

# Cartographie des ressources génétiques caprines du Tchad du Sud-Ouest

## I. Hauteur au garrot (HG), profondeur de thorax (PT) et indice de gracilité sous-sternale (IGs)

V. Zeuh <sup>1</sup> J.J. Lauvergne <sup>2</sup> D. Bourzat <sup>3</sup> F. Minvielle <sup>2</sup>

### Mots-clés

Caprin - Mensuration corporelle -  
Biométrie - Cartographie - Ressource  
génétique - Tchad.

### Résumé

Une enquête de terrain portant sur le quart Sud-Ouest du Tchad a permis de couvrir environ 20 p. 100 du territoire national (plus de 250 000 km<sup>2</sup>) avec 60 sites d'échantillonnage. Le ratio d'échantillonnage finalement atteint a été de 1/440. Au total 2 768 chèvres adultes ont été examinées pour l'étude de l'indice de gracilité sous-sternale (IGs) qui est égal au vide sous-sternal/profondeur de thorax (VSS/PT) sachant que le vide sous-sternal est égal à la hauteur au garrot moins la profondeur de thorax (VSS = HG - PT). L'analyse des IGs moyens des 60 sites étudiés a révélé l'existence de deux sous-populations caractérisées par des histogrammes qui ne se recouvraient pas. Les IGs moyens étaient de 1,04 pour la sous-population 1 et de 1,50 pour la sous-population 2. Sur le terrain, ces sous-populations définies biométriquement occupaient des aires distinctes. Au sud du 11° de latitude N, dans la zone appelée zone 1 par les auteurs, se trouvait la sous-population 1 et au nord de ce parallèle, dans la zone appelée zone 2, se trouvait la sous-population 2. La ligne de démarcation entre les deux zones suivait le 11° parallèle sur un centaine de kilomètres à l'intérieur du périmètre étudié. Ces résultats confirment le pouvoir discriminant d'une cartographie prenant simplement en considération deux caractéristiques vitales et morphologiques : la profondeur de thorax qui est une évaluation du format métabolique de l'animal et l'indice de gracilité sous-sternale qui caractérise le type morphologique.

### ■ INTRODUCTION

Le présent article fait partie d'une étude réalisée dans le cadre du Projet régional de recherche sur les petits ruminants (PRRPR) portant sur trois pays : Niger, Tchad et Cameroun. Il fait suite à deux articles (17 et 4) consacrés à l'identification des ressources génétiques caprines à partir de données recueillies en juin 1992 au Nord Cameroun et au Tchad.

1. LRVZ, Farcha, BP 433, N'Djaména, Tchad

2. Laboratoire de génétique factorielle, Département de génétique animale, CRJ/INRA, 78352 Jouy-en-Josas Cedex, France

3. CIRAD-EMVT, BP 186, 98 845 Nouméa, Nouvelle Calédonie

Dans l'un de ces articles (17), il a été déterminé à quelle catégorie de la classification évolutive applicable aux espèces domestiques (15, 16) appartenaient les populations considérées : des populations de type primaire selon la définition de Lauvergne (15), les premières apparues après la domestication.

Dans le second de ces articles (4), en utilisant la hauteur au garrot (HG), la profondeur de thorax (PT) et deux indices morphologiques, l'indice de gracilité sous-sternale (IGs) et l'indice auriculo-thoracique (IAt), deux sous-populations ont pu être distinguées :

- une sous-population à HG, IGs et IAt élevés (chèvres hautes sur pattes et à longues oreilles) au Tchad, au nord de 12° de latitude N ;

- une sous-population à HG, IGs et IAt plus faibles (petites chèvres à oreilles courtes), au Cameroun et au Tchad, au sud du 11° parallèle.

Cette observation différait peu de celles concernant la répartition sur le terrain des chèvres de petite et de grande taille (estimée par la hauteur au garrot) que Receveur (25) et Dumas (9) plaçaient de part et d'autre du 12° parallèle : au sud les petites chèvres, au nord les grandes.

Dans le présent article les auteurs se sont efforcés d'étendre l'enquête de terrain de manière à donner plus de précisions géographiques à ce qui apparaît comme une zonation biométrique et morphologique des caprins en considérant HG, PT et IGs. Le pays choisi pour cette étude cartographique a été le Tchad.

Un prochain article de la série portera sur la longueur de l'oreille qui sera caractérisée par IAt et sur la comparaison avec les présents résultats.

## ■ MATERIEL ET METHODES

### Plan d'échantillonnage

La ligne de démarcation entre les deux types morphologiques étant supposée être située entre 11 et 12° de latitude N, le « périmètre de départ » pour l'enquête devait forcément englober une partie du pays traversée par ces deux parallèles.

Prenant en considération les facilités d'accès et les densités du peuplement caprin, le choix s'est alors porté sur le quart Sud-Ouest du Tchad : au sud de 15° de latitude N et à l'ouest de 19° de longitude E.

Compte tenu des accidents géographiques et du tracé des frontières, la délimitation précise du périmètre enquêté partait au nord-ouest du point situé à l'intersection de la frontière nigéro-tchadienne et du 15° parallèle. En allant dans le sens des aiguilles d'une montre, il suivait ensuite le 15° parallèle vers l'est puis le 19° degré de longitude E vers le sud jusqu'à la frontière tchado-centrafricaine qu'il empruntait en allant vers l'ouest. Il suivait ensuite la frontière tchado-camerounaise vers le nord, la limite est du lac Tchad, en excluant la partie lacustre de la préfecture du Lac, puis, sur une courte partie, la frontière tchado-nigérienne. Ce périmètre est indiqué sur la carte du Tchad de la figure 1.

Ce périmètre de départ englobait environ 30 p. 100 de la surface du Tchad d'après un découpage et un pesage de calques relevés sur l'atlas de Bersani et coll. (2). Cette aire correspond en gros aux 2/3 de celle de la France continentale dont la surface est environ 44 p. 100 celle du Tchad, Grosjean (13).

Les superficies des circonscriptions d'élevage et des préfectures sont données dans le tableau I où figurent également certains paramètres du plan d'échantillonnage.

Pour le choix des sites d'échantillonnage les auteurs ont disposé au départ du découpage du territoire par le Ministère de l'élevage du Tchad en circonscriptions d'élevage englobant une ou plusieurs préfectures et quadrillées par 106 postes vétérinaires qui ont été considérés *a priori* comme des sites d'enquête.

Rapportant aux superficies les effectifs d'animaux connus par les rapports annuels de la Division statistique du Ministère de l'élevage (dernier rapport en la possession des auteurs, celui de 1992 (7)), le ratio d'échantillonnage a pu être estimé. Ainsi, en exami-

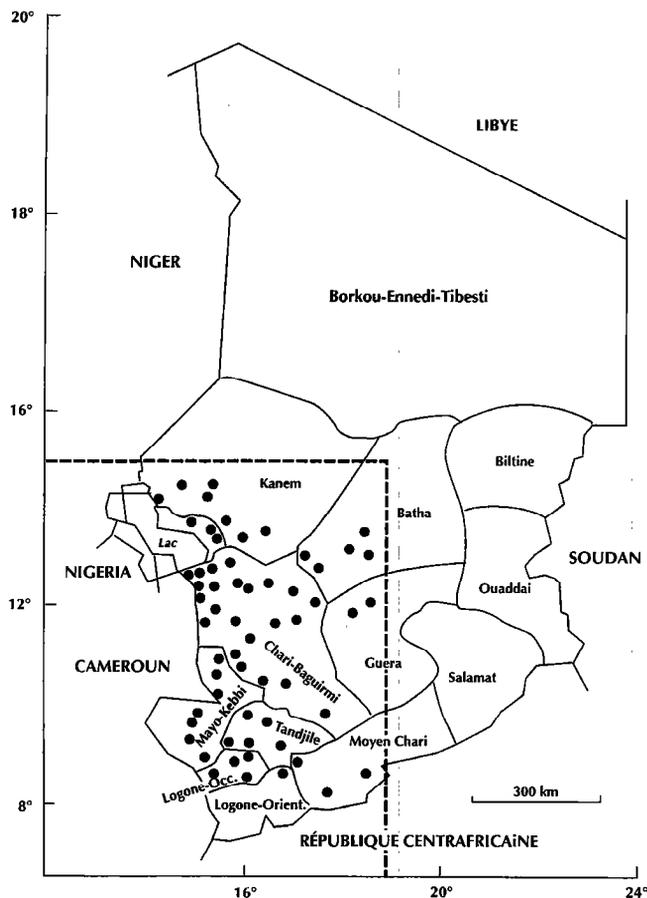


Figure 1 : cadre de départ de l'enquête au Tchad (au sud-ouest des lignes tiretées en gras) et répartition des sites d'échantillonnage.

nant 60 animaux par site, le ratio d'échantillonnage (inverse du nombre de chèvres existant pour une chèvre examinée) serait d'environ 1/380, une valeur acceptable, compte tenu des moyens humains et logistiques dont disposaient les auteurs.

### Bordereau de recueil des données

L'enquête de terrain a été effectuée au moyen du bordereau de prise de données du tableau II.

Outre les mensurations utiles pour la présente étude (profondeur de thorax et hauteur au garrot permettant d'estimer le vide sous-sternal), ce bordereau comporte des entrées pour d'autres études biométriques.

### Présentation cartographique de l'enquête

Les sites d'échantillonnage ont été reportés sur une carte au moyen de la méthode assistée par ordinateur GMAP\* de la bibliothèque SAS, à partir de la carte IGN 1968/1974 du Tchad, à l'échelle de 1/1 500 000 (14).

### Recueil des données de terrain et calendrier des opérations

Avec comme objectif d'examiner un échantillon sur chaque site, le recueil des données de terrain a été effectué par le premier auteur de l'article avec le support logistique du LRZV. Les travaux de terrain ont commencé en octobre 1992 pour se terminer en décembre 1994.

\* Nom d'une procédure de SAS, SAS Institute, Cary, NC, USA

Tableau I

Superficie des circonscriptions d'élevage du Tchad avec leurs peuplements caprins, nombres de sites potentiellement et effectivement échantillonnés et ratios d'échantillonnage selon les sites

Circonscription d'élevage	Préfectures		Peuplement caprin		Sites		
	Nom	Superficie en km <sup>2</sup>	Effectifs	Densité au km <sup>2</sup>	Nombre potentiel	Nombre échantillonnés (%)	Ratio d'échantillonnage
Centre-Ouest (N'Djaména)	Chari-Baguirmi	82 910	683 941	8,25	23	23 (100,0)	1/496
Nord-Ouest (Mao)	Kanem	114 520	212 477	1,85	12	9 (75,0)	1/295
	Lac	22 340	301 922	13,51	6	1 (16,7)	1/838
Centre-Est (Mongo)	Guéra	58 350	127 566	2,18	13	2 (15,0)	1/164
Centre (Ati)	Batha	88 800	680 461	7,66	11	5 (45,5)	1/1 031
Sud-Ouest (Bongor)	Mayo-Kebbi	30 105	186 909	6,21	12	7 (58,3)	1/260
Sud (Moundou)	Logone occidentale	8 695	50 371	5,79	4	4 (100,0)	1/210
	Logone orientale	28 035	59 559	2,12	7	1 (14,3)	1/142
	Tandjilé	18 043	47 094	2,61	5	5 (100,0)	1/157
Sud-Est (Sarh)	Moyen-Chari	45 180	64 142	1,42	13	3 (23,0)	1/82
Total		496 978	2 414 442	4,86	106	60 (56,6)	1/380

Tableau II

Rubriques du bordereau de recueil des données sur le terrain

N°/rubrique	Mode d'identification ou échelle	N°/rubrique	Mode d'identification ou échelle
01. N° de folio	6 chiffres 2 romains (site)/ 2 arabes(troupeau)/2 arabes initiales	16. Frosting	0, 1 ou L
02. Opérateurs		17. Cornes (type)	A, B, C, D, E ou L
03. Date	6 chiffres arabes	18. Oreille (port)	A, B, C ou D
04. Heure du début des opérations	4 chiffres arabes	19. Oreille (bouclure)	0 ou 1
05. Heure de la fin des opérations	4 chiffres arabes	20. Barbiche	0 ou 1
06. Site	chiffre romain et nom de la microrégion	21. Pampilles	0 ou 1
07. N° du troupeau	2 chiffres arabes <sup>1</sup> et lieu	22. Poil (longueur)	A, B ou C
08. N° animal	3 chiffres arabes <sup>2</sup>	23. Cornes (longueur) : LC	en cm
09. Sexe	M ou F	24. Cornes (pointe/base) : PB	en cm
10. Age	A, B, C, D ou E	25. Cornes (pointe/pointe) : PP	en cm
11. Patron pigmentaire <sup>3</sup>	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J ou L <sup>4</sup>	26. Cornes (base/base) : BB	en cm
12. Type d'eumélanine <sup>5</sup>	N, B ou L	27. Chanfrein (arc)	en cm
13. Rouan	A, R ou G	28. Chanfrein (corde)	en cm
14. Ceinture	A, B, C ou L	29. Oreille (longueur) : LO	en cm
15. Etoile/socquette	0, 1 ou L	30. Garrot (hauteur) : HG	en cm
		31. Thorax (profondeur) : PT	en cm
		32. Corps (longueur) : LP	en cm

1. Il s'agit de troupeaux en suivi zootechnique ou éco-pathologique ; 2. Numéro du suivi zootechnique ou éco-pathologique ;

3. L'échelle sera explicitée dans l'article de la série consacré à la primarité ; 4. L = illisible ; 5. L'échelle sera explicitée dans l'article consacré à la primarité

Sur place, l'échantillonnage a tout d'abord subi des contraintes résultant de la dispersion des caprins. En effet, contrairement à la partie nord du 10<sup>e</sup> parallèle où l'on est en zone sahélienne, très propice à l'élevage avec des troupeaux importants, au sud de ce parallèle on se trouve dans une zone subhumide à humide peu favorable à l'élevage. Les troupeaux villageois appartenaient alors à plusieurs ménages et il a fallu les regrouper parfois 4 à 4 afin d'atteindre un effectif suffisant par site.

A ces contraintes se sont ajoutées des contraintes logistiques qui ont induit trois lacunes (A, B et C) dans le périmètre d'échantillonnage.

1. La lacune A était due à une trop faible densité caprine : l'étude aérienne de ME/PNE/RIM\* en 1991 (22) révèle en effet que, dans le Bahr el Ghazal, les densités varient de 8,56/km<sup>2</sup> au sud à 1,1/km<sup>2</sup> au nord ; dans ces conditions le nombre de kilomètres à parcourir et le temps passé pour observer une seule chèvre atteignaient très vite des valeurs incompatibles avec les moyens disponibles.

2. La lacune B était due à des inondations d'ampleur inhabituelle.

3. La lacune C correspondait à une zone d'insécurité civile.

Ces lacunes ont été localisées sur la carte de la figure 2. Leurs superficies absolues et relatives sont données dans le tableau III où l'on peut remarquer que l'aire finalement couverte par l'enquête est de 261 054 km<sup>2</sup>, ce qui représente environ 70 p. 100 de l'aire prévue initialement.

Finalement, au total 60 sites sur les 106 envisagés au départ ont pu être échantillonnés avec 3 631 animaux examinés, ce qui correspondait à un ratio brut de 1/339, tableau I. Sur ces 3 631 animaux, 2 768 femelles adultes ont finalement été retenues pour la présente analyse, ce qui donne un ratio net de 1/441 en comptant sur l'ensemble des effectifs donnés par la Division de l'élevage.

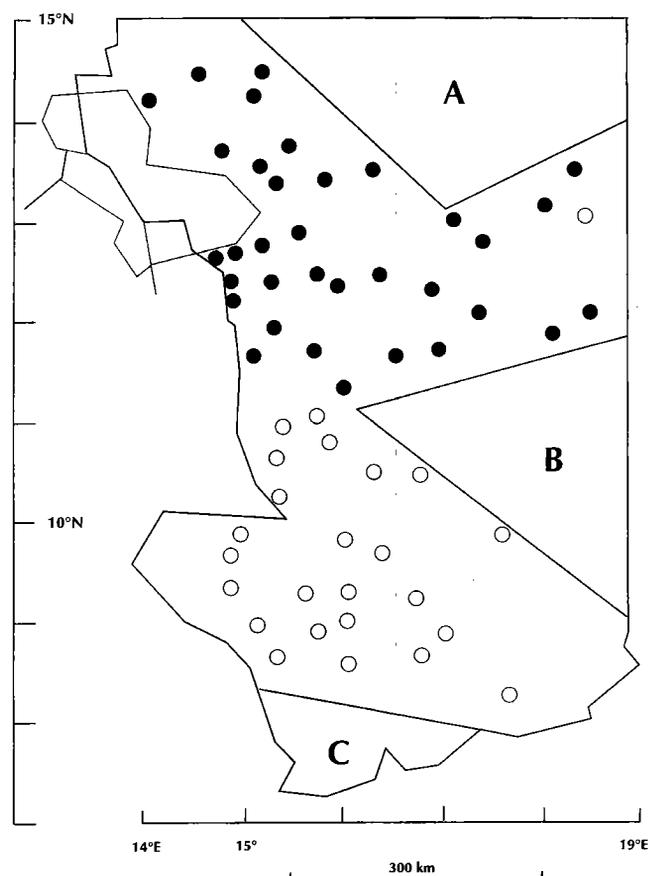


Figure 2 : répartition des IGs moyens par site selon leur appartenance à la sous-population 1 (○) ou 2 (●) et localisation des lacunes A, B et C de l'enquête.

\* Ministère de l'élevage (Tchad) ; Projet national d'élevage (Tchad) ; Resource Inventory and Management Limited (Oxford, UK)

Tableau III

Lacunes de l'enquête à l'intérieur du périmètre de départ et aire finalement couverte par l'enquête

Aire considérée	Délimitation	Superficie	
		En km <sup>2</sup>	En% de l'aire comprise dans le périmètre de départ
Lacune A (nord de la zone sub-saharienne)	Quadrilatère basé sur le 15 <sup>e</sup> parallèle, le 19 <sup>e</sup> de longitude E et sur 2 lignes intérieures au périmètre	54 429	14,5
Lacune B (Centre-Est)	Triangle basé sur le 19 <sup>e</sup> de longitude E et sur deux lignes intérieures au périmètre	42 766	11,4
Lacune C (Extrême-Sud)	Frontière Tchad/RCA et une droite intérieure au périmètre	15 551	4,2
Toutes les lacunes		112 456	30,1
Aire englobée dans le périmètre de départ		373 510	100,0
Aire finalement couverte par l'enquête	Englobée dans le périmètre de départ moins les aires des lacunes A, B et C	261 054	69,9**

\* superficie approximative

\*\* 20,3% de la superficie du Tchad

## Index of substernal slenderness of goats in SW Chad

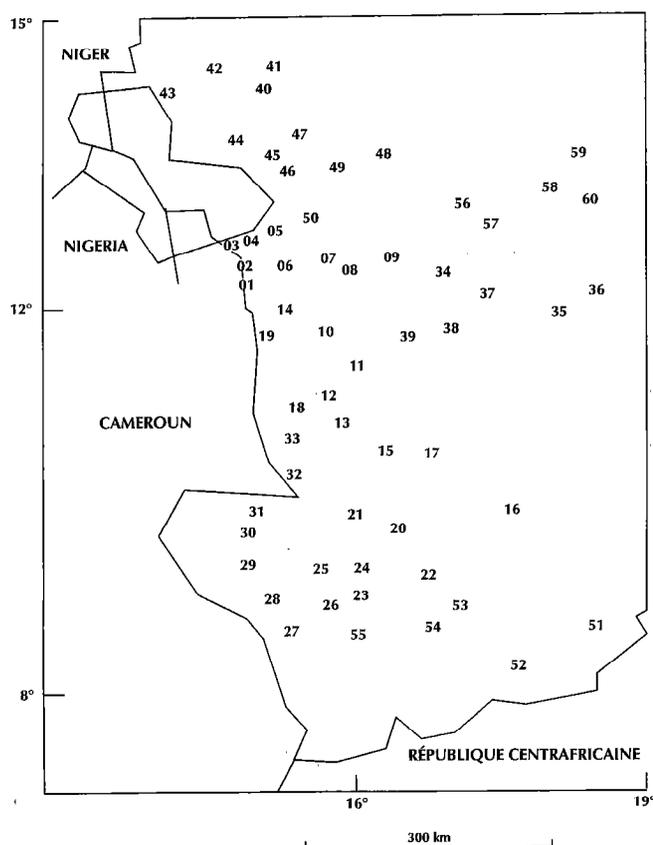


Figure 3 : répartition selon la numérotation de la nomenclature du tableau IV, des sites d'échantillonnage de l'enquête dans le Sud-Ouest du Tchad.

Les coordonnées des sites et les effectifs d'examen sont donnés dans le tableau IV et leur localisation cartographique sur le terrain est montrée sur les cartes des figures 1 et 3 (avec les numéros de nomenclature du tableau IV).

### Définition et calcul de l'indice de gracilité sous-sternale (IGs)

L'indice de gracilité sous-sternale a été défini précédemment (4) comme un rapport entre certaines des mensurations schématisées sur la figure 4 : le vide sous-sternal (VSS = différence entre la hauteur au garrot (HG) et la profondeur de thorax (PT)) et la profondeur de thorax (PT) :

$$IGs = (HG-PT)/PT = VSS/PT$$

### Animaux pris en considération

Les études de Bouchel et coll. (3) ayant montré que la tendance à la stabilisation d'IGs ne se manifestait qu'à partir de l'âge de 2,5 à 3 ans pour des chèvres méditerranéennes, seules les données en provenance d'animaux âgés d'au moins deux ans ont été retenues pour l'estimation des indices morphologiques.

### Principe de l'approche

Dans un premier temps, l'IGs moyen de chaque site a été calculé et l'histogramme de sa distribution a été établi.

L'inspection de cet histogramme a permis ensuite de s'assurer de l'existence de sous-populations non chevauchantes, comme dans l'étude déjà citée de Bourzat et coll. (4).

Les points correspondant aux deux sous-populations ont alors été reportés sur la carte, de manière à voir si les zones d'extension correspondant à chacune se recouvraient ou non.

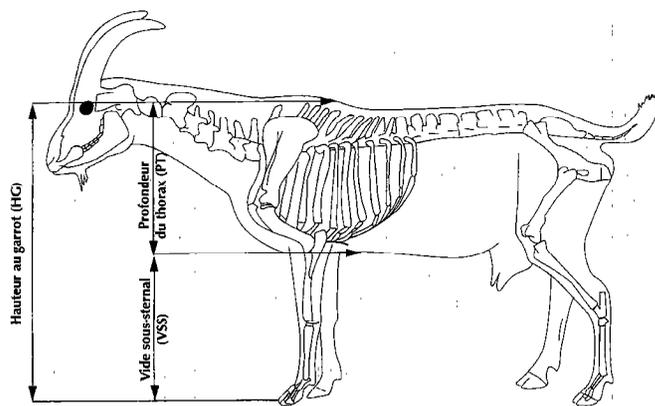


Figure 4 : représentation schématique des mensurations utilisées pour le calcul de l'indice de gracilité sous-sternale (IGs) sur le schéma squelettique de la chèvre donné par Chatelain, 1987, Paris, France, INRA.

Pour finir, les auteurs ont cherché à déterminer s'il était aussi possible de mettre en évidence un gradient d'évolution des critères HG, PT et IGs avec la latitude dans chaque zone.

### Analyse statistique

Le test de Bartlett a été effectué sur les variances par site pour HG, PT et IGs. Dans les trois cas, une valeur de  $\chi^2$  très significative ( $P < 0,001$ ) a été trouvée indiquant qu'il existait une hétérogénéité marquée de la variance entre sites d'échantillonnage. En conséquence, la moyenne de chaque site a été pondérée par la réciproque de sa variance pour estimer la régression linéaire sur la latitude dans chaque sous-population et comparer les pentes estimées à l'aide de la procédure GLM de la bibliothèque statistique des programmes SAS (26).

### ■ RESULTATS

Dans le tableau V sont données les valeurs moyennes et les écarts-types de HG, PT et IGs pour les 2 768 animaux femelles de plus de 2 ans des 60 sites échantillonnés.

L'histogramme de la population des IGs moyens par site est donné dans la figure 5.

L'examen de cet histogramme révèle l'existence de deux sous-populations non chevauchantes, numérotées 1 et 2. Les valeurs moyennes et les variances de HG, PT et IGs de ces deux sous-populations sont données dans le tableau VI.

Une illustration photographique des animaux représentatifs des deux sous-populations est donnée dans la figure 6.

Sur la carte de la figure 2, chaque site a été reporté selon son appartenance à l'une ou l'autre des deux sous-populations (○ pour la sous-population 1 et ● pour la sous-population 2). On remarque alors que la sous-population 1 est regroupée au sud et que la sous-population 2 se localise au nord de la zone enquêtée, à l'exception du site numéro 60 situé dans la zone nord mais avec une valeur d'IGs qui l'apparente aux sites de la sous-population 1 localisée au sud.

Les paramètres de régression des HG, PT et IGs moyens par site sur le degré de latitude N du site à l'intérieur de chacune de ces zones (à l'exception de celle du site 60) sont rassemblés dans le tableau VII, cependant que les nuages de points correspondants pour IGs sont représentés dans la figure 7.

**Tableau IV**  
Localisation géographique des 60 sites échantillonnés

N°	Nom du site	Latitude N		Longitude E	
		Sexagésim.	Centésim.	Sexagésim.	Centésim.
01	Pont-Bénilé	12° 16' 08"	12,269°	15° 02' 23"	15,040°
02	Boutelfil	12° 27' 55"	12,465°	15° 01' 29"	15,025°
03	Karal	12° 42' 00"	12,700°	14° 52' 31"	14,875°
04	Gredaya	12° 45' 18"	12,755°	15° 05' 02"	15,083°
05	Tourba	12° 50' 26"	12,840°	15° 21' 10"	15,353°
06	Massaguet	12° 28' 02"	12,467°	15° 25' 49"	15,430°
07	Karmé	12° 32' 28"	12,541°	15° 54' 18"	15,905°
08	N'Goura	12° 25' 34"	12,426°	16° 06' 42"	16,111°
09	Moito	12° 32' 30"	12,541°	16° 32' 20"	16,539°
10	Dourbali	11° 45' 59"	11,766°	15° 51' 05"	15,851°
11	Massenya	11° 24' 55"	11,415°	16° 08' 18"	16,138°
12	Bouram	11° 05' 24"	11,090°	15° 51' 52"	15,864°
13	Bougomoro	10° 49' 37"	10,826°	15° 59' 00"	15,983°
14	Ligna	12° 00' 48"	12,013°	15° 26' 16"	15,438°
15	Bà-Illi	10° 31' 59"	10,533°	16° 25' 34"	16,426°
16	Kouno	09° 53' 35"	09,893°	17° 42' 05"	17,701°
17	Bouso	10° 30' 24"	10,506°	16° 53' 20"	16,889°
18	Guelendeng	10° 52' 42"	10,878°	15° 30' 44"	15,512°
19	Mandelia	11° 43' 24"	11,723°	15° 13' 47"	15,229°
20	Lai	09° 42' 30"	09,708°	16° 29' 58"	16,499°
21	Deressia	09° 51' 11"	09,853°	16° 06' 11"	16,103°
22	Dono-Manga	09° 15' 18"	09,255°	16° 48' 07"	16,802°
23	Benoyé	09° 01' 47"	09,029°	16° 06' 07"	16,102°
24	Béré	09° 18' 50"	09,314°	16° 07' 19"	16,122°
25	Kélo	09° 19' 00"	09,316°	15° 42' 03"	15,701°
26	Krim-krim	08° 56' 37"	08,943°	15° 47' 48"	15,796°
27	Beinamar	08° 40' 34"	08,679°	15° 22' 09"	15,369°
28	Gagal	09° 00' 00"	09,000°	15° 10' 37"	15,177°
29	Pala	09° 22' 10"	09,369°	14° 56' 00"	14,933°
30	Torroco	09° 42' 14"	09,704°	14° 56' 25"	14,940°
31	Fianga	09° 54' 43"	09,912°	15° 02' 55"	15,048°
32	Bongor	10° 17' 00"	10,283°	15° 27' 21"	15,456°
33	Moulkou	10° 40' 49"	10,680°	15° 26' 44"	15,445°
34	Bokoro	12° 23' 00"	12,383°	17° 04' 00"	17,066°
35	Bitkine	11° 56' 18"	11,938°	18° 16' 11"	18,269°
36	Mongo	12° 09' 30"	12,158°	18° 40' 30"	18,675°
37	Arbouchatak	12° 09' 04"	12,151°	17° 31' 49"	17,530°
38	NGama	11° 47' 17"	11,788°	17° 07' 34"	17,126°
39	Bili	11° 42' 57"	11,715°	16° 40' 35"	17,676°
40	Mao	14° 18' 30"	14,308°	15° 19' 30"	15,325°
41	N'Tiona	14° 32' 31"	14,542°	15° 25' 04"	15,417°
42	Nokou	14° 32' 41"	14,544°	14° 46' 40"	14,778°
43	Rig-Rig	14° 16' 36"	14,276°	14° 42' 07"	14,702°
44	Kékédina	13° 47' 11"	13,786°	14° 58' 37"	14,978°
45	N'Gouri	13° 37' 05"	13,618°	15° 21' 42"	15,361°
46	Mourzougui	13° 27' 28"	13,458°	15° 30' 28"	15,508°
47	Michemiré	13° 48' 31"	13,808°	15° 40' 01"	15,667°
48	Moussoro	13° 35' 47"	13,596°	16° 30' 09"	16,502°
49	Chaddra	13° 28' 54"	13,481°	16° 01' 27"	16,024°
50	Massakory	12° 58' 00"	12,966°	15° 44' 00"	15,733°
51	Danamadji	08° 42' 34"	08,709°	18° 32' 47"	18,546°
52	Moissala	08° 18' 36"	08,310°	17° 43' 31"	17,725°
53	Kara	08° 55' 20"	08,922°	17° 06' 37"	17,110°
54	Doba	08° 41' 48"	08,696°	16° 49' 48"	16,830°
55	Moundou	08° 37' 44"	08,629°	16° 04' 27"	16,074°
56	Am N'Djaména	13° 05' 41"	13,095°	17° 18' 37"	17,310°
57	Yao	12° 45' 43"	12,762°	17° 33' 02"	17,550°
58	Ati	13° 13' 53"	13,231°	18° 14' 40"	18,244°
59	Djedda	13° 34' 54"	13,581°	18° 39' 30"	18,658°
60	Koundjourou	13° 08' 02"	13,134°	18° 32' 39"	18,544°

Tableau V

Hauteur au garrot (HT), profondeur du thorax (PT) et indice de gracilité sous-sternale (IGs) moyens par site

Site n°	n	Hauteur au garrot		Profondeur du thorax		IGs	
		μ	σ	μ	σ	μ	σ
01	54	65,90	4,58	27,29	1,46	1,14	0,14
02	47	67,65	4,76	27,94	1,46	1,42	0,11
03	29	69,20	3,68	27,22	2,22	1,55	0,16
04	19	68,58	3,35	27,52	1,77	1,50	0,16
05	20	67,22	3,97	27,37	1,47	1,46	0,15
06	19	65,92	3,48	27,29	1,51	1,42	0,13
07	37	63,98	7,35	27,20	2,15	1,35	0,21
08	44	68,63	3,57	27,65	1,40	1,48	0,14
09	33	67,37	4,74	27,29	1,71	1,47	0,15
10	55	65,76	4,99	26,84	2,10	1,45	0,15
11	73	63,06	3,79	26,09	1,86	1,42	0,15
12	48	56,94	4,14	25,76	1,68	1,21	0,12
13	33	54,01	4,93	25,10	1,96	1,15	0,18
14	59	66,86	4,39	27,07	1,88	1,47	0,16
15	30	55,85	4,82	25,50	1,80	1,19	0,15
16	53	53,43	5,05	24,65	1,94	1,17	0,18
17	41	52,43	4,03	25,58	2,27	1,05	0,13
18	29	52,07	3,65	24,86	1,35	1,09	0,13
19	86	62,88	6,17	27,05	2,25	1,33	0,19
20	59	46,24	3,18	23,83	1,56	0,94	0,12
21	47	47,86	3,46	23,92	1,73	1,00	0,12
22	52	48,43	3,27	24,73	1,73	0,96	0,14
23	46	47,70	2,77	24,44	1,47	0,95	0,13
24	41	48,07	3,19	24,51	1,37	0,96	0,12
25	33	53,18	4,75	25,66	2,01	1,07	0,16
26	38	46,60	2,85	24,12	1,62	0,93	0,12
27	52	47,99	4,63	24,86	1,49	0,93	0,16
28	44	47,52	3,05	24,04	1,40	0,98	0,10
29	43	48,24	3,00	24,02	1,62	1,01	0,12
30	33	48,82	2,78	23,21	1,52	1,11	0,11
31	46	51,37	2,64	24,15	1,35	1,13	0,12
32	40	53,96	3,15	24,80	1,61	1,18	0,13
33	23	52,26	4,40	25,19	1,62	1,07	0,13
34	66	66,78	4,39	26,62	1,42	1,51	0,14
35	72	63,56	3,49	25,38	1,46	1,51	0,15
36	59	61,80	3,71	24,40	1,44	1,54	0,16
37	57	63,75	3,70	25,59	1,33	1,49	0,12
38	42	62,56	4,35	25,46	1,75	1,46	0,14
39	49	64,23	4,01	26,74	1,29	1,40	0,11
40	56	64,01	5,60	26,43	2,05	1,43	0,19
41	56	63,79	4,53	25,34	1,68	1,52	0,14
42	51	62,51	4,72	24,74	1,82	1,53	0,18
43	58	66,15	3,57	26,30	1,49	1,52	0,11
44	49	62,67	4,84	25,58	1,85	1,45	0,14
45	61	64,66	3,89	25,51	1,95	1,54	0,17
46	58	67,14	4,19	26,73	1,62	1,51	0,16
47	52	68,40	3,95	26,13	1,56	1,62	0,12
48	47	66,34	4,14	25,19	1,76	1,64	0,15
49	47	70,64	4,06	26,62	1,56	1,66	0,16
50	53	67,64	4,44	25,25	2,12	1,69	0,16
51	12	46,58	3,56	24,54	1,34	0,90	0,11
52	13	48,27	3,74	24,50	2,17	0,97	0,11
53	11	45,82	1,83	24,45	3,56	0,90	0,23
54	09	46,83	3,32	23,23	2,29	1,02	0,13
55	11	46,13	3,14	22,59	1,99	1,05	0,17
56	80	68,09	3,31	25,96	1,62	1,63	0,13
57	80	67,26	3,95	25,55	1,61	1,63	0,13
58	60	64,35	3,54	24,57	1,96	1,63	0,16
59	68	65,32	2,87	26,21	1,96	1,50	0,15
60	110	63,27	3,54	24,51	1,79	1,13	0,17

Tableau VI

Moyenne et écart-type des deux sous-populations d'IGs, de HG et de PT des deux sous-populations définies par les histogrammes de la figure 5

Sous-population	Nombre de sites n	Hauteur au garrot (HG) moyenne $\mu \pm \sigma$ cm	Profondeur de thorax (PT) moyenne $\mu \pm \sigma$ cm	Indice de gracilité sternale (IGs) moyen $\mu \pm \sigma$ cm
1	26	50,37 $\pm$ 4,19	24,49 $\pm$ 0,77	1,04 $\pm$ 0,10
2	34	65,73 $\pm$ 2,26	26,30 $\pm$ 0,95	1,50 $\pm$ 0,09

Tableau VII

Coefficients de régression de HG, PT et IGs sur le degré de latitude N dans les zones sud et nord (occupées respectivement par les sous-populations 1 et 2)

Zone	Nombre de sites	Coefficient de régression sur le degré de latitude N <sup>1</sup>			Signification		
		HG	PT	IGs	HG	PT	IGs
Sud	25	3,62 $\pm$ 0,55 <sup>a</sup>	0,41 $\pm$ 0,17 <sup>c</sup>	0,100 $\pm$ 0,017 <sup>e</sup>	6,55 ***	2,48 *	5,86 ***
Nord	34 <sup>2</sup>	0,55 $\pm$ 0,44 <sup>b</sup>	-0,24 $\pm$ 0,19 <sup>d</sup>	0,051 $\pm$ 0,019 <sup>e</sup>	-1,25 ns	-1,35 ns	2,67 *

\* P  $\leq$  0,05 ; \*\* P  $\leq$  0,01 ; \*\*\* P  $\leq$  0,001 ; ns : non significatif

1. Les pentes affectées d'une même lettre en exposant (a, b, c, d ou e) pour les deux zones ne sont pas significativement différentes (P > 0,05)

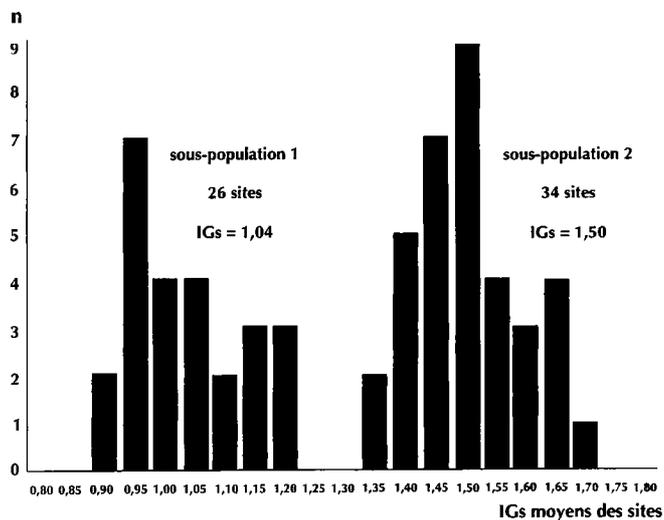
2. Le site n° 60 n'a pas été pris en considération

Figure 5 (ci-dessous) : histogramme des valeurs moyennes d'IGs observées sur les différents sites.

Figure 6 : type morphologique des deux sous-populations :

a) (à droite, en haut) sous-population 1 : IGs proche de 1 (type brevipes) - cliché pris près de Yagoua, Cameroun, par 10° de latitude N.

b) (à droite, en bas) sous-population 2 : IGs proche de 1,5 (type longipes) - cliché pris près de Dingororoh, Tchad, par 13° de latitude N.



## Index of substernal slenderness of goats in SW Chad

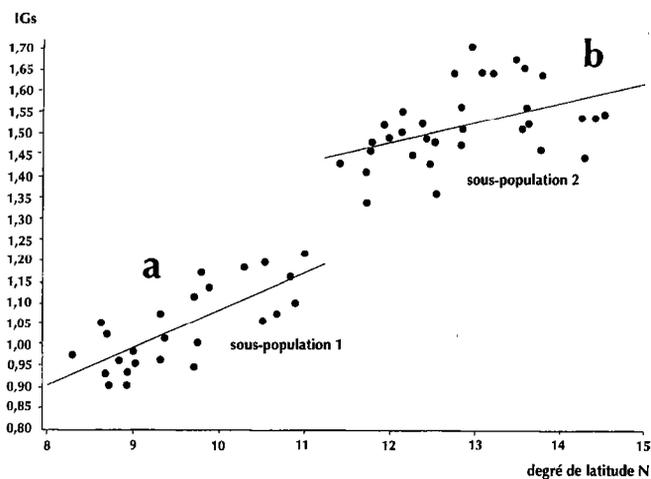


Figure 7 : régression d'IGs moyens par site sur le degré de latitude N (à l'exception du site n° 60)

a) dans la sous-population 1 (sud), au sud du 11° N : IGs moyen de 1,04 ;

b) dans la sous-population 2 (nord), au nord du 11° N : IGs moyen de 1,50.

RESSOURCES ANIMALES

## DISCUSSION

## Cas du site n° 60

On pourrait arguer qu'il s'agissait de l'arrivée récente d'un troupeau venant du Sud. Quoi qu'il en soit, cette donnée a été éliminée de certaines analyses (tableau VII, figure 7) comme ne représentant pas le peuplement « normal » de la zone.

## Localisation des sous-populations définies biométriquement

Comme cela a été vu plus haut, les IGs moyens par site se répartissaient en deux sous-populations qui elles-mêmes occupaient des aires géographiquement distinctes (figures 2 et 5, tableau VI).

Ce résultat confirme la réalité de la partition géographique observée par Bourzat et coll. (4) mais, alors que l'étude de ces auteurs portait sur cinq sites et 105 animaux examinés au Cameroun autour de Guider (par 10° de latitude N et 14° de longitude E) et sur sept sites avec 110 animaux examinés au Tchad autour de Massaguet par 12,5° de latitude N et 15,5° de longitude E, les observations portent cette fois sur 5 fois plus de sites et 16 fois plus de données (tableau VIII).

Comme la valeur moyenne de PT ne varie pas entre les sous-populations 1 et 2, la distribution de HG épouse celle d'IGs avec les populations de petites et grandes chèvres, comme cela a déjà été évoqué par Receveur (25) et Dumas (9).

## Confirmation d'observations plus anciennes

La description du format des chèvres africaines assortie, à l'occasion, de quelques mesures a débouché au fil des ans sur des classifications qui ont été passées en revue par Wilson (27), Bourzat et coll. (4) et Bouchel et coll. (3).

A part la longueur de l'oreille qui a été prise comme critère de discrimination par quelques auteurs comme Mason et Maule (21) ou Mason (19, 20), ce sont essentiellement des dimensions prises sur l'avant-main, en premier lieu la hauteur au garrot, qui ont été considérées.

Pour ce qui concerne les proportions on remarque que déjà au siècle dernier un auteur comme Geoffroy-Saint-Hilaire (11) distinguait les types brevipes et longipes et que Baron (1) avait introduit le trigramme signalétique pour tenir compte des proportions anatomiques.

Toutefois, en Afrique, ce sont essentiellement des mesures brutes de la taille qui ont été prises en compte, tout d'abord par Pierre (24), suivi par Pécaud (23), Doutressoulle (8) et Epstein (10). On a vu apparaître de la sorte la classification en chèvres grandes ou petites à laquelle se sont ajoutées les chèvres naines de Devendra et McLeroy (6).

La présente étude confirme la pertinence d'une telle classification selon la taille, dans la mesure où la profondeur de thorax est constante mais, lorsque PT varie, il est plus approprié de considérer deux dimensions : le volume métabolisable estimé par PT et la gracilité évaluée par IGs.

## Localisation exacte de la ligne de démarcation

Les résultats de cette étude font apparaître que la ligne de démarcation entre les sous-populations 1 et 2 part de la frontière Cameroun/Tchad le long du 11° parallèle (figure 5). Cette localisation reste dans les limites données par Receveur (25) et par Dumas (9) sur le territoire tchadien et confirmées par Bourzat et coll. (4) : entre 11 et 12° de latitude N.

Pour Wilson (27), la frontière séparant les grandes chèvres des petites se trouvait approximativement (car la carte est à toute petite échelle) en ligne droite le long du 12° parallèle. C'est peut-être lui attribuer un peu vite une régularité dont Receveur (25) et Dumas (9) n'étaient pas aussi certains.

La présente étude montre que c'est la limite sud de la zone de transition qui semble être la bonne localisation, au moins au départ de la frontière camerounaise à l'ouest, par 11° de latitude N. Malheureusement, la lacune B de la carte de la figure 5 n'a pas permis de donner le tracé de la ligne de démarcation au-delà d'une centaine de kilomètres car la largeur de cette lacune B, qui va jusqu'à la limite est de la zone d'enquête par 19° de longitude E, est de 300 km (entre 9 et 11,5° de latitude N).

Tableau VIII

Comparaison des valeurs moyennes d'IGs dans les zones sud et nord de la présente étude avec celles observées par Bourzat et coll.\*

Zone considérée	IGs		Nb. de sites	Effectifs
	Moyenne	Ecart-type		
Nord Cameroun*	1,15	0,16	5	105
Sud** Sous-population 1	1,04	0,10	25	887
Tchad**/***	1,53	0,15	7	110
Nord** Sous-population 2	1,50	0,09	34	1 908

\* Bourzat et coll., 1993, *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 46 : 667-674

\*\* Présente étude

\*\*\* Moyenne chèvres de taille intermédiaire/chèvres de grande taille

### Variation d'IGs à l'intérieur des zones

Les valeurs des coefficients de régression d'IGs sur le degré de latitude (figure 7, tableau VII) indiquent qu'en plus de la rupture nette au nord du 11° parallèle, il existe, à l'intérieur des sous-populations des zones sud et nord, un gradient d'augmentation d'IGs en allant vers le nord.

Le gradient de cet indice de gracilité qui serait alors de l'ordre de 0,1 point par degré de latitude dans la zone sud est moins important dans la zone nord. Si cette tendance se maintenait dans la zone sud on pourrait, en allant vers le sud, entrer insensiblement dans la zone occupée par les chèvres naines, ce qui est en accord avec les observations de Doutressoulle (8) et d'Epstein (10) qui font état de l'existence de chèvres de plus en plus petites en allant vers le sud.

### Explication de la variation d'IGs avec la latitude

Une première interprétation faisait intervenir le degré d'aridité qui croît en allant vers le nord. Dans cette perspective, l'isohyète 750 mm, qui détermine la limite entre le climat soudanais et le climat sahélien, pourrait être la ligne de démarcation entre les types de gracilité (4).

En réalité, vu l'importance de la chaleur en écologie physiologique animale, comme l'explique Louw (18), il faut plutôt s'orienter vers la recherche de contraintes caloriques.

Il se trouve en effet que, dans cette partie du monde, la température moyenne va en augmentant à mesure qu'on va vers le nord jusqu'à un Equateur thermique qui, loin de coïncider avec l'Equateur géographique, peut, dans la partie de l'Afrique située dans l'hémisphère nord, remonter jusqu'au 20° parallèle (12) et qui, sur le territoire tchadien, passe à 18° de latitude N, c'est-à-dire à plus de 800 km au nord de la ligne de démarcation localisée dans cette étude.

Dans ces conditions, l'augmentation de la hauteur sur pattes (croissance d'IGs) permet de diminuer l'impact thermique pour le corps à la fois des radiations infrarouges en provenance du sol et de la radiation solaire réfléchie par le sol (18, p. 17).

Il est possible également qu'à volume métabolique égal, les animaux plus graciles aient un avantage sur les moins graciles car, en fournissant le même effort, ils peuvent se déplacer sur de plus longues distances, ce qui leur permet de mieux se procurer une nourriture qui se raréfie à mesure que l'aridité augmente.

Cela n'explique cependant pas tout, en particulier la rupture assez brutale lorsque l'on passe du sud au nord de la ligne de démarcation de 11° de latitude N. Bien sûr, dans la zone sud l'étude de la régression de la figure 7 montre bien que le phénomène est en marche et on peut alors admettre l'apparition d'un effet de seuil obligeant pour survivre à une augmentation spectaculaire d'IGs. On peut penser aussi à une augmentation subite et mal perçue des contraintes caloriques, par augmentation de la réverbération des radiations à longueur d'onde élevée induite par la généralisation de l'aridité, faisant disparaître le tapis végétal remplacé par le sol nu de couleur ocre à pouvoir réverbérant bien plus élevé (18, p. 16).

### ■ CONCLUSION

Le plan d'échantillonnage adopté pour cette cartographie d'IGs apparaît approprié. Il a permis de couvrir une superficie notable du Tchad et de localiser deux sous-populations nettement distinctes correspondant aux petites et aux grandes chèvres dont la présence est décelée depuis longtemps dans la région (4, 9, 21, 23, 24).

La ligne qui les sépare sur le terrain le long du 11° parallèle n'a pu être tracée que sur une centaine de km mais elle semble bien se prolonger vers l'est. Il serait évidemment souhaitable de pallier, dans un premier temps, à cette lacune et de pousser ensuite l'enquête vers l'ouest et vers l'est.

En outre, sachant qu'il existe un gradient d'IGs avec la latitude de part et d'autre de la ligne de démarcation il y aurait intérêt à pousser l'étude vers le nord et vers le sud.

Une ébauche d'explication à cette répartition est probablement à chercher dans la pression de sélection en faveur d'une résistance à la chaleur qui, au plan anatomique, se fait en éloignant le corps d'une source importante d'émission et de réverbération de radiations calorifiques.

### Remerciements

Au cours de l'enquête sur le terrain, l'aide des agents du Ministère de l'élevage du Tchad, notamment les chefs de secteur et de postes vétérinaires et les vulgarisateurs, des chefs traditionnels et des responsables administratifs et militaires, a été vivement appréciée pour sensibiliser et mobiliser les éleveurs.

### BIBLIOGRAPHIE

1. BARON R., 1893. La morphologie universelle. Leçon d'ouverture du cours de M. Robur Lanão. Luxembourg, Luxembourg, Imprimerie Justin Schroell.
2. BERSANI J., SCHWEIZER H., GALL J., 1984. Le Grand Atlas de géographie. Paris, France, Encyclopaedia Universalis, 226 p. + annexes.
3. BOUCHEL D., LAUVERGNE J.J., MINVIELLE F., 1997. Etude morpho-biométrique de la chèvre du Rove. I. Hauteur au garrot (HG), profondeur de thorax (PT), vide sous-sternal (VSS) et indice de gracilité sous-sternale (IGs) chez les femelles. *Revue Méd. vét.*, **148** : 37-48.
4. BOURZAT D., SOUVENIR ZAFINDRAJAONA P., LAUVERGNE J.J., ZEUB V., 1993. Comparaison morpho-biométrique de chèvres au Nord Cameroun et au Tchad. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **46** : 667-674.
5. CHATELAIN E., 1987. Atlas d'anatomie de la chèvre. Paris, France, INRA.
6. DEVENDRA C., McLEROY G.B., 1982. Goat and sheep production in the tropics. Part I, Goats. 3, Breeds. London, UK, New York, USA, Longman.
7. Division statistique du Ministère de l'élevage du Tchad, 1992. Rapport annuel. N'Djamena, Tchad, Ministère de l'élevage.
8. DOUTRESSOULLE G., 1947. L'élevage en Afrique occidentale française. Paris, France, Larose.
9. DUMAS R., 1977. Etude sur les petits ruminants du Tchad. Maisons-Alfort, France, IEMVT, N'Djamena, Tchad, Ministère du développement agricole et pastoral.
10. EPSTEIN H., 1971. The origin of the domestic animals of Africa, vol. 2. New York, USA, London, UK, Munich, Germany, Africana, p. 195-305.
11. GEOFFROY-SAINT-HILAIRE I., 1861. Acclimatation et domestication des animaux utiles. Paris, France, La maison rustique, 531 p.
12. GODARD A., TABEAUD M., 1993. Les climats, mécanismes et répartition. Paris, France, Armand Colin, p. 28-29.
13. GROSJEAN G., 1992. The world pocket atlas. Berne, Switzerland, Kümmerly and Frey, 128 p.
14. IGN, 1968-1974. Tchad. Carte routière au 1/1 500 000. Paris, France, IGN.
15. LAUVERGNE J.J., 1982. Genética en poblaciones animales después de la domesticación: consecuencias para la conservación de las razas. In: 2nd Congr. Mund. Genet. Aplica. Prod. Ganad., Madrid, España, 4-8 octobre 1982. Madrid, España, Editorial Garsi, p. 77-87.

16. LAUVERGNE J.J., 1992. Breed development and breed differentiation. In: Proc. CEC workshop and training course, Hannover, Germany, December 7-9, 1992. Brussels, Belgium, Com. Eur. Communities/Dir. gen. Agric.
17. LAUVERGNE J.J., BOURZAT D., SOUVENIR ZAFINDRAJONA P., ZEUH V., NGO-TAMA A.C., 1993. Indices de primarité de chèvres au Nord-Cameroun et au Tchad. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **46** : 651-665.
18. LOUW G.N., 1993. Physiological animal ecology. Harlow, UK, Longman Scientific and Technical, 288 p.
19. MASON I.L., 1981. Breeds. In: Gall C. ed., Goat production. London, UK, Academic Press, p. 57-110.
20. MASON I.L., 1991. Classification and distribution of goat breeds. In: Majjala: Genetic resources of pig, sheep and goat. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier.
21. MASON I.L., MAULE J.P., 1960. The indigenous livestock of Eastern and Southern Africa. Farnham Royal, UK, CAB. (Technical communication No. 14)
22. ME/PNE/RIM, 1992. Survolés aériens à basse altitude du cheptel, habitations humaines et des ressources pastorales dans la région du Bahr el Ghazal, Tchad, août 1991. St Helier, Jersey, Ministère de l'élevage du Tchad et Resource Inventory and Management, 34 p. + 7 annexes.
23. PECAUD, 1928. Chèvres et moutons du Centre africain. *Rec. Méd. vét. exot.*, **1** : 349-352.
24. PIERRE C., 1906 : L'élevage dans l'Afrique occidentale française. Paris, France, Challamel, p. 163-166.
25. RECEVEUR P., 1943. Tchad et élevage. Projet d'organisation et d'orientation de l'élevage au Tchad. AOF.
26. SAS, 1990. Procedure guide, vers. 6, 3rd ed. Cary, NC, USA, SAS Institute, 705 p.
27. WILSON R.T., 1991. Small ruminants production and the small ruminants genetic resources in tropical Africa. Rome, Italy, FAO, 231 p. (Animal Prod. Health Paper No. 88)

Reçu le 27.6.95, accepté le 12.11.97

## Summary

**Zeuh V., Lauvergne J.J., Bourzat D., Minvielle F.** Mapping goat genetic resources of SW Chad. I. Height at the withers (HW), depth of the thorax (DT) and index of substernal slenderness (ISs)

A field study was carried in Chad South-West quarter and thus covered about 20% of the national territory (over 250,000 km<sup>2</sup>) involving 60 sampling sites. The sampling ratio reached 1/440. A total of 2768 adult goats were examined to study the index of substernal slenderness (ISs), equal to substernal gap/depth of the thorax (SG/DT), with SG being equal to height at the withers minus depth of the thorax (SG = HW-DT). Plotting the 60 sites mean ISs revealed the existence of two subpopulations characterized by non overlapping histograms. Mean ISs were 1.04 and 1.50 for subpopulations 1 and 2, respectively. These biometrically defined subpopulations occupied well separated geographical areas. Subpopulation 1 was located south of latitude 11°N, in the area called zone 1 by the authors and subpopulation 2, north of that parallel, in the area called zone 2. The parting line between both zones roughly ran for 100 km along the 11th parallel within the area of study. These results confirm the discriminating power of mapping using two types of measurements only: one vital (DT, which characterizes the metabolic volume of the animal), the other morphological (ISs).

**Key words:** Goat - Body measurement - Biometry - Cartography - Genetic resources - Chad.

## Resumen

**Zeuh V., Lauvergne J.J., Bourzat D., Minvielle F.** Cartografía de las riquezas genéticas caprinas en Chad del Sud-oeste. I. Altura al garrote (HG), profundidad del tórax (PT) e índice de gracia sub-esternal (IGs)

Se llevó a cabo un estudio de campo sobre el cuarto sudoeste de Chad, el cual permitió cubrir aproximadamente 20% del territorio nacional (más de 250 000 km<sup>2</sup>), con 60 sitios de muestreo. La relación de muestreo final fue de 1/440. En total, 2 768 cabras adultas se examinaron para el estudio del índice de gracia sub esternal (IGs), el cuál es igual a VSS/PT (vacío sub-esternal/profundidad del tórax), sabiendo que el vacío sub-esternal es igual a la altura al garrote menos la profundidad del tórax (VSS = HG-PT). El análisis de los IGs medios de los 60 sitios estudiados demostró la existencia de dos sub poblaciones, caracterizadas por histogramas sin intersección. Los IGs medios fueron de 1,04 para la sub población 1 y de 1,50 para la sub-población 2. En el campo, estas dos sub poblaciones están definidas biométricamente y ocupan distintas áreas. Al sur del 11° de latitud N, en la zona llamada zona 1 por los autores, se encuentra la sub-población 1 y al norte de este paralelo, en la zona llamada zona 2, se encuentra la sub población 2. El límite entre estas dos zonas siguió el paralelo 11 a lo largo de un centenar de kilómetros, hacia el interior del perímetro estudiado. Estos resultados confirman el poder discriminatorio de una cartografía, tomando en cuenta simplemente dos características vitales y morfológicas: la profundidad de tórax (PT), que es una evaluación del formato metabólico del animal y el índice de gracia sub-esternal (IGs), el cual caracteriza el tipo morfológico.

**Palabras clave:** Caprino - Medición del cuerpo - Biometría - Cartografía - Recurso genético - Chad.