

Estimation de la composition chimique du mouton adulte

Françoise DOIZE, R. de WILDE * et R. PAQUAY

avec la collaboration technique de Marie-Antoinette BOUCKOMS et D. CLOOSTERMANS

*Laboratoire de Physiologie Animale, Facultés Universitaires, N.-D. de la Paix,
rue de Bruxelles 61, B-5000 Namur, Belgique*

Résumé

En vue d'élaborer des formules permettant d'estimer la composition chimique de moutons adultes montrant une très grande variabilité de poids et de niveau d'engraissement, 13 brebis et 2 béliers Suffolk, âgés d'au moins 2 ans et demi, ont été abattus et analysés après la détermination de l'espace de diffusion de l'eau tritiée. Ils avaient auparavant été soumis, pendant des périodes de temps prolongées, à des conditions alimentaires très variables.

Le poids vif des moutons variait de 43,5 à 93,9 kg et la teneur en graisses du poids vide sans laine, de 7,2 à 48,2 p. 100.

La différence de poids entre les animaux gras (plus de 60 kg de poids vide sans laine) et les autres est constituée à raison de 60 p. 100 par de la graisse.

Lorsque le poids vide sans laine est connu, il est possible d'estimer avec une bonne approximation la composition chimique du corps des animaux.

En moyenne, l'espace de diffusion de l'eau tritiée surestime de 5,7 p. 100 le volume total d'eau corporelle. Cette différence n'est pas influencée par l'état d'engraissement.

A partir du poids vif (PV, en kg) et de l'espace de diffusion de l'eau tritiée (ED, en l) les équations suivantes ont été calculées :

Eau corporelle totale (l) = 2.280 + 0,849 ED

($r = 0,969$ ETR = 1,73).

Graisse corporelle (kg) = - 4,035 + 0,928 PV - 1,022 ED

($R^2 = 0,990$ ETR = 1,84).

Protéines corporelles (kg) = - 2,494 + 0,055 PV + 0,211 ED

($R^2 = 0,976$ ETR = 0,61).

Minéraux corporels (kg) = - 0,002 + 0,057 ED

($r = 0,929$ ETR = 0,18).

Énergie corporelle (MJ) = - 66,614 + 36,658 PV - 38,987 ED

($R^2 = 0,993$ ETR = 60,40).

Il est donc possible d'estimer valablement la composition « in vivo » de moutons adultes à partir du poids vif et de l'espace de diffusion de l'eau tritiée.

* Laboratorium voor diervoedingler, Rijksuniversiteit Gent, Merelbeke, Belgique.

Introduction

Dans ses méthodes d'évaluation des espèces domestiques, le zootechnicien a toujours été attentif aux modifications de la composition chimique des animaux lors de la croissance ou de l'engraissement. Il s'est efforcé d'estimer, sinon de déterminer, les changements provoqués par l'alimentation dans les dépôts corporels, principalement de graisses et de substances azotées.

Le mouton est un animal largement étudié dans ce domaine, mais la plupart des publications traitant de la composition chimique de cette espèce et de son estimation ont été réalisées à partir d'animaux en croissance ou adultes ne présentant qu'un éventail limité de variations pondérales. Les études réalisées sur des groupes d'ovins adultes montrant une très grande variabilité de poids et pouvant atteindre un poids vif élevé sont rares.

Dans le cadre de nos recherches sur le contrôle à long terme des ingestions volontaires, nous provoquons chez le mouton des variations considérables de poids. Nous devons être capables d'estimer régulièrement l'état d'engraissement des animaux, aussi avons nous été amenés à mettre au point une méthode permettant d'estimer « in vivo » la composition corporelle du mouton.

Deux revues bibliographiques (DUMONT, 1958; ROBÉLIN, 1973) et divers articles publiés sur ce sujet lors de la dernière décennie et relatifs au mouton (DONNELLY et FREER, 1974; FARRELL et REARDON, 1972; FOOT, SKEDD et Mc FARLANE, 1979; HOUSEMAN, ROBINSON et FRASER, 1978; KEENAN, Mc MANUS et FREER, 1969; SEARLE, 1970; SMITH et SYKES, 1974) nous ont incité à utiliser la technique de l'espace de diffusion de l'eau tritiée. Pour estimer la composition de nos animaux, nous avons ensuite utilisé les formules données par ces auteurs et permettant de déterminer les teneurs en eau, en graisses, en protéines, en minéraux et en énergie des organismes à partir du poids vif et de l'espace de diffusion. Nous avons, pour chaque animal et pour chaque constituant corporel, obtenu des résultats parfois très différents selon les formules utilisées. Nous avons en conséquence été amenés à abattre un groupe d'animaux afin de déterminer la composition corporelle et mettre au point nos propres équations.

Les résultats relatifs à la composition corporelle et à l'estimation de cette composition sont décrits dans cet article.

Matériel et méthodes

Animaux et alimentation

Quinze moutons, treize brebis et deux béliers, de race Suffolk ont été utilisés. Quelques informations générales relatives à ces animaux et à leurs conditions préalables d'alimentation et d'évolution pondérale sont données dans le tableau 1.

Les moutons étaient âgés d'au moins deux ans et demi et montraient une conformation zootechnique moyenne pour des animaux de cette race dans notre pays. Ils avaient été soumis auparavant à des conditions alimentaires très variables

TABLEAU I
Informations générales relatives aux moutons
General information about the sheep.

Date d'abattage Date of slaughter	Age années (¹) Ages (years)	Conditions préalables d'alimentation Feeding conditions prior to the experiment	Previous weight gain		
			Date	Poids (²)	Poids (³)
1. 29-03-78	7 +	Pâture jusqu'au 23-02; depuis le 23-02 : ration d'entretien. <i>Pasture until 23-02; since 23-02 : maintenance ration</i>	24-02-78	71,5	62,2
2. 11-05-78	7 +	Pâture jusqu'au 06-04; depuis le 06-04 : 0,2 kg foin de prairie. <i>Pasture until 06-04; since 06-04 : 0.2 kg meadow hay</i>	06-04-78	52,3	43,5
3. 26-06-78	3	Ration d'entretien depuis fin août 1977. <i>Maintenance ration since late august 1977</i>	01-09-77	58,0	53,1
4. 26-06-78	2,5	idem	01-09-77	52,8	48,1
5. 28-06-78	3	Généralement concentrés à volonté depuis fin août 1977. <i>Generally concentrates ad-libitum since late August 1977</i>	01-09-77	65,1	88,8
6. 26-06-78	3	idem	01-09-77	72,3	93,9
7. 28-06-78	2,5	idem	01-09-77	56,9	87,4
8. 16-10-78	2,5	Pâture jusqu'au 06-09, depuis 06-09 : demi-ration d'entretien. <i>Pasture until 06-09; since 06-09 : 1/2 maintenance ration</i>	07-09-78	67,4	60,5
9. 23-10-78	3 +	idem	07-09-78	51,2	48,7
10. 16-10-78	2,5	Pâture jusqu'au 06-09; depuis 06-09 : ration d'entretien. <i>Pasture until 06-09; since 06-09 : maintenance ration</i>	07-09-78	48,2	46,6
11. 16-10-78	3 +	idem	07-09-78	55,2	54,5
12. 23-10-78	3,5	Pâture jusqu'au 06-09; depuis le 06-09 : triple ration d'entretien. <i>Pasture until 06-09; since 06-09 : triple ration</i>	07-09-78	52,3	56,3
13. 23-10-78	3 +	idem	07-09-78	53,0	58,2
14. 23-06-78	5 +	Généralement concentrés à volonté depuis fin août 1977. <i>Generally concentrates ad-libitum since late August 1977</i>	01-09-77	78,2	92,8
15. 23-06-78	3	idem	01-09-77	65,0	92,0

Les animaux 1 à 13 sont les brebis, 14 et 15, les béliers (*Animals n° 1-13 are ewes, n° 14 and 15 are rams*).

(¹) + signifie que l'animal était âgé d'au moins (+) indique que l'animal was at least-years old).

(²) Poids vif à la date indiquée (*live weight at the indicated date*).

(³) Poids vif au moment de l'abattage, soit après au moins 24 heures de jeûne. (*Live weight at slaughter i.e. after at least 24 h. of fasting*).

allant de l'ingestion illimitée de concentrés pendant de nombreux mois à une stricte sous-alimentation. Il s'en était suivi de fortes modifications du poids vif.

Abattage et analyse des animaux

Les animaux, après avoir subi le test d'estimation de l'espace de diffusion de l'eau tritiée, soit après au moins 24 heures de mise à jeun, sont pesés à 100 g près. Ils sont tondus et la laine est pesée et échantillonnée. Une tranquillisation au Rompun (dérivé de la Thiazine) et l'injection intraveineuse d'héparine (en vue de faciliter la récolte du sang) sont réalisées. Une dose de 600 à 1 200 mg de pentobarbital sodique est administrée et les vaisseaux du cou sont sectionnés. Le sang et le contenu digestif sont recueillis, pesés et échantillonnés. Les abats (organes internes, peau, graisses, tête, extrémités des membres) sont séparés de la carcasse et, de même que les deux moitiés de celle-ci, sont pesés.

Les abats et la moitié de la carcasse sont autoclavés dans des récipients séparés, pendant 15 heures à 125° C (DE WILDE, 1977). Les différents composants (y compris les os et les dents) sont ramollis. Ils peuvent être ainsi facilement homogénéisés et échantillonnés.

La teneur en matière sèche du contenu digestif est déterminée par dessiccation à l'étuve à 100° C pendant 24 heures. La laine, le sang, la carcasse et les abats sont analysés par les méthodes classiques : lyophilisation pour la matière sèche, méthode de Kjeldahl pour les protéines (azote \times 6,25), extraction à l'éther pour les graisses, incinération au four pour les matières minérales.

Détermination de l'espace de diffusion de l'eau tritiée

Le jour avant la mesure de l'espace de diffusion de l'eau tritiée, les aliments sont distribués aux heures habituelles (10 h pour le foin, 11 h 30 pour les concentrés). Les refus sont retirés à 16 h et l'eau de boisson est supprimée le lendemain matin à 9 h, soit au moment de l'injection de l'eau tritiée. Cette injection est précédée d'une première prise de sang par ponction jugulaire, récoltée dans un tube hépariné. Un ml de la solution stock d'eau tritiée (275 μ Ci dilués dans de l'eau physiologique) est dilué dans 2,5 à 3 ml d'eau physiologique et injecté dans la jugulaire.

Sept heures plus tard, une deuxième prise de sang est réalisée dans la jugulaire opposée. Les animaux sont pesés à 100 g près; les urines éliminées depuis l'injection sont pesées et échantillonnées.

Les échantillons de sang sont centrifugés et 1 ml de plasma est placé dans une fiole contenant 9 ml de liquide de scintillation (Lumagel de Lumac). Le comptage (en 3 reprises au moins) est réalisé après un séjour de 12 heures à l'obscurité. Ensuite, 100 μ Ci de toluène tritié sont ajoutés à chaque échantillon et un second comptage est réalisé.

Les échantillons d'urine sont centrifugés et traités de la même manière que le plasma.

L'espace de diffusion de l'eau tritiée est calculé à partir du nombre de dpm injectés et du nombre de dpm contenus dans chaque ml de plasma et réellement dus à l'injection. Ces nombres sont obtenus en déterminant l'efficacité de comptage de chaque échantillon (par le toluène), en retirant des valeurs obtenues le soir

(2^e prise de sang) celles mesurées le matin (1^{re} prise de sang) et en apportant une correction (1,0989) pour la teneur en matière sèche du plasma (BLUNT, 1975).

Les pertes de marqueur par les urines peuvent être déduites du nombre total de dpm injectés.

Résultats

Constituants corporels et composition chimique

Le poids vif des animaux au moment de l'abattage (tableau 1) varie entre 43,5 et 93,9 kg avec une moyenne de 65,8 (\pm 19,2) kg.

Le contenu digestif pèse entre 5,2 et 9,9 kg avec une moyenne de 7,4 \pm 1,5 kg. En moyenne, il représente 11,2 p. 100 du poids vif et son eau constitue de 11,8 à 28,4 p. 100 de l'eau corporelle totale (17,9 \pm 5,0 en moyenne).

La laine recueillie pèse entre 0,8 et 3,7 kg par animal avec une moyenne de 2,0 kg. Les protéines constituent l'élément de base de la laine (63,1 \pm 3,8 p. 100 en moyenne de la laine totale). La teneur en eau est de 6,2 à 13,7 p. 100 avec une moyenne de 10,0 (\pm 2,2) p. 100 et cette eau représente en moyenne 0,56 p. 100 de l'eau corporelle totale.

Selon les animaux, 2,5 à 4,4 kg de sang sont recueillis (3,2 \pm 0,5 kg en moyenne). Ce sang ne constitue donc en moyenne que 4,9 p. 100 du poids vif soit une valeur inférieure à celle généralement donnée pour le volume sanguin total (7 p. 100).

La teneur en matière sèche du sang varie de 8,3 à 21,9 p. 100 avec une moyenne de 15,9 \pm 3,8 p. 100. Cette matière sèche est essentiellement constituée de substances azotées car matières grasses et minéraux réunis représentent moins de 1 p. 100 du sang total.

Les carcasses pèsent entre 15,8 et 58,7 kg avec une moyenne de 32,7 \pm 12,6 kg, soit de 36,3 à 57,2 p. 100 du poids vif (48,6 \pm 5,6 p. 100 en moyenne). Les teneurs en eau (37,0 à 66,3 p. 100, 52,0 \pm 7,4 en moyenne), en graisses (8,7 à 48,8 p. 100, 27,0 \pm 10,0 en moyenne), en protéines (12,0 à 19,6 p. 100, 16,6 \pm 2,1 en moyenne) et en énergie (7,3 à 21,3 MJ/kg, 13,4 \pm 3,7 en moyenne) y sont très variables. Ajoutons qu'en moyenne les substances azotées des carcasses ne forment que 54 p. 100 des substances azotées corporelles totales du corps vide.

Les abats constituent de 13,1 à 30,1 kg (20,5 \pm 6,2 en moyenne), soit de 28,1 à 35,9 p. 100 du poids vif (31,1 \pm 2,5 en moyenne). La composition chimique moyenne est proche de celle des carcasses mais avec des extrêmes plus accentués pour les différents constituants. Il faut d'ailleurs noter qu'il n'est pas toujours facile de réaliser une nette séparation entre la carcasse et les abats, notamment au niveau des graisses sous-cutanées et abdominales.

Diverses autres valeurs relatives à la composition chimique des animaux sont données dans le tableau 2. La graisse est l'élément le plus variable du corps vide sans laine (7,2 à 48,2 p. 100) mais on notera aussi que les teneurs en protéines et en minéraux sont loin d'être constantes. S'il est exprimé sur la base de la matière sèche, le corps vide sans laine se compose de 23,8 à 77,4 p. 100 de graisses (54,9 \pm 14,4 p. 100 en moyenne), de 17,5 à 56,3 p. 100 de protéines (34,0 \pm 10,2) et de 4,0 à 14,9 p. 100 de minéraux (9,0 \pm 3,1). Ces modifications, liées à celles du poids de l'animal, font que la quantité totale d'énergie contenue dans la carcasse et les abats varie de 209 à 1814 MJ.

TABLEAU 2
Composition chimique des animaux
Chemical composition of the animals

	Corps vide sans laine Wool free empty body						Carcasse + Abats Carcass + Offals				
	Total kg	Eau Water		Protéines Protein		Graisses Fat		Minéraux Minerals		Énergie Energy	
		kg	p. 100	kg	p. 100	kg	p. 100	kg	p. 100	MJ	MJ/kg
1	49,8	26,32	52,9	6,63	13,3	14,70	29,5	1,74	3,5	712	14,3
2	32,2	22,39	69,5	5,52	17,1	2,33	7,2	1,46	4,5	209	6,5
3	44,4	25,16	56,7	7,99	16,0	9,99	22,5	1,88	4,2	536	12,1
4	41,3	22,98	55,6	6,58	15,9	8,55	20,7	1,91	4,6	498	12,1
3	78,7	34,52	43,9	9,72	12,4	32,02	40,7	2,17	2,8	1 434	18,2
6	85,8	32,41	37,8	9,35	10,9	41,32	48,2	2,14	2,5	1 814	21,1
7	77,9	31,69	49,7	9,36	12,0	34,60	44,4	2,17	2,8	1 484	19,1
8	51,9	26,69	51,4	7,89	15,2	13,18	25,4	2,24	4,3	699	13,5
9	39,4	25,57	64,9	6,19	15,7	6,67	16,9	1,73	4,4	384	9,8
10	37,9	23,29	61,5	6,44	17,0	5,69	15,0	1,71	4,5	381	10,1
11	45,4	25,24	55,6	6,96	15,3	10,38	22,9	1,92	4,2	582	12,8
12	49,4	27,82	56,3	7,92	16,0	10,17	20,6	2,10	4,3	559	11,3
13	48,6	28,64	58,9	7,74	15,9	10,10	20,8	2,25	4,6	556	11,4
14	81,0	44,35	54,8	12,91	15,9	21,89	27,0	3,33	4,1	1 051	13,0
15	82,2	39,18	47,7	11,78	14,3	27,72	37,7	2,72	3,3	1 314	16,7
Moyenne	56,4	29,08	53,9	8,14	14,9	16,62	26,6	2,10	3,9	814	13,4
DS	18,9	6,30	8,76	2,11	1,9	11,93	11,5	0,45	0,7	483	3,84

TABLEAU 3

Poids et composition du corps vide sans laine des moutons répartis selon leur état d'engraissement
 Weight and composition of the wool free empty body of sheep distributed according to fatness

Groupe Group	Total kg	Eau Water		Protéines Protein		Graisses Fat		Minéraux Minerals		Énergie Energy	
		kg	p. 100	kg	p. 100	kg	p. 100	kg	p. 100	MJ	MJ/kg
1 . .	Moyenne . .	81,12	44,98	10,62	13,10	31,51	39,60	2,51	3,10	1 419	17,48
	DS	3,13	6,61	1,63	1,99	7,30	8,06	0,52	0,63	277	3,10
2 . .	Moyenne . .	44,93	58,33	6,90	15,74	9,18	20,15	1,89	4,31	512	11,39
	DS	6,27	5,55	0,79	1,06	3,59	6,09	0,25	0,32	153	2,21
1-2 (1) .	Moyenne . .	37,99	29,71	3,72	10,02	22,33	60,20	0,62	1,67	908	24,47

Groupe 1 : moutons (sheep) 5, 6, 7, 14, 15.

Groupe 2 : moutons (sheep) 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

(1) 1-2 : différence entre le groupe 1 et le groupe 2 (difference between group 1 and 2).

Effets de l'engraissement sur la composition chimique du corps

Les animaux ont, selon leur état d'engraissement, été divisés en deux groupes : gras (groupe 1, plus de 60 kg de poids vide sans laine, 5 moutons) et non gras (groupe 2, moins de 60 kg, 10 moutons). Les valeurs moyennes pour le poids vide sans laine et sa composition ainsi que les différences entre les groupes sont données dans le tableau 3.

On observe que les animaux gras présentent un taux de graisses double de celui des animaux non gras et, la différence de poids aidant, la quantité d'énergie corporelle est trois fois plus grande chez les animaux gras. L'écart entre les teneurs en graisses est compensé principalement par un écart inverse entre les teneurs en eau, mais aussi en protéines et en minéraux.

Si on considère la différence de poids entre les deux groupes d'animaux, on constate que cette différence est constituée à raison de 60 p. 100 par de la graisse et que les proportions d'eau, de protéines et de minéraux sont nettement inférieures aux teneurs corporelles de ces constituants, même chez le mouton gras.

Relations entre les substances chimiques et le poids vide sans laine

Les coefficients de corrélation entre le poids vide sans laine des animaux et les substances corporelles sont donnés dans le tableau 4.

TABLEAU 4

Coefficients de corrélation entre le poids vif vide sans laine et les substances corporelles
Coefficients of correlation between wool free empty body weight and body components

	kg ou (or) MJ	p. 100 ou (or) MJ/kg du PVSL (1)
Eau (<i>water</i>)	0,880***	— 0,850***
Protéines (<i>Protein</i>)	0,899***	— 0,751***
Graisses (<i>Fat</i>)	0,947***	0,898***
Minéraux (<i>Minerals</i>)	0,729***	— 0,829***
Énergie (<i>Energy</i>)	0,852***	0,857***

*** $P < 0,001$.

(1) PVSL = *wool free empty body weight*.

Il en ressort que pour l'ensemble des animaux, il existe une relation étroite entre le poids vide sans laine et la composition chimique. Lorsque ce poids est connu, il est donc possible d'estimer avec une bonne approximation la composition chimique du mouton adulte quel que soit son niveau d'engraissement. Les équations suivantes, avec x = le poids vif vide sans laine (en kg) et y = les constituants corporels (en kg ou en M), ont été obtenues :

$$\text{eau (kg) : } y = 0,29x + 12,51$$

$$(\gamma = 0,880 \quad \text{ETR} = 3,11),$$

protéines (kg) : $y = 0.10x + 2,46$
($r = 0.899$ ETR = 0,96).

graisses (kg) : $y = 0.60x - 17,18$
($r = 0.947$ ETR = 3,96).

énergie (MJ) : $y = 24.50x - 567,47$
($r = 0.957$ ETR = 145,63).

Espace de diffusion de l'eau tritiée et eau corporelle

Étant donné que nous avons eu des ennuis techniques lors de la détermination de l'espace de diffusion de l'eau tritiée chez deux brebis (10 et 13) et que les résultats obtenus pour ces animaux sont dès lors sujets à caution, ils sont éliminés pour l'interprétation des résultats de l'espace de diffusion de l'eau tritiée.

TABLEAU 5

Eau corporelle des animaux
Body water of the animals

	Eau corporelle totale (p. 100 du poids vif) <i>Total body water (p. 100 of live weight)</i>		
	Espace de diffusion <i>Water space</i>	Déterminée <i>Determined</i>	Différence <i>Difference</i>
1	59,65	57,14	2,51
2	79,95	72,22	7,73
3	64,26	60,52	3,74
4	67,70	57,76	9,94
5	50,66	45,74	4,92
6	41,66	39,91	1,75
7	52,00	43,91	8,09
8	62,56	53,23	9,33
9	67,17	66,14	1,03
11	63,76	57,49	6,27
12	64,94	57,61	7,33
14	61,57	56,60	4,97
15	56,01	48,74	7,27
Moyenne (<i>Average</i>)	60,91	55,15	5,76
DS (<i>Standard deviation</i>)	9,43	9,93	2,87

Les résultats individuels et moyens relatifs à l'eau corporelle des animaux sont donnés dans le tableau 5. Dans le calcul de l'espace de diffusion, il n'est pas tenu compte des pertes de tritium par les urines.

Dans ces conditions, l'espace de diffusion de l'eau tritiée surestime, en moyenne, l'eau corporelle totale de 5,7 p. 100.

Si, comme précédemment, nous divisons les moutons en gras (groupe 1, tabl. 3) et non gras (groupe 2), la surestimation de l'eau corporelle par l'espace de diffusion est en moyenne de $5,40 \pm 2,47$ et $5,99 \pm 3,24$ p. 100 pour les groupes 1 et 2. L'état d'engraissement n'a donc pas d'effet apparent sur la valeur de la surestimation.

Pendant les 7 heures séparant l'injection de l'eau tritiée de la deuxième prise de sang, 11 des 13 moutons ont perdu en moyenne dans les urines 0,42 ($\pm 0,27$) p. 100 avec des valeurs extrêmes de 0,11 et 0,81 p. 100 du tritium injecté. Cette valeur ne représente donc qu'une faible proportion de la surestimation totale de l'eau corporelle par l'espace de diffusion. Elle peut être négligée.

Estimation in vivo de la composition corporelle

Les coefficients de corrélation, simples et multiples obtenus entre, d'une part le poids vif (PV) ou (et) l'espace de diffusion de l'eau tritiée (ED) et d'autre part les constituants corporels sont donnés dans le tableau 6.

TABLEAU 6

Coefficients de corrélation, simples et multiples, entre les constituants corporels, le poids vif et l'espace de diffusion de l'eau tritiée.
Simple and multiple coefficients of correlation between body components, live weight and tritiated water space

	Poids vif <i>Live weight</i> PV (kg)	Espace de diffusion <i>Tritiated water space</i>		Poids vif + espace de diffusion <i>Live weight</i> + <i>tritiated</i> <i>water space</i> (kg et l) R ²
		(l) <i>r</i>	(p. 100 PV) <i>r</i>	
Eau corporelle totale <i>Total body water</i>	kg. 0,845*** p. 100 PV — 0,826***	0,970*** — 0,471	0,953***	0,942***
Graisse corporelle <i>Body fat</i>	kg. 0,933*** p. 100 PV 0,791***	0,614 — 0,348	— 0,976***	0,984***
Protéines corporelles <i>Body protein</i>	kg. 0,856*** p. 100 PV — 0,412	0,826*** 0,026	0,715**	0,954***
Minéraux corporels <i>Body minerals</i>	kg. 0,793*** p. 100 PV — 0,793***	0,930*** — 0,444	— 0,096	0,864***
Énergie corporelle <i>Body energy</i>	Mcal. 0,941*** kcal/kg 0,819***	0,630* 0,360	— 0,023	0,989***

Degré de signification (*Degree of significance*) : * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

A partir de ED, seul ou avec le poids vif, il est donc possible d'estimer *in vivo*, avec une bonne approximation la composition chimique du mouton adulte.

L'introduction du poids vif dans l'équation permettant de calculer l'eau corporelle totale à partir de ED n'améliore pas la valeur de l'estimation; l'équation suivante est retenue :

$$\text{Eau corporelle totale (kg)} = 2,280 + 0,849 \text{ ED (l)}$$

$$(r = 0,969, \text{ETR} = 1,73)$$

La prise en considération du poids vif permet au contraire d'améliorer l'estimation des graisses corporelles :

$$\text{Graisses corporelles (kg)} = -4,035 + 0,928 \text{ PV (kg)} - 1,022 \text{ ED (l)} \\ (R^2 = 0,990, \text{ERT} = 1,84)$$

Pour les autres constituants, les équations suivantes ont été obtenues :

$$\text{Protéines corporelles (kg)} = -2,494 + 0,055 \text{ PV (kg)} + 0,211 \text{ ED (l)} \\ (R^2 = 0,976 \text{ ETR} = 0,61)$$

$$\text{Minéraux corporels (kg)} = -0,002 + 0,057 \text{ ED (kg)} \\ (r = 0,929, \text{ETR} = 0,18)$$

$$\text{Energie corporelle (MJ)} = -66,614 + 36,568 \text{ PV (kg)} - 38,987 \text{ ED (l)} \\ (R^2 = 0,993 \text{ ETR} = 60,40)$$

A partir de ces équations, nous avons estimé la composition corporelle de nos moutons. Les valeurs estimées et les valeurs réelles ont évidemment été le plus souvent très proches les unes des autres. Pour tester la valeur de cette estimation selon l'état d'engraissement des animaux, nous avons ici encore divisé nos moutons en deux groupes (gras et non gras, tabl. 3). Pour l'eau et les graisses, les différences moyennes entre les valeurs réelles et estimées ont été :

Moutons <i>Sheep</i>	Eau (l) <i>Water</i>	Graisses (kg) <i>Fat</i>
Gras (<i>Fat</i>)	0,12 ± 1,74	0,30 ± 1,30
Maigres (<i>Lean</i>)	-0,08 ± 1,66	0,31 ± 1,79

Il ne paraît y avoir aucune différence entre les groupes quant à la valeur de de l'estimation de l'eau et des graisses corporelles pour nos formules.

Discussion

Les techniques généralement utilisées pour la détermination de la composition chimique de l'organisme animal sont variées et plus ou moins fastidieuses : séparation des tissus mous et durs, broyage et mixage, congélation et pulvérisation. Pour notre part, nous avons retenu pour la préparation des échantillons des carcasses et des abats la technique de passage à l'autoclave mise au point à l'Université de Gent (DE WILDE, 1977). Cette technique a pour avantage d'être de réalisation aisée et de nombreuses vérifications ont montré que les pertes de substances organiques sont négligeables.

L'engraissement d'un mouton adulte partant d'un poids moyen constitue essentiellement un dépôt de graisses (plus de 75 p. 100) avec un pourcentage de protéines inférieur à 10 p. 100 (BURTON *et al.*, 1974, SYKES, 1974). La comparaison de la composition chimique de nos animaux (gras et autres) nous permet d'arriver à la même conclusion. Chez des animaux de même race et de conformation zootechnique comparable, les changements de poids entraînent donc de nettes modifications de la composition corporelle. En conséquence, si le poids vide sans laine

est connu, il est possible d'estimer la composition chimique des animaux avec une bonne approximation.

Dans nos conditions de travail, l'espace de diffusion de l'eau tritiée surestime en moyenne l'eau corporelle totale de 5,7 p. 100. Cette valeur est égale à celle obtenue par SEARLE (1970), inférieure à celles calculées par DONNELLY et FREER (1974), FARRELL et REARDON (1972), FOOT, SKEDD et Mc FARLANE (1979), KEENAN, Mc MANUS et FREER (1969). FOOT, SKEDD et Mc FARLANE (1979) dans une autre expérience et SYKES (1974) trouvent au contraire une bonne relation entre les deux paramètres.

Cette différence de 5,7 p. 100 pouvait être attendue, car diverses sources d'erreur ne sont pas considérées par la technique. La perte d'eau tritiée par les urines atteint en moyenne 0,42 p. 100 chez nos moutons en 7 heures; elle est de 1,49 p. 100 en 8 heures chez SMITH et SYKES (1974). Les pertes cutanées et respiratoires seraient inférieures à 1 p. 100 (TILL et DOWNES, mentionnés par SMITH et SYKES, 1974). Les échanges de tritium avec l'hydrogène corporel doivent aussi être mentionnés. CULEBRAS et MOORE (1977) ont calculé que l'hydrogène échangeable total du corps animal représente 5,22 p. 100, mais ces auteurs concluent que ce maximum est très loin d'être atteint pendant les courtes périodes de temps utilisées pour la détermination de l'espace de diffusion de l'eau tritiée. FARRELL et REARDON (1972) estiment que 0,2 p. 100 seulement de la dose injectée a servi aux échanges avec l'hydrogène des constituants corporels.

Une erreur dans l'estimation de l'eau corporelle pourrait aussi provenir du contenu digestif important du ruminant. Chez nos animaux, l'eau du contenu digestif représente en moyenne 17,9 p. 100 de l'eau corporelle totale. Des valeurs entre 16 et 26 p. 100 ont été trouvées par d'autres auteurs (FARRELL et REARDON, 1972; FOOT, SKEDD et Mc FARLANE, 1979; KEENAN, Mc MANUS et FREER, 1969; SYKES, 1974). Dans nos conditions expérimentales nous attendons 7 heures après l'injection de l'eau tritiée pour effectuer la prise de sang destinée à calculer l'espace de diffusion de l'eau tritiée. Ce délai a été choisi parce que d'après les données de la littérature, il est suffisant pour assurer une diffusion uniforme de l'eau tritiée dans l'organisme et parce que, à ce moment, les pertes de tritium, notamment par les urines, ne sont pas encore très élevées.

Enfin, la non-prise en considération de la laine est une autre source possible d'erreur. Dans notre cas, en effet, l'eau de la laine représente en moyenne 0,56 p. 100 de l'eau corporelle totale.

Nos valeurs montrent en plus que l'état d'engraissement de l'animal n'a pas d'effet apparent sur l'exactitude de l'estimation de l'eau corporelle par l'espace de diffusion. Il ne modifie pas non plus la valeur de l'estimation « in vivo » de la composition corporelle à partir du poids vif et de l'espace de diffusion. Nos formules peuvent donc être appliquées à des animaux adultes montrant une très grande variabilité pondérale.

L'estimation du poids des différents composants corporels de nos moutons a été réalisée à partir des équations décrites dans la littérature par les auteurs précités. Entre les valeurs estimées et les valeurs réelles, les différences vont de + 3,5 l (FOOT, SKEDD et Mc FARLANE, 1979) à - 6,8 l (HOUSEMAN, ROBINSON et FRASER, 1978) pour l'eau, de - 4,4 kg (SYKES, 1974) à + 7,6 kg (DONNELLY et FREER, 1974) pour les graisses. De grands écarts sont aussi enregistrés pour les protéines, les minéraux et l'énergie. De telles variations sont, comme l'écrit SYKES (1974), à mettre en relation avec le fait que, selon les études, l'éventail des variations du poids et de l'état d'engraissement des animaux est très variable. De toutes les équations considérées, celles de SEARLE (1970) donnent, avec nos animaux, les

résultats les plus concordants. C'est aussi l'auteur qui, bien que travaillant avec des animaux en croissance-engraissement, utilisait les moutons montrant la plus grande variabilité (de 3 à 46 kg de poids vif, de 2,8 à 33,8 p. 100 de graisses).

Dans nos conditions de travail, à savoir avec des moutons de race Suffolk de conformation moyenne, il nous est donc possible dorénavant de suivre chez des groupes d'animaux (3 ou 4 au moins par groupe) l'évolution *in vivo* de la composition corporelle en fonction du degré d'engraissement.

Accepté pour publication en octobre 1979.

Remerciements

Ces recherches ont été réalisées sous les auspices de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture, rue de Crayer 6, B-1050 Bruxelles. Nous remercions les Professeurs ELENS des Facultés de Namur et VANBELLE et VERVACK, de l'Université de Louvain-la-Neuve, pour leur aide technique.

Summary

Estimation of the chemical composition of adult sheep and variations according to feeding

The purpose of the present study was to develop equations for estimating the chemical composition of adult sheep exhibiting highly variable weights and degrees of fatness. To that end 12 ewes and 2 rams of the Suffolk breed, aged more than 2 1/2 years were slaughtered and analysed after determination of the tritiated water space. Prior to slaughter the animals had been subjected to variable feeding conditions.

The live weight of the sheep ranged from 43.5 to 93.9 kg and the fat content of the wool free empty carcass, from 7.2 to 48.2 p. 100.

The weight difference between the fat animals (more than 60 kg wool free empty body weight) and the lean animals depended for 60 p. 100 on fat. When the wool free empty body weight is known it is possible to obtain an accurate estimation of the chemical body composition of the animals.

The tritiated water space overestimated by 5.7 p. 100 on an average the total body water volume. This difference was not affected by the degree of fatness of the animals. The following equations were calculated from live weight (LW, kg) and from the tritiated water space (TOH, l) :

$$\text{Total body water (kg)} = 2.280 + 0.849 \text{ TOH} \quad (r = 0.969).$$

$$\text{Body fat (kg)} = 4.035 + 0.928 \text{ LW} - 1.022 \text{ TOH} \quad (R^2 = 0.990).$$

$$\text{Body proteins (kg)} = 2.494 + 0.055 \text{ LW} + 0.211 \text{ TOH} \quad (R^2 = 0.976).$$

$$\text{Body minerals (kg)} = 0.022 + 0.057 \text{ TOH} \quad (r = 0.929).$$

$$\text{Body energy (MJ)} = 66.614 + 36.658 \text{ LW} - 38.987 \text{ ED} \quad (R^2 = 0.993).$$

These results show that it is possible to obtain a valid *in vivo* estimation of the chemical composition of adult sheep on the basis of live weight and tritiated water space.

Références bibliographiques

- BLUNT, M. H., 1975. *The blood of sheep, composition and function*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- BURTON J. H., ANDERSON M., REID J. T., 1974. Some biological aspects of partial starvation. The effect of weight loss and regrowth on body composition in sheep. *Br. J. Nutr.*, **32**, 515-527.

- CULEBRAS J. M., MOORE F. D., 1977. Total body water and the exchangeable hydrogen. I. Theoretical calculation of nonaqueous exchangeable hydrogen in man. *Am. J. Physiol.*, **232**, R54-R59.
- DE WILDE R., 1977. Studie van een methode ter bepaling van eiwit- en energieretenties bij mestvarkens gebaseerd op karkasanalyse. *Meded. Fac. Diergeneesk. Rijksuniv. Gent*, **20**, Nrs 3-4.
- DONNELLY J. R., FREER M., 1974. Prediction of body composition in live sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, **25**, 825-834.
- DUMONT B. L., 1958. Méthodes indirectes de mesure de la graisse corporelle des mammifères. *Cahiers techniques du centre de coordination des études et recherches sur la nutrition et l'alimentation. Cahier II. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.*
- FARRELL D. J., REARDON T. F., 1972. Undernutrition in grazing sheep. III. Body composition and its estimation *in vivo*. *Aust. J. Agric. Res.*, **23**, 511-517.
- FOOT J. Z., SKEDD E., McFARLARNE D. N., 1979. Body composition in lactating sheep and its indirect measurement in the live animal using tritiated water. *J. Agric. Sci.*, **92**, 69-81.
- HOUSEMAN R. A., ROBINSON J. J., FRASER C., 1978. The estimation of body water and fat in pregnant ewes deuterium oxide. *Proc. Nutr. Soc.*, **37**, 64A.
- KEENAN D. M., McMANUS W. R., FREER M., 1969. Changes in the body composition and efficiency of mature sheep during loss and regain of live weight. *J. Agric. Sci., Camb.*, **72**, 139-147.
- ROBELIN J., 1973. Estimation de la composition corporelle des animaux à partir des espaces de diffusion de l'eau marquée. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **13**, 285-305.
- SEARLE T. W., 1970. Body composition in lambs and young sheep and its prediction *in vivo* from tritiated water space and body weight. *J. Agric. Sci., Camb.*, **74**, 357-362.
- SMITH B. S. W., SYKES A. R., 1974. The effect of route of dosing and method of estimation of tritiated water space on the determination of total body water and the prediction of body fat in sheep. *J. Agric. Sci., Camb.*, **82**, 105-112.
- SYKES A. R., 1974. The prediction of the body composition of hill sheep from body weight, red cell volume and tritiated water space. *J. Agric. Sci., Camb.*, **82**, 269-275.