

CARACTÉRISTIQUES HISTOCHIMIQUES DU MUSCLE ET pH DE LA VIANDE DE LAPINS HYBRIDES SACRIFIÉS À DIFFÉRENTS ÂGES

LAMBERTINI L.*, LALATTA COSTERBOSA G.*, PETROSINO G.***, ZAGHINI G.***, VIGNOLA G.*, BENASSI M.C.****, GATTA P.P.*

* Dipartimento di Morfofisiologia Veterinaria e Produzioni animali, Facoltà di Medicina Veterinaria, Via Tolara di Sopra 50, 40064 OZZANO EMILIA, Bologna, Italia

** Dipartimento di Scienze Animali, Vegetali e dell'Ambiente, Università del MOLISE (CB)

*** Istituto di Zootecnica Veterinaria, Università di TERAMO, Italia

**** Regione Emilia Romagna, Italia

RÉSUMÉ : Soixante lapins hybrides (30 Hyla et 30 Provisal) ont été utilisés pour étudier les effets du type génétique, de trois différents âges d'abattage (75,85 et 95 jours) et du sexe sur le pH (45min. et 24h *post mortem*) des muscles *Biceps femoris*, *Latissimus dorsi* et *Soleus* et sur le contenu en collagène de la musculature lombaire (*Longissimus lumborum*). Les carcasses de 18 lapins mâles (3 âges x 2 types génétiques) ont été en outre utilisées pour évaluer les caractéristiques histochimiques, le diamètre des fibres et le rapport fibres/conjonctif de ces mêmes muscles.

Les pourcentages des différents types de fibres ne sont pas influencés par l'âge à l'abattage, tandis que de fortes différences ($P<0,05$) sont relevées entre les deux lignées génétiques et cela pour tous les types de fibres. En particulier, le pourcentage des fibres I et IIA, dans les muscles *Biceps femoris* et *Latissimus dorsi* est plus élevé chez les lapins Hyla que chez les Provisal, tandis que l'inverse est constaté pour les fibres IIB. En ce qui concerne le muscle *Soleus*, par contre, le pourcentage des fibres I est plus élevé chez les Provisal, les IIA étant plus présentes chez les Hyla.

Le diamètre des fibres augmente avec l'âge ($P<0,05$) dans le *Latissimus dorsi* comme dans le *Biceps femoris* et dans le *Soleus*. Le pourcentage de tissu conjonctif diminue avec l'âge ($P<0,01$) tout comme la quantité de collagène (endomysium et périnysium) de la musculature lombaire ($P<0,05$). Indépendamment du type de muscle et du stade de mesure (45min. ou 24h *post mortem*) les valeurs du pH ne semblent pas être influencées par les variables considérées.

Ces résultats montrent que:

- le développement musculaire, entre 75 et 95 jours, est caractérisé par l'augmentation des dimensions de tous les types de fibres et est accompagné d'une réduction progressive du tissu conjonctif
- la composition en fibres d'un muscle est influencée par le type génétique et pourrait probablement être modifiée en fonction de la sélection
- le pH de la viande n'est pas influencé par le sexe, l'âge à l'abattage et le type génétique des lapins utilisés.

ABSTRACT : Histochemical characteristics of the muscle and pH of hybrid rabbits meat slaughtered at different ages.

To study the effects of genetic type, different slaughtering ages (75, 85 and 95 days) and sex on pH of muscles *Biceps femoris*, *Latissimus dorsi* and *Soleus* (45 min. and 24 h *post mortem*) and on the level of collagen in lumbar muscle (*Longissimus lumborum*), 60 hybrid rabbits (30 Hyla, 30 Provisal) were used. On 18 male rabbit carcasses (3 ages x 2 genetic types) histochemical characteristics, fibre diameter and fibre/connective tissue ratio were determined in these same muscles.

Percentages of the different fibre type are not influenced by the slaughtering age, whilst important differences ($P<0,05$) were recorded between genetic lines for all fibre types. The percentage of I and IIA fibre in the *Biceps femoris* and *Latissimus dorsi* is particularly higher in Hyla than in Provisal, whilst the contrary is recorded for IIB fibre.

On the contrary, for *Soleus* muscle the percentage of I fibre is high in Provisal, and IIA fibre high in Hyla.

In *Latissimus dorsi*, *Biceps femoris* and *Soleus* muscles the fibre diameter increase with age ($P<0,05$). The percentage of connective tissue decrease with age ($P<0,01$) as the collagen content (endomysium et périnysium) of the lumbar muscles ($P<0,05$). Apart from the muscle type and the moment of record (45 min or 24h *post mortem*) the considered variables do not influence pH values.

The results show :

- Between 75 and 95 days the characteristics of the muscle growth are the increase of all the types muscles sizes and the decrease of the connective tissue.
- The genetic type influence the fibre composition of the muscle which may be improve by selection.
- Sex, slaughtering age and genetic type doesn't influence meat pH of the rabbit used.

INTRODUCTION

L'étude des caractéristiques des muscles squelettiques du lapin a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs; les uns ont orienté leurs études vers la détermination de la composition en fibres (LENZI *et al.*, 1989; LOBLEY *et al.*, 1972; MC FADDEN *et al.*, 1984), les autres ont analysé l'évolution des caractéristiques du muscle pendant la croissance postnatale de l'animal (ASHMORE *et al.*, 1972; BACOU et VIGNERON, 1976; NOUGUES, 1973; NOUGUES *et al.*, 1974). Ces derniers se sont concentré en particulier sur l'étude des variations du nombre, de la longueur et de l'aire de section transversale des fibres et ont aussi abordé quelques aspects histochimiques et biochimiques.

Le but de la recherche que nous avons effectuée a été d'évaluer les caractéristiques histochimiques du muscle et le degré d'acidification de la viande de lapin en fonction de deux paramètres très importants: le type génétique de l'animal et l'âge auquel l'abattage a été effectué.

En effet, la sélection de lapins spécialisés pour la production de la viande a visé à améliorer les aspects quantitatifs de la production, tels que la vitesse de croissance et le développement des masses musculaires, sans toutefois accorder la même attention à la qualité.

Ainsi, la sélection en faveur des aspects quantitatifs de la production pourrait avoir modifié la composition en fibres des muscles que leur métabolisme énergétique. La détermination du pourcentage des différents types de fibres dans un muscle pourrait donc représenter une évolution ultérieure des techniques d'évaluation de la qualité de la viande de lapin.

Notre recherche tend à apporter une contribution à la connaissance de ce problème.

MATERIEL ET METHODES

Pour effectuer cet essai, nous avons utilisé 60 lapins, des deux sexes (30 mâles et 30 femelles), appartenants à deux

types génétiques (30 Hyla et 30 Provisal) différents par leur précocité qui est supérieure chez le lapin hybride Hyla. Ces animaux provenaient de deux groupes de femelles qui avaient effectué le même nombre de mises-bas et avaient été inséminées artificiellement. Les portées ont été égalisées pour le nombre de lapereaux (7 - 8) dans les 24 heures suivant la mise-bas et les animaux ont été sevrés à environ 35 jours d'âge (Hyla: $\bar{x} = 35,47j \pm 1,58j$; Provisal: $\bar{x} = 35,50j \pm 1,44j$) et au poids moyen de $823,25g \pm 127,24g$ et $855,48g \pm 133,40g$ pour les lapins Hyla et Provisal, respectivement.

A partir de ce moment, jusqu'à l'abattage, tous les lapins, séparés en deux groupes en fonction du type génétique, ont été logés dans des cages à deux places. Pendant la croissance, tous les animaux ont reçu à volonté le même aliment commercial, dont la composition et les caractéristiques chimiques paraissent dans le tableau 1 (MARTILLOTTI *et al.*, 1987).

Soixante lapins, vingt à chaque fois, choisis *ad random* dans chacun des 2 groupes génétiques (en tenant compte toutefois que leur poids ne s'écarte pas de plus de deux fois de la Déviation Standard par rapport à la moyenne du groupe d'origine) ont été sacrifiés à 75, 85 et 95 jours d'âge ($\bar{x}_1 = 73,68j \pm 1,60j$; $\bar{x}_2 = 84,70j \pm 1,26j$; $\bar{x}_3 = 94,00j \pm 1,11j$).

Sur toutes les carcasses on a mesuré le pH 45 minutes après l'abattage (pH₁) et après 24 heures de réfrigération à 0°C (pH₂), au niveau des muscles *Latissimus dorsi*, *Biceps femoris* et *Soleus* du côté droit; ceci a été effectué au moyen d'une électrode Ingold T 406 - M3 - S7, de 3mm de diamètre, relié à un pH-mètre portable Toptronic X74160. À part pour le *Soleus*, pour lequel le relevé a été effectué dans la partie centrale du muscle, cette évaluation a été faite pour le *Latissimus dorsi* et pour le *Biceps femoris*, à 2 cm environ des insertions distale et proximale, respectivement; en effet, à ce niveau on peut trouver, du point de vue histochimique, la totalité des types de fibres de ces muscles.

Sur le côté gauche de 18 carcasses (3 âges d'abattage × 2 types génétiques) choisies au hasard parmi celles des lapins mâles, on a prélevé la même portion des muscles *Latissimus dorsi*, *Biceps femoris* et *Soleus*. À partir de ces échantillons, immédiatement congelés dans l'isopentane refroidi par l'azote liquide, on a effectué, au moyen d'un microtome cryostat, des sections de 10µm d'épaisseur. Pour la classification des fibres musculaires, ces sections ont été soumises aux réactions histochimiques de l'Adénosine

Triphosphatase myofibrillaire suivant une préalable incubation acide à pH allant de 4,40 à 4,60 avec des variations de 0,05 unités de pH, ou alcaline (à pH 10,4), selon la méthode A de SNOW *et al.* (1982), de la Nicotinamide Adénine Dinucléotide Tétrazolium Réductase (NADH-TR) (NOVICOFF *et al.*, 1961) et de l'α-Glycérophosphate Déshydrogénase (α-GPDH) (HESS et PEARSE, 1961). Différentes aires des sections colorées par la réaction de l'Adénosine Triphosphatase myosinique ont été choisies *ad random* et utilisées pour la détermination du pourcentage réciproque des fibres. Environ 1000 fibres ont été comptées pour chaque muscle. Dans les mêmes aires de section on a évalué le diamètre moyen de chaque type de fibre à partir de sa surface. La détermination du pourcentage de tissu conjonctif (endomysium et périmysium) a été effectuée sur les sections colorées selon la méthode de Ignesti (BECCARI et MAZZI, 1966). Tous ces paramètres ont été relevés au moyen du programme de relèvement automatique KS 300 (Kontron elektronik GmbH, 1994). À partir de toutes les carcasses obtenues, on a enfin procédé à la séparation de la musculature lombaire (*Longissimus lumborum*) du côté gauche. Le tissu ainsi obtenu, après lyophilisation, a été utilisé pour la détermination de la concentration d'hydroxyproline, élément révélateur du contenu en collagène. Pour ce, on a procédé à l'hydrolyse acide de portions musculaires (HCl 6N pendant 22h à 110°C) et à la détermination successive par coloration au moyen de l'Auto-Analyzer II - Technicon, en suivant la méthode suggérée par le producteur de cet appareil (TECHNICON, 1977) et en utilisant un facteur de conversion 7,25, selon BAILEY *et al.* (1989).

L'analyse statistique de toutes les données ainsi obtenues, après vérification préalable de l'homogénéité de celles-ci au moyen du contrôle de l'asymétrie et de la curtose (CAMUSSI *et al.*, 1981) et de l'homogénéité de la variance entre les groupes à travers le test de Barlett (PILLA, 1985), a été effectuée par le procédé GLM (SASS, 1989). En ce qui concerne les paramètres relatifs aux caractéristiques histochimiques des muscles, nous avons utilisé le modèle bifactoriel avec interaction qui suit:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \Sigma_{ijk}$$

ou:

Y = variable dépendante;

μ = moyenne;

α = âge (i: 1 = 75j, 2 = 85j, 3 = 95j)

β = type génétique (j: 1 = Hyla, 2 = Provisal)

Σ = erreur

Tous les autres résultats ont été analysés en utilisant le modèle trifactoriel avec interaction suivant:

$$Y_{ijke} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + \Sigma_{ijke}$$

ou:

Y = variable dépendante;

μ = moyenne;

α = âge (i: 1 = 75j, 2 = 85j, 3 = 95j)

β = type génétique (j: 1 = Hyla, 2 = Provisal)

γ = sexe (k: 1 = mâle, 2 = femelle)

Σ = erreur

Tableau 1 : Caractéristiques de l'aliment commercial¹

Analyse chimique:		
Matière sèche	%	89,86
Protéines brutes	%	17,10
Matières grasses	%	3,54
Cellulose brute	%	4,52
Cendres brutes	%	7,74
Extractif non azoté	%	46,96
Energie digestible ²	Kcal/Kg	2430

¹ Composition: orge, tourteau de soja, luzerne déshydratée, farine basse de blé tendre, maïs, pulpes de betterave, blé tendre, tournesol, graisse animale, mélasse de canne, phosphate bicalcique, calcium carbonate, chlorure de sodium, L-lysine, D-L méthionine.

² Calculée selon la formule proposée par PARIGI BINI et DALLE RIVE, (1987).

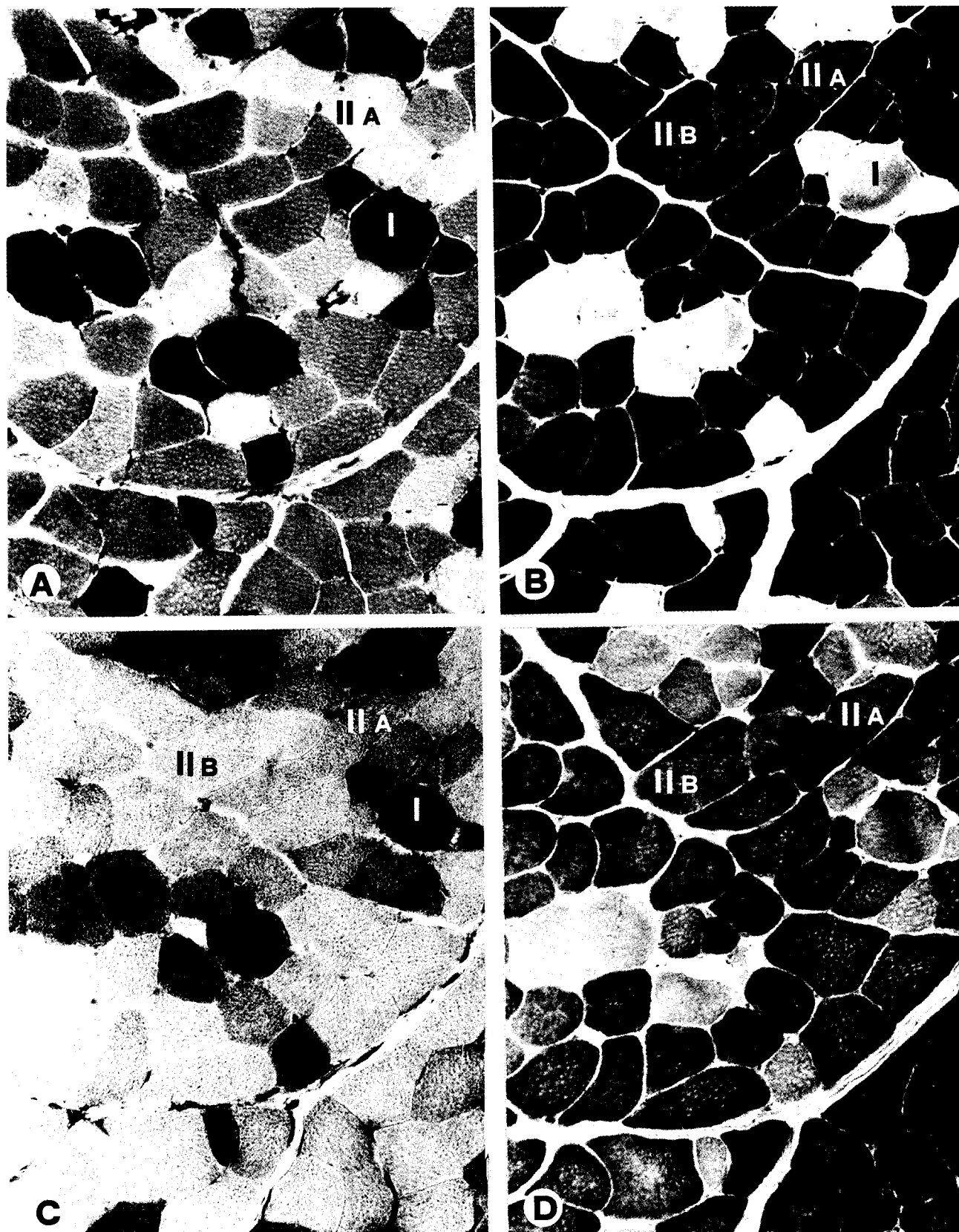


Figure 1 : Sections consécutives transversales du muscle *Latissimus dorsi* de lapin de 85 jours d'âge illustrant le pattern de coloration des fibres de type I, IIA, IIB (x 200).
A : ATPase - Section après préincubation a pH 4,6 ; B : ATPase - Section après préincubation à pH 10,4
C : NADH-TR ; D : α -GPDH

La comparaison entre les moyennes a été effectuée grâce au test S.N.K. (CAMUSSI *et al.*, 1981).

RESULTATS ET DISCUSSION

La détermination des caractéristiques histochimiques nous a permis d'identifier 3 types de fibres musculaires qui, selon la terminologie suggérée par BROOKE et KAISER (1970), ont été classés comme type I, IIA et IIB (figure 1).

Les fibres du type I(β) se révèlent fortement positives après préincubation acide et négatives après préincubation alcaline à la réaction de l'ATPase myofibrillaire. Elles présentent un métabolisme oxydatif élevé et un pouvoir glycolytique faible, étant fortement positives après la réaction du NADH et négatives après la réaction de l' α -GPDH. À la réaction de l'ATPase, les fibres du type IIA (α) se présentent négatives après préincubation acide et positives après préincubation alcaline. La positivité de la coloration après la réaction du NADH est équivalente ou légèrement inférieure à celle observée pour les fibres I; les fibres IIA (α) se révèlent positives après la réaction de l' α -GPDH. Les fibres du type IIB ($\alpha\omega$) se présentent, à la réaction de l'ATPase myofibrillaire, faiblement positives après préincubation acide et positives après préincubation alcaline. Ces fibres possèdent un faible métabolisme oxydatif, mais après la réaction de l' α -GPDH elles se colorent positivement tout comme les IIA. Nous avons pu parfois mettre en évidence des fibres de type IIC qui réagissent positivement avec toutes les réactions mais, compte tenu de leur faible nombre, nous ne les avons pas considérées. Aux valeurs de pH de 4,55 et de 4,60 nous avons trouvé des fibres, plus nombreuses dans le *Biceps femoris* que dans la *Latissimus dorsi*, qui présentaient une coloration, ainsi qu'un métabolisme oxydatif, intermédiaires. Puisque ces mêmes fibres à pH 4,50 se coloraient ou comme les fibres IIA ou comme les IIB, nous avons effectué leur classification à cette valeur de pH. Toutefois, même à ce pH, il restaient quelques fibres, souvent de gros diamètre, dont les caractéristiques histochimiques étaient intermédiaires; ces fibres (IIAB) ont été considérées comme fibres du type IIB (STARON *et al.*, 1984).

Les résultats obtenus confirment, comme prévu, l'hétérogénéité des caractéristiques entre les différents muscles considérés (figure 2). Dans le *Biceps femoris*, en particulier, il y a une nette prévalence des fibres du type IIB qui représente 90% de l'ensemble des fibres, tandis que dans le *Latissimus dorsi* ces mêmes fibres, tout en étant présentes en quantités supérieures par rapport aux autres types, atteignent seulement 60% du nombre total de fibres (55,10% ÷ 62,86%). Ces deux muscles donc, tout en présentant un métabolisme énergétique à prédominance glycolytique, se différencient significativement du point de vue histochimique et fonctionnel. DELMAS et OUHAYOUN (1990) qui ont mesuré l'activité de certains enzymes de la glycolyse et du cycle de Krebs dans différents muscles de lapins parvenaient à des conclusions semblables.

La figure 2 illustre la composition en fibre des trois muscles considérés en fonction de l'âge. Les pourcentages des différents types de fibres, ne semblent pas être influencés par l'âge des animaux, même si l'on peut remarquer une certaine tendance à une modification de ce paramètre pour les muscles *Latissimus dorsi* et *Soleus*. Dans le premier, les fibres IIA diminuent tandis que les IIB augmentent, dans le deuxième, par contre, on assiste à une augmentation des fibres I au

Figure 2 : Rapport en pourcentage entre les fibres musculaires en fonction de l'âge (moyenne \pm d.s.)

Echantillons	Age		
	75j 6	85j 6	95j 6
<i>Latissimus dorsi</i>			
I	24,85 \pm 2,85	21,68 \pm 2,02	23,08 \pm 5,00
IIA	19,08 \pm 3,34	17,64 \pm 2,38	16,74 \pm 2,94
IIB	56,07 \pm 5,57	60,69 \pm 3,62	60,18 \pm 7,18
<i>Biceps femoris</i>			
I	3,68 \pm 1,44	3,87 \pm 0,57	4,37 \pm 1,84
IIA	7,05 \pm 1,60	7,09 \pm 1,59	7,41 \pm 1,66
IIB	89,26 \pm 2,26	88,62 \pm 1,92	88,56 \pm 3,21
<i>Soleus</i>			
I	95,01 \pm 4,83	97,23 \pm 1,87	97,70 \pm 2,82
IIA	4,99 \pm 4,83	2,77 \pm 1,87	2,31 \pm 2,82

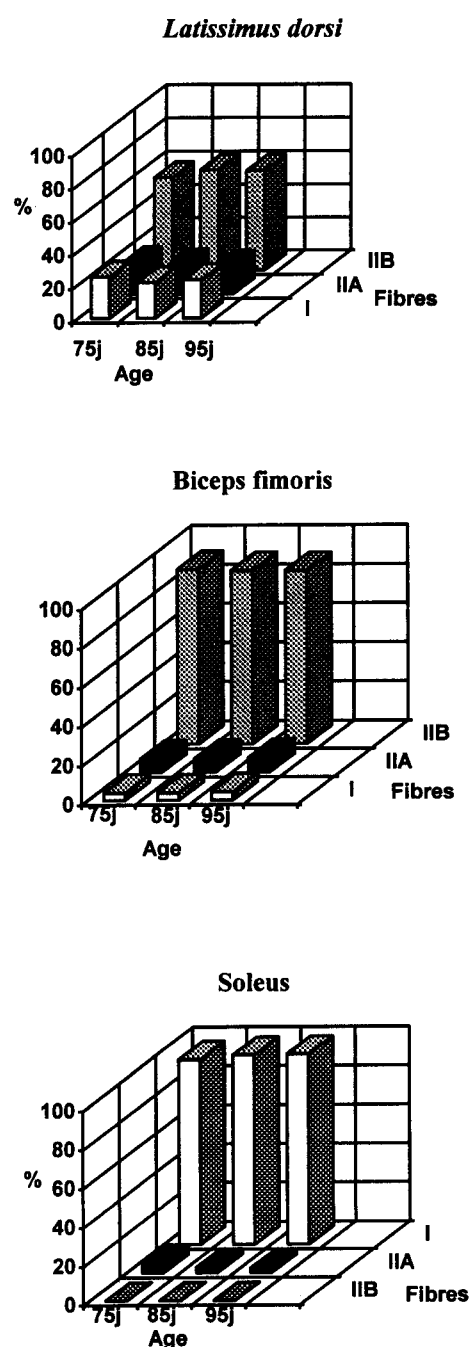
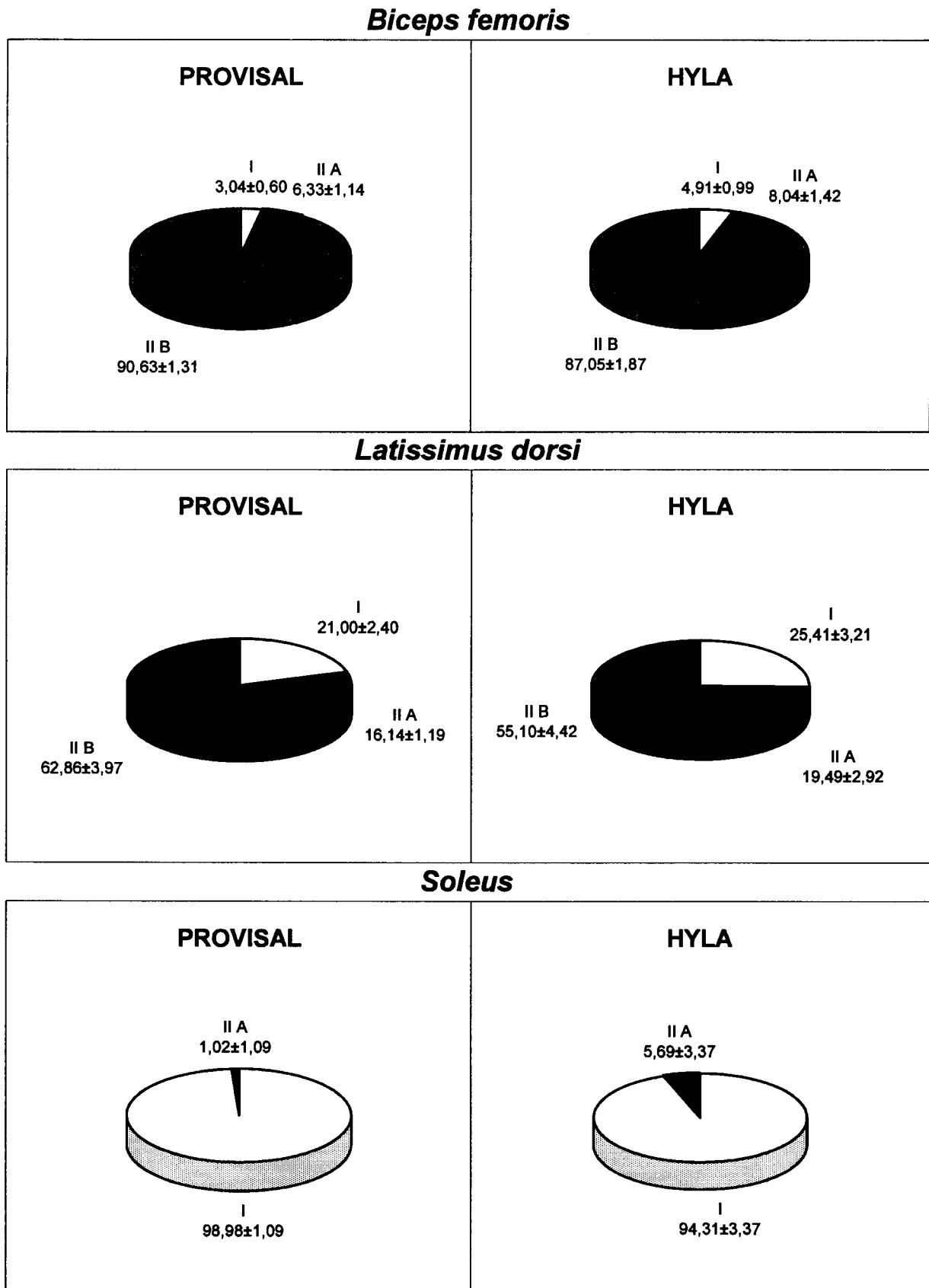


Figure 3 : Rapport en pourcentage entre les fibres musculaires en fonction de la ligne génétique (moyenne \pm d.s.)



Toutes les différences entre les moyennes sont significatives pour $P < 0,05$.

détriment des IIA . Les changements histochimiques des muscles en fonction de l'âge ont été amplement documentés chez les animaux (ALNAQEEB et GOLDSPIK, 1987), et chez

l'homme (GEOFFREY *et al.*, 1993). La présence de fibres IIC et à coloration intermédiaire que nous avons trouvées pourrait être considérée comme l'expression d'une transformation à

Tableau 2 : Diamètre des différents types de fibres musculaires (μm) (valeurs moyennes).

Paramètres	Age			Ligne génétique		D.S. erreur
	75j	85j	95j	Provisal	Hyla	
Echantillons	6	6	6	9	9	-
<i>Latissimus dorsi</i> :						
I	52,62	56,31	57,17	55,78	56,91	3,53
IIA	51,06 ^b	52,93 ^b	60,18 ^a	54,86	54,61	4,95
IIB	64,30 ^b	70,03 ^{ab}	72,67 ^a	68,91	69,12	5,34
<i>Biceps femoris</i> :						
I	49,57 ^b	54,22 ^{ab}	58,39 ^a	52,67	55,44	4,78
IIA	41,49 ^b	45,95 ^b	52,81 ^a	45,49	48,01	5,47
IIB	61,92 ^b	68,50 ^a	69,18 ^a	66,71	66,35	4,50
<i>Soleus</i> :						
I	60,22 ^b	70,04 ^a	73,99 ^a	69,61	66,55	5,95

a vs b: $P < 0,05$. Interactions non significatives.

partir d'un type de fibre à un autre (PIEROBON BORMIOLI *et al.*, 1981; INGJER, 1979). AIGNER *et al.* (1993) ont pour leur part démontré que, même chez le lapin, les fibres musculaires se trouvent dans un état "dynamique" qui les porte à se transformer d'un type à l'autre. ASHMORE *et al.* (1972) avaient déjà souligné chez le lapin cette transformation des fibres rouges en blanches pendant la vie postnatale; il est donc possible que ce processus se poursuive dans l'intervalle d'âge choisi dans notre essai, en particulier au niveau du muscle *Latissimus dorsi*. En faveur de cette interprétation les résultats obtenus par BACOU et VIGNERON (1976) montrent que l'activité enzymatique de l'aldolase et de la succinate déhydrogénase au niveau du muscle *Psoas major* se modifie même au delà de l'âge que nous avons considéré dans notre étude. D'autres auteurs ont, de leur côté, souligné l'effet de l'âge surtout sur le pourcentage en fibres, avec une sensible disparité entre les différents muscles considérés (MATASSINO *et al.*, 1992).

La figure 3 montre les pourcentages des différents types de fibres musculaires en fonction de la lignée génétique des lapins utilisés dans notre recherche. Les résultats montrent des différences significatives à l'analyse statistique ($P < 0,05$). En particulier, le pourcentage des fibres I et IIA, dans les muscles *Biceps femoris* et *Latissimus dorsi* est plus élevé dans les lapins Hyla que dans les Provisal, tandis que les IIB ont un comportement opposé. En ce qui concerne le muscle *Soleus*, par contre, le pourcentage des fibres I est plus élevé chez les Provisal, les IIA étant plus présentes chez les Hyla.

Cela semble donc confirmer que la composition en fibres des muscles est établie génétiquement et qu'elle pourrait donc être modifiée en fonction de la sélection effectuée. Les lapins hybride Hyla, retenus plus précoces, ne montrent pas une évolution des caractéristiques histochimiques du muscle vers un métabolisme énergétique de type glycolytique; au contraire, on peut remarquer une diminution des fibres IIB compensée par une augmentation de celles des autres types. Une exception partielle à cette constatation est représentée par le muscle *Soleus* dans lequel, comme nous l'avons déjà dit, les fibres IIB ne sont pas présentes et les fibres de type I sont plus abondantes dans les lapins Provisal, avec des différences significatives entre les deux types génétiques. Ces résultats semblent contredire l'hypothèse que la sélection vers des lapins plus productifs puisse favoriser la présence de fibres musculaires à métabolisme glycolytique (ASHMORE *et*

al., 1972). Il faut par ailleurs relever que les lapins utilisés n'ont pas présenté, à la fin de l'essai, des différences entre les poids des carcasses (tableau 4) et de même en ce qui concerne la vitesse de croissance.

Dans le tableau 2 est reporté le diamètre des fibres musculaires en fonction de l'âge à l'abattage et de la lignée génétique des lapins utilisés. En ce qui concerne ce dernier paramètre, on peut observer l'absence de différences significatives entre les trois muscles pris en considération. Les différentes caractéristiques génétiques entre les deux hybrides commerciaux ne se reflètent donc pas sur le diamètre des fibres mais seulement sur leur pourcentage réciproque. On observe par contre une augmentation significative du diamètre des fibres à mesure que l'organisme se développe (tableau 2), développement encore incomplet aux différents âges que nous avons considérés. Ce résultat confirme des données déjà connues (NOUGUES, 1973), mais il permet de mettre l'accent sur l'importance des différences observées. En effet, dans les animaux plus âgés (95 jours), le diamètre des fibres est significativement supérieur à celui des fibres des muscles d'animaux plus jeunes (75 jours), tandis que les lapins sacrifiés à 85 jours se situent, en général, à un niveau intermédiaire. En particulier, les différences les plus significatives sont relevées pour les fibres du type IIA (21,44% et 15,15% pour le *Biceps femoris* et le *Latissimus dorsi*, respectivement) exception faite, naturellement, pour le muscle *Soleus* dans lequel la faible présence de ce type de fibres n'a pas permis d'effectuer des mesures statistiquement interprétables. D'ailleurs, comme l'a souligné encore une fois NOUGUES (1973), on observe dans le lapin en croissance une augmentation des fibres musculaires qui cesse seulement vers 5 mois d'âge. Une observation ultérieure intéressante est représentée par les dimensions de chaque type de fibre, dimensions qui apparaissent très diversifiées dans les différents muscles examinés.

Le tableau 3 rapporte le pourcentage de conjonctif pour les trois muscles considérés. On peut observer que ce tissu diminue pour laisser la place aux fibres au fur et à mesure qu'augmente l'âge à l'abattage, et ce dans tous les muscles même s'il y a des différences entre eux (diminution de 17,2% pour le *Soleus*, 22,6% pour le *Latissimus dorsi* et 28,5% pour le *Biceps femoris* en passant de 75 à 95 jours d'âge). Les résultats obtenus, relatifs au pourcentage de collagène, sont en accord avec ceux de NOUGUES (1973) soit comme

Tableau 3 - Pourcentage de tissu conjonctif dans les muscles examinés (valeurs moyennes).

Paramètres	Age			Ligne génétique		D.S.
	75d	85d	95d	Provisal	Hyla	erreur
Echantillons	6	6	6	9	9	-
<i>Latissimus dorsi</i>	11,57 ^{Aa}	10,56 ^{Ab}	8,96 ^{Bc}	10,41	10,30	0,7296
<i>Biceps femoris</i>	12,21 ^{Aa}	9,99 ^{Bb}	8,73 ^{Bc}	10,05	10,57	0,7440
<i>Soleus</i>	13,64 ^{Aa}	14,08 ^{Aa}	11,29 ^{Bb}	12,92	13,09	0,4926

A vs B: $P < 0,01$; a vs b vs c: $P < 0,05$. Interactions non significatives.

tendance en fonction de l'âge que comme valeurs absolues. Les mêmes considérations peuvent être faites à propos du collagène de la musculature lombaire dont le contenu diminue avec l'augmentation du développement corporel (tableau 4). L'ensemble de ces résultats semble indiquer qu'un âge plus tardif d'abattage puisse déterminer une amélioration des caractéristiques organoleptiques de la viande, en particulier pour ce qui tient sa tendreté. La réduction de la teneur en collagène pourrait aussi expliquer l'augmentation du contenu azoté de la viande qui se vérifie avec la croissance, comme nous avons pu l'observer nous même pour le lapin (LAMBERTINI *et al.*, 1992) et comme l'a fait remarquer LAWRIE (1985) pour les bovins et le porc. Ce dernier auteur a aussi remarqué, pour l'espèce bovine, une diminution, au cours du développement corporel, du contenu en azote dans le conjonctif, cela à l'avantage de celui des fibres musculaires.

Contrairement au facteur âge, les différentes caractéristiques génétiques des lapins utilisés ne semblent pas influencer de façon évidente le pourcentage du tissu conjonctif musculaire. Toutefois, la quantité de collagène, évaluée sur la base du contenu en hydroxyproline du muscle *Longissimus lumborum*, qui représente la quasi totalité de la composante musculaire de la région lombaire, est supérieure pour les lapins Provisal à celle des Hyla. Sur la base de nos résultats, il est impossible de formuler une interprétation certaine et cet aspect devra être ultérieurement étudié; toutefois, une hypothèse plausible est que la quantité de conjonctif dépende davantage du pourcentage relatif des divers types de fibres plutôt que de leurs dimensions. Enfin, le sexe ne semble pas influencer ce paramètre, puisque la quantité de collagène de la musculature lombaire est sensiblement la même pour les mâles que pour les femelles.

La tableau 4 récapitule les données de pH relevées au niveau des muscles *Latissimus dorsi*, *Biceps femoris* et *Soleus*. L'importance de ce relevé est liée aux aspects négatifs qu'une acidification anormale peut entraîner sur la perte d'eau et sur les caractéristiques organoleptiques de la viande.

Sur la base de ces données, il est avant tout possible d'exprimer des considérations valables de manière générale. Ainsi le pH_1 est très semblable pour les trois muscles considérés, même si leur composition en fibres (figures 2 et 3) est différente. Il est évident que la valeur du pH_1 , mesurée 45 minutes après la mort de l'animal, n'a pu être influencée par les différences métaboliques intrinsèques de ces muscles. Par contre, le pH final (pH_2) relevé 24 h après l'abattage montre clairement les effets *post mortem* des différentes activités glycolytiques d'origine. Ainsi, le muscle *Biceps femoris* est, parmi ceux considérés, le plus riche en fibres de type IIB et aussi celui dont l'activité glycolytique est la plus

élevée comme l'avaient déjà fait remarquer DELMAS et OUHAYOUN (1990). Cette caractéristique métabolique entraîne une chute de pH plus importante que celle observée dans le *Latissimus dorsi* et, naturellement, dans le *Soleus*, qui possède un métabolisme énergétique de type oxydatif.

Ces données diffèrent de celles rapportées par d'autres auteurs (BLASCO et PILES, 1990; PARIGI BINI *et al.*, 1992; XICCATO *et al.*, 1990) même si la tendance est semblable. Les différences avec ces auteurs, évidentes si l'on considère les valeurs absolues, peuvent être attribuées à l'endroit où a été prélevé le pH dans le muscle. BLASCO et PILES (1990) ont mesuré le pH du "*Longissimus dorsi*" au niveau de la septième vertèbre lombaire et donc en fait dans le muscle *Longissimus lumborum* dont la composition en fibres varie selon la zone considérée, comme l'ont fait remarquer VIGNERON *et al.* (1976).

Cette observation est confirmée par les données de DELMAS et OUHAYOUN (1990) qui ont montré que l'activité de l'aldolase est supérieure dans la portion postérieure de ce muscle par rapport à l'antérieure. Les différences entre les auteurs sont peut être à attribuer aux différentes techniques opératoires et aux instruments utilisés. A ce propos, KORKEALA *et al.* (1986) ont comparé 7 méthodes d'évaluation du pH de la viande et ont relevé des différences fortement significatives ($P < 0,001$) selon les techniques utilisées. Ces auteurs concluent à l'impossibilité de proposer la méthode la plus efficace correspondant aux données réelles de pH. De plus, il faut souligner que, à l'intérieur d'un même muscle, la composition en fibres et par conséquent la capacité d'acidification de la viande peut varier d'un secteur à l'autre, et ceci même entre des secteurs très rapprochés. Il faut enfin mentionner que la capacité d'acidification de la viande est déterminée par le contenu en glycogène musculaire, contenu fortement influencé par les facteurs stressants qui précèdent l'abattage.

Pour en venir aux variables considérées lors de notre essai, le type génétique ne semble pas influencer les valeurs de pH, indépendamment du muscle considéré ou du moment auquel a été effectuée l'évaluation.

Par contre, la valeur de pH_1 pour tous les muscles considérés varie en fonction de l'âge mais cela non pas de façon linéaire; en particulier les lapins abattus à 85 jours ont présenté les valeurs les plus basses.

Toutefois, cela pourrait dépendre des conditions qui ont précédé l'entrée des carcasses en chambre froide: ainsi, les basses températures inhibent l'activité de certains enzymes de la glycolyse empêchant la chute du pH, avant même que les réserves en glycogène soient épuisées (OUHAYOUN *et al.*, 1990).

Tableau 4 : Valeurs de pH des muscles examinés et pourcentage de tissu conjonctif de la musculature lombaire (*Longissimus lumborum*) (valeurs moyennes)

Paramètres		Age			Ligne génétique		Sexe		D.S. erreur
		75j	85j	95j	Provisal	Hyla	Mâles	Femelles	
Echantillons	n	20	20	20	30	30	30	30	-
Poids des carcasses	g	1334,23 ^c	1556,38 ^b	1701,28 ^a	1536,98	1527,49	1547,60	1516,69	125,70 3
<i>Latissimus dorsi</i> :									
	pH ₁	6,92 ^a	6,76 ^b	6,97 ^a	6,87	6,89	6,80 ^b	6,96 ^a	0,198
	pH ₂	6,05 ^b	6,19 ^a	6,22 ^a	6,16	6,14	6,09 ^b	6,21 ^a	0,184
	pH ₁ -pH ₂	0,87 ^a	0,57 ^b	0,75 ^a	0,71	0,75	0,71	0,75	0,241
<i>Biceps femoris</i> :									
	pH ₁	7,07 ^a	6,72 ^b	6,96 ^a	6,92	6,91	6,91	6,92	0,198
	pH ₂	6,00	5,79	6,06	5,87	6,03	6,01	5,89	0,770
	pH ₁ -pH ₂	1,07	0,93	0,90	1,05	0,88	0,90	1,03	0,807
<i>Soleus</i> :									
	pH ₁	7,03 ^a	6,90 ^b	7,02 ^a	7,00	6,96	6,99	6,98	0,138
	pH ₂	6,68 ^b	6,65 ^b	6,90 ^a	6,76	6,73	6,72	6,77	0,189
	pH ₁ -pH ₂	0,35 ^a	0,25 ^a	0,12 ^b	0,24	0,23	0,27	0,21	0,226
<i>L. lumborum</i>									
Conjonctif	%	1,24 ^a	1,14 ^b	0,98 ^c	1,16 ^a	1,07 ^b	1,14	1,10	0,090

a vs b: P < 0,05. Interactions non significatives.

En ce qui concerne les mâles et les femelles nous n'avons pas remarqué de différences significatives; une exception est représentée par le pH initial et final du muscle *Latissimus dorsi*, plus élevé dans les femelles. Ce résultat, difficile à interpréter, et qui n'a pas influencé la chute du pH (0,71 vs 0,75) n'a pas été documenté par d'autres auteurs, qui ont de leur côté souligné la modeste influence du sexe sur ce paramètre (LAMBERTINI *et al.*, 1992; PARIGI BINI *et al.*, 1992).

CONCLUSIONS

Sur la base de nos résultats et dans nos conditions expérimentales, il nous est possible de tirer quelques conclusions générales, relatives aux variables considérées.

Nos résultats confirment l'extrême hétérogénéité histochimique entre les trois muscles considérés.

Le pourcentage entre les fibres ne semble pas être influencé par l'âge des animaux; au contraire, les différences sont très marquées et statistiquement significatives entre les deux hybrides commerciaux. Cela confirme donc que la composition en fibres d'un muscle est établie génétiquement et pourrait donc être modifiée par la sélection.

L'âge à l'abattage a une forte influence sur les dimensions des fibres dont le diamètre augmente avec celui-ci, tandis que les différences génétiques ne semblent exercer aucun effet sur ce paramètre.

Le développement musculaire observé pendant la croissance, qui n'était d'ailleurs pas terminée aux stades que nous avons considérés, dérive donc d'une augmentation des dimensions de tous les types de fibres et, d'une façon moins importante, d'une variation de leur proportions réciproques.

Par ailleurs, au fur et à mesure que les animaux croissent, on peut enregistrer une diminution du conjonctif intramusculaire (perimysium et endomysium), probablement consécutive à l'augmentation du diamètre des fibres.

Enfin, les valeurs de pH, indépendamment de la zone et du moment de l'évaluation paraissent faiblement influencées par les variables considérées. La sélection, en ce qui concerne les lapins hybrides utilisés, ne semble pas influencer les capacités d'acidification de la viande.

Reçu : 15 janvier 1996

Accepté : 15 Mai 1996

REFERENCES

- AIGNER S., GOHLSCH B., HÄMÄLÄINEN N., STARON S.R., UBER A., WEHRLE U., PETTE D., 1993. Fast myosin heavy chain diversity in skeletal muscles of the rabbit: heavy chain IId, not IIb predominates. *Eur. J. Biochem.*, **211**, 367 - 372.
- ALNAQEEB M.A., GOLDSPIK G., 1987. Changes in fibre type, number and diameter in developing and ageing skeletal muscle. *J. Anat.*, **153**, 31 - 45.
- ASHMORE C. R., TOMPKINS G., DOERR L., 1972. Postnatal development of muscle fiber types in domestic animals. *J. Anim. Sci.*, **34**, 37 - 41.
- BACOU F., VIGNERON P., 1976. Evolution périnatale des voies métaboliques glycolytique et oxydative de divers types de muscles squelettiques du lapin et du poulet. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **16**, 675 - 686.
- BAILEY A.J., LIGHT N.D., 1989. Connective tissue in meat and meat products. *Elsevier (ed), Barcling*.
- BECCARI N., MAZZI V., 1966. Metodo di Ignesti per la colorazione del tessuto muscolare. Manuale di tecnica microscopica, *Società Editrice Libreria, Como*.

- BLASCO A., PILES M., 1990. Muscular pH of the rabbit. *Ann. Zootech.*, **39**, 133 - 136.
- BROOKE M.H., KAISER K.K., 1970. Muscle fiber types: how many and what kind? *Arch. Neurol.*, **23**, 369 - 379.
- CAMUSSI A., MOLLER F., OTTAVIANO E., SARI GORLA M., 1981. Metodi statistici per la sperimentazione biologica. Zanichelli (ed), Bologna.
- DELMAS D., OUHAYOUN J., 1990. Technologie de l'abattage du lapin. 1-Étude descriptive de la musculature. *V.P.C.*, **11(1)**, 11-14.
- GEOFFREY C.B.E., BYRON A.K., 1993. Histochemical and contractile property changes during human muscle development. *Muscle & nerve*, **16**, 1246-1253.
- HESS R., PEARSE A.G.E., 1961. Histochemical and homogenization studies of mitochondrial α -glycerophosphate dehydrogenase in the nervous system. *Nature*, **191**, 718 - 719.
- INGJER F., 1979. Effect of endurance training on muscle fibre ATPase activity, capillary supply and mitochondrial content in man. *Physiol. (London)*, **294**, 419 - 432.
- KORKEALA H., MAKI-PETAYS O., ALANKO T., SORVETTULA O. 1986. Determination of pH in meat. *Meat Sci.*, **18**, 121 - 132.
- LAMBERTINI L., BENASSI M.C., ZAGHINI G., RIZZI L., 1992. Indagine sulle caratteristiche della componente muscolare nel coniglio. *Atti Convegno Naz. "Parliamo di carni avicole e cunicole"*, 189-199.
- LAWRIE R.A., 1985. Meat Science. Pergamon press (ed), Oxford.
- LENZI P., CIANCI T., LEONARDI G.S., MARTINELLI A., FRANZINI C., 1989. Muscle blood flows changes during sleep as a function of fibre type composition. *Exp. Brain Res.*, **74**, 549 - 554.
- LOBLEY G.E., WILSON A.B., BRUCE A.S., 1977. An estimation of the fibre type composition of eleven skeletal muscles from New Zealand White rabbits between weaning and early maturity. *J. Anat.*, **123**, 501 - 513.
- MARTILLOTTI F., ANTONGIOVANNI L., RIZZI L., SANTI E., BITTANTE G., 1987. Metodi di analisi per la valutazione degli alimenti d'impiego zootecnico. *Quaderni Metodologici n. 8*, C.N.R. - I.P.R.A. (ed), Roma.
- MATASSINO D., BARONE C.M.A., MAURANO F., 1992. Influence of age and housing density on New Zealand White rabbits. II Morphometric characteristics of muscular fibre. *Prod. Anim.*, **5(3)**, 31 - 50.
- MC FADDEN K.D., BAGNALL K.M., MAHON M., FORD D., 1984. Histochemical fiber composition of lumbar back muscles in the rabbit. *Acta anat.*, **120**, 146 - 150.
- NOUGUES J., 1973. Étude histologique de la croissance postnatale des muscles Soleus et Accessorius latissimi dorsi chez le lapin commun. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **13**, 37 - 50.
- NOUGUES J., ROUS A.M., VIGNERON P., 1974. Étude de la variation du nombre et des dimensions des fibres musculaires chez trois races de lapins et leurs croisements reciproques. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **14**, 293 - 311.
- NOVIKOFF A.B., SHIN W.Y., DRUCKER J., 1961. Mitochondrial localization of oxidative enzymes: staining results with two tetrazolium salts. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, **9**, 47 - 61.
- OUHAYOUN J., DELMAS D., MONIN G., ROUBISCOUL P., 1990. Abattage du lapin. 2 - Effet du mode de réfrigération sur la biochimie et la contraction des muscles. *Atti 5emes J. Rech. Cunicol*, vol. **11**, n. 45, Paris.
- PARIGI BINI R., DALLE RIVE V., 1977. Metodi di stima del valore nutritivo dei mangimi concentrati per conigli in accrescimento. *Conigliicoltura*, **14(2/3)**, 33 - 40.
- PARIGI BINI R., XICCATO G., CINETTO M., DALLE ZOTTE A., 1992. Effetto dell'età, del peso di macellazione e del sesso sulla qualità della carcassa e della carne cunicola. 2 - Composizione chimica e qualità della carne. *Zoot. Nutr. Anim.*, **18**, 173 - 190.
- PIEROBON BORMIOLI S., SARTORE S., DALLA LIBERA L., VITTADELLO M., SCHIAFFINO S., 1981. "Fast" isomyosins and fiber types in mammalian skeletal muscle. *J. Histochem. Cytochem.*, **29**, 1179-1188.
- PILLA A.M. 1985. Metodologia statistica e programmazione degli esperimenti. *Grafiche Missio (ed)*, Udine.
- SASS, 1989. SASS[®] User's Guide: SASS Statistics Version 5 ed., SASS Inst. Inc.; Cary, NC, USA.
- SNOW D.H., BILLETER R., MASCARELLO F., CARPENE E., ROWLERSON A., JENNY E., 1982. No classical type IIB fibres in dog skeletal muscle. *Histochemistry*, **75**, 53 - 65.
- STARON R.S., HIKIDA R.S., HAGERMAN S.C., DUDLEY G.A., MURAY T.F., 1984. Human skeletal muscle fiber type adaptability to various work loads. *J. Histochem. Cytochem.*, **32**, 146 - 152.
- Technicon AutoAnalyzer II - Industrial Metod n. 513-77T (15 novembre 1977) - Hydroxiprolina in bone tissue acid hydrolysate.
- VIGNERON P., BACOU F., ASHMORE C.R., 1976. Distribution heterogeneity of muscle fiber type in the rabbit *Longissimus* muscle. *J. Anim. Sci.*, **43**, 985 - 988.
- XICCATO G., PARIGI BINI R., CINETTO M., CONVERSO R., 1990. Variazioni del pH muscolare in carcasse refrigerate di coniglio. *Atti S.I.S.Vet.*, vol. **44**, 577 - 581.