

Répartition des nutriments azotés et des dépenses énergétiques entre le tube digestif, le foie et les muscles chez des agneaux recevant du ray-grass, stade pâturage

L. MAJDOUB (1), I. SAVARY (1), G. BAYLE (2), J. GRIZARD (2), M. VERMOREL (1), I. ORTIGUES-MARTY (1)

(1) INRA, Unité de Recherches sur les Herbivores, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

(2) INRA, Unité d'Etude du Métabolisme Protéique, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

RESUME – Les objectifs de cette étude conduite chez des agneaux en croissance alimentés avec un fourrage vert (ray-grass) conservé par congélation, étaient : 1° de caractériser la nature des nutriments azotés absorbés au niveau de la veine porte et leur répartition entre les tissus drainés par la veine porte (TDVP), le foie et les muscles ; 2° de déterminer les dépenses énergétiques de ces tissus. Deux agneaux d'un poids moyen de $20,7 \pm 3,2$ kg ont été cathétérisés au niveau des TDVP, du foie et d'une patte arrière. Ils ont reçu du ray-grass stade pâturage, à un niveau correspondant à 1,8 x entretien, pendant 21 jours.

Les contributions respectives des TDVP, du foie et des muscles de la carcasse aux dépenses énergétiques totales estimées étaient de 30 %, 21 % et 28 %.

75 % de l'azote ingéré a été absorbé en veine porte. L'absorption d'ammoniaque représentait 17,6 % et celle d'azote- α -aminé représentait 57 % de l'azote ingéré. Au niveau hépatique, tout l'ammoniaque absorbée a été captée et utilisée partiellement pour la production d'urée dont 54 % fut ensuite recyclé vers le tube digestif. Le foie a utilisé 48 % de l'azote- α -aminé absorbé si bien que 30 % de l'azote ingéré a été relargué sous forme d'azote- α -aminé par les tissus splanchniques vers les tissus périphériques. La carcasse en a alors capté 33 %.

L'équilibre en acides aminés indispensables absorbés en veine porte était très proche de celui des protéines microbiennes avec toutefois un léger excédent relatif en lysine et un déficit relatif en valine. Au niveau hépatique, le foie a utilisé une majorité des acides aminés indispensables absorbés, à l'exception de la thréonine, de la valine et de la leucine, dont la captation n'a pas dépassé 45 %. L'équilibre en acides aminés indispensables captés par les muscles s'est avéré être déficitaire essentiellement en leucine, et de façon plus limitée en méthionine et en thréonine par comparaison avec la composition en acides aminés indispensables de la carcasse rapportée dans la bibliographie. Le taux d'extraction moyen des acides aminés indispensables par la patte arrière a été de 7,9 %.

Ce travail confirme le rôle primordial des organes digestifs et du foie dans la fourniture d'énergie et de nutriments azotés aux muscles. Il a montré une absorption d'ammoniaque relativement faible et il suggère que la leucine, la thréonine, la phénylalanine et la méthionine puissent être les acides aminés limitants chez des agneaux en croissance alimentés à base de ray-grass.

Partition of nitrogen-containing-nutrients and of energy expenditure among the portal-drained-viscera, the liver and muscles in growing lambs fed rye-grass, at grazing stage

L. MAJDOUB (1), I. SAVARY (1), G. BAYLE (2), J. GRIZARD (2), M. VERMOREL (1), I. ORTIGUES-MARTY (1)

(1) INRA, Unité de Recherches sur les Herbivores, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

SUMMARY – The objectives of this study, conducted in growing lambs fed a fresh forage (rye grass) preserved by freezing, were: 1° to characterize the nature of the nitrogen-containing-nutrients absorbed at the portal vein as well as their partition among the portal-drained-viscera (PDV), the liver and muscles; 2° to determine the energy expenditure of these tissue compartments. Two 20.7 ± 3.2 kg lambs were catheterized at the levels of the PDV, liver and hind-limb. They were fed with rye grass, grazing stage, at 1.8 times maintenance for 21 days.

The PDV, the liver and the total musculature of the carcass contributed for 30, 21 and 28 % to total estimated energy expenditure.

75 % of nitrogen intake was absorbed in portal vein. Absorbed ammonia-nitrogen and α -amino-nitrogen represented 17.6 and 57 % of nitrogen intake respectively. At the hepatic level, all absorbed ammonia was captured and partially utilized for urea production of which 54 % was subsequently recycled into the gut. The liver captured 48 % of α -amino-nitrogen, such that 30 % of nitrogen intake was released by splanchnic tissues as α -amino-nitrogen towards the peripheral tissues. The carcass captured 33 % of the released α -amino-nitrogen.

The balance between essential amino acids absorbed in portal vein was very close to that of microbial protein with, however, a slight relative excess of lysine and deficit in valine. At the hepatic level the liver captured the majority of absorbed essential amino acids, except for threonine, valine and leucine, the extraction of which remained below 45 %. The balance of essential amino acids captured by muscles appeared to present a deficit primarily in leucine and to a lower extent in methionine and threonine, when comparing with the published composition in essential amino acids of the carcass. Average extraction rates in essential amino acids by the hind limb amounted to 7.9 %.

This study confirms the primary rôle of digestive organs and liver in determining the supply of energy and nitrogen-containing-nutrients to muscles. It showed a relatively low ammonia absorption and suggested that leucine, threonine, phenylalanine could be the major limiting amino acids in growing lambs fed rye grass.

INTRODUCTION

En réponse à la baisse de consommation de viande bovine, une production de viande à base de pâturage pourrait redonner confiance au consommateur. Toutefois, l'efficacité d'utilisation de l'herbe par les ruminants en croissance est plus faible que celle de régimes à base de concentrés utilisés en production intensive en raison d'une moins bonne utilisation de l'énergie et d'un apport insuffisant de protéines digestibles dans l'intestin pour des animaux à fort potentiel de croissance (INRA, 1978). Un nombre très restreint d'études suggèrent une absorption portale élevée d'ammoniaque au détriment de l'absorption d'acides aminés (Journet et al., 1995 ; De Visser et al., 1997) et une faible efficacité à transformer les protéines alimentaires en protéines musculaires en raison d'un important métabolisme splanchnique (MacRae, 1996).

Cette étude a été réalisée dans le but de caractériser la quantité et la nature des nutriments absorbés par les tissus drainés par la veine porte (TDVP) et leur répartition entre les différents tissus consommateurs (foie, muscle) chez des agneaux en croissance, recevant du ray-grass récolté au stade pâturage. Il s'agit d'une étude préliminaire dans le cadre d'un programme de recherches sur la supplémentation de régimes à base d'herbe.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. ANIMAUX

Deux agneaux mâles de race croisée Ile de France x Romanov x Limousine, sevrés à six semaines ont été utilisés. Ils ont été opérés chirurgicalement à l'âge de 7,5 semaines et au poids (P) moyen de $20,7 \pm 3,18$ kg (écart type). Des cathéters ont été placés dans la veine porte, une veine sus-hépatique, une veine et une artère mésentérique et une veine iliaque externe. Des sondes débitométriques de type Transonic ont été placées autour de la veine porte (type 16A) et de l'artère iliaque externe (type 3R).

1.2. ALIMENTATION

Après une période de récupération postopératoire d'une semaine minimum, les agneaux ont reçu pendant une période expérimentale de 3 semaines du ray-grass hybride, ayant été fertilisé avec 80 kg d'N/ha, récolté au stade pâturage 1^{er} cycle (épis à 10 cm) et haché en brins longs (5 cm). Le ray-grass a été congelé à -35°C puis conservé à -15°C . Le niveau d'alimentation a été fixé à 215 kcal d'énergie métabolisable/kg P^{0.75}, soit approximativement 1,8 fois le besoin d'entretien. La teneur en énergie métabolisable (EM) de l'herbe ainsi que les besoins d'entretien des agneaux, estimés à partir des tables de l'INRA (1988), étaient de 2,77 Mcal par kg de matière sèche (MS) et de 105 kcal/kg P^{0.75} /j respectivement.

Des blocs de sel ont été mis à la disposition des animaux et une injection de vitamines A, E et D₃ a été effectuée au cours de la période d'adaptation. La distribution de l'herbe a été fractionnée en 12 repas/jour, soit 12 cycles alimentaires de 2 heures.

1.3. MESURES ET ANALYSES

Au cours de toute la période, les agneaux ont été pesés deux fois par semaine. Des échantillons d'herbe ont été prélevés pour déterminer les teneurs en MS (48 h à 80°C) et en azote. En fin de période expérimentale, des enregistrements en continu de débits sanguins ainsi que des prélèvements sanguins (4 échantillons toutes les 30 minutes) ont été réalisés sur un cycle alimentaire, avec observation de l'activité physique des animaux pour calculer les débits sanguins iliaques en position « debout-calme ». Le débit de l'artère hépatique a été estimé à 5,3 % du débit porte sur la base de sa contribution au débit hépatique total de 5 % (Barnes et al., 1986). L'hématocrite et les teneurs en oxygène (Tucker, 1967) ont été obtenus sur sang total hépariné. Les teneurs en ammoniacque, urée (Berthelot, 1859), azote- α -aminé (Chacornac et al., 1992) et acides aminés ont été obtenues sur plasma.

1.4. CALCULS

Les flux afférents et efférents des différents nutriments ont été calculés selon l'équation générale suivante: Flux = débit x concentration. Les bilans nets de nutriments à travers les TDVP, le foie ou la patte arrière sont le résultat de la diffé-

rence entre les flux efférent et afférent. Un bilan positif correspond à une production nette tandis qu'un bilan négatif correspond à une utilisation nette. Les dépenses énergétiques (DE) des tissus ont été calculées selon l'équation de Mac Lean (1986) : $DE \text{ (kcal/min)} = 4,89 \times \text{consommation d'O}_2 \text{ (l/min)}$.

2. RESULTATS

2.1. GAIN DE POIDS VIF ET CONSOMMATION D'ALIMENT

Au cours de la période expérimentale, le GMQ moyen observé des deux agneaux a été de $320 \pm 1,3$ g. La consommation moyenne de MS, d'EM estimée et de matières azotées totales (MAT) était respectivement de $76 \pm 3,2$ g/j/kg P^{0.75}, $209 \pm 7,4$ kcal/j/kg P^{0.75} et de $15 \pm 0,7$ g/j/kg P^{0.75}. Les teneurs moyennes de l'herbe en MS et en MAT (en % de la MS) étaient respectivement de 15,7 % et de 19,8 %.

2.2. DEPENSES ENERGETIQUES

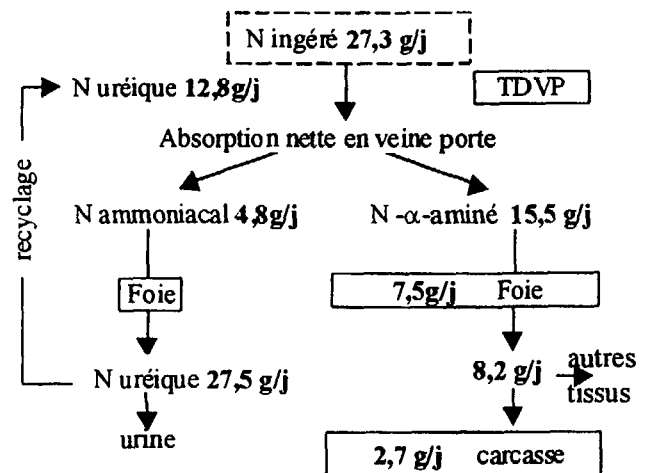
Les dépenses énergétiques moyennes des TDVP, du foie et de la patte arrière étaient de $555 \pm 127,2$, $385 \pm 19,8$ et $37 \pm 27,3$ kcal/j. Les dépenses énergétiques de l'animal entier ont été estimées sur la base d'un besoin d'entretien de 105 kcal/kg P^{0.75} (INRA, 1988) et d'un rendement (kpf) d'utilisation de l'EM pour la croissance chez l'agneau de 60 % (INRA, 1988). Les contributions moyennes des TDVP et du foie aux dépenses énergétiques totales (DET) estimées étaient de $30 \pm 9,4$ % et de $21 \pm 3,3$ %. La contribution de la carcasse a été estimée par extrapolation à partir de celle de la patte arrière. Le poids des muscles irrigués par l'artère iliaque externe a été supposé représenter 7,6% de la musculature totale de la carcasse (Schmidt et Legras, 1973). La contribution de la musculature totale aux DET serait alors de 28% en moyenne.

2.3. NUTRIMENTS AZOTES

2.3.1. Répartition des nutriments azotés entre les TDVP, le foie et les muscles

75 % de l'azote ingéré a été absorbé en veine porte, dont les trois quarts sous forme d'azote- α -aminé (Fig 1). L'absorption d'azote ammoniacal a représenté uniquement 17,6 % de l'azote ingéré. 82 % de l'azote- α -aminé a été absorbé sous forme d'acides aminés totaux, dont 52 % sous forme d'acides aminés indispensables. Au niveau hépatique, toute l'ammoniaque absorbée a été captée par le foie, et 39 % a servi à la production de l'urée. 54 % de l'urée produit par le foie a été transféré vers la lumière du tube digestif. En estimant le coût de production d'une mole d'urée à 4 ATP (Lehninger, 1979), l'uréogénèse hépatique contribue pour 10 % aux dépenses énergétiques du foie. Ce dernier a utilisé 48 % de l'azote- α -aminé absorbé en veine porte dont 68 % de l'azote des acides aminés indispensables. Globalement, 8,2 g, soit 30 % de l'azote ingéré, ont été relargués par les tissus splanchniques (TS) vers les tissus périphériques sous forme d'azote- α -aminé.

Figure 1
Utilisation des nutriments azotés par les TDVP, le foie et la carcasse chez des agneaux en croissance recevant du ray-grass stade pâturage



Les muscles de la patte arrière ont capté $0,14 \pm 0,03$ g d'azote par jour. En estimant la musculature de la patte (irriguée par l'artère iliaque externe) à 7,6 % de la musculature totale (Schmidt et Legras, 1973), et en supposant que 68 % de l'azote retenu par jour est retenu dans le muscle (Vermorel, résultat non publié), 2,7 g d'azote aurait été retenu par la carcasse.

2.3.2. Equilibre entre les acides aminés (Figures 2 et 3)

Le profil des acides aminés indispensables absorbés au niveau porte a été caractérisé par des proportions élevées de lysine (lys) et de leucine (leu) (23 % et 18 % de la somme des acides aminés indispensables) par rapport aux autres acides aminés indispensables (fig 2). Le foie a utilisé 32 % de l'isoleucine (ile), 41 % de la leucine (leu) et 45 % de la valine (val) absorbées au niveau porte, le reste étant disponible pour les tissus périphériques (fig 3). Les autres acides aminés ont été utilisés en quasi-totalité au niveau hépatique (fig 3). La captation hépatique de l'histidine (his) et de la phenylalanine (phe) était de 112 ± 11 % et de 116 ± 16 % respectivement (fig 3). Les bilans nets de lysine et de thréonine (thr) au niveau des TS étaient positifs mais faibles. Au niveau de la patte arrière, le taux de captation moyen des acides aminés indispensables a été de 7,9 %, la leu, l'ile et la phe présentant les taux de captation les plus élevés (16,2, 11,9 et 11,9 % respectivement).

Le profil en acides aminés indispensables captés par la patte arrière se caractérise par des proportions plus faibles de leu, thr, phe et met que dans les protéines de la carcasse (18,5, 12, 5,5 et 1 % vs 23, 18,5, 7 et 4 % de la somme des acides aminés indispensables). La proportion en lysine reste plus élevée (24 %) que celles des autres acides aminés indispensables (fig. 2).

Figure 2
Pourcentages des acides aminés indispensables absorbés par les TDVP ou captés par la patte arrière par rapport à leur somme chez des agneaux en croissance recevant du ray-grass stade pâturage : comparaison avec les protéines de la carcasse

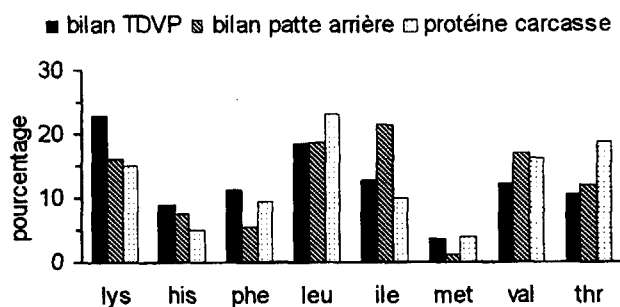
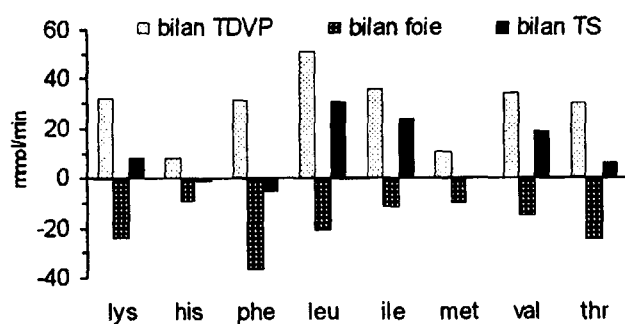


Figure 3
Bilans nets des flux d'acides aminés indispensables à travers les TDVP, le foie et les TS chez des agneaux en croissance recevant du ray-grass stade pâturage



3. DISCUSSION

3.1. EVOLUTION DU POIDS ET DE LA CONSOMMATION D'ALIMENTS

Le gain de poids élevé des agneaux montre qu'ils avaient bien récupéré après l'opération chirurgicale et qu'ils devaient présenter un métabolisme similaire à celui d'animaux non cathétérisés.

3.2. DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES TISSULAIRES

La contribution estimée des TDVP et du foie aux DET estimées de l'animal (30 et 19 % respectivement) confirment les résultats bibliographiques synthétisés par Ortigues et Visseiche (1995) sur ruminants (16-29 % et 17-31 %). La contribution estimée de la musculature totale aux DET (28 %) est supérieure à celles rapportées par Ortigues (1991), chez des ruminants adultes (12-20 %) probablement en raison d'une proportion plus importante de muscles chez les jeunes (Lossec et al., 1997).

3.3. NUTRIMENTS AZOTÉS

3.3.1. Absorption et répartition des nutriments azotés entre les différents tissus

La proportion d'azote ingéré absorbé en veine porte est similaire à la dégradabilité théorique de l'azote pour un ray-grass, épis à 10 cm (de 70 à 75 %, INRA, 1978). L'absorption d'azote ammoniacal en veine porte (17,6 %) semble relativement faible par rapport aux résultats obtenus généralement chez les ruminants (30 à 80 % selon Huntington, 1986) et en particulier pour des régimes à base d'herbe fraîche ou d'ensilage d'herbe (Journet et al., 1995). Chez des vaches laitières recevant du ray-grass frais (De Visser et al., 1997), la proportion d'azote ingéré absorbé sous forme ammoniacale variait entre 34 et 49 % selon la fertilisation azotée de la parcelle (150 ou 450 kg N/ha). Cette faible absorption d'azote ammoniacal pourrait provenir soit d'un équilibre entre les apports d'azote fermentescible et de glucides solubles satisfaisant pour la synthèse microbienne (INRA, 1978), soit d'une baisse de la solubilité de l'azote du fourrage suite à sa congélation. Dans notre étude, l'absorption importante d'azote- α -aminé est en accord avec cette faible absorption d'azote ammoniacal. Le coût énergétique de l'uréogénèse hépatique (9,8 %) est aussi inférieur aux valeurs (13 à 19 %) rapportées par Huntington (1989) et Reynolds et al (1991).

Bien que le poids du foie ne dépasse pas 2 à 3 % du poids vif vide de l'animal, le foie a utilisé 48 % de l'azote- α -aminé absorbé au niveau porte. Cette valeur est en accord avec les résultats cités par Milano (1997), qui rapporte une captation hépatique comprise entre 40 et 70 % de l'azote- α -aminé absorbé en porte avec des régimes généralement pauvres en protéines dégradables dans le rumen. Pour des régimes supplémentés en urée, la captation hépatique des acides aminés peut dépasser leur absorption en veine porte (résultats cités par Milano, 1997).

3.3.2. Equilibre des acides aminés indispensables

Les proportions d'acides aminés indispensables absorbés en veine porte semblent être similaires à celles des protéines microbiennes du rumen (valeurs citées par Milano, 1997), excepté des proportions plus élevée de lys et plus faible de val. Comparés aux résultats obtenus avec des ensilages de dactyle ou de luzerne (Huntington et al., 1988) ou des concentrés à base de maïs (Burrin et al., 1991), nos résultats se caractérisent par des proportions d'acides aminés indispensables absorbés plus élevées de lys et de leu et plus faible de val. Seal et Parker (1996) ont retrouvé les mêmes tendances que pour notre régime avec de l'herbe déshydratée.

Les proportions de leu, de thr, de phe et de met captés par la patte arrière sont plus faibles que celles retrouvées dans les protéines de la carcasse (valeurs citées par Mac Rae, 1993). Ces résultats suggérant que ces acides aminés puissent être limitants pour la rétention musculaire soit en raison d'une captation importante par le foie, (met et phe), soit en raison (cités par Milano, 1997) d'un apport déficitaire par les protéines microbiennes (leu et thr).

CONCLUSION

L'originalité de ce travail préliminaire réside dans l'étude de la répartition des dépenses énergétiques et des nutriments azotés entre les TDVP, le foie et la patte arrière chez des agneaux recevant du ray-grass récolté au stade pâturage. Aucune étude de ce type n'a encore été réalisée chez des animaux en crois-

sance recevant un fourrage vert. Les résultats mettent en évidence une faible proportion d'azote ingéré absorbé sous forme ammoniacale qu'il serait nécessaire de confirmer sur un plus grand nombre d'animaux. Ils suggèrent que la leu, la thr, la phe et la met puissent être les acides aminés limitants avec ce type de régime. Une telle hypothèse nécessiterait d'être testée.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Messieurs J. Lefaivre et D. Durand pour les opérations chirurgicales ainsi que Madame A. Thomas pour les différents dosages et calculs.

- Barnes R.J., Comline R.S. et Dobson A. 1986.** Control of Digestion and Metabolism in Ruminants (Milligan L.P. and al. eds) Englewood Cliffs, NJ
- Berthelot M. 1859.** Rep. Chim. Appl., 1, 284
- Burrin D.G., Ferrel C. L., Eisemann J.H. et Britton R. A. 1991.** J. Anim. Sci., 69, 1082-1091
- Chacornac J.P., Barnoin J., Houlier M.L. 1992.** Repr. Nutr. Dev., 33, 99-108
- De Visser H., Valk H., Van der Meulen J., Bakker J.G. et Huntington G.B. 1997.** J. Dairy. Sci., 80, 1666-1673
- Huntington G.B. 1986.** Fed. Proc., 45, 2272-227
- Huntington G.B., Varga G.A., Glenn B.P. et Waldo D.R. 1988.** J. Anim. Sci., 69, 215-223
- Huntington G.B. 1989.** Can. J. Anim. Sci., 69, 215-223.

- I.N.R.A. 1978.** Alimentation des ruminants (Jarrige. R., ed.). INRA publications, Versailles
- Journet M., Huntington G.B. et Peyraud J.L. 1995.** Le bilan des produits terminaux de la digestion. In : Nutrition des Ruminants Domestiques, Ingestion et Digestion. (R. Jarrige et al, eds)
- Lehninger A.L. 1979.** Biochemistry. Worth publi, NY.
- Lossec G., Lebreton Y., Hulin J.C., Fillaut M. et Herpin P. 1997.** Oxygen consumption by hindquarters in cold-exposed newborn pigs. In : Energy Metabolism of Farm Animals. (McCracken et al eds) CAB International .115-143
- Mac Rae J.C., Walker A., Brown D. et Lobley G.E. 1993.** Anim. Prod., 57, 237-245
- MacRae J.C., Backwell F.R.C., Bequette B.J. et Lobley G.E. 1996.** Protein metabolism and metabolic control in specific organs. In Protein Metabolism and Nutrition (A.F. Nunes et al., eds). 297-308.
- Milano D.G. 1997.** Liver Nitrogen Transactions in sheep. Mémoire de Thèse Université d'Aberdeen.
- Ortigue I. 1991.** Reprod. Nutr. Dev., 31, 593-616
- Ortigue I., Durand D. et Lefaivre J. 1994.** J. Agric., Sci., Camb., 122, 299-308
- Ortigue I. et Visseiche A.L. 1995.** Proc. Nutr. Soc., 54, 235-251
- Rémond D., Ortigue-Marty I., Isserty A. et Lefaivre J. 1998.** J. Anim. Sci., 76, 2712-2716
- Reynolds C.K. et Tyrrel H.F. 1991.** Br. J. Nutr., 66, 437-450.
- Seal C.J. et Parker D.S. 1996.** J. Anim. Sci., 72, 1325-1334
- Schmidt O. et Legras P. 1973.** Atlas de myologie (I.T.O.V.I.C, ed.).
- Turker A. 1967.** J. App. Physiol., 23, 410-414