

# RELATIONS ENTRE LE VOLUME DE LA CARCASSE DES BOVINS ET LE POIDS DE SES DIFFÉRENTS COMPOSANTS ANATOMIQUES OU CHIMIQUES

J. ROBELIN

avec la collaboration technique de  
Colette RAYNAL-RONGÈRE, R. JAILLER et G. CUYLLE

*Laboratoire de la Production de Viande,  
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,  
Theix, Saint Genès Champanelle, 63110 Beaumont*

---

## RÉSUMÉ

Nous avons calculé la relation entre le volume de la carcasse de 31 jeunes bovins mâles de 3 races, et le poids des différents composants anatomiques (squelette, muscles, dépôts adipeux) ou chimiques (eau, matières grasses, minéraux, protéines) de cette carcasse. La relation est très étroite : le coefficient de corrélation multiple est égal à 0,999.

A même poids de carcasse, le volume est lié en premier lieu au poids des dépôts adipeux ( $R = 0,44$ ) ou des lipides ( $R = 0,42$ ), mais à même état d'engraissement il est lié également à la composition de la masse maigre (proportion de muscles ou de matières minérales et de protéines). Compte tenu de la variabilité de la composition de la masse maigre entre races, nous pensons que la relation entre le volume et l'état d'engraissement des carcasses serait plus étroite à l'intérieur de chaque race. Un calcul effectué à partir de nos premiers résultats tend à confirmer cette hypothèse.

---

## INTRODUCTION

Parmi les nombreuses méthodes permettant d'estimer la composition anatomique ou chimique de la carcasse des bovins, la méthode densimétrique a retenu l'attention de nombreux chercheurs (cf. Revue de PEARSON *et al.*, 1968). A la suite des travaux de BEHNKE (1941) sur l'Homme, et de ceux de RATHBUN et PACE (1945) sur le Cobaye, des études ont été entreprises sur les Porcins (BROWN *et al.*, 1951 ; DESMOULIN, 1970), les Ovins (KIRTON et BARTON, 1958 ; MEYER, 1962 ; TIMON et BICHARD, 1965 ; KHANDEKAR *et al.*, 1965 ; PRADHAN *et al.*, 1966 ; RATRAY *et al.*, 1973), et les Bovins (KRAYBILL *et al.*, 1952 ; GARRET et HINMAN, 1969 ; GIL *et al.*, 1970 ; LEDGER et

GILLIVER, 1973 ; PRESTON *et al.*, 1974). Ces différents travaux ont montré que la densité des carcasses ou du corps entier était surtout reliée à la proportion de dépôts adipeux ou de matières grasses. Cependant, les études entreprises sur les bovins ont porté sur des animaux de race Anglo-saxonne, dont l'état d'engraissement était très important.

Nous nous sommes demandé si cette méthode densimétrique était applicable à des animaux ayant un état d'engraissement plus faible, et en particulier si elle pouvait être utilisable dans le cas des taurillons de races françaises.

Nous nous sommes surtout attaché aux aspects méthodologiques et analytiques de la méthode, peu abordés jusqu'à présent : précision de la mesure du volume d'une carcasse, relation entre le volume et la répartition pondérale des différents composants de la carcasse. L'étude de ces deux aspects paraît en effet nécessaire, avant de calculer des équations d'estimation de la proportion des différents composants à partir du volume et du poids de la carcasse. Cette analyse a été réalisée à partir de 31 carcasses de jeunes bovins mâles entiers abattus entre 9 et 16 mois (tabl. 1), disséquées afin d'interpréter des expériences nutritionnelles.

TABLE I

*Caractéristiques des animaux*

Races	<i>Frisonne</i>	<i>Charolaise</i>	<i>Limousine</i>	Ensemble des races
Nombre d'animaux	11	8	12	31
Carcasse (kg $\pm$ SD) <sup>(1)</sup> . . . . .	236,1 $\pm$ 60,3	316,3 $\pm$ 69,5	282,0 $\pm$ 76,3	274,6 $\pm$ 74,2
Volume (dm <sup>3</sup> $\pm$ SD) . . . . .	218,4 $\pm$ 56,5	294,3 $\pm$ 65,7	261,5 $\pm$ 72,1	254,7 $\pm$ 70,0
Squelette { kg $\pm$ SD . . . . .	38,3 $\pm$ 7,7	42,2 $\pm$ 7,0	35,6 $\pm$ 7,1	38,2 $\pm$ 7,5
{ p. 100 <sup>(2)</sup> . . . . .	16,2	13,3	12,6	13,9
Muscles { kg $\pm$ SD . . . . .	158,5 $\pm$ 39,7	229,0 $\pm$ 51,1	211,0 $\pm$ 54,4	197,0 $\pm$ 55,8
{ p. 100 . . . . .	67,1	72,4	74,8	71,7
Dépôts adipeux { kg $\pm$ SD . . . . .	37,1 $\pm$ 14,1	42,4 $\pm$ 12,8	33,2 $\pm$ 15,4	37,0 $\pm$ 14,3
{ p. 100 . . . . .	15,7	13,4	11,8	13,5
Eau { kg $\pm$ SD . . . . .	142,8 $\pm$ 32,5	199,1 $\pm$ 40,5	180,8 $\pm$ 45,8	172,0 $\pm$ 45,2
{ p. 100 . . . . .	60,5	62,9	64,1	62,6
Matières grasses { kg $\pm$ SD . . . . .	33,7 $\pm$ 14,0	40,0 $\pm$ 13,7	29,8 $\pm$ 12,8	33,9 $\pm$ 13,6
{ p. 100 . . . . .	14,3	12,6	10,6	12,3
Matières minérales { kg $\pm$ SD . . . . .	13,2 $\pm$ 3,2	14,4 $\pm$ 2,8	13,3 $\pm$ 3,0	13,6 $\pm$ 3,0
{ p. 100 . . . . .	5,6	4,5	4,7	4,9
Matières azotées { kg $\pm$ SD . . . . .	14,1 $\pm$ 11,2	60,2 $\pm$ 13,7	55,9 $\pm$ 15,0	52,8 $\pm$ 14,6
{ p. 100 . . . . .	18,7	19,0	19,8	19,2

(1) Poids en kg (SD = écart-type en kg).

(2) Poids exprimé en pourcentage du poids de la carcasse.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

*Mesure de la composition anatomique et chimique de la carcasse*

Le poids des différents tissus (squelette, muscles, dépôts adipeux) a été mesuré après dissection de la demi-carcasse droite. Ainsi que nous l'avons déjà décrit (ROBELIN, GEAY et BERANGER, 1974), ces tissus ont ensuite été broyés et analysés séparément : mesure de la teneur en eau, lipides, minéraux, protéines et énergie.

Nous avons déterminé le poids des différents tissus et composants chimiques de la carcasse chaude entière, à partir de la composition de la demi-carcasse disséquée. Nous avons admis que la perte de poids entre l'abattage et la dissection, perte due à l'évaporation, était proportionnelle au poids de chacun des tissus.

*Détermination du volume de la carcasse*

Nous avons mesuré le volume de la demi-carcasse gauche, après avoir retiré la queue et les piliers latéraux et médians du diaphragme (« hampe » et « ongle »).

Le volume de la demi-carcasse gauche a été calculé par différence entre le poids P (pesée dans l'air) et le poids  $P_i$  de la demi-carcasse mesuré après immersion dans l'eau. Le poids P a été mesuré, à 100 g près, immédiatement après l'abattage. Le poids  $P_i$  a été mesuré après une durée de ressuyage de 18 à 24 heures en chambre réfrigérée à + 4°C, à l'aide d'une balance dont la précision était de 5 g. La demi-carcasse coupée en deux quartiers, a été immergée dans une cuve cylindrique (hauteur : 200 cm, diamètre : 140 cm), contenant de l'eau dont la température était comprise entre 11°C et 13°C. Les variations de cette température restant faibles, nous n'en avons pas tenu compte pour calculer le volume de la carcasse. De plus, la masse spécifique de l'eau à 12°C étant peu différente de 1 (0,999 97), nous avons calculé le volume de la carcasse directement par différence entre P et  $P_i$ .

*Étude mathématique des résultats*

Soit P, V,  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  respectivement le poids de la carcasse, son volume et le poids de ses différents composants anatomiques. Nous voulons savoir si P et V permettent d'estimer le poids  $X_1$  (dépôts adipeux). Nous savons tout d'abord qu'il existe théoriquement deux relations mathématiques entre ces différentes variables :

$$\begin{aligned} 1 : P &= X_1 + X_2 + X_3 \\ 2 : V &= \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 \end{aligned}$$

La somme des poids des composants est égale au poids de la carcasse, la somme de leurs volumes ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  étant les volumes massiques des composants) est égale au volume de la carcasse.

En réalité, V,  $X_1$ ,  $X_2$  et  $X_3$  sont des valeurs mesurées avec une erreur expérimentale. La relation 2 est donc une relation statistique que nous pouvons établir entre V et  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  :

$$3 : V = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4$$

$\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  coefficients de  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  sont alors des estimations des volumes massiques  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ .

Pour que P et V permettent d'estimer  $X_1$  par exemple, il faut en premier lieu que V soit étroitement relié à  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , c'est-à-dire que la variance résiduelle de la relation 3 soit faible.

Néanmoins, cette condition n'est pas suffisante pour que  $X_1$  soit lié à V et P. Il faut en plus que la variabilité de V soit liée en priorité, sinon en totalité, à la variabilité de  $X_1$ . La mise en évidence de cette dernière liaison n'est pas possible à partir de l'équation 3, car V,  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  sont liés au poids de la carcasse P ; nous avons donc tout d'abord éliminé de l'équation 3 l'influence du poids de la carcasse ; pour ce faire, nous avons calculé l'équation de régression de chacune des variables V,  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  avec P :

$$\begin{aligned} 4 : V &= aP + b \\ 5 : X_1 &= a_1 P + b_1 \\ 6 : X_2 &= a_2 P + b_2 \\ 7 : X_3 &= a_3 P + b_3 \end{aligned}$$

Ensuite, pour chacune des carcasses, nous avons calculé les écarts résiduels aux droites de régression 4, 5, 6 et 7, respectivement  $v$ ,  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ , qui sont par définition des variables indépendantes de  $P$ . Par exemple, pour la carcasse  $i$ , dont le poids est  $P_i$ , le volume  $V_i$ , l'écart résiduel à la régression 3 est égal à :

$$v_i = V_i - (aP_i + b)$$

Enfin, nous avons étudié la relation 8 :

$$8 : v = g(x_1, x_2, x_3)$$

Par régression progressive, nous avons pu faire la part des différents composants dans la variabilité du volume de la carcasse, indépendamment du poids de carcasse.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 1. — Précision de la mesure du volume de la carcasse

Afin d'estimer la répétabilité de la mesure de  $P_i$ , nous avons effectué sur 17 demi-carcasses, trois pesées successives en retirant la demi-carcasse de l'eau entre chacune d'elles. Le poids  $P_i$  (voisin de 10 kg), a augmenté de 35 g en moyenne ( $\pm 15$  g) entre la première et la seconde pesée, de 7,5 g seulement ( $\pm 5$  g) entre la seconde et la troisième pesée. Compte tenu des poids moyens  $P$  que nous avons enregistrés (150 kg environ), l'erreur relative sur le calcul du volume à partir d'une seule pesée est égale à 2,1 p. 1 000. Il est probable que les variations du poids  $P_i$  sont dues à des bulles d'air qui restent sur les parois de la carcasse après immersion ; ce phénomène a déjà été signalé par KIRTON et BARTON (1958).

Le volume réel de la carcasse, et par conséquent la mesure qu'on peut en faire, dépendent de la durée écoulée entre l'abattage et la mesure. Nous avons observé, sur 2 demi-carcasses, une diminution rapide au cours des premières 24 heures (10,5 p. 1 000 du volume initial) ; cette diminution se ralentit par la suite 1,67 p. 1 000 entre 24 et 48 heures, 0,89 p. 1 000 entre 48 et 72 heures (mesures effectuées sur 6 demi-carcasses). Au cours des nombreux travaux réalisés jusqu'à présent sur la densité des carcasses d'animaux, la mesure  $P_i$  a été effectuée en des temps variables après l'abattage selon les auteurs, de 18 heures (KIRTON et BARTON, 1958 ; GIL *et al.*, 1970) à 7 jours (KHANDEKAR *et al.*, 1965) sans que ces auteurs, sauf KLINE *et al.* (1955), insistent particulièrement sur la standardisation de cette durée, qui nous paraît importante.

Compte tenu de cette évolution de  $P_i$  avec le temps, et de l'air qui reste sur les parois des carcasses après immersion, l'erreur expérimentale sur le volume, dans les conditions où nous l'avons mesuré (une seule pesée 18 à 24 heures après l'abattage) serait voisine de 3 p. 1 000. Les conditions de la mesure du poids  $P_i$  sont donc beaucoup plus importantes à prendre en compte que la précision de la balance. En particulier, il paraît inutile d'effectuer cette pesée au gramme près, comme le font la plupart des auteurs dont nous avons cité les travaux ; une précision de 5 g est suffisante dans le cas des bovins.

Les volumes massiques des deux côtés d'une même carcasse, sans queue ni piliers du diaphragme, ne sont pas significativement différents ; la différence moyenne obtenue sur 8 comparaisons est égale à 2,1 dm<sup>3</sup>/g, avec un écart-type de 1,3 dm<sup>3</sup>/g. Quelle que soit sa valeur, cette différence a peu d'importance. En revanche, sa varia-

bilité entraîne une erreur relative supplémentaire sur l'estimation du volume de la carcasse totale égale à 2,4 p. 1 000.

Si, comme nous l'avons fait pour des raisons pratiques, on établit des relations entre le volume de la carcasse mesuré sur une demi-carcasse, et la composition anatomique et chimique mesurée sur l'autre demi-carcasse, l'erreur relative totale sur la mesure du volume est donc égale à 3 + 2,4, soit 5,4 p. 1 000, soit 1,400 dm<sup>3</sup> en moyenne pour les carcasses que nous avons utilisées dont le volume moyen était de 260 dm<sup>3</sup>.

2. — *Influence de la composition anatomique ou chimique de la carcasse sur les variations de son volume*

Nous avons obtenu la relation suivante entre le volume V (dm<sup>3</sup>) d'une carcasse et le poids (kg) des différents composants anatomiques, squelette (S), muscles (M), dépôts adipeux (D) :

$$\begin{aligned} V &= 0,86 S + 0,94 M + 1,02 D - 2,17 \\ N &= 31 \quad R^2 = 0,998 \quad S = 0,90 \quad (\text{cf. équation 3}) \end{aligned}$$

N est le nombre d'observations ayant permis de calculer l'équation, R<sup>2</sup> le carré du coefficient de corrélation multiple entre V et S, M, D, SD l'écart-type résiduel de la régression exprimé en dm<sup>3</sup>.

Entre le volume V, et le poids (kg) des composants chimiques, eau (E), matières grasses (G), matières minérales (M) et protéines (P), la relation obtenue est la suivante :

$$\begin{aligned} V &= 0,95 E + 1,13 G + 0,54 M + 0,90 P - 1,36 \\ N &= 31 \quad R^2 = 0,999 \quad SD = 0,83 \quad (\text{cf. équation 3}) \end{aligned}$$

D'après ces deux relations, la composition anatomique ou chimique de la carcasse explique plus de 99 p. 100 de la variabilité de son volume. Les erreurs de pesée des différents composants de la carcasse et l'erreur due à la variabilité de leur volume massique seraient égales à 0,4 dm<sup>3</sup> seulement. La variabilité résiduelle étant très faible, le volume massique des différents composants anatomiques ou chimiques est donc certainement peu variable entre carcasses.

Les coefficients des relations citées plus haut sont théoriquement des estimateurs de ces volumes massiques (cf. équation 3). Ces relations font intervenir un terme constant (respectivement 2,17 et 1,36) ; mais, il n'est pas significativement ( $P < 0,01$ ) différent de 0. Ces estimations des volumes massiques sont relativement voisines de celles qui ont été calculées par différents auteurs (KRAYBILL *et al.*, 1952 ; LOFGREEN et GARRETT, 1954 ; BIEBER et SAFFLE, 1961).

Les équations précédentes permettent d'étudier globalement l'influence de la composition de la carcasse sur les variations de son volume, mais elles ne nous permettent pas de faire la part respective de chacun des composants. En effet, les coefficients de corrélation simples (tabl. 2) entre le volume et le poids de chacun des composants ont une signification très limitée, dans la mesure où le poids des différents composants sont reliés au poids de la carcasse (tabl. 3) et donc liés entre eux.

Pour éliminer une partie de ces liaisons, et en particulier celle qui est due au poids de la carcasse, nous avons étudié la relation entre le volume et le poids des

TABLEAU 2

*Coefficients de corrélation entre le poids des différents composants et le volume de la carcasse*

Composants anatomiques	R	Composants chimiques	R
Muscles	0,98	Eau	0,99
Dépôts adipeux	0,87	Matières grasses	0,86
Squelette	0,84	Protéines	0,99
		Matières minérales	0,91

TABLEAU 3

*Coefficients de corrélation entre les différents composants de la carcasse des bovins*

<i>A. — Composants anatomiques</i>				
	Poids de la carcasse	Poids des muscles	Poids du squelette	Poids des dépôts adipeux
Poids de la carcasse .....	1			
Poids des muscles .....	0,98	1		
Poids du squelette .....	0,84	0,76	1	
Poids des dépôts adipeux .....	0,86	0,77	0,86	1

  

<i>B. — Composants chimiques</i>					
	Poids de la carcasse	Poids de l'eau	Poids des matières grasses	Poids des matières minérales	Poids des protéines
Poids de la carcasse .....	1				
Poids de l'eau .....	0,99	1			
Poids des matières grasses .....	0,86	0,78	1		
Poids des matières minérales .....	0,91	0,86	0,89	1	
Poids des protéines .....	0,99	0,99	0,81	0,89	1

composants à poids de carcasse égal (cf. § matériel et méthodes). Dans ces conditions, le volume est lié en premier lieu au poids des dépôts adipeux ( $R = 0,44$ ) ou des matières grasses ( $R = 0,42$ ) (tabl. 4).

TABLEAU 4

*Résultats de l'analyse de régression progressive à poids de carcasse constant entre le volume de la carcasse et le poids des différents composants anatomiques ou chimiques de la carcasse*

	Variables introduites				F <sup>(1)</sup>	R <sup>(2)</sup>
	1	2	3	4		
Palier n° 1	Dépôts adipeux				**	0,44
Palier n° 2	Dépôts adipeux	Muscles			**	0,64
Palier n° 3	Dépôts adipeux	Muscles	Squelette		NS	0,65
Palier n° 1	Matières grasses				**	0,42
Palier n° 2	Matières grasses	Matières minérales			**	0,74
Palier n° 3	Matières grasses	Matières minérales	Protéines		NS	0,74
Palier n° 4	Matières grasses	Matières minérales	Protéines	Eau	NS	0,75

(1) Test de signification de la nouvelle variable introduite à chaque palier :

\*\* =  $P < 0,01$

NS = non significatif.

(2) Coefficient de corrélation multiple (ou simple au palier n° 1).

Mais, à poids de dépôts adipeux ou de matières grasses donné, les variations du volume sont également liées au poids des muscles ou des matières minérales ( $P < 0,01$ ).

Ces variations du volume correspondent donc à des variations dans la composition de la masse maigre à poids de carcasse et à état d'engraissement constants; d'ailleurs, un calcul portant sur le petit nombre d'animaux dont nous disposons nous a montré qu'effectivement la race avait une influence significative ( $P < 0,01$ ) sur la relation entre le volume et l'état d'engraissement des carcasses. De plus, lorsqu'on retire l'effet de la race, le volume de la carcasse est indépendant de la composition de la masse maigre.

### 3. — Estimation de la composition de la carcasse des bovins à partir du poids et du volume de la carcasse

Le nombre d'animaux dont nous disposons dans chaque race ne nous permet pas de proposer des équations de régression généralisables, permettant d'estimer l'état d'engraissement des carcasses à partir de leur poids et de leur volume. Néanmoins, nous avons rapporté au tableau 5 les premières équations que nous avons calculées à partir de l'ensemble des animaux (toutes races confondues). Nous constatons tout d'abord, qu'après le poids de carcasse, le volume n'apporte une infor-

mation significative ( $P < 0,01$ ) que dans l'estimation du poids des matières grasses ou des dépôts adipeux. L'écart-type résiduel de la régression, voisin de 6,5 kg pour un poids de carcasse moyen de 275 kg, est comparable aux résultats de KRAYBILL *et al.* (1952), GARRETT (1968), GARRETT et HINMAN (1969), GIL *et al.* (1970), LEDGER et GILLIVER (1973) ou de PRESTON *et al.* (1974). Cependant, cet écart-type est légèrement supérieur à celui qu'on obtient avec l'estimation à partir de la 11<sup>e</sup> côte (GEAY et BERANGER, 1969).

TABLEAU 5

*Estimation du poids des différents composants (X) de la carcasse des bovins à partir du poids (P) et du volume (V) de la carcasse*

$$(X = b_1P + b_2V + c) \text{ (1)}$$

Composants	$b_1$	$b_2$	$c$	R (2)	S (3)	F (4)
Squelette.....	0,76	— 0,71	11,53	0,8499	4,11	0,88
Muscles.....	2,91	— 2,30	— 16,28	0,9853	9,86	1,57
Dépôts adipeux.....	— 2,88	3,23	5,38	0,8911	6,73	6,73**
Eau.....	2,36	— 1,86	— 1,67	0,9901	6,55	2,32
Matières grasses.....	— 2,66	2,98	3,61	0,8852	6,56	6,02**
Matières minérales.....	0,39	— 0,38	1,79	0,9211	1,21	2,84
Matières azotées.....	0,69	— 0,53	— 3,09	0,9932	1,76	2,65

(1) X = poids des composants en kg

P = poids de la carcasse en kg

V = volume de la carcasse en dm<sup>3</sup>

(2) R = coefficient de corrélation multiple entre Y et (X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>)

(3) S = écart type résiduel de la régression (kg)

(4) F = test de signification de l'apport de la seconde variable X<sub>2</sub>

\*\* F significatif au niveau 0,01 s'il est supérieur à 4,04.

L'analyse de ces premiers résultats confirme que le volume de la carcasse dépend en premier lieu du poids des dépôts adipeux ou des matières grasses, à poids de carcasse fixé ; mais elle montre également que le volume dépend de la composition de la masse maigre (rapport muscle/os, en particulier) variable entre races.

Nous devons donc poursuivre cette étude avec un plus grand nombre d'animaux de chaque race, de façon à proposer des équations d'estimation adaptées à chacune d'entre elles.

*Reçu pour publication en février 1975.*

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier R. TOMASSONE (Laboratoire de Biométrie du C. N. R. Z. de Jouy en Josas) pour sa contribution à l'analyse statistique des résultats.



## SUMMARY

RELATIONSHIP BETWEEN THE VOLUME OF THE BEEF CARCASS  
AND THE WEIGHT OF ITS ANATOMICAL AND CHEMICAL COMPONENTS

Thirty one young bulls of 3 breeds were used to calculate the relationship between the volume of the carcass and the weight of its different anatomical components (skeleton muscles, fat depots) or chemical components (water, fat, minerals, protein). There was a very close relationship, the multiple correlation coefficient being 0.999.

At the same carcass weight, the volume was principally related to the weight of fat depots ( $R = 0.44$ ) or lipids ( $R = 0.42$ ), but at the same weight of fat, it was also related to the composition of the lean mass (proportion of muscles or minerals and protein). On account of the variability between breeds as regards the composition of the lean mass, we assume that the relationship between the volume and the degree of fatness of the carcass would be closer within each breed. A calculation made from our first findings tends to confirm this hypothesis.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEHNKE, 1941. Cité par BROZECK J., KEY A., 1951. The evaluation of thickness-fatness in man : norms and interrelationships. *Brit. J. Nutr.*, **5**, 194-202.
- BIEBER D. D., SAFFLE R. L., 1961. Calculation of fat and protein content of beef from specific gravity and moisture. *J. Anim. Sci.*, **20**, 239-243.
- BROWN C. J., HILLER J. C., WHATLEY J. A., 1951. Specific gravity as a measure of the fat content of the pork carcass. *J. Anim. Sci.*, **10**, 97-103.
- DESMOULIN B., 1970. La détermination de la densité corporelle. I. Principes et conditions d'une mesure directe de l'état d'engraissement de la carcasse de porc. *Journées Rech. porcine en France*, 171-175, I. N. R. A., I. T. P. éd, Paris.
- GARRETT W. N., 1968. Experiences in the use of body density as an estimator of body composition of animals. In *Body composition of Animals and Man*. Pub. 1598. National Academy of Sciences Washington, D. C.
- GARRETT W. N., HINMAN N., 1969. Re-evaluation of the relationship between carcass density and body composition of beef steers. *J. Anim. Sci.*, **28**, 1-5.
- GEAY Y., BERANGER C., 1969. Estimation de la composition de la carcasse de jeunes bovins à partir de la composition d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 11<sup>e</sup> côte. *Ann. Zootech.*, **18**, 65-77.
- GIL E. A., JOHNSON R. R., CAHILL V. R., McCLURE K. E., KLOSTERMAN E. W., 1970. An evaluation of carcass specific volume, dye dilution, and empty body parameters as predictors of beef carcass composition over a wide range of fatness. *J. Anim. Sci.*, **31**, 459-469.
- KHANDEKAR V. N., McMANUS W. R., GOLDSTONE C. L., 1965. Some indices of carcass composition of dorset horn top-cross lambs. II. Specific gravity as an index of the fat content of the carcass and various joints. *J. Agr. Sci.*, **65**, 155-158.
- KIRTON A. H., BARTON R. A., 1958. Specific gravity as an index of fat content of mutton carcasses and various joints. *N. Z. J. Agric. Res.* **1**, 633-641.
- KLINE E. A., ASHTON G. C., KASTELIC J., 1955. The effect of chilling time on the specific gravity of hog carcass and upon the correlation between specific gravity and measures of fatness. *J. Anim. Sci.*, **14**, 1230.
- KRAYBILL H. F., BITTER H. L., HANKINS O. G., 1952. Body composition of cattle. II. Determination of fat and water content from measurement of body specific gravity. *J. Appl. Physiol.*, **4**, 575-583.
- LEDGER H. P., GILLIVER B., 1973. An examination of sample joint dissection and specific gravity techniques for assessing the carcass composition of steers slaughtered in commercial abattoirs. *J. Agric. Sci.*, **80**, 381-392.
- LOFGREEN G. P., GARRETT W. N., 1954. Creatine excretion and specific gravity as related to the composition of the 9-10-11th rib cut of Hereford steers. *J. Anim. Sci.*, **13**, 496-499.
- MEYER J. H., 1962. Removing sources of error in lamb feeding experiments. *J. Anim. Sci.*, **21**, 127-131.
- PEARSON A. M., PURCHAS R. W., REINEKE E. P., 1968. Theory and potential usefulness of body density as a predictor of body composition. In *Body composition of Animals and Mans*. Pub. 1598. National Academy of Sciences Washington, D. C.

- PRADHAN S. L., McMANUS W. R., GOLDSTONE C. L., HART R. F., KHANDEKAR V. N., ARNOLD G. W., 1966. Indices of the carcass composition of Dorset Horn top-cross lambs. III. Relationships between chemical composition, specific gravity and weight of carcass and joints. *J. Agric. Sci.*, **66**, 41-47.
- PRESTON R. L., VANCE R. D., CAHILL V. R., KOCK S. W., 1974. Carcass specific gravity and carcass composition in cattle and the effect of bone proportionality on this relationship. *J. Anim. Sci.*, **38**, 47-51.
- RATHBUN E. N., PACE N., 1945. Studies on body composition. I. The determination of total body fat by means of the body specific gravity. *J. Biol. Chem.*, **158**, 667-676.
- RATTRAY R. V., GARRETT W. N., HINMAN N., EAST N. E., MEYER H. H., 1973. Relationships between carcass density and body composition with observations on differences in the fat free body composition in sheep. *J. Anim. Sci.*, **37**, 1332-1338.
- ROBELIN J., GEAY Y., BERANGER C., 1975. Estimation de la composition chimique des carcasses de jeunes bovins mâles à partir de la proportion de dépôts adipeux d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 11<sup>e</sup> côte. *Ann. Zootech.*, **24**, 325-326.
- TIMON V. M., BICHARD M., 1965. Quantitative estimates of lamb carcass composition. III. Carcass measurements and a comparison of the predictive efficiency of sample joint composition, carcass specific gravity determinations and carcass measurements. *Anim. Prod.*, **7**, 189-201.
-