DISTRIBUTION REGIONALE DES ANIMAUX

La zone du Rift de l'Afar comprend 10 animaux, la région Nord-Est 9 animaux, les élevages intensifs à semi-intensifs intéressent les 4 animaux prélevés à Dorale, la région sud (Grand et Petit Bara et Ali Sabieh) 9 animaux et la région du sud-ouest 20 animaux (figures 11 et 13).

4.1.2.3.2 COMPARAISON DES TENEURS PLASMATIQUES OBSERVEES EN FONCTION DES GRANDES REGIONS

Le tableau 15 présente les résultats.

4.1.2.3.2.1 PARAMETRES MINERAUX

Cuivre : Ainsi pour le cuivre, le seul résultat observé est les teneurs plasmatiques supérieures du cuivre des animaux de la région du Rift de l'Afar.

Zinc : Nous trouvons que les animaux des élevages intensifs ont une zincémie significativement plus basse que les autres ainsi que les animaux de la région des Bara et d'Ali Sabieh.

Calcium : Rien de notable n'est à relever.

Tableau 15 : Moyennes des teneurs plasmatiques régionales

Paramètre	GR1	GR3	GR4	GR5	GR6	UNITES
TRG	21,66	26,67	11,79	34,39	25,52	mg/100ml
CHO	21,99	18,78	21,25	20,26	17,77	mg/100ml
PHO	26,64	21,11	24,25	22,55	19,42	mg/100ml
AGL	0,129	0,29	0,145	0,204	0,139	mmol/l
BOH	0,025	0,062	0,037	0,018	0,008	mmol/l
GLU	86,9	54,55	98,75	62,33	49,8	mg/100ml
URE	21,25	17,48	55,57	46,81	42,91	mg/100ml
ALB	31,88	34,52	34,25	32,8	32,05	g/l
CER	39,68	34,8	35,17	36	33,65	U.O.
CUI	88,9	33,67	61,75	58,33	59,67	g/100ml
ZIN	42,6	50,22	30,5	38,44	52,96	g/100ml
CAL	9,14	9,76	9,58	9,79	9,39	mg/100ml
MAG	2,65	1,78	2,65	3,00	1,90	mg/100ml

GR1 : Rift de l'Afar
GR3 : Zone du nord-est
GR4 : Elevages intensifs à semi-intensifs
GR5 : Grand et Petit Bara
GR6 : Zone du sud-ouest

Magnésium : Ce sont les animaux de la région du Nord-Est et du sud-ouest qui présentent une magnésémie significativement abaissée.

4.1.2.3.2.2 PARAMETRES BIOCHIMIQUES

Nous ne notons rien de notable pour l'albumine, le cholestérol, les phospholipides et les triglycérides. Par contre la région du Rift de l'Afar a la plus haute céruloplasminémie (rejoint la cuprémie), la plus basse urémie et une haute glycémie. La région Nord-Est présente une urémie et une glycémie basses et de hautes valeurs en 3-hydroxybutyrate et acides gras libres.
A Dorale (qui correspond à la GR 4) la glycémie est très élevée par rapport au reste du territoire.
La région sud (les Bara et Ali Sabieh) est caractérisée par une glycémie basse; enfin la zone sud-ouest présente une glycémie basse et la plus faible teneur en 3-hydroxybutyrate.

4.1.2.3.2.3 CAS PARTICULIER DU RIFT DE L'AFAR

Dans le Rift de l'Afar dix animaux ont été prélevé parmi lesquels sept mâles et trois femelles. Rappelons que l'enquête totale a porté sur dix mâles pour quarante deux femelles, or nous avons trouvé que la cuprémie, la magnésémie, la glycémie, l'urémie, la céruloplasminémie, la phospholipidémie varient significativement avec le sexe. Dans le cas où les différences seraient avant tout liées à la région, plutôt qu'au sexe, il nous faudrait modifier les résultats précédents car 70 % des mâles proviennent de la région du Rift de l'Afar.
Le calcul des teneurs plasmatiques des mâles et des femelles donne pour le Rift de l'Afar:

PARAMETRES	MALES	FEMELLES
glycémie	79,57	104
urémie	19,48	25,37
céruloplasminémie	39,24	40,7
phospholipidémie	28,21	23,63
cuprémie	86,14	95,33
magnésémie	2;66	2,62

La comparaison de ces moyennes ne donne aucune différence pour chacun des paramètres (test t GLU, URE, CER, PHO, CUI et test de Mann et Whitney MAG), ainsi les différences que l'on a observé précédemment sont avant tout régionales et dans une mesure bien moindre dues au sexe.

4.1.3 DISCUSSION

Le but de notre étude est l'appréciation du statut nutritionnel du dromadaire dans la République de Djibouti, c'est à dire, voir dans quelle mesure les caractéristiques alimentaires de Djibouti influent sur les paramètres hématologiques que nous avons mesuré. Cette appréciation ne sera possible qu'après avoir souligné et développé certains points:

- en premier lieu il doit être possible de dsicuter sur la valeur intrinsèque de chacuns des paramètres pris individuellement; pour cela il nous faut une référence: le profil métabolique camelin. Les études sont peu nombreuses, les résultats souvent isolés: certains auteurs s'étant intéressés à la mesure de la calcémie, d'autres à la cuprémie avec ses relations avec le métabolisme du fer, ceci en général sans référence à l'alimentation des dromadaires. Dans aucun des cas nous ne parvenons à réunir plus de douze références bibliographiques pour un paramètre donné. C'est dire la difficulté d'établir un profil métabolique valable.
- d'autre part,il nous faut souligner que le profil métabolique n'est pas représentatif pour tous les paramètres, du statut nutritionnel des animaux; de nombreux facteurs physiologiques et pathologiques modifient le profil métabolique (Topps et collab. 1984).

4.1.3.1 PROFIL MINERAL CAMELIN

Nous discuterons en premier lieu des résultats des paramètres minéraux.

4.1.3.1.1 ABSORPTION DES MINERAUX ET CONTROLE DES TENEURS SANGUINES

LE CUIVRE : Absorbé au niveau du duodénum et du jéjunum, le cuivre

est d'abord associé , dans le plasma, à l'albumine, puis, au niveau du foie, à la céruloplasmine, métallo-enzyme de transport du cuivre. Chaque molécule de céruloplasmine contient de six à huit atomes de cuivre; cette enzyme contient ainsi plus de 95 % du cuivre circulant.

Le foie est le principal organe de stockage du cuivre, la teneur hépatique est fortement corrélée à l'apport alimentaire de cuivre (ceci n'est pas valable pour les muscles et les organes endocrines où une régulation intervient). La cuprémie et la teneur hépatique d'un animal représentent le statut de l'apport alimentaire en cet élément (Faye 1989).

En ce qui concerne notre méthode de mesure, il est à noter que la cuprémie plasmatique est supérieure à celle mesurée dans le sérum et que le stockage des échantillons dans la glace pendant trois jours diminue de 3;5 % la teneur en cuivre sérique, par ailleurs le cuivre plasmatique diminue avec le stockage sur des bovins carencés, mais augmente sur des bovins à cuprémie normale (Kincid 1986).

LE ZINC : cet élément est absorbé tout le long du trajet intestinal, comme pour le cuivre, la zincémie est un bon reflet de l'apport alimentaire.

LE CALCIUM : la plus grande partie du calcium est absorbée au niveau intestinal par un transport actif faisant intervenir la vitamine D; il existe aussi un mécanisme passif de diffusion ionique , mais d'importance moindre. Contrairement aux éléments précédents, la calcémie est remarquablement constante grâce à un fort contrôle homéostatique.

LE MAGNESIUM : cet élément est absorbé au niveau des trois premiers compartiments du tube digestif des ruminants. Il est situé entre le cuivre et le calcium dans la mesure où la magnésémie est soumise à un contrôle homéostatique moins important que pour le calcium.En effet la magnésémie est maintenue relativement constante à partir du magnésium mobilisable dans le tissu osseux des jeunes animaux - chez les animaux adultes cette faculté est réduite (NRC 1980).

4.1.3.1.2 NORMES SANGUINES

Nous ne disposons des normes sanguines que pour les bovins, ovins et caprins (Barnouin 1986, Faye 1989).
Normes sanguines:

Cuprémie Zincémie en µg/100ml	80 à 120
calcémie en mg/100ml	9,0 à 10,5
magnésémie en mg/100ml	2,0 à 2,8

Une cuprémie inférieure à 80 signe une carence en cuivre d'origine alimentaire, jusqu'à 70 on parle de subcarence, en dessous de 50 de carence sévère, pour être rigoureux les critères de la carence en cuivre sont en fait doubles: d'une part la cuprémie et d'autre part la teneur hépatique. Le foie des monogastriques contient de 15 à 30 ppm de cuivre (exprimés par rapport à la matière sèche), chez les bovins et les ovins cette teneur est de l'ordre de 150 à 300 (NRC 1980). En fait chez les ruminants, il est possible d'observer des teneurs plasmatiques sous la limite de carence sans qu'aucun trouble ne soit observé et d'autre part Suttle (1986) déclare que la teneur hépatique est difficilement interprétable dans la mesure où, sur des animaux recevant une alimentation carencée, la teneur hépatique chute de façon exponentielle et il est de ce fait très délicat de définir des valeurs seuils.
Une cuprémie supérieure à 120 est le fait d'un apport excessif ou révèle un processus inflammatoire.
Enfin nous notons, (Spence 1980), des variations saisonnières dans le statut nutritionnel en cuivre des bovins: la cuprémie est significativement plus basse en été et plus élevée en hiver.

Une zincémie inférieure à 80 signe une carence d'apport en zinc ou bien des réactions inflammatoires aigües; une teneur supérieure

à 120 révèle une contamination des prélèvements ou bien de l'analyse. Les seuils de carence en zinc sont en fait variables en fonction du métabolisme des animaux (métabolisme intense lors de la croissance; les jeunes animaux y sont donc plus sensibles et plus sujets) et en fonction des réserves hépatiques et osseuses, dans la mesure où il existe une certaine réserve mobile (Tartar 1986).

Lors de carence d'apport en calcium, la calcémie, contrairement à ce qui est affirmé, ne subit qu'une baisse très modérée (Barnouin 1986) pour se trouver sous la limite de 9 mg100ml; une carence en magnésium est aussi associée à une chute de la calcémie. La calcémie sera supérieure à 10,5 lors d'hypervitaminose D, d'hyperparathyroïdisme ou lors de surcharge en calcium.

La carence en magnésium amène des taux inférieurs à 1,80; des taux supérieurs à 2,80 peuvent signifier la présence d'une pathologie urinaire. Enfin il faut savoir que la magnésémie est sujette à des variations physiologiques: elle varie avant et après le repas des animaux (Topps 1984).

4.1.3.1.3 CONSIDERATIONS SUR LES DROMADAIRES

Le tableau 16 résume toutes les mesures relevées dans la bibliographie. On voit qu'elles sont peu nombreuses. Chapman (1987) souligne le fait que les camelidés ont subi une évolution parallèle à celle des ruminants de façon à atteindre un régime alimentaire identique, mais il convient de modérer les comparaisons interspécifiques et de pas appliquer strictement les résultats des ruminants aux camelidés.
Selon Faye (1984) il semble que la cuprémie des dromadaires soit plus élevée que celle des autres espèces même en zone carencée. Wilson (1984) note que la zincémie des camelins est normalement inférieure à celle des autres espèces (bovins et ovins), enfin Faye (I984) déclare que, vraisemblablement, la norme plasmatique du magnésium du dromadaire est différente des autres espèces.

Les résultats de mesures de la cuprémie varient de 45 à 120 µg/100ml; aucun des auteurs cités ne fait part de carence clini-

Tableau 16 : Teneurs plasmatiques, sériques, minérales du dromadaire.

nombre d'animaux	sexe	âge	moyenne observée en g/100ml	sources
CUIVRE				
19	--	adultes	97,6	Tartour 1975 Soudan occidental
17	--	4-18 ans	92,6 ± I8,6	Abu Damir et collab. 1983 Soudan oriental
96	mâles	adultes	118,3 ± 28,8	Wahbi et collab. 1979 Soudan
8	femelles	adultes	45	Faye et collab. 1984 Ethiopie, Awash
53	--	--	107	Faye et collab. 1986 Ethiopie
25	confondus	4-6 ans	75	Abdalla et collab. 1988 Emirats Arabes
45	femelles	adultes	72,12	Eltohamy et collab. 1986 Egypte
--	--	--	90 à 100	Higgins 1984a
19	--	--	83 ± 6,7	Moty et collab. Egypte 1968 (d'après Wilson 1984)
52	confondus	confondus	60,72	Faye I989 Djibouti
ZINC				
19	--	--	135 ± 4,1	Moty et collab. 1968 Egypte
--	--	--	76,5	Ibrahim et collab. 1982 Egypte (Faye I989)
45	femelles	adultes	93,37	Eltohamy et collab. 1986 Egypte
25	confondus	adultes	41	Abdalla et collab. I988 Emirats Arabes
53	--	--	100,4	Faye 1986 Ethiopie
52	confondus	confondus	46,25	Faye 1989 Djibouti

Tableau 16 suite :

nombre d'animaux	sexe	âge	moyenne observée en mg/100ml	sources
CALCIUM				
5	femelles	adultes	10,84	Yagil et collab. 1975 Israël
20	confondus	adultes	9,5	Abdalla et collab. 1988 Emirats Arabes
9	--	5-6 ans	9,6 à 10,4	Snow et collab. 1988 Emirats Arabes
102	mâles	adultes	10	Orliac 1980 Algérie
80	--	--	10,8 (sérum)	Soliman et collab. 1967 Egypte
96	mâles	adultes	9,2 ± 0,99	Wahbi et collab. 1979 Soudan
15	mâles	--	19,5 ± 8,1	Musa et collab. 1982 Soudan
17	--	4-18 ans	9,1	Abu Damir et collab. 1983 Soudan oriental
200	confondus	--	9,62 ± 0,74	Biagi et collab. 1983 Somalie
--	--	--	6,3 à 11	Higgins 1984a
52	--	--	9,49	Faye 1989 Djibouti
MAGNESIUM				
5	mâles	adultes	2,53	Yagil et collab. 1975 Israël
20	confondus	adultes	2,5	Abdalla et collab. 1988 Emirats Arabes
9	--	5-6 ans	1,82 à 2,28	Snow et collab. 1988 Emirats Arabes
80	--	--	1,9 (sérum)	Soliman et collab. 1967 Egypte
96	mâles	adultes	2,5 ± 0,28	Wahbi et collab. 1979 Soudan
17	66	4-18 ans	2,69	Abu Damir et collab; 1983 Soudan oriental
200	confondus	--	2,6 ± 0,47	Biagi 1983 Somalie
20	--	--	1,41 à 2,6	Ghosal 1973 Inde
--	--	--	1,78 à 2,86	Higgins 1984a
52	confondus	confondus	2,27	Faye 1989 Djibouti

que en cuivre chez le dromadaire, la limite de carence est certainement abaissée chez cette espèce; Faye et collab. (1986) en Ethiopie font l'hypothèse d'une limite de carence de 70, malheureusement nous ne disposons pas des teneurs hépatiques lors de son enquête.
Les différentes espèces animales diffèrent par leurs processus métaboliques faisant intervenir le cuivre, de ce fait l'importance et l'expression de la carence dépendent de l'intensité de cette carence mais aussi de l'espèce animale considérée.
Concernant le zinc, les résultats sont plus divers: de 44 à 135 µg/100ml; la calcémie, elle, est plus constante et rejoint les valeurs des bovins, il en est de même pour la magnésémie,
(Il est difficile de prendre en compte les résultats de Musa et collab. concernant la calcémie).

En conséquence nous pensons qu'il convient de retenir pout les dromadaires des cuprémies normales de 60 à 120 µg/100ml, les mêmes valeurs pour la zincémie, des calcémie et magnésémie identiques ou voisines de celles des bovins: 9,0 à 10,5 mg/100ml et 1,8 à 2,8 mg/100ml respectivement.

Nous disposons de quelques études interspécifiques dont les résultats sont reproduits au tableau 17. Nous observons que, à part l'étude de Djibouti, la cuprémie du dromadaire est supérieure à celle des autres espèces sur les mêmes régions (identique à celle des ovins au Soudan oriental). La zincémie est plus faible, la calcémie voisine ainsi que la magnésémie.
Woolliams et collab. (1985) travaillant sur des souches d'ovins sélectionnés pour une cuprémie basse ou haute, ont montré l'existence d'une corrélation génétique entre la cuprémie et l'efficacité de l'absorption du cuivre: les teneurs hépatiques sont ainsi plus importantes dans les lignées à haute cuprémie.
Pourquoi dès lors ne pas envisager à Djibouti une sélection de telles lignées de dromadaires, à savoir particulièrement résistantes à une carence en cuivre?

Tableau 17 : Variations interspécifiques des teneurs sanguines minérales (entre parenthèses le nombre d'animaux concernés).

CUIVRE en µg/100ml

BOVINS	OVINS	CAPRINS	DROMADAIRES	SOURCES
64 (29)	82 (32)	--	83 (19)	Moty et collab. 1968 Egypte
73,8(71)	85,1(111)	78,9(24)	95,3(19)	Tartour 1975 Soudan occidental
86,2(30)	94,5(36)	--	92,6(17)	Abu Damir et collab. I983 Soudan oriental
37,2(9)	24,7(20)	41,8(8)	45(8)	Faye et collab. 1984 Awash Ethiopie
64,5(432)	89,2(425)	95,1(173)	107(53)	Faye et collab. 1986 Ethiopie
73,9(59)	87,2(80)	94,5(118)	60,7(52)	Faye 1989 Djibouti

ZINC en µg/100ml

BOVINS	OVINS	CAPRINS	DROMADAIRES	SOURCES
144(29)	160(32)	--	135(19)	Moty et collab. 1968 Egypte
113,5(432)	114,2(425)	107,7(173)	100,4(53)	Faye et collab. 1986 Ethiopie
97,6(59)	71,5(80)	65,6(118)	46,2(52)	Faye 1989 Djibouti

CALCEMIE en mg/100ml

BOVINS	OVINS	CAPRINS	DROMADAIRES	SOURCES
10,0(30)	9,5(36)	IO,8(4)	9,1(17)	Abu Damir et collab. I983 Soudan oriental
9,35(59)	9,99(80)	9,31(118)	9,49(52)	Faye 1989 Djibouti

MAGNESEMIE en mg/100ml

BOVINS	OVINS	CAPRINS	DROMADAIRES	SOURCES
2,7(30)	2,69(36)	2,82(4)	2,69(17)	Abu Damir et collab. 1983 Soudan oriental
2,78(59)	2,90(80)	2,70(118)	2,27(52)	Faye 1989 Djibouti

Concernant les teneurs hépatiques nous disposons de quelques études dont les résultats sont consignés au tableau 18.

Tableau 18 : Variations interspécifiques des teneurs hépatiques et rénales en cuivre (entre parenthèses le nombre d'animaux concernés).

ORGANE	BOVINS	OVINS	CAPRINS	DROMADAIRES	SOURCES
Foie, teneur exprimée en ppm de la matière sèche	244,4 (8)	215,7 (40)	257,6 (4)	274,8 (9)	Tartour 1975 Soudan occidental
Foie, teneur exprimée en ppm du poids frais	30,1 (30)	46,7 (36)	21,4 (4)	49,8 (17)	Abu Damir 1983 Soudan oriental
Rein, teneur exprimée en ppm du poids frais	5,6 (30)	5,8 (36)	--	7,2 (17)	Abu Damir 1983 Soudan oriental

Quelque soit la méthode de mesure, la teneur des organes en cuivre est supérieure chez le dromadaire. Dans une étude précédente Tartour (1969) trouve au Soudan des teneurs hépatiques de 174,2 ± 125,2 ppm de la matière sèche sur 15 mâles et de 159,6 ± 109,0 ppm MS sur 40 femelles, cet auteur déclare que ces teneurs sont comparables à celles observées chez les ruminants - conclusion sans doute hâtive car lors de son étude il n'a fait aucune mesure permettant de confirmer ou infirmer ses conclusions -. Les dromadaires, par une teneur hépatique supérieure, sont-ils susceptibles de réajuster leur cuprémie de façon à n'exprimer aucune manifestation clinique de la carence en cuivre? et de par leur régime alimentaire très sélectif en zone carencée (Faye, Tisserand 1988) ont-ils l'avantage certain sur les autres espèces d'exprimer des cuprémies plus élevées du fait de ce régime (Tartour 1975, Faye et collab. 1988) ? Revenons aux travaux de Tartour (1969), il trouve que la différence observée entre les sexes n'est pas significative. Nous avions dû précédemment moduler un de nos résultats concernant la cuprémie : la différence d'abord attribuée au sexe est vraisemblablement d'origine géographique en tout premier lieu; des études précédemment ci-

tées, seuls Biagi (1983) et Abdalla (1988) s'intéressent aux effets du sexe: ils ne trouvent aucune différence significative entre mâles et femelles.
Les jeunes dromadaires de notre étude ont une cuprémie supérieure à celle des adultes; concernant les autres espèces Howell et collab. (1968) montrent que chez les agneaux à la naissance la cuprémie est basse, mais atteint le niveau des adultes en quelques jours. Le même auteur montre que la gestation a un effet sur la cuprémie: au moment du part on observe chez les brebis une remontée. Des variations identiques sont retrouvées chez les femelles dromadaires par Eltohamy et collab. (1986):

Variations de la cuprémie au cours de la gestation sur 45 femelles

cuprémie en µg/100ml	femelles vides	moitié de la gestation	fin de gestation	après le part
	55,6	99,7	47,2	86

Il y a sans doute un transfert actif des réserves mobilisables en cuivre, des femelles au cours de la gestation vers le foetus. Tartour (1970) montre que la teneur hépatique en cuivre du foetus est la plus forte durant le début de la vie embryonnaire.
Ces remarques expliquent dans une certaine mesure les cuprémies inférieures des femelles.
Considérant 60 comme seuil de carence, nous notons que seule la région du Rift de l'Afar présente une teneur plasmatique supérieure à ce seuil; sur tout l'ensemble du territoire restant on note une carence sévère des animaux des mangroves (GR3 : 33,7 µg/100ml), une subcarence pour les autres régions. Soulignons que la région du Rift de l'Afar comprend cinq points de carence relevés dans les fourrages sur les neuf pour l'ensemble du territoire; cependant seuls les dromadaires de cette région ont une cuprémie acceptable. Cet écart est il à mettre au compte d'un mauvais échantillonnage des prélèvements ? Vraisemblablement pas; c'est plutôt l'aptitude des dromadaires à ajuster leur cuprémie en fonction de leurs réserves hépatiques qui en est la cause.
Seul Tartour (1975) a réalisé une étude voisine de la nôtre, le tableau suivant présente ses résultats; y sont indiqués par région le pourcentage de prélèvements fourragers carencés en cuivre

et les cuprémies correspondantes des animaux. Remarquons que la limite de carence retenue pour les fourrages est plus basse que la nôtre: 5 ppm contre 7 ppm.

	Région 1	Région 2	Région 3	Région 4
proportion de fourrages carencés	50 %	20 %	26 %	55,6 %
CUPREMIE en µg/100ml				
bovins (71)	74,8	65,8	74,2	79,8
ovins (111)	91,1	87,2	82,5	79,2
caprins (24)	92,3	68,3	76,2	--
dromadaires(19)	109,2	90,4	--	93,3

d'après Tartour et collab. 1975.

Ici aussi nous observons que dans les régions les plus carencées la cuprémie des dromadaires est supérieure d'une part à celle des autres espèces, mais aussi à celles des dromadaires de régions moins carencées en cuivre. Cependant Tartour ne trouve aucune relation entre le statut nutritionnel et la région, contrairement à nos résultats à Djibouti où les différences sont significatives.

Les résultats concernant les autres minéraux sont plus diffcilement appréciables dans la mesure où les études les concernant sont plus rares.Nous n'avons pour le zinc que des différences régionales; l'ensemble des dromadaires de Djibouti est carencé en zinc (60 étant la valeur seuil retenue). La calcémie ne présente que des taux normaux. Pour le magnésium si nous retenons 1,8 comme seuil de carence, considérant comme Ghosal (1967) que la teneur en magnésium basse est une particularité des dromadaires, nous ne retenons plus que la zone du nord-est comme carencée. Or cette zone ne présentait pas de carence d'apport en magnésium.
La zone du sud-ouest avec une moyenne de 1,90 mg/100ml est à la limite; dans cette zone non plus nous ne trouvions pas de carence d'apport dans les fourrages; ce sont les excés d'apport en sodium

et les carences primaires ou secondaires en cuivre qui relient ces deux régions. Nous reviendrons sur ce fait lors de l'étude synthétique au chapitre 5.
Nous pouvons dresser la carte suivante des carences et excés en minéraux plasmatiques: voir la figure 14.

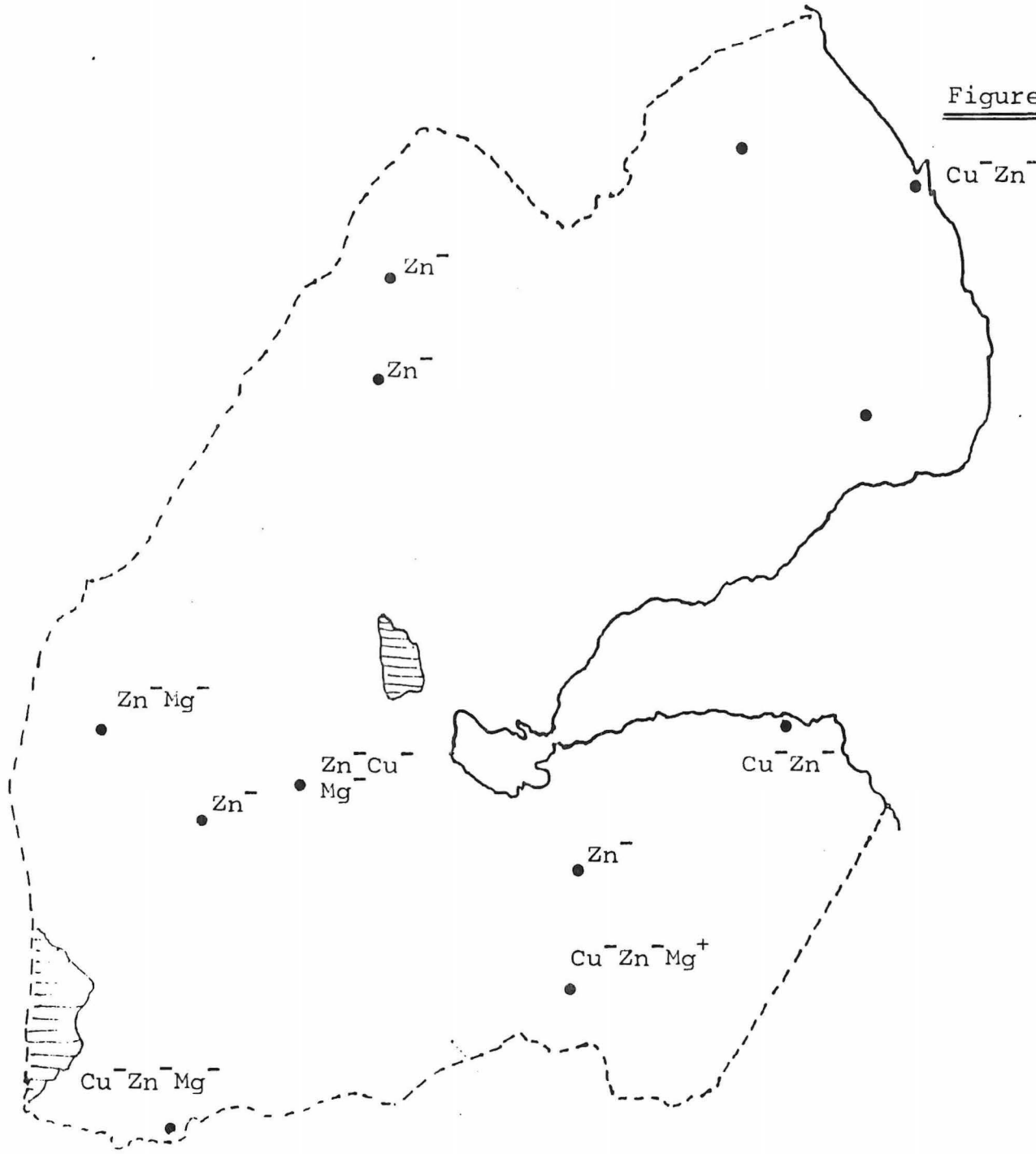


Figure 14 : Carences et excés des minéraux plasmatiques.

Cu^- carence en cuivre
Cu^+ excés de cuivre
Zn^- carence en zinc
Mg^- carence en magnésium
Mg^+ excés de magnésium

4.1.3.2 PROFIL BIOCHIMIQUE CAMELIN

Tout comme pour les paramètres minéraux, le dromadaire diffère sensiblement des vrais ruminants pour les paramètres biochimiques. Nous verrons que la discussion de nos mesures par rapport aux normes établies pour bovins, ovins et caprins n'est pas de mise pour cette espèce. Comme précédemment nous nous efforcerons d'établir un profil métabolique camelin avant d'établir les particularités observées à Djibouti.
Nous étudierons les paramètres biochimiques en quatre parties: la céruloplasminémie et ses relations avec la cuprémie, la glycémie et la teneur en 3-hydroxybutyrate caractérisant le statut énergétique des animaux, l'urémie et l'albuminémie pour le statut protéique et les quatre teneurs lipidiques: en acides gras libres, cholestérol, phospholipides et triglycérides, reflets du métabolisme lipidique.

4.1.3.1.1 CERULOPLASMINEMIE

La céruloplasmine est une enzyme à activité oxydasique. C'est une métallo-enzyme car son activité est liée avec la teneur sanguine en cuivre. En effet, chaque molécule de céruloplasmine est associée à six ou huit atomes de cuivre; elle transporte ainsi plus de 95 % du cuivre circulant (Blakley 1985). La corrélation est très bonne entre céruloplasminémie et cuprémie: le coefficient de corrélation est de 0,83 avec le cuivre sérique, 0,60 avec le cuivre plasmatique chez les bovins, et, de 0,92 avec le cuivre sérique des ovins. Blakley (1985) a montré qu'il existe une relation linéaire entre l'activité de la céruloplasmine et la cuprémie sanguine, des teneurs basses aux teneurs élevées, ce qui est remarquable, (l'activité est inférieure dans le sérum par rapport à celle mesurée dans le plasma). De ce fait la mesure de la céruloplasminémie est un bon élément d'appréciation du statut nutritionnel en cuivre des bovins et des ovins. Elle a été utilisée pour appréhender les carences en cuivre dans ces deux espèces. De plus l'âge et le statut en molybdène n'influencent pas l'activité de la céruloplasmine selon Blakley; or notre étude a montré que la céruloplasminémie est significativement plus élevée chez les jeunes ce qui corrobore une cuprémie supérieure chez les jeunes dromadaires.

La céruloplasmine étant synthétisée au niveau du foie, on pourrait penser qu'il y a un lien avec le cuivre hépatique, qui représente l'essentiel des réserves en cuivre de l'organisme; or la corrélation est faible entre l'activité de la céruloplasmine et le cuivre hépatique: on note un coefficient de 0,46 dans le plasma et 0,48 dans le sérum d'ovins (Blakley 1985) ainsi cuivre hépatique et cuivre sanguin sont peu corrélés.

Lors de l'étude à Djibouti les corrélations entre l'activité de la céruloplasmine et la cuprémie plasmatique sont de: 0,662 chez les bovins, 0,839 chez les caprins, 0,951 chez les ovins et 0,720 chez les dromadaires. Nous reproduisons ci-après les courbes donnant la céruloplasmine en fonction du cuivre.

L'observation des courbes montre pour les bovins, ovins et caprins une relation linéaire des valeurs basses aux valeurs hautes de la cuprémie; par contre chez les camelins il semble exister deux relations: à savoir qu'en dessous d'une certaine valeur de la cuprémie, l'activité de la céruloplasmine semble être constante et qu'ensuite la relation linéaire est observée. Ainsi pour les animaux fortement carencés en cuivre (faible cuprémie plasmatique) l'activité oxydasique de la céruloplasmine est maintenue. Ce qui semblerait donner un avantage certain aux dromadaires sur les autres ruminants: c'est à dire une sensibilité moindre à la carence en cuivre.

D'autre part, si chez les bovins et les ovins (Blakley 1985) le statut en molybdène n'influence pas l'activité de la céruloplasmine, il en va autrement pour les dromadaires de Djibouti:
si nous séparons les dromadaires en deux lots: le premier pour les animaux sur les zones où le molybdène est en excés dans les fourrages et le second où la teneur en molybdène est normale pour les animaux, nous observons des cuprémies de 55,6 µg/100ml et 63 µg/100ml et des activités de la céruloplasmine de 33,5 UO et 36,4 UO respectivement pour le premier et le second groupe. L'analyse statistique (comparaison des variances et test des rangs) montre que les deux groupes diffèrent significativelent pour ces paramètres.Ainsi la statut en molybdène, comme l'âge, influencent l'activité oxydasique de la céruloplasmine.

D'autre part notre réflexion sur la corrélation entre les deux teneurs plasmatiques tend à montrer que la mesure de l'activité de la céruloplasmine n'est pas un bon élément d'appréciation du

Axe horizontal : CUI
minimum : 40
maximum : 119
Axe vertical : CER
minimum : 33,3
maximum : 57

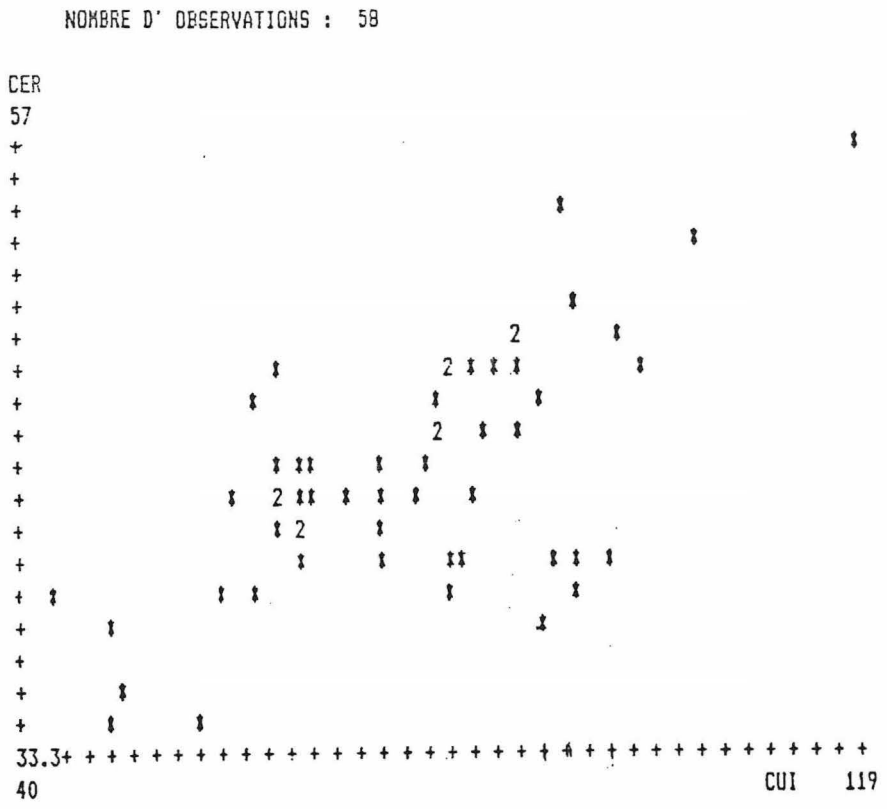


Figure 15 : Variations de l'activité de la céruloplasmine en fonction de la cuprémie plasmatique chez les bovins.

Axe horizontal : CUI
minimum : 18
maximum : 164
Axe vertical : CER
minimum : 31,8
maximum : 65,6

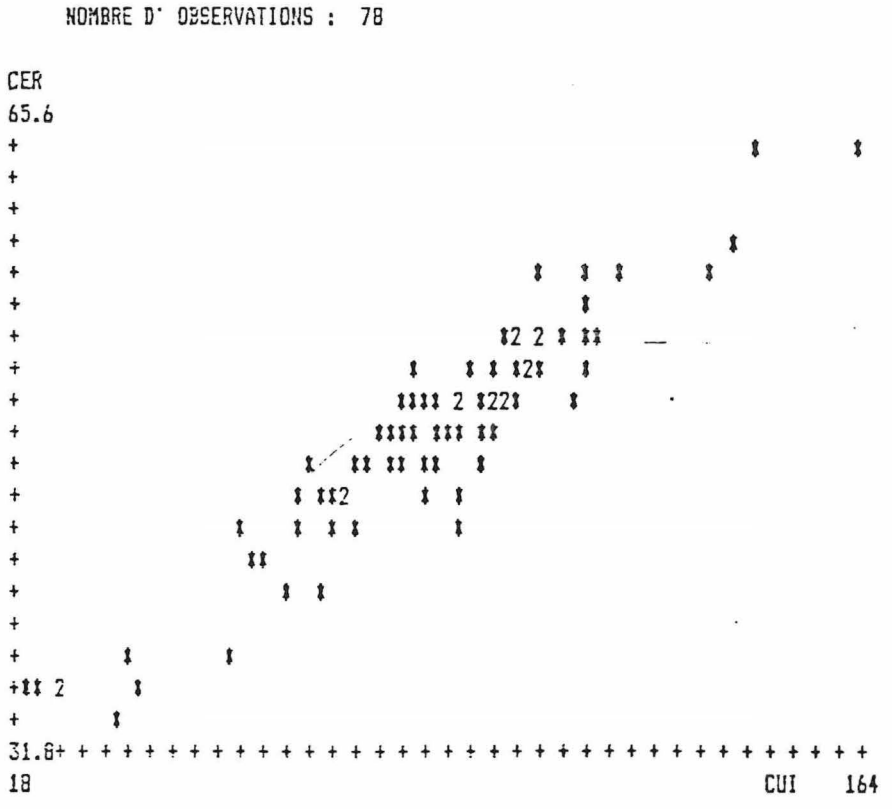


Figure 16 : Variations de l'activité de la céruloplasmine en fonction de la cuprémie plasmatique chez les ovins.

Axe horizontal : CUI
minimum : 15
maximum : 201
Axe vertical : CER
minimum : 31,2
maximum : 84,7

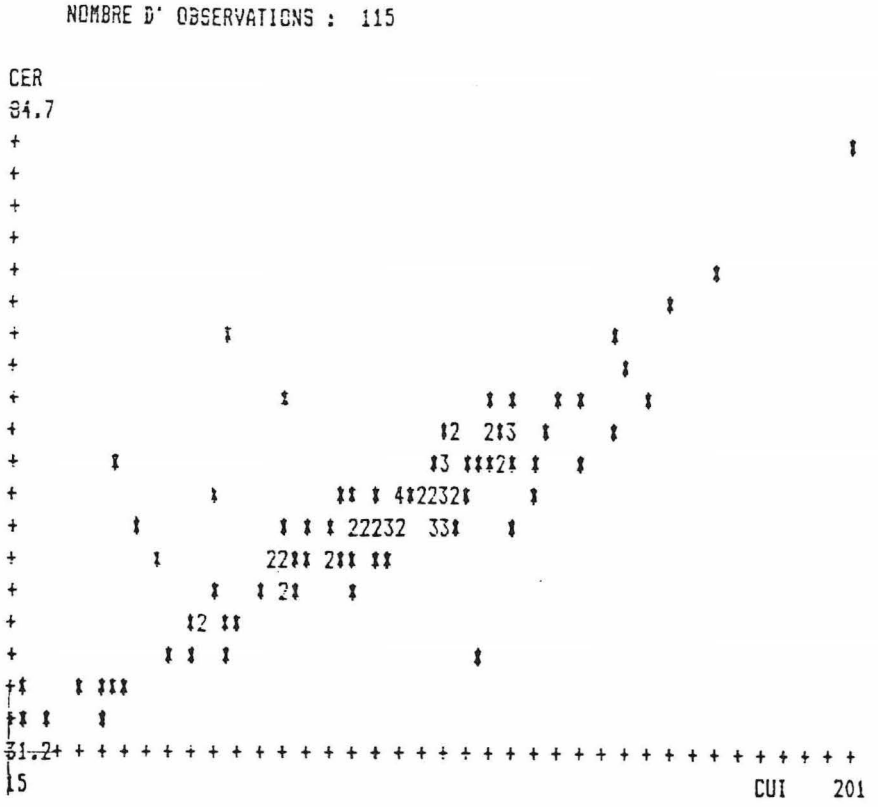


Figure 17 : Variations de l'activité de la céruloplasmine en fonction de la cuprémie plasmatique chez les caprins.

Axe horizontal : CUI
minimum : 7
maximum : 122
Axe vertical : CER
minimum : 31,8
maximum : 41,4

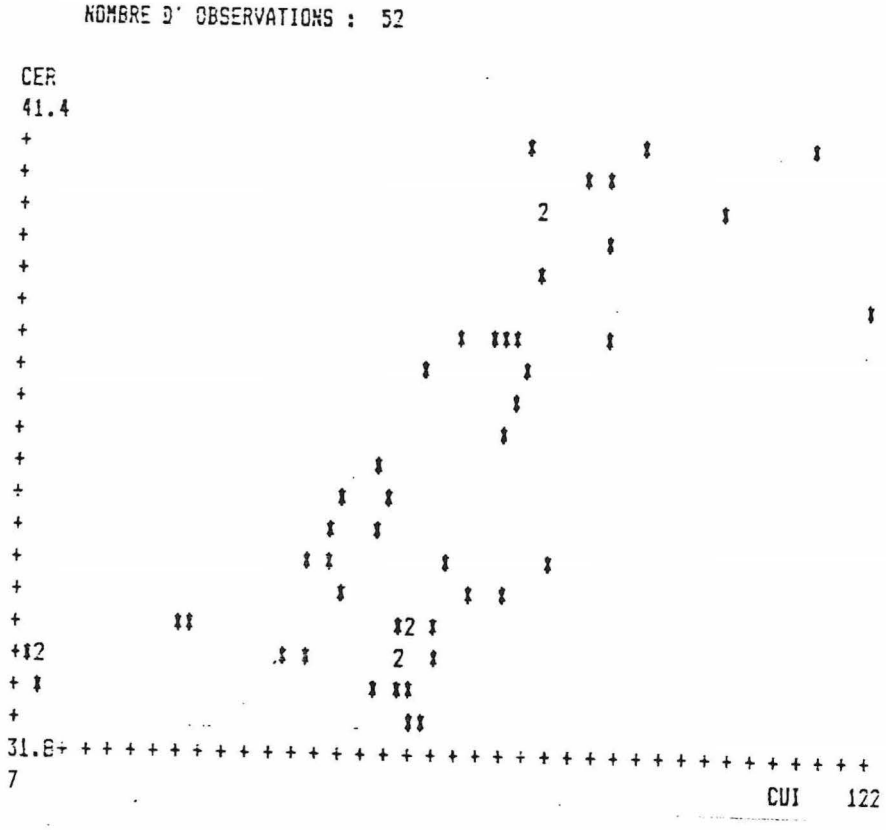


Figure 18 : Variations de l'activité de la céruloplasmine en fonction de la cuprémie plasmatique chez les dromadaires.

statut nutritionnel en cuivre des dromadaires fortement carencés en cet élément minéral.
Qu'en est il des normes sanguines pour la céruloplasmine ?
Le tableau 19 présente les résultats d'études sur les dromadaires et les variations interspécifiques.

Tableau 19 : Mesure de l'activité de la céruloplasmine chez diverses espèces de ruminants (entre parenthèses le nombre d'animaux concernés).

Bovins	Ovins	Caprins	Dromadaires	Sources
68,7[a]	84,2[a]	69,6[a]	25[a]	Srivastava et collab. 1971 Inde
44,1[b](9)	82,5[b](20)	52,2[b](8)	51,4[b](8)	Faye et collab. 1984 Awash Ethiopie
42,7[c](59)	47,4[c](83)	49,2[c](116)	35,5[c](52)	Faye 1989 Djibouti

a unités non connues
b teneurs exprimées en D.O. (Densité Optique)
c teneurs exprimées en U.O. (Unités Oxydasiques).

La comparaison par colonnes est impossible, les méthodes de mesure étant différentes toutes les trois; par contre la comparaison interspécifique l'est. Pour Srivastava et collab. l'activité de la céruloplasmine est faible chez le dromadaire; Faye (1984) trouve des résultats comparables pour caprins, camelins et dans une moidre mesure pour les bovins; mais à Djibouti l'activité de la céruloplasmine est abaissée par rapport aux autres espèces. Dans les deux études de Faye les rapports des cuprémies par espèces sont inversés: les dromadaires avaient une cuprémie supérieure aux autres espèces en Ethiopie, par contre à Djibouti ils présentent la cuprémie la plus basse (tableau 17), on ne peut tirer de conclusion satisfaisante. Vraisemblablement les méthodes employées sont en cause.
Les différences régionales,que nous avons retenues pour la cuprémie, établissant que seuls les animaux de la région du Rift de l'Afar ne sont pas carencés en cuivre, indiquent que corrélativement la teneur de 39 U.O. correspond à une activité de la céruloplasmine pour des animaux à statut nutritionnel correct en cuivre; des valeurs de 33 à 36 U.O. ne permettent pas de juger de l'état carentiel ou subcarentiel des animaux correspondants.

4.1.3.2.2 GLYCEMIE ET TENEUR EN 3-HYDROXYBUTYRATE

Nous disposons des excellentes études de Emmanuel et Chandrasena sur le métabolisme énergétique , qui font du dromadaire un animal différent des autres ruminants.
Chez les ruminants la glycémie est normalement comprise entre 55 et 65 mg/100ml, une valeur inférieure révèle une sous-nutrition énergétique, une cétose; une valeur supérieure révèle un stress ou une hypernutrition énergétique. Le 3-hydroxybutyrate est chez les bovins le principal corps cétonique (prés de 80 % des corps cétoniques totaux) les valeurs normales sont comprises entre 0,2 et 1 mmol/l (Barnouin 1986), des valeurs supérieures à 1 mmol/l sont le reflet d'une lipomobiblisation, c'est à dire d'une insuffisance énergétique de la ration (ce qui est observé lors de forte production laitière). La teneur sanguine en 3-hydroxybutyrate a été utilisée pour définir le statut énergétique des bovins, mais en fait, avec quelques restrictions car cette mesure n'est pas fiable à 100 % (Topps 1984).

4.1.3.2.2.1 MECANISME DE PRODUCTION DU GLUCOSE ET DU 3-HYDROXYBUTYRATE

Chez les ruminants la production du glucose est endogène car la fermentation au niveau des préestomacs produit des acides gras volatils et très peu de glucose. Le glucose provient de la néoglucogénèse (synthèse à partir d'autres substances qui a lieu dans le foie et les reins), qui utilise essentiellement quatre produits:
le lactate : produit du métabolisme des cellules du système nerveux et des érythrocytes.
le propionate: acide gras volatil en provenace du rumen, qui donne 50 % du glucose.
les acides aminés: produits par l'intestin après hydrolyse des protéines microbiennes et des protéines alimentaires (représentent 30 % du glucose produit).
le glycérol: qui provient de l'hydrolyse des triglycérides du tissu adipeux.
Le 3-hydroxybutyrate a chez les ruminants deux origines:
1/ la cétogénèse qui résulte de la lipomobilisation des réserves

du tissu adipeux: les triglycérides sont hydrolysés en acides gras libres et glycérol libérés dans le flux sanguin (le glycérol donnera du glucose), les acides gras libres métabolisés dans le foie donneront du 3-hydroxybutyrate libéré dans le sang.
2/ à partir du butyrate au niveau de la paroi de l'épithelium du rumen et dans le foie sous l'action de la 3-hydroxybutyrate deshydrogénase (Mazur 1986).

4.1.3.2.2.2 PARTICULARITES DES DROMADAIRES

Les mesures de la glycémie et de la teneur en 3-hydroxybutyrate effectuées sur les dromadaires - présentées au tableau 20 - amènent à définir un métabolisme énergétique propre au dromadaire. Le dromadaire présente une glycémie supérieure à celle des bovins, Emmanuel et Chandrasena sont d'accord pour retenir une glycémie normale chez le dromadaire de l'ordre de 80 à 140 mg/100ml (ce qui se rapproche des monogastriques), ceci est dû à des particularités métaboliques:
Le foie et le rein ont une activité enzymatique qui est très importante, de ce fait la néoglucogénèse est très élevée (Mirgani 1988) et elle est comparativement supérieure à celle des autres ruminants (ovins) (Emmanuel 1981b).
La teneur sanguine en 3-hydroxybutyrate est très inférieure à celle des autres ruminants dans les mêmes conditions, ainsi que le révèle l'étude comparative de Chandrasena et collab. (1979b) et se rapproche plus de celle des monogastriques. Or de nombreuses études ont montré que la nature et l'intensité des transformations aboutissant à la production des acides gras volatils sont très proches entre le dromadaire et les ruminants (Williams 1963), mais pour l'espèce cameline le devenir du butyrate est différent. Ce qui tient à plusieurs raisons: on observe une plus forte capacité d'absorption des acides gras volatils dans les préestomacs du dromadaire (Jouany et collab. 1988); chez cet animal très peu de 3-hydroxybutyrate est produit au niveau de la paroi du rumen et dans le foie (Emmanuel 1979), le butyrate absorbé est utilisé d'une part au niveau du tissu adipeux de la bosse du dromadaire pour la lipogénèse (Emmanuel 1981c) et dans le rein où il est métabolisé pour fournir de l'énergie (Emmanuel 1980a).
Le 3-hydroxybutyrate produit provient donc essentiellement de la lipomobilisation; vraisemblablement les valeurs normales sont de l'ordre de 0,01 à 0,02 mmol/l chez le dromadaire.

Tableau 20 : Glycémie et teneur en 3-hydroxybutyrate chez le dromadaire (glycémie exprimée en mg/100ml, 3-hydroxybutyrate en mmol/l).

nombre d'animaux	sexe	âge	moyenne observée	sources
GLYCEMIE				
--	--	--	91 à 104	Chavanne et collab. 1950 Afrique du nord
--	--	--	81 à 84	Durand et collab. 1958 Tunisie
102	mâles	adultes	57 à 62	Orliac 1980 Algérie
99	--	--	107 à 109	Ghodsian et collab. 1978 Iran
20	mâles	adultes	129	Chandrasena et collab. 1979a Iran
6	--	--	99,2 ± 2,9	Kouider et collab. 1982a Syrie
6	--	adultes	110,5 ± 4	Kouider et collab. 1982b Syrie
80	--	--	80	Soliman et collab. 1967 Egypte
96	mâles	--	49,8 ± 8,16	A. Gadir et collab. 1979 Soudan
6	confondus	--	74 à 102	Maloiy 1972 Kenya
24	confondus	--	94 à 96	Chiericato 1986 Somalie
20	--	2-3 ans	138 ± 17,7	Al-Ali et collab. 1988 Arabie Saoudite
--	--	--	80 à 140	Barakat et collab. 1970 ref. Al-Ali 1988
9	--	5-6 ans	122,5 à 133,3	Snow et collab. 1988 Emirats Arabes
--	--	--	37 à 67	Higgins 1984a
3-HYDROXYBUTYRATE				
5	--	--	0,0085 à 0,012	Chandrasena et collab. 1979b Iran
9	confondus	confondus	0	Faye 1989 Djibouti
41	"	"	0,01 à 0,07	
1			0,09	
1			0,12	

L'intreprétation des teneurs observées à Djibouti est délicate; les normes retenues se rapprochent de celles des monogastriques, or chez le cheval, la glycémie est un mauvais prédicteur de l'état nutritionnel et la teneur en 3-hydroxybutyrate est difficilement interprétable (Boulot 1987). La glycémie moyenne à Djibouti est de 63,7 mg/100ml, ce qui signifie donc une carence énergétique de la ration alimentaire. Les études régionales (se reporter au tableau 15) montrent que les dromadaires de la zone du nord-est , des Grand et Petit Bara, de la région d'Ali Sabieh et de la zone du sud-ouest reçoivent une alimentation énergétique déficiente. Seuls le Rift de l'Afar et la région des élevages intensifs à semi-intensifs fournissent une alimentation équilibrée sur le plan énergétique.

La teneur en 3-hydroxybutyrate est difficilement interprétable: en effet 9 animaux présentent une valeur nulle, 26 une teneur comprise entre 0,01 et 0,02 que nous avons retenue comme normale, et 17 animaux des teneurs de 0,03 à 0,12 mmol/l. Régionalement la glycémie et la teneur en 3-hydroxybutyrate ne varient pas dans le même sens (tableau 15). De plus une étude comparative des glycémies des animaux à teneur en 3-hydroxybutyrate nulle (glycémie : 42,33) et des animaux à teneur non nulle (glycémie : 68,16) montre une différence significative: la glycémie est plus élevée chez les animaux à haute teneur en 3-hydroxybutyrate: ce qui contredit le métabolisme des bovins, ovins et caprins.Notre étude rapporte de plus que la glycémie est supérieure chez les jeunes et qu'elle est significativement plus basse chez les femelles; or Chiericato (1986) ne trouve aucune différence due au sexe, et Ghodsian (1978) aucune différence due à l'âge. Ces deux auteurs trouvent des glycémies de l'ordre de 94 à 109 mg/100ml qui sont des valeurs normales, par contre notre étude trouve: 73,4 mg/100ml pour les jeunes contre 58,5 pour les adultes et 60,3 pour les femelles contre 78 pour les mâles; ce qui souligne que la teneur subcarentielle des femelles adultes indique une ration sous-énergétique pour assurer les besoins propres des animaux et ceux de la production - gestation ou lactation -.

En conclusion si la glycémie est d'un intérêt moyen chez le dromadaire, la teneur en 3-hydroxybutyrate n'apporte aucun enseignement.

4.1.3.2.3 UREMIE ET ALBUMINEMIE

L'urée est synthétisée au niveau du foie des ruminants à partir de l'ammoniaque produit dans le tube digestif, elle suit deux devenirs: soit elle est excrétée par le rein, soit elle retourne au tube digestif via la salive ou via l'épithélium du rumen ou la paroi intestinale pour être incorporée aux protéines microbiennes - ces protéines microbiennes sont hydrolysées dans l'intestin grêle en acides aminés qui sont assimilables par l'organisme.
L'albumine fait partie avec les globulines des protéines sanguines, elle est synthétisée au niveau du foie. L'albumine sert au transport initial du cuivre alimentaire (le relais est ensuite pris par la céruloplasmine), elle sert aussi au transport des acides gras libres (dont nous verrons l'importance au paragraphe suivant). Ces deux paramètres biochimiques sont le reflet, chez les ruminants du statut protéique.L'urée est un indicateur du pourcentage d'azote alimentaire, les valeurs normales sont comprises chez les bovins entre 15 et 30 mg/100ml, des teneurs inférieures sont le signe d'une sous-nutrition azotée; des teneurs supérieures le signe d'un manque d'élimination rénale (néphrite ou deshydratation de l'animal) ou bien lors de production accrue d'urée, c'est à dire lors de catabolisme excessif (carence énergétiques, infections aiguës).
L'albuminémie normale chez les bovins est comprise entre 30 et 38 g/l, des taux inférieurs sont dus à une sous-nutrition protéique, à des carences nombreuses, au parasitisme; les teneurs supérieures sont observées lors de carence en magnésium (Barnouin 1986).
Urémie et albuminémie sont utilisées comme révélateurs du statut protéique car l'urémie est fortement corrélée à l'apport protéique, et l'albuminémie peut être considérée comme le reflet de l'aptitude de l'animal à synthétiser et stocker des protéines.
Non soumis à des contrôles homéostatiques, les valeurs de ces deux paramètres sont cependant difficiles à interpréter (Topps 1984).
Certains (Torrel 1974) ont pu penser utiliser l'urémie comme un index de statut nutritionnel chez les ovins, mais il faut savoir que le jeûne et que les régimes carencés en matières azotées peuvent voir dans un premier temps l'urémie augmenter, dans la mesure où les réserves corporelles protéiques sont utilisées.
Enfin l'urémie ne se révèle fiable comme prédicteur du statut nutritionnel que pour un troupeau et non sur un seul individu.

Pour les camelins de nombreux chercheurs ont mesuré ces deux paramètres, leurs résultats sont consignés dans le tableau 21.

Tableau 21 : Urémie et albuminémie du dromadaire.

URÉMIE en mg/100ml

nombre d'animaux	sexe	âge	moyenne observée	sources
--	--	--	40	Chavanne et collab. 1950 Afrique du nord
--	--	--	32 à 57	Durand et collab. 1958 Tunisie
102	mâles	adultes	27 à 33	Orliac 1980 Algérie
2	--	7 et 4 ans	24,7-60,8	Schmidt-Nielsen 1957a Algérie
23	confondus	4-6 ans	11,9	Abdalla et collab. 1988 Emirats Arabes
9	--	5-6 ans	39,7 à 41,6	Snow et collab. 1988 Emirats Arabes
6	--	adultes	25,7 ± 4,9	Kouider et collab. 1982b Syrie
88	confondus	1,5 à 9 ans	33 à 55,7	Ateeq et collab. 1984 Syrie
6	mâles	6-11 ans	29,4 à 41,2	Kouider et collab. 1988 Syrie
20	mâles	3-5 ans	6,29 ± 3,86	Mathur et collab. 1981 Inde
2	femelles	adultes	19,6-52,8	Emmanuel et collab. 1976 Iran
80	--	--	20	Soliman et collab. 1967 Egypte
142	--	--	2 à 45	Idris et collab. 1970 Soudan
96	mâles	--	31,5 ± 8,1	A. Gadir et collab. 1979 Soudan
3	mâles	2-2,5 ans	13,3 à 21,7	Mousa et collab. 1983 Soudan
--	--	--	15,6 à 48,4	Mc Grane et collab. 1985 Soudan (Abdalla)
24	confondus	--	36,6 à 39,6	Chiericato et collab. 1986 Somalie
--	--	--	12 à 60	Wilson 1984

Tableau 21 suite : ALBUMINEMIE en g/l

nombre d'animaux	sexe	âge	moyenne observée	sources
--	--	--	41,5 ± 8	Durand et collab. 1958 Tunisie
102	mâles	--	38	Orliac 1980 Algérie
5	--	--	22,5 à 24	Ghosal et collab. 1975 Inde
30	--	3-4 ans	40	Perk et collab. 1961 Israël
80	--	confondus	36	Abdo et collab. 1987 Arabie Saoudite
23	--	4-6 ans	45	Abdalla et collab. 1988 Emirats Arabes
9	--	5-6 ans	28,6 à 31	Snow et collab. 1988 Emirats Arabes
200	confondus	--	27,5 ± 4,1	Biagi 1983 Somalie
24	confondus	--	34 à 36,4	Chiericato et collab. 1986 Somalie
96	mâles	--	38 ± 3,2	A. Gadir et collab. 1979 Soudan
--	--	--	30 à 44	Higgins 1984a

Les références concernant l'urémie sont nombreuses, les résultats sont extrèmement variables; les auteurs faisant intervenir âge, sexe et régime alimentaire. Quoi qu'il en soit les valeurs ne diffèrent pas sensiblement des normes des autres ruminants, il est donc possible de considérer pour le dromadaire des valeurs normales de 15 à 45 g/l. Nos résultats à Djibouti: 36 g/l sont tout à fait dans les normes.

Une étude de l'urémie chez les bovins tropicaux (Labouche 1967) a montré que l'urémie est une donnée très fluctuante, les variations pouvant aller du simple au double d'un animal à l'autre (d'où notre fourchette assez large), d'autre part les variations saisonnières sont importantes eu égard aux variations de teneurs en matière azotées des rations alimentaires: haute en saison des pluies, basse en saison sèche.

Nos résultats n'indiquent aucune variation avec l'âge, or Idris (1970) trouve une urémie significativement plus basse chez les jeunes: de 2 à 30 contre 15 à 45 pour les adultes (sur 142

animaux); par contre Ateeq (1984) trouve des résultats opposés: 37,6 chez les jeunes contre 33 mg/100ml chez les adultes sur un total de 88 animaux. De la même façon pour le sexe nous trouvions un effet; par contre Idris (1970) et Chiericato (1986) ne trouvent pas de différence significative. Rappelons que les variations dues au sexe ont été modulés par un effet supérieur de la région: nous trouvons des différences régionales significatives qui sont donc d'origine alimentaire. Ainsi (voir le tableau 15) les animaux des élevages intensifs et semi-intensifs (ceci se comprend grâce à une complémentation plus facile et moins coûteuse pour les éleveurs) et les dromadaires des régions d'Ali Sabieh, des Grand et Petit Bara ont un meilleur statut protéique que les animaux des autres régions.
Le dromadaire présente une supériorité sur les autres ruminants dans la mesure où l'urée est très peu excrétée au niveau urinaire, le recyclage de l'urée est supérieur chez le dromadaire (Schmidt-Nielsen 1957a, Mousa 1983, Emmanuel 1978): lors d'une alimentation pauvre en protéines les dromadaires recyclent efficacement l'urée par le retour au tube digestif pour la synthèse microbienne. C'est un bon élément en faveur de la survie du dromadaire en milieu très difficile.

Concernant l'albuminémie les valeurs mesurées font penser que les normes des dromadaires pour ce paramètre sont identiques à celles des autres ruminants. Ainsi à Djibouti la teneur moyenne de 32,7 g/l est normale; régionalement nous ne trouvons aucune différence, l'urémie semble donc être un facteur beaucoup plus fiable pour apprécier le statut protéique des dromadaires.
Les variations que nous observons concernant âge et sexe, ne sont pas partagées par tous les chercheurs: Abdo (1987) ne trouve aucune différence liée à l'âge, Perk (1961) ne note aucune différence due au sexe, comme nous, alors que Chiericato (1986) trouve que les mâles ont une urémie supérieure à celle des femelles.

Nous retiendrons que l'urémie est plus intéressante à mesurer pour une étude sur dromadaires plutôt que l'albuminémie.

4.1.3.2.4 TENEURS PLASMATIQUES EN ACIDES GRAS LIBRES, CHOLESTEROL PHOSPHOLIPIDES ET TRIGLYCERIDES

L'interprétation de ces quatre paramètres est délicate, les études qui leur y sont consacrées se sont souvent bornées à de simples mesures sans relation d'ensemble avec d'autres paramètres biochimiques du dromadaire. Chilliard a réalisé une première revue sur le métabolisme lipidique du dromadaire en 1986, le profil du métabolisme lipidique camelin que nous allons définir ne sera qu'une esquisse.

Les lipides sont d'une part,une forme de réserve énergétique pour l'organisme,et d'autre part précurseurs à d'autres substances. Chez les ruminants les triglycérides sont essentiellement synthétisés dans le tissu adipeux - le foie ayant une faible activité lipogène (Mazur 1986) - les acides gras libres proviennent essentiellement de l'hydrolyse des triglycérides du tissu adipeux lors de lipomobilisation. Les acides gras libres sont déversés dans le flux sanguin où ils sont transportés par l'albumine vers le foie, là leur devenir est double: ou bien ils sont métabolisés et donnent du 3-hydroxybutyrate (lors de cétogénèse), ou bien ils sont utilisés pour la synthèse hépatique du cholestérol, des phospholipides et des triglycérides dans une moindre mesure. Le cholestérol est endogène donc chez les ruminanats (sa synthèse survient dans le foie, l'intestin grêle, le tissu adipeux), c'est un précurseur des stéroïdes hormonaux et des sels biliaires, il entre aussi dans la structure des membranes cellulaires avec les phospholipides. Au niveau sanguin cholestérol, phospholipides, triglycérides et acides gras libres sont associés à des protéines pour former les lipoprotéines.

Chez les rumiants les acides gras libres sont le reflet lipidique de l'état nutritionnel énergétique, chez les bovins leurs teneurs sont comprises entre 0,2 et 0,5 mmol/l; des valeurs de 1 à 2 mmol/l signent une sous-alimentation.

Les triglycérides varient beaucoup avec le stade de lactation: ils sont élevés au tarissement et chutent après le vêlage car ils sont alors prélevés par la mamelle; en lactation les teneurs normales sont inférieures à 10 mg/100ml et supérieures à 10 mg/100ml pendant le tarissement .

La cholestérolémie normale est comprise entre 125 et 300 mg/100ml, la phospholipidémie entre 150 et 250 mg/100ml (Barnouin 1986),

on note de nombreux facteurs de variation: l'animal (origine génétique), la production (teneurs plus faibles au tarissement et au début de la lactation puis augmentent pendant trois à quatre mois), le niveau de production (augmentation avec la production), le niveau d'ingestion de l'animal, la nature de l'alimentation. Chez le dromadaire, Mirgani s'est attaché à l'étude du métabolisme lipidique; le tableau 22 résume les recherches effectuées jusqu'à présent.

nombre d'animaux	sexe	âge	moyenne observée	sources
ACIDES GRAS LIBRES en mmol/l				
52	confondus	confondus	0,175 (0 à 0,57)	Faye 1989 Djibouti
CHOLESTEROL en mg/100ml				
--	--	--	32 à 55	Durand et collab. 1958 Tunisie
102	mâles	adultes	101	Orliac 1980 Algérie
15	mâles	3-16 ans	49,8 à 116,3	Khan et collab. 1973 Inde
30	--	3-4 ans	54,2	Perk et collab. 1961 Israël
6	mâles	6-11 ans	57,7 à 72,4	Kouider et collab. 1988 Syrie
19	mâles	1-10 ans	20,45 à 61,92	Wasfi et collab. 1987 Arabie Saoudite
20	--	2-3 ans	30,5 ± 8,7	Al Ali et collab. 1988 Arabie Saoudite
7	mâles	--	81,02	Abu Sinna et collab. 1974 Egypte
96	mâles	--	32,4 ± 11,26	A. Gadir et collab. 1979 Soudan
24	confondus	--	61 à 63	Chiericato 1986 Somalie
CHAMEAU			61,4	Leat 1975
52	confondus	confondus	19,46	Faye 1989 Djibouti

Tableau 22 : Lipides sanguins du dromadaire

Tableau 22 suite:

nombre d'animaux	sexe	âge	moyenne observée	sources
PHOSPHOLIPIDES en mg/100ml				
7	mâles	--	52,38	Abu Sinna 1974 Egypte
CHAMEAU			36,1	Leat 1975
52	confondus	confondus	22,40	Faye 1989 Djibouti
TRIGLYCERIDES en mg/100ml				
102	mâles	adultes	18 à 41	Orliac 1980 Algérie
20	mâles	1-10 ans	11,54	Wasfi et collab. 1987 Arabie Saoudite
9	--	5-6 ans	22,6 à 24,4	Snow et collab. 1988 Emirats Arabes
24	confondus	--	30,6	Chiericato 1986 Somalie
52	confondus	confondus	26,65	Faye 1989 Djibouti

La teneur en acides gras libres du dromadaire est proche de celle des bovins, par contre la cholestérolémie est très inférieure, la norme du dromadaire semble se situer dans l'intervalle 20 à 100 mg/100ml, la phospholipidémie est elle aussi abaissée, lesvaleurs moyennes se situent entre 20 et 50 mg/100ml, par contre la triglycéridémie cameline est supérieure à celle des bovins, de l'ordre de 10 à 40 mg/100ml.

Les dromadaires diffèrent sensiblement des ruminants pour leur métabolisme lipidique - ce qui est à mettre en relation avec les différences concernant la glycémie et la teneur en 3-hydroxybutyrate. Les différences plasmatiques sont importantes, le tableau suivant donne la compositionlipidique du plasma en pourcentage des lipides totaux pour les ruminants:

	bovins	ovins	caprins
lipides totaux en mg/100ml	224 à 484	163 à 224	260 à 315
composition plasmatique			
TRG	4,8	11	10,9
CHO	66,6	54,6	47,4
PHO	24,8	28,2	40,3
AGL	2,4	4,3	1,4
hydrocarbones	0,4	1,8	--

(d'après Christie 1981)

A Djibouti, nous observons - en excluant les acides gras libres qui sont exprimés en mmol/l et dont nous n'avons pas la correspondance en mg/100ml) - que le cholestérol représente 28,4 % des lipides totaux, les phospholipides 32,7 % et les triglycérides 38,9 %. Les rapports sont totalement inversés, d'autres auteurs trouvent des valeurs identiques aux nôtres pour le cholestérol: 16,6 % des lipides totaux pour A. Gadir (1979), 29,2 % pour Chiericato (1986) et 22,47 % pour Kouider (1988). Notre étude ne montre aucune variation du cholestérol en fonction du sexe, Perk et collab. (1961) et Chiericato (1986) n'en trouvent pas non plus. Les triglycérides occupent donc chez le dromadaire une place prépondérante.

Nous observons d'autres différences interspécifiques concernant la composition lipidique du foie et du tissu adipeux:

Composition lipidique du foie en %	ruminants		dromadaires	
Christie 1980 Mirgani 1977b	lipides complexes dont PHO	49,4	PHO	54
	TRG	46	TRG	26
	CHO	4,2	CHO	20

	ruminants	dromadaire
Composition lipidique du tissu adipeux des ruminants Christie 1980	par ordre d'importance	
	TRG	TRG
tissu adipeux de la bosse du dromadaire Mirgani 1977a	CHO	AGL
	AGL	CHO
	PHO (traces)	PHO (traces)

AInsi, chez les dromadaires, les triglycérides, à la différence des ruminants, se trouvent en plus forte proportion dans le sang et le cholestérol est préférentiellement stocké dans le foie; ceci tient au fait que les lipides sont avant tout source d'énergie pour le dromadaire vivant dans un milieu où l'offre alimentaire est souvent carencée dans son apport énergétique.
L'interprétation des mesures obtenues à Djibouti est délicate: régionalement nous ne trouvons aucune différence pour le cholestérol, les phospholipides et les triglycérides, ces paramètres ne semblent pas être sensibles au statut nutritionnel du dromadaire. Les teneurs en acides gras libres de la région du Rift de l'Afar et des élevages intensifs à semi-intensifs sont significativement plus basses que celles des régions du nord-est, d'Ali Sabieh, des Grand et Petit Bara, ce qui concorde avec les différences de glycémie observées pour les mêmes régions; cependant la zone du sud-ouest à glycémie basse présente aussi une teneur en acides gras libres basse, l'interprétation est ainsi difficile à réaliser.

4.2 LES ANALYSES DE DONNEES

Cette étude est d'un grand intérêt, elle permet d'établir en partie le profil métabolique camelin de Djibouti dans la mesure où faisant ressortir les corrélations entre les différents paramètres on en déduira les interrelations métaboliques.
D'autre part ce type d'analyse permet d'approfondir le rôle de l'âge, du sexe et de l'origine géographique des animaux dans le profil métabolique.
L'analyse globale, faisant intervenir les quinze variables donne les coefficients de corrélation suivants entre les paramètres:

CORRELATIONS TOTALES

	TRG	PHO	BOH	GLU	AGR	URE	ALB	CUI	ZIN	CAL	MAG	CHO	CER	GGT	GLD
TRG	1.000														
PHO	0.275	1.000													
BOH	0.137	0.128	1.000												
GLU	-0.119	0.239	0.086	1.000											
AGR	0.296	0.233	0.362	-0.229	1.000										
URE	-0.029	-0.164	-0.358	-0.173	-0.208	1.000									
ALB	-0.339	0.227	0.073	0.093	0.115	0.149	1.000								
CUI	0.120	0.361	-0.372	0.264	-0.170	-0.023	-0.230	1.000							
ZIN	0.232	0.036	0.094	-0.079	0.152	-0.265	-0.232	-0.037	1.000						
CAL	0.361	0.269	0.166	-0.057	0.257	0.167	0.291	-0.026	0.018	1.000					
MAG	0.115	0.294	-0.109	0.430	-0.177	0.079	-0.064	0.394	-0.275	0.172	1.000				
CHO	0.219	0.674	0.080	0.224	-0.011	0.017	0.267	0.298	-0.019	0.374	0.239	1.000			
CER	0.214	0.439	0.059	0.434	-0.040	-0.393	-0.295	0.720	0.089	-0.014	0.461	0.265	1.000		
GGT	0.290	0.060	0.140	-0.080	0.019	-0.103	-0.307	0.034	0.121	0.313	0.195	0.034	0.079	1.000	
GLD	0.241	-0.083	-0.004	0.240	-0.008	0.040	-0.258	-0.190	0.322	0.046	0.193	-0.124	-0.049	0.467	[illegible]

Le seuil est de 0,273 pour un degré de signification à 5 % (et pour 52 données).

L'analyse en composantes principales n'amène pas de surcroît d'explication; le premier axe représente seulement 20,9 % de l'inertie totale: il est expliqué par la céruloplasmine, le cuivre, le magnésium, le cholestérol et les phospholipides. Céruloplasmine et cuivre d'une part, cholestérol et phospholipides d'autre part sont très corrélés: 0,720 et 0,674 respectivement. Ainsi les oligo-éléments et les paramètres lipidiques contribuent assez bien au profil métabolique camelin. La cuprémie et la magnésémie sont un bon reflet du statut nutritionnel camelin, par contre nous avons vu que ce n'était pas le cas pour la cholestérolémie et la phospholipidémie.

Dans un autre ordre d'idée, les analyses discriminantes, classant les paramètres plasmatiques en regard d'une variable non quantitative, permettent d'observer dans quelle mesure cette variable contribue à l'explication du profil métabolique camelin:

Ainsi l'analyse discriminante effectuée sur les quinze variables en fonction du sexe donne 90,4 % d'animaux bien classés. En d'autres termes le sexe contribue à expliquer 90;4 % du profil métabolique camelin à Djibouti. Donc à la première partie du chapitre 4, les différences observées en fonction du sexe sont en partie confirmées.

L'analyse discriminante en fonction de l'âge donne 94,2 % d'animaux bien classés, l'âge est donc un facteur encore plus discriminant dans l'analyse du profil métabolique camelin que le sexe.

Enfin l'analyse discriminante en fonction des grandes régions naturelles retenues donne 98,1 % d'animaux bien classés, ce qui signifie qu'à Djibouti c'est l'origine géographique qui imprime avant tout sa marque sur le profil métabolique camelin.

Considérons le profil métabolique camelin normal que nous avons défini précédemment:

	Normes retenues
cuprémie µg/100ml	60 - 120
zincémie µg/100ml	60 - 120
calcémie mg/100ml	9 - 10,5
magnésémie mg/100ml	1,8 - 2,8
GLU mg/100ml	80 - 140
BOH mmol/l	0,01 - 0,02
URE mg/100ml	15 - 45
ALB g/l	30 - 38
AGL mmol/l	0,2 - 0,5
CHO mg/100ml	20 - 100
PHO mg/100ml	20 - 50
TRG mg/100ml	10 - 40

Tableau 23 : Esquisse d'un profil métabolique camelin.

A partir de cet ensemble de données nous avons classé les individus de l'enquête de Djibouti en trois classes pour chacun des paramètres; ces classes correspondant dans la mesure du possible à une réalité physiologique. La répartition est indiquée ci-après. La méthode d'analyse choisie est celle des corresponadances multiples, elle permet de voir comment les individus sont répartis en fonction des paramètres et quels sont les paramètres qui discriminent le plus les individus. L'analyse permet "d'étirer" (c'est àdire de classer) les animaux sur quatre axes, on voit

Répartition des individus en classes (entre parenthèses le nombre d'animaux concernés).

PARAMETRE	CLASSES		
CUIVRE µg/100ml	7 - 50 (13)	50 - 70 (20)	70 - 122 (19)
ZINC µg/100ml	4 - 40 (19)	40 - 50 (20)	50 - 100 (13)
CALCIUM mg/100ml	8,54 - 9 (11)	9 - 9,5 (17)	9,5 - 12 (24)
MAGNESIUM mg/100ml	1,1 - 1,8(15)	1,8 - 2,8(27)	2,8 - 3,9(10)
GLU mg/100ml	12 - 50 (16)	50 - 80 (20)	80 - 120 (16)
BOH mmol/l	0 - 0,005(9)	0,005 - 0,02(26)	0,02 - 0,12(17)
URE mg/100ml	10,8 - 30(18)	30 - 50 (26)	50 - 100 (8)
ALB g/l	21,4 - 30(6)	30 - 35 (33)	35 - 40 (13)
CHO mg/100ml	9 - 15 (20)	15 - 20 (14)	20 - 55 (18)
PHO mg/100ml	10 - 18 (18)	18 - 24 (14)	24 - 46 (20)
TRG mg/100ml	9 - 20 (17)	20 - 30 (19)	30 - 80 (16)
AGL mmol/l	0 - 0,1 (17)	0,1 - 0,2(17)	0,2 - 0,6(18)
CER U.O.	31 - 34 (23)	34 - 38 (15)	38 - 42 (14)

alors quels sont les paramètres importants. Les quatre axes sont représentés ci-après:

CER $>$ 38
MAG $>$ 2,8 — AXE 1 — MAG $<$ 1,8
PHO $>$ 24 — CER $<$ 34
CHO $>$ 20

CAL $<$ 9 — AXE 2 — ZIN $>$ 50
AGL $<$ 0,1 — AGL $>$ 0,2

ALB $<$ 30 — AXE 3 — ALB $>$ 35
CER $>$ 38 — URE $>$ 50

BOH < 0,005
50 < CUI < 70

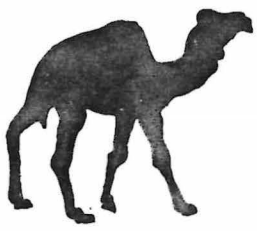
AXE 4

CUI < 50
BOH > 0,02
URE < 30

Ce qui signifie qu'il est possible d'isoler des groupes d'animaux à céruloplasminémie, magnésémie hautes et qui auront des cholestérolémie et phospholipidémie élevées; qu'une céruloplasminémie élevée s'oppose à un statut protéique en excés (albuminémie et urémie supérieures aux normes); que les animaux carencés en cuivre (cuprémie inférieure à 50 µg/100ml) ont des statuts protéique et énergétique déficients (teneur en 3-hydroxybutyrate supérieure à o,02 mmol/l et urémie inférieure à 30 mg/100ml); qu'une zincémie normale (supérieure à 50 µg/100ml) va de pair avec un métabolisme lipidique normal (teneur en AGL normale).
On note donc qu'à Djibouti ce sont les oligo-éléments: cuivre, zinc, magnésium qui semblent être les facteurs limitants d'un profil métabolique moyen.
Nous allons donc observer les liens entre les oligo-éléments et le statut énergétique, protéique et lipidique des animaux.

CHAPITRE 5

STATUT NUTRITIONNEL DU DROMADAIRE EN REPUBLIQUE DE DJIBOUTI



Le profil métabolique des animaux est obtenu à partir de la série d'analyses que nous avons entreprises, l'objectif de l'établissement de ce profil est de détecter les déséquilibres de la ration alimentaire et d'apporter ainsi, une correction prenant en compte les besoins des animaux. Notre étude portera donc sur deux points:

1/ comparer le profil métabolique camelin normal que nous avons précédemment établi au profil métabolique camelin de Djibouti. Or, nous avons observé à Djibouti l'importance prépondérante du facteur REGION, nous étudierons donc les profils métaboliques établis pour le Rift de l'Afar, la région du Nord-Est, la région sud-ouest et la région des Grand et Petit Bara et d'Ali Sabieh, (exception faite des élevages urbains qui ne concernent que quatre animaux).

2/ observer dans quelle mesure le profil métabolique camelin est influencé par le statut nutritionnel des animaux.

Remarquons toutefois que notre étude pèche par la faiblesse de ses effectifs: 10 animaux pour le Rift de l'Afar, 9 pour la région du Nord-Est, 20 pour la région sud-ouest et 9 pour la région des Grand et Petit Bara et d'Ali Sabieh.

Les résultats des profils métaboliques sont regroupés dans le tableau 24, l'étude peut se faire en parallèle avec les résultats des analyses fourragères obtenus pour chaque région, résultats présentés au tableau 25.

Il est à noter que l'apport déficient en zinc, généralisé sur l'ensemble du territoire de Djibouti se répercute par une zincémie plasmatique inférieure à la limite de carence, par contre pour le cuivre il ne semble pas que le seul statut nutritionnel des dromadaires en cet élément soit un révélateur du profil métabolique. En effet la région du Rift de l'Afar nous a montré cinq points de carence en cuivre, or les cuprémies correspondantes sont parmi les plus élevées de Djibouti et sont les seules à être dans l'intervalle normal retenu. C'est plus précisément, dans notre étude, le statut nutritionnel en soufre et molydène qui est représentatif de la cuprémie. Les animaux des régions autres que le Rift de l'Afar recoivent des excés en ces deux éléments, par voie de conséquence la cuprémie révèle un état de carence pour la zone du Nord-Est, un état de subcarence pour les régions sud et sud-ouest. Les animaux du Nord-Est révèlent une subcarence en magnésium, et ceux de la zone sud un excés de magnésium plasmatique, les apports alimentaires de ces deux régions ne révèlent cependant aucune anomalie.

D'autre part si les teneurs sanguines en cholestérol et phospholipides sont dans les limites de la norme retenue, nous notons cependant que ces valeurs sont basses pour l'ensemble du territoire.

Nous trouvons, dans des études récentes de chercheurs, certaines relations entre les oligo-éléments et le métabolisme énergétique et lipidique. Ces études cependant ne concernent que le porc, le rat et l'homme.

Une carence en cuivre (d'origine alimentaire) s'est soldée par l'élévation du cholestérol et des triglycérides sanguins (Cunnane 1986, 1988, Harvey 1985, Hassel 1988) et d'autre part par une réduction des teneurs hépatiques et rénales en phospholipides (Cunnane 1986), de la teneur hépatique en cholestérol (Hassel 1987) due à une diminution de la synthèse hépatique des phospholipides (Fell 1981 sur des bovins, Gallagher 1964). Mais cuivre et zinc sont souvent antagonistes dans leur action; ainsi une

	Profil camelin normal	Rift de l'Afar	Zone Nord-Est	Grand Petit Bara Ali Sabieh	Zone sud-ouest	
CUIVRE	60 - 120	88,9	33,67	58,33	59,67	CUIVRE
ZINC	60 - 120	42,6	50,22	38,44	52,96	ZINC
CALCIUM	9 - 10,5	9,14	9,58	9,79	9,39	CALCIUM
MAG	1,8 - 2,8	2,65	1,78	3,00	1,90	MAG
GLU	80 - 140	86,9	54,55	62,33	49,8	GLU
BOH	0,01 - 0,02	0,025	0,062	0,018	0,008	BOH
URE	15 - 45	21,25	17,48	46,81	42,91	URE
ALB	30 - 38	31,9	34,5	32,8	32,0	ALB
CER	--	39,68	34,8	36	33,65	CER
AGL	0,2 - 0,5	0,129	0,29	0,204	0,139	AGL
CHO	20 - 100	21,99	18,78	20,28	17,77	CHO
PHO	20 - 50	26,84	21,11	22,55	19,42	PHO
TRG	10 - 40	21,66	26,67	34,39	25,52	TRG

Tableau 24 : Profils métaboliques camelins de Djibouti.

Tableau 25 : Carences et excés en minéraux, étude régionale.

Rift de l'Afar	Zone du Nord-Est	Grand et Petit Bara Ali Sabieh	Zone sud-ouest
carence: cuivre zinc manganèse cobalt excés: molybdène pauvre en calcium	carence: cuivre zinc manganèse excés: soufre molybdène richesse en sodium	carence: zinc excés: soufre molybdène	carence: zinc excés: soufre molybdène richesse en sodium

carence en zinc a été associée à une chute du cholestérol sanguin (Burch 1975, Mertz 1982, Cunnane 1988), on ne semble pas observer d'effet sur les phospholipides (Cunnane 1988) par contre on note une chute des triglycérides sanguins et hépatiques (Cunnane 1988, Hambridge 1981) et une augmentation de la teneur en acides gras libres circulants (Cunnane 1988). Plus récemment sur des ovins carencés en zinc une augmentation des lipides sanguins a été notée Garcia Partida 1985). Il est délicat de transposer ces résultats sur dromadaires: nous observons cependant pour la région des Grand et Petit Bara et d'Ali Sabieh, où la carence en zinc est la plus importante et la teneur en cuivre révélant une subcarence, que la teneur en lipides sanguins et la plus élevée: 77,22 mg/100ml contre 70,49; 66,56 et 62,71 mg/100ml.Il semble donc que le statut nutritionnel en zinc influence le métabolisme lipidique.
Concernant le zinc, certains auteurs notent, lors de carence, une modification dans le métabolisme de l'azote avec une chute des protéines totales plasmatiques (Gallagher 1964), une diminution de l'urémie (Cossack 1987). Mais à Djibouti albuminémie et urémie restent dans les normes retenues.
Concernant le magnésium Rayssiguier (1986) observe que sur des rats la carence est simultanée à une hypertriglycéridémie; de plus chez le ruminant la lipomobilisation s'accompagne toujours d'hypomagnésémie, or pour la zone Nord-Est nous semblons trouver cette relation dans la mesure où la glycémie est faible, la teneur en 3-hydroxybutyrate est une des plus élevées et la magnésémie sous la limite de carence; enfin pour cette région la teneur en acides gras libres est la plus élevée - rappelons que chez les ruminants ceci révèle une déficience énergétique dont la conséquence est la lipomobilisation -.

Les statuts nutritionnels en zinc, soufre, molybdène semblent être des prédicteurs du profil métabolique camelin de Djibouti; soufre et molybdène par leur action sur le cuivre modifient le statut nutritionnel en cet élément, de ce fait le profil minéral en cuivre des animaux est influencé par ces deux minéraux.

CONCLUSION

Cette étude générale a fait apparaître l'importance particulière des minéraux: cuivre, zinc, molybdène et soufre sur le territoire de Djibouti. Concernant le statut nutritionnel en cuivre des dromadaires, il est apparu que le cuivre n'est pas le seul élément à prendre en compte pour statuer sur une carence, trois facteurs sont importants: les apports en cuivre, les apports en soufre et molybdène, , la cuprémie et la teneur hépatique cuprique.

Plus généralement nous avons observé la difficulté qu'il y a à transposer les normes d'une espèce à l'autre, en l'occurence des ruminants aux dromadaires. Ainsi, si nous avons défini pour le dromadaire des seuils de carence pour les teneurs plasmatiques en oligo-éléments, insistons sur le fait que malgré des teneurs très basses en cuivre et zinc retrouvées chez cette espèce, aucune manifestation clinique de carence n'a encore été décrite. Nous avons d'autre part observé la difficulté d'interprétation des teneurs sanguines du 3-hydroxybuturate et des lipides dont les normes sont très différentes de celles des ruminants "vrais".

Le dromadaire apparaît comme un animal à part, tant sur le plan fonctionnel de la digestion et de la rumination - des études visant à approfondir ces points sont en cours à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Theix (Monsieur Jouany) - que pour le métabolisme énergétique, protéique et lipidique. D'où l'importance des études nutritionnelles qui seront entreprises à Djibouti.

Le dromadaire est un animal d'avenir dans les zones difficiles, c'est un volet des productions animales à développer.

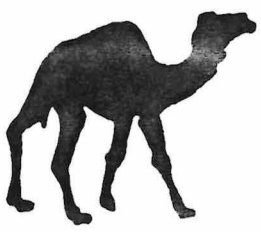
RESUME

L'analyse minérale de I7 prélèvements de fourrages a permis d'établir des cartes de carence et d'excés en oligo-éléments et macro-éléments sur le territoire de la République de Djibouti, faisant apparaître une carence partielle en cuivre, généralisée en zinc et des excés fréquents en soufre et molybdène. Parallèlement des prélèvements sanguins sur 52 dromadaires ont permis une étude de l'impact de l'âge, du sexe, de l'origine géographique des animaux sur I3 paramètres sanguins. L'origine géographique des animaux conditionne fortement leur profil métabolique; le statut nutritionnel des dromadaires explique les variations des teneurs plasmatiques minérales ainsi que le métabolisme lipidique. Lors de notre étude nous avons tenté l'esquisse d'un profil métabolique camelin.

MOTS CLES

dromadaire - Djibouti - bromatologie - hématologie - profil métabolique - statut nutritionnel - cuivre - zinc - calcium - magnésium - soufre - molybdène - glucose - 3-hydroxybutyrate - urée - albumine - acides gras libres - cholestérol - phospholipides - triglycérides - âge - sexe - origine géographique - analyse de données - céruloplasmine -

BIBLIOGRAPHIE



- ABDALLA O.M., WASFI I.A., GADIR F.A., The arabian race camel normal parameters. I. Haemogram, enzymes and minerals. Comp. Biochem. Physiol. 90 A (2):237-239, I988.

- ABDEL GADIR S.E., WAHBI A.A., IDRIS O.F., Biochemical studies of some blood and plasma constituents on camel (Camelus dromedarius) in COKRILL W.R. (Ed) "Camels and camilids" p.438-443, I979 (Scand. Inst. Afr. Studies, Uppsala, SWEDEN).

- ABDO M.S., KAWASMEH Z.A., EL-MANNA M.M., Some blood parameters in male Arabian camels (Camelus dromedarius) naturally infested with intestinal parasites in Al-Hasa (Saudi Arabia). Indian vet. J. 62 (II): 948-950, I985.

- ABDO M.S., HASSANIEN M.M., MANNA M.E., Electrophoretic pattern of serum proteins in the Arabian camel. Indian vet. J. 64 (I0): 84I-844, I987.

- ABU DAMIR H., TARTOUR G., ADAM E.I., Short communication: Mineral contents in livestock in Eastern Sudan. Trop. Anim. Hlth. Prod. I5: I5-I5, I983.

- ABU SINNA G.M.E., HABAKA S.M., The cholesterol and phospholipids contents of the serum in the camel (Camelus dromedarius). Ann. Zool. X: 57-60, I974.

- AL-ALI A., HUSAYNI K., POWER A., A comprehensive biochemical analysis of the blood of the camel (Camelus dromedarius). Comp. Biochem. Physiol. 89B (I): 35-37, I988.

- ALLAIN C.C., POON L.S., CHAN C.S.G.,RICHMOND N., FU P.C., Enzymatic determination of total serum cholesterol. Clin. Chem. 20(4): 470-475, I974.

- ATEEQ G., KOUIDER S., KOLB E., Haematology of dromedaries: cell counts, haemoglobin,proteins, urea, cholesterol, AST and ALT. Age and Sex variations. Archiv für Experimentelle Veterinärmedizin, 38(5): 664-675, I984.

- AUDRU J., CESAR J., FORGIARINI G., LEBRUN J.P. La végétation et les poten-

tialités pastorales de la République de Djibouti. Maisons-Alfort, I.E.M.V.T. I987, 384 p. (pp. I7-46).

- AUMONT G., TRESSOL J.C., Improved routine method for the determination of total iodine in urine and milk. Analyst III: 84I-843, I986.

- BARNOUIN J. Les profils métaboliques chez les bovins. Laboratoire d'Eco-pathologie - INRA Theix, I986.

- BARNOUIN J., EL IDILBI N., CHILLIARD Y., CHACORNAC J.P., LEFAIVRE R., Microdosage automatisé sans déprotéinisation du 3-hydroxybutyrate plasmatique chez les bovins. Ann. Rech. Vét. I7(2): I29-I39,I986.

- BELLANGER J., Le dosage des oligo-éléments dans les fourrages. Ann. Nutr. et Alim. 25(5): 59-96, I97I.

- BELLANGER J., LAMAND M., Méthode de dosage du cuivre et du zinc plasmatique. Bull. Techn. INRA Theix, 20: 53-54, I975.

- BIAGI G., Serum proteins of the Somalian dromedary. II. Annali della facolta di Medicina Veterinaria di Pisa. 35: I93-200, I983.

- BIAGI G., SALUTINI E., Blood chemistry of the Somalian dromedary. III. Calcium, phosphorus and magnesium of both sexes at different ages. Annali della Facolta di Medicina Veterinaria di Pisa. 35: 20I-2I6, I983.

- BLAKLEY B.R., HAMILTON D.L., Ceruloplasmin as an indicator of copper status in cattle and sheep. Can. J. Comp. Med., 49: 405-408, I985.

- BOULOT S. L'ingestion chez la jument. Etude de quelques facteurs de variation au cours du cycle gestation-lactation; Implications nutritionnelles et métaboliques. Thése doct. ing. en sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, Rennes I987. I48p.

- BOUROCHE J.M., SAPORTA G., L'analyse des données, Collection "Que sais-je ?", PUF, PARIS, 3e éd., I987.

- BUCOLO G., DAVID H., Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. Clin. Chem. I9: 476-482, I973.

- BURCH R.E., WILLIAMS R.V., HAHN H.K.J., JETTON M.M., SULLIVAN J.F., Serum and tissue enzyme activity and trace-element content in response to zinc deficiency in the pig. Clin. Chem. 2I(4): 568-577, I975.

- CHACORNAC J.P., BARNOUIN J., RABOISSON T., Microdosage automatisé de la céruloplasmine plasmatique par mesure de l'activité oxydasique chez les bovins et les ovins. Reprod. Nutr. Dévelop. 26(2A): 4I7-427, I986.

- CHANDRASENA L.G., EMMANUEL B., GILANPOUR H., A comparative study of glucose metabolism between the camel (Camelus dromedarius) and the sheep (Ovis aries). Comp. Biochem. Physiol. 62A: 837-840, I979a.

- CHANDRASENA L.G., EMMANUEL B., HAMAR D.W., HOWARD B.R., A comparative study of ketone body metabolism between the camel (Camelus dromedarius) and the sheep (Ovis aries). Comp. Biochem. Physiol. 64B: I09-II2, I979b.

- CHAPMAN M.J., Bactrians and dromedaries. Asian Affairs, I8 (3): 276-282, I987.

- CHAVANNE P., BOUE A., Taux normaux de l'urée et du glucose sanguin chez le dromadaire nord-africain. Rev. Elev. Med. vet. Pays Trop. 4(4): I83, I950.

- CHIERICATO G.M., WARFA A.A., SCHIAPELLI M.P., Influence of sex of the dromedary on some constituents of the blood. Rivista di Zootecnia e Veterinaria, I4(3): I96-I99, I986.

- CHILLIARD Y., BAUCHART D., BARNOUIN J., Determination of plasma non esterified fatty acid in herbivores and man: a comparison of values obtained by manual or automatic chromatographic, titimetric, colorimetric and enzymatic methods. Reprod. Nutr. Dévelop. 24(4): 469-482, I984.

- CHILLIARD Y., Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire: revue bibliographique. Labo. de la Lactation, INRA Theix, I988.

- CHRISTIE W.W., Lipid metabolism in ruminant animals. Oxford, Pergamon Press VIII, I98I, 452p.

- COSSACK Z.T., PRASAD A.S., Hyperammonemia in zinc deficiency: activities of irea cycle related enzymes. Nutrition Research 7(II): II6I-II67, I987.

- CUNNANE S.C., Mc ADOO K.R., PROHASKA J.R., Lipid and fatty acid composition of organs from copper deficient-rats. J. Nutr. II6(7): I248-I256, I986.

- CUNNANE S.C., Role of zinc in lipid and fatty acid metabolism and in membranes. Progress in Food and Nutrition Science, I2: I5I-I88, I988.

- DON S., MIYADA V., BAYSINGER S., NOHICA R.M., NAKAMURA, Albumine quantification by Dye binding and salt fractionation technique. Clin. Chem. I8(I): 52-56, I972.

- DURAND, KCHOUK, Etude de quelques constantes hématologiques et chimiques chez le dromadaire. Bull. Acad. vet. Fr. 3I: I97-I98, I958.

- DUVAL L., Le dosage du molybdène dans les végétaux. Examen de divers procédés de détermination. Ann. Agr. 22(I): I27-I47, I97I.

- ELDIRDIRI N.I., SULIMAN H.B., SHOMMEIN A.M., Normal serum activities of some enzymes in dromedary camel in Sudan. Vet. Res. Com. II(3): 20I-203, I987.

- ELTOHAMY M.M., SALAMA A., YOUSEF A.E.A., Blood constituents in relation to the reproductive state in she-camel (Camelus dromedarius). Beiträge zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin, 24(4): 425-430, I896.

- EMMANUEL B., HOWARD B.R., EMADY M., Urea degradation in the camel. Can.

J. Anim. Sci. 56: 595-601, 1976.

- EMMANUEL B., EMADY M., A comparative study of endogenous urea degradation in ruminants. Comp. Biochem. Physiol. 59A: 215-217, 1978.

- EMMANUEL B., Comparative biochemical studies. In COKRILL, W.R. (Ed) "The camelid, an all purpose animal". Proc. Khartoum worhshop on camels (Dec 1979). V°I p. 449-478 (Scand. Inst. Afr. Studies, Uppsala, SWEDEN).

- EMMANUEL B., Oxidation of butyrate to ketone bodies and C02 in the rumen epithelium, liver, kidney, heart and lung if camel (Camelus dromedarius) sheep (Ovis aries) and goat (Capra hircus), Comp. Biochem. Physiol. 65B: 699-704, 1980.

- EMMANUEL B., Further metabolic studies in the rumen epithelium of camel (Camelus dromedarius) and sheep (Ovis aries). Comp. Biochem. Physiol. 68B: 155-158, 1981a.

- EMMANUEL B., Glucokinase, hexokinase, gluconeogenesis and glycolysis in camel (Camelus dromedarius) and sheep (Ovis aries). Comp. Biochem. Physiol. 68B: 547-550, 1981b.

- EMMANUEL B., Fatty acid synthesis in camel (Camelus dromedarius) hump and sheep (Ovis aries) tail fat. Comp. Biochem. Physiol. 68B: 551-554, 1981c.

- ENGELHARDT W.V., LECHNER-DOLL M., HELLER R., SCHWARTZ H.J., RUTAGUENDA T., SCHULTKA W., Physiologie du rumen chez les camélidés avec référence particulière à l'adaptation aux conditions alimentaires extrêmes. Une approche comparative. Séminaire sur la Digestion, la Nutrition et l'Alimentation du dromadaire. Ouargla (ALGERIE) 28-29 février- 1er mars 1988, CHIEAM.

- FAYE B., GRILLET C., La carence en cuivre chez les ruminants domestiques de la région d'Awash (ETHIOPIE). Rev. Elev. Med. vet. Pays Trop. 37(1): 42-60, 1984.

- FAYE B., GRILLET C., TESSEMA A., Teneur en oligo-éléments dans le fourrage et le plasma des ruminants domestiques en Ethiopie. Rev. Elev. Med. vet. Pays Trop. 39(2): 227-237, I986.

- FAYE B., TISSERAND J.L., Problèmes de la détermination de la valeur alimentaire des fourrages prélevés par le dromadaire. Séminaire sur la Digestion la Nutrition et l'alimentation du dromadaire. Ouargla (ALGERIE) 28-29 février-I^{er} mars I988, CHIEAM.

- FAYE B., Statut nutritionnel du bétail dans la République de Djibouti. INRA Theix, I989, II2p.

- FELL B.F., Pathological consequences of copper deficiency and cobalt deficiency, p. I53-I68 in Trace element deficiency: metabolic and physiological consequences, London, The Royal Society, I98I, 2I3p.

- FENELON J.P., Qu'est-ce que l'analyse des Données?, LEFONEN (Ed), PARIS, I98I.

- GALLAGHER C.H., Nutritional factors and enzymological disturbances in animals. London, ed. Crosby Lockwood, I964, I8Ip.

- GARCIA PARTIDA P., GUTIERREZ PANIZO C., VEGA F.D., ALONGO D.E., Haematology of experimental zinc deficiency in sheep, Anales de Veterinaria de Murcia, I: I67-I80, I985.

- GHODSIAN I., NOWROUSIAN I., SCHELS H.F., A study of some haematological parameters in the Iranian camel. Trop. Anim. Hlth. Prod. IO: I09- II0, I978.

- GHOSAL A.K., APANNA T.C., DWARAKNATH P.K., A note on studies on the seasonal variation in serum electrolytes in Indian camel (Camelus dromedarius) Indian J. Anim. Sci. 43(6): 558-559, I973.

- GHOSAL A.K., APANNA T.C., DWARAKNATH P.K., A note on the effect of short-

term water deprivation on certain blood characteristics in the camel (Camelus dromedarius). Indian J. Anim. Sci. 45(2): I05-I08, I975.

- GODET J., Notes sur l'élevage camelin en République de Djibouti. I.S.E.R.S.T Section Sciences Humaines/ Enquête Pastoralisme. 65 p., I985.

- G.T.Z., Enquêtes épidémiologiques pour l'amélioration de la santé en République de Djibouti. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Hanovre,R.F.A., I986, I06p.

- GUEGUEN L., LAMAND M., MESCHY F., Nutrition Minérale in "Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins". INRA. Jarrige, R., Paris éd. Darantière, I988.

- HAMBRIDGE K.M., Zinc deficiency in man: its origin and effects,(p. I29-I43), in "Trace element deficiency": metabolic and physiological consequences. London, The Royal Society, I98I, 2I3 p.

- HARVEY P.W., ALLEN K.G.D., Lipoproteins and liver lipids in copper-deficient rats. Nutrition Research, 5: 5II-525, I985.

- HASSEL C.A., CARR T.P., MARCHELO J.A., LEI K.Y., Apolipoprotein E-rich HDL binding to liver plasma membranes in copper-deficient rats. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medecine, I87(3): 296-308,I988.

- HEDGER R.S.,HOWARD D.A., BURDIN M.L., The occurence in goats and sheep of a disease closely similar to Sway-back. Vet. Rec. 76(I8): 493-497, I964.

- HIGGINS A.J., The camel in health and disease. I. A guide to the clinical examination, chemical restraint and medication of the camel. Br. vet. J. I40(5): 485-504, I984a.

- HIGGINS A.J., The camel in health and disease. 2. Aspects of the husbandry and management of the genus Camelus. Br. vet. J. I40(6): 6I6-633, I984b.

- HOCQUELET P., Dosage du cobalt dans les aliments des animaux par spectro-

photomètre d'absorption atomique avec flamme et sans flamme. Ann. Fals. Exp. Chim. 67: 721-722, 1974.

- HOWELL J. McC., EDINGTON N., Observations on copper and ceruloplasmin levels in the blood of pregnant ewes and lambs. Res. vet. Sci. 9: 160-164, 1968.

- IDRIS O.F., TARTOUR G., Serum urea in camels of the Sudan: its variations with age, sex and region. Proc. 5th. vet. Conf., Sudan vet. Association, 1970.

- JATKAR P.R., Serum protein fractions of normal adult male camel. Ind. vet. J. 45: 733-734, 1968.

- JOUANY J.P., KAYOULI C., La digestion microbienne chez les camelidés. Séminaire sur la Digestion, la Nutrition et l'Alimentation du Dromadaire. Ouargla (ALGERIE) 28-29 février-1er mars 1988, CHIEAM.

- KINCAID R.L., GAY C.C., KRIEGER R.I., Relationship of serum and plasma copper and ceruloplasmin concentrations of cattle and the effects of whole blood sample storage. Am. J. vet. Res. 47(5): 1157 1159, 1986.

- KHAN A.A., KOHLI I.S., A note on variations in blood serum cholesterol in camel (Camelus dromedarius) before and during rut. Indian J. Anim. Sci. 43(2): 1094-1095, 1973.

- KOUIDER S., KOLB E., Studies into diurnal glucose levels and enzyme activities (aspartate- amino-transférase, alanine-amino-transferase, acid and alkaline phosphatases, glucose-6-phosphate deshydrogenase) in serum of camels. Archiv für Experimentelle Veterinärmedizin, 36(4): 601-610, 1982a.

- KOUIDER S., KOLB E., Concentrations of glucose and urea in serum of camels. Monatshefte für Veterinärmedizin, 37(4): 140-142, 1982b.

- KOUIDER S., ATEEQ G., KOLB E., Studies on the content of total protein,

urea, total fat, cholesterol and bilirubin in blood plasma of camels during the course of a year. Monatshefte für Veterinärmedizin, 43(4): I39-I42, I988.

- LABOUCHE C., Contribution à la connaissance du transit de l'urée chez les ruminants. Recherches sur l'urémie et l'élimination rénale de l'urée chez les bovins domestiques en milieu tropical. Thèse doct. es sciences. Toulouse, I967.

- LAMAND M., Dosage du sélénium dans les produits biologiques et les mélanges minéraux alimentaires. Ann. Fals. Exp. Chim. 4-I2, I969.

- LAMAND M., Le diagnostic des carences en oligo-éléments: l'analyse du sol ou de la plante?, Bull. Techn. CRZV. INRA, 35: 27-36, I979.

- LAMAND M., Short communication: Influence of molybdenum and sulfur on copper metabolism in sheep: comparison of elemental sulfur and sulfate. Ann. Rech. Vét. 20: I03-I06, I989.

- LEAT W.M.F., NORTHROP C.A., Plasma lipids and lipoproteins of some herbivorous mammals. Proc. Nutr. Soc., 34: I05A-I07A, I975.

- MALOIY G.M.O., Comparative studies on digestion and fermentation rate in the fore-stomach of the one-humped camel and the zebu steer. Res. vet. Sci. I3: 476-48I, I972.

- MATHUR G.N., GHOSAL A.K., BATHIA J.S., Note on certain blood constituents in the Indian camel. Indian J. Anim. Sci., 5I(I2): II79-II80, I98I.

- MAZUR A., Contribution à l'étude de l'infiltration lipidique du foie chez la vache laitière en début de lactation. Thèse doc. Univ. Clermont II. Clermont-Ferrand, I986.

- Mc DOWELL L.R., ELLIS G.L., CONRAD J.H., Supplémentation en sels minéraux pour le bétail élevé sur pâture sous les tropiques. Revue Mondiale de Zoo-

technie, 52: 2-I2, I984.

- MERTZ W., Trace minerals and atherosclerosis. Fed. Proc., 4I(II): 2807-28I2, I982.

- MIRGANI T., Fatty acid composition of hump triglycerides of the camel (Camelus dromedarius). Comp. Biochem. Physiol. 58B: 2II-2I3, I977a.

- MIRGANI T., Fatty acid composition of liver triglycerides of camel. Wld. Rev. Anim. Prod. XIII: 57-59, I977b.

- MIRGANI T., Effect of fasting on camel serum lipids. Sudan Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry. 23(I): 73-76, I982.

- MIRGANI T., URO A.O., SALLMAN H.P., Studies on gluconeogenesis in the camel. Univ. Khartoum, Fac. vet. Sci.Scientific report part I p.62-70, I988.

- MOUSA H.M., ALI K.E., HUME I.D., Effects of water deprivation on urea metabolism in camels, desert sheep and desert goat fed dry desert grass. Comp. Biochem. Physiol. 74A: 7I5-720, I983.

- MUKASA-MUGERWA E., The camel (Camelus dromedarius): a bibliographical review. International livestock Centre for Africa, Addis Abada, ETHIOPIA, I98I.

- MUSA B.E., MUKHTAR A.M., Studies on the normal haemogram and some blood electrolytes in camels (Camelus dromedarius). Sudan J. vet. Sci. Anim. Husb., 23(I): 38-43, I982.

- N.R.C. (National Research Council)Mineral Tolerance of domestic animals. Subcomittee on mineral toxicity in animals. N.R.C. Washington, National Academy of Science, I980 VIII, 577p.

- ORLIAC D., Contribution à l'étude de la biochimie sanguine de dromadaires

et de chèvres sahariens. Thèse doct. vet., Toulouse, I980, N°7I.

- PERK K., LOBL K., A study of the serum proteins and lipoproteins of the camel and their relations to its resistance to heat and thirst. Refuah Veterinarith.,I8(3): I63-I68, I96I.

- RAYSSIGUIER Y., Magnesium, lipids and vascular diseases., Magnesium 5: I82-I90, I986.

- RICHARD D., Le dromadaire et son élevage. Collection Etudes et synthèses de l'Institut d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays Tropicaux, Maisons-Alfort, I.E.M.V.T., I984.

- RICHARD D., Bibliographie sur le dromadaire et le chameau. Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, Maisons-Alfort, I980.

- RICHARD D., Connaissances actuelles sur les besoins et recommandations nutritionnelles pour les dromadaires. Séminaire sur la Digestion, la Nutrition et l'Alimentation du Dromadaire. Ouargla (ALGERIE) 28-29 février I^{er} mars I988, CHIEAM.

- SCHMIDT-NIELSEN B., SCHMIDT-NIELSEN K., HOUPT T.R., JARNUM S.A., Urea excretion in the camel. Am. J. Physiol., I88: 477-484, I957.

- SCHWARTZ D., Méthodes statisques à l'usage des médecins et des biologistes. Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 3eme éd., I986.

- SNOW D.H., BILLAH A., RIDHA A., Effects of maximal exercise on the blood composition of the racing camel. Vet. Rec. I23: 3II-3I2, I988.

- SOLIMAN M.K., SHAKER M., Cytological and biochemical studies on the blood of adult she camels. Indian vet. 44: 989-995, I967.

- SPENCE J.B., Copper deficiency in cattle. Vet. Rec. I07: 406-407, I980.

- SUNDERMAN F.N., NOMOTO S., Measurement of human serum ceruloplasmin by its

p-phenylenediamine oxidase activity. Clin. Chem., I6(II): 903-9I0, I970.

- SUTTLE N.F., Copper deficiency in ruminants: recent developments. Vet. Rec. II9(2I): 5I9-522, I986.

- TAKAYAMA M., ITOH S., NAGASAKI T., TANIMIZU I., A new enzymatic method for determination of serum choline containing phospholipids. Clin. Chem. Acta, 79: 83-98, I977.

- TARTAR J. Le zinc chez les ruminants. Etude de la relation sol-plante-animal dans l'Entre-Caux et Vexin. Thèse doct. vet. Toulouse, I986.

- TARTOUR G., Studies on the metabolism of copper and iron in the camel. Sudan J. vet. Sci. Anim. Husb., IO(I): I4-20, I969.

- TARTOUR G., IDRIS O.F., Studies on copper and iron metabolism in the camel foetus. Acta Vet.(Brno), 39: 397-403, I970.

- TARTOUR G., Copper status in livestock, pasture and soil in Western Sudan. Trop. Anim. Hlth. Prod. 7: 87-94, I975.

- TOPPS J.H., THOMPSON J.K., Blood characteristics and the nutrition of ruminants. London, Her Majesty's Stationery Office, I984, 34p.

- TORREL D.T., HUME I.D., WEIR W.C., Factors affecting blood urea nitrogen and its use as an index of the nutritional status of sheep. J. Anim. Sci. 39(2): 435-440, I974.

- UNDERWOOD E.J., The incidence of trace element deficiency diseases(p.3-8) in "Trace element deficiency: metabolic and physiological consequences", London, The Royal Society, I98I, 2I3p.

- WHABI A.A., ABDEL GADIR S.E., NEIMAT A.A., IDRIS O.F., Plasma elctrolytes and minerals of normal camels in the Sudan. In"Camels and camilids". Ed. Cockrill W.R., Uppsala, SWEDEN, I979, (p. 43I-437).

- WASFI I.A., HAFEZ A.M., EL TAYEB F.M.A., EL TAHER A.Y., Thyroid hormones, cholesterol and triglycerides levels in the camel., Res. Vet. Sci. 42: 418, 1987.

- WILLIAMS V.J.; Rumen fonction in the camel. Nature, 197: 122I, 1963.

- WILSON R.T., The camel. Singapore, The Print House Pte Ltd., 1984, 223p.

- WOOLLIAMS J.A., WIENER G., WOOLLIAMS C., SUTTLE N.F., Retention of copper in the liver of sheep genetically selected for high and low concentrations of copper in plasma. Anim. Prod., 41: 219-226, 1985.

- YAGIL R., ETZION Z., BERLYNE G.M., Acib-base parameters in the dehydrated camel. Tijdschrift voor Diergeneeskunde, 100(20): 1105-1108, 1975.

TABLE DES FIGURES

I. Classification des pays en fonction du pourcentage camelin de la biomasse herbivore domestique.

2. Carte des régions naturelles.

3. Zones de pâture.

4. Plaine côtière de Doumera à Obock.

5. Le Rift de l'Afar.

6. Les massifs du Nord-Est.

7. La région Sud-Ouest.

8. Le Grand et le Petit Bara et la région d'Ali-Sabieh.

9. Nombre et lieux de prélèvements de fourrages.

I0. Prélèvements sanguins de dromadaires.

II. Carences et excés en oligo-éléments dans les fourrages.

I2. Déficits et excés en macro-éléments dans les fourrages.

I3. Grandes régions retenues pour l'étude des paramètres plasmatiques.

I4. Carences et excés des minéraux plasmatiques.

I5 à I8. Variations de l'activité de la céruloplasmine en fonction de la cuprémie plasmatique: chez les bovins, chez les ovins, chez les caprins, chez les dromadaires.

TABLE DES TABLEAUX

I. Population cameline estimée pour l'Afrique de l'Est.

2. Densité cameline en Afrique de l'Est.

3. Fourrages prélevés à Djibouti.

4. Méthodes de dosage des paramètres plasmatiques.

5. Teneurs en oligo-éléments des fourrages.

6. Teneur en macro-éléments des fourrages.

7. Apports recommandés en oligo-éléments et seuils de toxicité.

8. Teneurs plasmatiques minérales.

9. Teneurs plasmatiques biochimiques.

I0. Teneurs plasmatiques enzymatiques.

II. Teneurs plasmatiques minérales en fonction de l'âge.

I2. Teneurs plasmatiques biochimiques en fonction de l'âge.

I3. Teneurs plasmatiques minérales en fonction du sexe.

I4. Teneurs plasmatiques biochimiques en fonction du sexe.

I5. Moyennes des teneurs plasmatiques régionales.

I6. Teneurs plasmatiques, sériques minérales du dromadaire.

I7. Variations interspécifiques des teneurs sanguines minérales.

I8. Variations interspécifiques des teneurs hépatiques et rénales en cuivre.

I9. Mesure de l'activité de la céruloplasmine chez diverses espèces de ruminants.

20. Glycémie et teneur en 3-hydroxybutyrate du dromadaire.

2I. Urémie et albuminémie du dromadaire.

22. Lipides sanguins du dromadaire.

23. Esquisse d'un profil métabolique camelin.

24. Profils métaboliques camelins de Djibouti.

25. Carences et excés en minéraux, étude régionale.