

Variations du volume des adipocytes et de la note d'état corporel chez la brebis *Rasa aragonesa* pendant la lactation et après le tarissement

I. Sebastian^{1,2,*}, Y. Chilliard^{1,**}, C. Jaime² et A. Purroy²
avec la collaboration technique de J. Fléchet¹ et J. Surra²

¹ INRA-Theix, Laboratoire de la lactation, 63122 Ceyrat, France

² SIA-INIA (DGA), Unidad de Producción Animal, Apdo. 727, 50080-Zaragoza, España

(reçu le 7 février 1989, accepté le 25 avril 1989)

Résumé — La note d'état corporel et le volume des adipocytes sous-cutanés lombaires ont été déterminés sur 42 brebis de race *Rasa aragonesa* à la mise bas, ainsi que sur les 11 brebis les plus grasses en fin de lactation, puis 85 jours après le tarissement. A la mise bas, le volume des adipocytes était en moyenne de 385 et 227 pl pour des brebis ayant porté 1 et 3 agneaux, respectivement. A ce stade, on n'a pas observé de distribution bimodale du volume des cellules adipeuses sous-cutanées, pour des classes de volume moyen variant de 15 à 550 pl, soit un diamètre moyen de 30 à 100 μ . Pendant la lactation, les 11 brebis étudiées ont perdu 7 kg de poids vif et 0,55 point de note d'état corporel (échelle de 1 à 5), et le volume des adipocytes a diminué de 283 pl. Cette réduction du volume a fourni une estimation des variations de réserves lipidiques sous-cutanées (-62%), comparable à celle obtenue à partir des variations de la note d'état corporel (-50%, en utilisant les équations établies sur le même troupeau par Costa-Teixeira, 1987). Pendant 85 jours après le tarissement, le poids vif a augmenté de 4 kg et la note est passée de 2,6 à 3 points, alors que le volume des adipocytes est resté stable (161 et 185 pl). Durant cette phase initiale de la reconstitution des réserves corporelles, le volume moyen des adipocytes a donc fourni une estimation notablement inférieure à celle obtenue à partir de la note d'état, probablement en raison de dépôts différentiels de différents compartiments corporels. Pour l'ensemble des animaux et des stades, la corrélation entre les 2 paramètres a été hautement significative ($r = 0,71$, $n = 64$, écart type résiduel = 134 pl), mais cela ne s'applique qu'à une plage de notes d'état comprise entre 2,2 et 3,8.

brebis — lactation — état corporel — volume des adipocytes

Summary — Changes in adipocyte volume and body condition score in *Rasa aragonesa* ewes during lactation and after drying off. Body condition score and adipocyte volume from lumbar subcutaneous tissue were measured in 42 *Rasa aragonesa* ewes at lambing, as well as in the 11 fattest ones at the end of lactation and 85 days after drying off. The mean adipocyte volume at lambing was 385 and 227 pl in ewes that had carried 1 and 3 lambs, respectively. There was no bimodal distribution in adipose cell size for classes of mean volume varying from 15 to 550 pl, corresponding to mean diameters of 30 to 100 μ m. The 11 ewes studied during lactation lost 7 kg of body

* ETIA. Universidad Politécnica de Cataluña. Adresse actuelle : Departamento de Producción Animal. Alcalde Rovira Roure, 177, 25006-Lerida, España.

** Correspondance et tirés à part.

weight, 0.55 point of body condition score (1-5 scale), and their adipocyte volume decreased by 283 μ l. This corresponded to a theoretical 62% decrease in subcutaneous body lipids which can be compared to calculations using body condition score change (50% decrease, using equations proposed by Teixeira (1987) in the same herd). During the 85-day period after drying off, body weight increased by 4 kg and body condition score increased from 2.6 to 3.0, whereas adipocyte volume did not change (161 to 185 μ l). The fact that adipocyte volume change did not follow that of body condition score during the early phase of body store deposition is probably related to the differential deposition of body compartments. Correlation between adipocyte volume and body condition score in all ewes studied was 0.71 ($n = 64$; $rsd = 134 \mu$ l), but this was obtained with body condition scores ranging only between 2.2 and 3.8.

ewe — lactation — body condition — adipocyte volume

INTRODUCTION

Les variations de la quantité de réserves corporelles, étudiées soit par dissection, soit par analyse chimique, soit indirectement par la mesure de l'espace de diffusion d'un marqueur de l'eau corporelle ont montré que la brebis pouvait mobiliser plus de 50% de ses dépôts lipidiques corporels pendant la gestation, et jusqu'à 70% pendant les 6 premières semaines de lactation (revue *in* Chilliard, 1987).

Les dépôts adipeux sous-cutanés des brebis contribuent de façon importante à cette mobilisation des lipides corporels au cours du cycle productif (Russel *et al.*, 1968). Les variations du gras sous-cutané peuvent être estimées *in vivo* à partir de la note d'état corporel (Russel *et al.*, 1969), ou par les modifications de la taille des adipocytes sous-cutanés (Thornton *et al.*, 1983). Ces méthodes sont d'autant plus intéressantes que la mobilisation des réserves corporelles à partir des tissus adipeux est plus intense, comme c'est le cas, par exemple, en début de lactation.

Dans le cas de la brebis «rustique» de race *Rasa aragonesa*, on peut prédire la quantité de dépôts adipeux (Paramio & Folch, 1985; Purroy *et al.*, 1988) ou leur répartition anatomique (Costa-Teixeira,

1987) à partir de la note d'état corporel. Par ailleurs, des variations du volume des adipocytes sous-cutanés pendant la gestation et la lactation ont été rapportées sur des brebis Finnoise x Dorset (Vernon *et al.*, 1981, 1987; Vernon & Taylor, 1986). Mais il n'a pas été établi pour les ovins de relation directe entre le volume des adipocytes et les variations de réserves lipidiques, ni entre ce volume et la note d'état corporel.

Nous avons donc mesuré la note d'état corporel et le volume des adipocytes sous-cutanés sur des brebis de type rustique afin de décrire les évolutions simultanées de ces 2 paramètres en périodes de mobilisation (lactation) et de récupération de réserves corporelles (après le sevrage des agneaux).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Quarante-deux brebis adultes de race *Rasa aragonesa* (RA) ont été conduites au pâturage pendant toute la période de gestation. Toutes les brebis ont allaité 2 agneaux jusqu'à l'âge de 50 jours, logées en cages individuelles et alimentées avec une ration constituée de 20% de paille d'orge, 40% de foin de luzerne et 40%

d'aliment concentré, distribuée à raison de 70% des besoins énergétiques (environ 1,4 kg de matière sèche (MS)/j) (ARC, 1980). Après le sevrage des agneaux, et jusqu'à 135 jours post-partum, les brebis ont reçu une ration à base de paille traitée à l'ammoniaque (35 g NH₃ anhydre/kg de MS) *ad libitum*, et des quantités variables d'aliment concentré à base d'orge (en moyenne 400 g/j).

Le poids vif et la note d'état corporel ont été mesurés, et une biopsie de tissu adipeux sous-cutané lombaire effectuée sur tous les animaux 2 jours et 50 jours après la mise bas. En raison du faible état d'engraissement général des brebis 50 jours après la mise bas, la mesure de la taille des adipocytes n'a été possible que sur les 11 animaux les plus gras. Les mesures ont été répétées une nouvelle fois 135 jours post-partum sur ces 11 brebis.

La note d'état corporel a été appréciée séparément par 2 opérateurs par palpation au niveau de la région lombaire, selon une échelle de notation de 1 (très maigre) à 5 (très gras) points, dont le principe est voisin de celui du barème de 0 à 5 proposé par Russel *et al.* (1969). Le volume des cellules adipeuses a été déterminé d'après la méthode décrite par Robelin (1981) et Robelin & Barboiron (1988). Après fixation du tissu à l'acide osmique et solubilisation de la trame conjonctive par l'urée, les cellules ont été photographiées sous microscope. Le cliché est projeté sur une table à digitaliser, où sont mesurés et enregistrés les diamètres des adipocytes. Le volume moyen des cellules d'un échantillon a

été calculé en tenant compte de l'effectif des cellules de chacune des classes de diamètre, sur la base d'un minimum de 200 cellules mesurées. Seules les cellules d'un diamètre > 19 µ ont été prises en compte.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Mise bas

Les résultats obtenus à la mise bas sont présentés dans le Tableau I, en fonction du nombre d'agneaux nés. On observe que les brebis ayant porté un seul agneau ont présenté à la mise bas un poids vif plus élevé, un meilleur état corporel et un volume adipocytaire moyen plus élevé que celles ayant porté 2 ou 3 agneaux. Cependant, ni la note d'état corporel ni le volume des adipocytes à la mise bas n'ont été influencés de façon significative par le nombre (ou le poids) d'agneaux portés pendant la gestation.

Tableau I. Poids vif (PV), note d'état corporel (EC) et volume des adipocytes (VOL) chez les brebis à la mise bas, en fonction du nombre d'agneaux portés. Valeur moyenne et écart type.

Nombre d'agneaux portés	1	2	3
Nombre de brebis	8	26	8
PV à la mise bas (kg)	45,5 ± 7,4	39,8 ± 5	43,3 ± 6,9
Variation PV ^a (kg)	0,2 ± 3,5	-2,1 ± 3,2 **	-4 ± 6
EC à la mise bas	3,2 ± 0,5	2,9 ± 0,3	2,9 ± 0,3
Variation EC ^a	-0,4 ± 0,3 **	-0,5 ± 0,4 ***	-1,1 ± 0,6 **
VOL à la mise bas ^b (pl)	385 ± 277	235 ± 206	227 ± 168

^a De la lutte à la mise bas.

^b Tissu adipeux sous-cutané lombaire.

, * : Variation significativement différente de 0 ($P < 0,01$ ou $0,001$).

A la suite d'un traitement hormonal de polyovulation, les brebis de notre essai ont présenté une prolificité de $2 \pm 0,6$ agneaux/brebis, plus élevée que la prolificité moyenne observée dans cette race. Il en est résulté une élévation des besoins nutritionnels, plus particulièrement pendant le dernier tiers de la gestation, et probablement une mobilisation des réserves corporelles en absence de complémentation au pâturage, objectivée par les pertes de poids et d'état corporel plus importantes (Tableau I) chez les brebis ayant porté plusieurs fœtus.

A la mise bas, le volume moyen des adipocytes sous-cutanés a varié entre animaux de 12 à 830 pl (correspondant à un diamètre moyen de 28 à 117 μm). La valeur moyenne de la population étudiée (volume de 262 pl ou 72 μ de diamètre) est inférieure à celles rapportées pour ce type de tissu chez la brebis Finnoise x Dorset en fin de gestation, ayant une prolificité moyenne de 2 (478 pl : Vernon *et al.*, 1981; 525 pl : Vernon & Taylor, 1986) ou chez la brebis non allaitante (765 pl : Vernon *et al.*, 1987). Cette différence peut être la conséquence de différences entre les types génétiques des brebis étudiées, mais aussi de différences éventuelles dans les conduites alimentaires pendant la gestation.

La distribution des diamètres des adipocytes sous-cutanés de brebis à la mise bas dans des groupes d'animaux répartis en 5 types de diamètres moyens croissants est de type normal (Fig. 1). Néanmoins, la diminution du volume moyen des adipocytes s'accompagne d'une augmentation importante de la population d'adipocytes de petite taille. La non-prise en compte par la méthode de calcul des cellules de la classe 1 (diamètre < 19 μ) entraîne donc une surestimation du volume moyen, qui sera logiquement d'autant plus importante que les brebis sont plus

maigres. Pour les 2 brebis très maigres (type 1), le pourcentage de cellules ignorées dépasse 40% de la population présumée d'adipocytes. Cette constatation, ajoutée à la difficulté, voire l'impossibilité, de prélever *in vivo* un échantillon de gras sous-cutané, limite dans une large mesure les possibilités d'utilisation de cette méthode sur des animaux trop maigres. Seules les brebis du type 5 se distinguent par une note d'état supérieure (3,4 vs 2,7-2,9), alors que le poids vif moyen augmente régulièrement du type 1 au type 5.

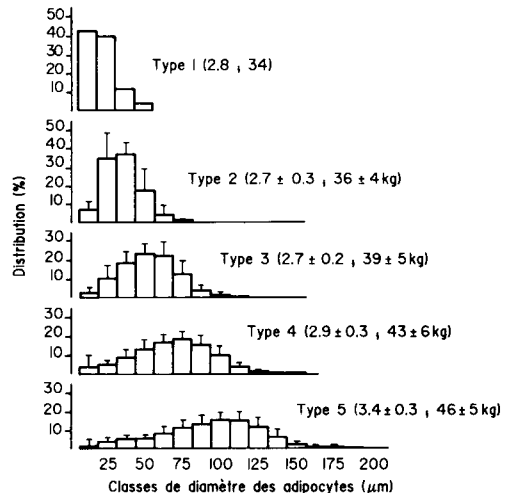


Fig. 1. Histogrammes de répartition des tailles d'adipocytes à la mise bas. Valeur moyenne et écart type pour chaque classe (200 cellules au moins ont été mesurées pour chaque brebis, à l'exception des 2 brebis les plus maigres : 40 et 60 cellules). Type 1 : diamètres moyens < 30 μ (2 brebis); type 2 : diamètres moyens de 30 à 50 μ ($40,7 \pm 5,6$, soit 37 ± 16 pl; 6 brebis); type 3 : diamètres moyens de 50 à 70 μ ($59,6 \pm 5$, soit 113 ± 29 pl; 12 brebis); type 4 : diamètres moyens de 70 à 90 μ ($80,3 \pm 5,2$, soit 274 ± 51 pl; 10 brebis); type 5 : diamètres moyens > 90 μ ($101,4 \pm 7,7$, soit 554 ± 132 pl; 12 brebis). (Note d'état; poids vif) sont indiqués entre parenthèses.

Lactation

Le volume moyen des adipocytes a été de 444 pl à la mise bas chez les 11 brebis étudiées (Tableau II). La distribution moyenne des tailles de leurs adipocytes était donc comparable à celles des brebis représentées dans les types 4 et 5 de la Figure 1, dont les volumes moyens étaient de 274 et 554 pl respectivement. Pendant la lactation (50 jours), ces brebis ont présenté des diminutions significatives de poids vif, de note d'état et de volume adipocytaire (Tableau II).

La diminution relative du volume des adipocytes ($-62 \pm 19\%$) est du même ordre que celle rapportée par Vernon *et al.* (1981) et Vernon & Taylor (1986) concernant du tissu sous-cutané de brebis allaitant 2 agneaux pendant 50 jours, mais bien alimentées. La mobilisation des réserves lipidiques sous-cutanées aurait dû être plus intense dans nos conditions expérimentales puisque les brebis étaient en situation de restriction alimentaire. Il est donc fort probable qu'à un éventuel effet du type génétique ou du niveau de production laitière des animaux, se soit ajouté celui de l'épuisement rapide des réserves lipidiques sous-cutanées (les brebis étant peu grasses à la mise bas), relayé alors

par la mobilisation des lipides internes ou des protéines corporelles (Cowan *et al.*, 1980). A cet égard, les races ovines rustiques sont connues pour déposer plus de gras interne et moins de gras sous-cutané que les races à viande spécialisées (Pålsson, 1940, cité par Russel *et al.*, 1971).

Si l'on considère que le changement du volume des adipocytes n'a pas été accompagné d'une variation de leur nombre, et que ce volume représente essentiellement des lipides, les 11 brebis étudiées auraient utilisé, pendant les 7 semaines de lactation, environ les deux tiers de leurs réserves lipidiques sous-cutanées. Une mobilisation encore plus importante pourrait avoir eu lieu, du fait de la surestimation du volume moyen des adipocytes, donc des réserves lipidiques, puisqu'en fin de lactation ces brebis étaient plutôt du type 3 (Fig. 1). Néanmoins, cette hypothèse doit être nuancée en raison de la faible contribution des plus petites cellules à la masse lipidique.

Nous avons calculé les quantités de dépôts adipeux totaux et sous-cutanés de chaque brebis à partir de la relation établie par Costa-Teixeira (1987) entre la quantité de tissus adipeux obtenus par dissection et la note d'état corporel attribuée selon le même barème, chez des brebis tarées et

Tableau II. Evolution du poids vif, de la note d'état corporel et du volume des adipocytes après mise bas. Valeurs moyennes et écart type sur 11 brebis *.

Jours après mise bas	1-3	48-50	133-138
Note d'état corporel	3,2 \pm 0,3 ^a	2,6 \pm 0,2 ^b	3 \pm 0,2 ^a
Poids vif (kg)	46,3 \pm 2,1 ^a	39,3 \pm 2,6 ^b	43,4 \pm 2,6 ^c
Volume des adipocytes (pl)	444 \pm 194 ^a	161 \pm 94 ^b	185 \pm 98 ^b

* Les valeurs moyennes accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,01$).

non gravides de race RA du même troupeau. La quantité de gras total aurait théoriquement diminué pendant la lactation de 7 ($\pm 1,8$) à 4,2 (± 1) kg, et celle des tissus adipeux sous-cutanés de 859 (± 319) à 410 (± 145) g, soit des mobilisations respectives de 39% ($\pm 11\%$) et 50% ($\pm 13\%$) des quantités présentes à la mise bas.

La mesure du volume des adipocytes a donc fourni une estimation légèrement plus élevée des variations de réserves lipidiques sous-cutanées (-62%) que celle obtenue à partir d'équations utilisant la note d'état corporel (-50%), mais il est probable (outre l'imprécision inhérente à ces estimations) que la perte de tissu adipeux sous-cutané total s'accompagne d'une augmentation de la teneur en eau de ce tissu (stroma conjonctif et vasculaire) qui masque en partie la perte lipidique observée au niveau des seuls adipocytes.

Période sèche

Après le sevrage, on observe des augmentations du poids vif et de la note d'état corporel, alors qu'il n'y a pas eu de variation du volume des adipocytes. Cette divergence entre estimateurs reflète peut-être des différences de vitesse de récupération des différents constituants chimiques de la masse corporelle au cours de cette période. D'après Vandermeersch-Doizé & Paquay (1982), la reconstitution des réserves corporelles commence par une fixation de protéines et d'eau, ce qui, dans notre essai sur brebis très maigres, expliquerait l'augmentation du poids vif et de la note, alors que le dépôt de lipides, estimé par le volume des adipocytes, n'est pas encore perceptible.

Cela est aussi suggéré par les résultats de Hood & Thornton (1980) qui montrent que l'activité lipogénique *in vitro* du tissu sous-cutané de brebis alimentées à volonté, après une période de restriction énergétique, ne revient qu'après 56 jours de réalimentation à un niveau comparable à celui observé sur des brebis témoins alimentées *ad libitum*.

En outre, l'ordre de dépôt du gras dans les différents tissus au cours de l'engraissement est le suivant en race RA : mésentérique, intermusculaire, omental, périrénal et enfin sous-cutané (Costa-Teixeira, 1987). Le fait que le tissu adipeux sous-cutané soit le dernier à se développer (*cf.* aussi Russel *et al.*, 1971) pourrait contribuer à expliquer l'absence de variation du volume des adipocytes au cours de la période de récupération.

Pour l'ensemble des 64 observations effectuées sur les 42 brebis, on observe des corrélations de 0,60 et de 0,54 entre le poids vif d'une part, et d'autre part la note d'état corporel et le volume des adipocytes, respectivement. La corrélation la plus élevée (0,71) est observée entre le volume des adipocytes et la note d'état corporel (Fig. 2). On peut penser, d'après cette figure et compte tenu de l'impossibilité de prélever du gras sous-cutané par biopsie, qu'une variation de la note en dessous de 2 refléterait surtout des variations de la masse musculaire (protéines et eau) palpable au niveau lombaire, plutôt que des variations de lipides.

Le suivi des évolutions individuelles de poids vif, de note d'état et de volume adipocytaire (résultats non montrés) confirme les tendances déjà décrites mais ne permet pas, en raison du faible effectif étudié et de l'absence de mesures de composition corporelle, de préciser mieux ces hypothèses.

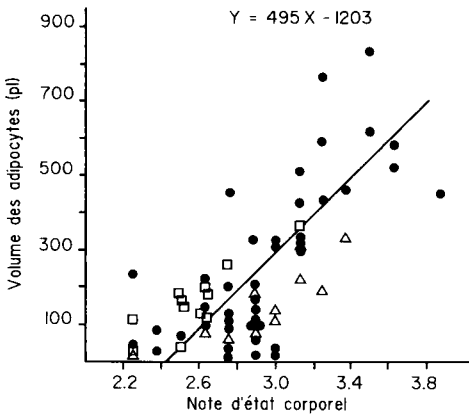


Fig. 2. Relation entre le volume moyen des adipocytes (pl) et la note d'état corporel des brebis à la mise bas (●), après 50 jours de lactation (□) et tarées (Δ, 135 jours après mise bas). ($r = 0,71$, $n = 64$, écart type résiduel = 134 pl; l'équation est celle de l'axe principal de la régression).

CONCLUSION

La mesure de la taille des adipocytes peut probablement permettre d'estimer correctement l'évolution de réserves lipidiques sous-cutanées. La confrontation avec les variations de note d'état corporel chez des animaux maigres en cours d'engraissement suggère que celle-ci puisse refléter à la fois des variations des masses adipeuses et musculaires sous-cutanées. Ces hypothèses devront toutefois être confirmées en étalonnant les 2 méthodes, à la fois en fonction des dépôts musculaires et adipeux, chez des animaux dont l'état corporel est variable et à différents stades physiologiques.

RÉFÉRENCES

- Agricultural Research Council (1980) *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough, Grande-Bretagne
- Chilliard Y. (1987) Revue bibliographique : variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation. 2^e partie : chez la brebis et la vache. *Reprod. Nutr. Dev.* 27, 327-398
- Costa-Teixeira J.A. (1987) *Reparto de la grasa en función de la condición corporal (body condition) en ovejas adultas Rasa aragonesa*. Tesis Master, IAMZ-CIHEAM, Zaragoza, España
- Cowan R.T., Robinson J.J., McDonald I. & Smart R. (1980) Effects of body fatness at lambing and diet in lactation on body tissue loss, feed intake and milk yield of ewes in early lactation. *J. Agric. Sci. Camb.* 95, 497-514
- Hood R.L. & Thornton R.F. (1980) The effect of compensatory growth on lipogenesis in ovine carcass adipose tissue. *Aust. J. Agric. Res.* 31, 155-161
- Paramio M.T. & Folch J. (1985) Puntuación de la condición corporal en la oveja Rasa aragonesa y su relación con las reservas energéticas y los parámetros reproductivos. *Información Técnica Económica Agraria* 58, 29-44
- Purroy A., Sebastian I. & Baucells M. (1988) Relations entre la note d'état corporel (*body condition score*) et certains paramètres estimateurs de l'état corporel des brebis adultes de race *Rasa aragonesa* et F1 (*Romanov x Rasa aragonesa*). Rapport EUR 11479, Programme AGRIMED «Les carcasses d'agneaux et de chevreaux méditerranéens», CEE-CIHEAM (Flamant J.C. & Gabina D., eds.), Luxembourg, 165, pp. 145-157
- Robelin J. (1981) Cellularity of bovine adipose tissues : developmental changes from 15 to 65 percent mature weight. *J. Lipid. Res.* 22, 452-457
- Robelin J. & Barboiron C. (1988) Système simple d'analyse d'image semi-automatisée : ap-

- plication en histologie à la mesure de longueurs et de surfaces. *Cah. Tech. INRA* 18, 7-18
- Russel A.J.F., Gunn R.G. & Doney J.M. (1968) Components of weight loss in pregnant hill ewes during winter. *Anim. Prod.* 10, 43-51
- Russel A.J.F., Doney J.M. & Gunn R.G. (1969) Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 72, 451-454
- Thornton R.F., Hood R.L., Rowe R.W.D. & Jones P.N. (1983) The cellular and metabolic organization of ovine subcutaneous adipose tissue. *Aust. J. Agric. Res.* 34, 447-452
- Vandermeersch-Doize F. & Paquay R. (1982) Modifications du poids vif et de la composition corporelle du ruminant adulte en fonction des conditions alimentaires. *Rev. Agric.* 2, 1990-2004
- Vernon R.G., Clegg R.A. & Flint D.J. (1981) Metabolism of sheep adipose tissue during pregnancy and lactation. *Biochem. J.* 200, 307-314
- Vernon R.G. & Taylor E. (1986) Enzymes of adenosine metabolism of sheep adipose tissue : changes in activity with season, pregnancy and lactation. *Horm. Metab. Res.* 18, 369-373
- Vernon R.G., Faulkner A., Finley E., Pollock H. & Taylor E. (1987) Enzymes of glucose and fatty acid metabolism of liver, kidney, skeletal muscle, adipose tissue and mammary gland of lactating and non-lactating sheep. *J. Anim. Sci.* 64, 1395-1411