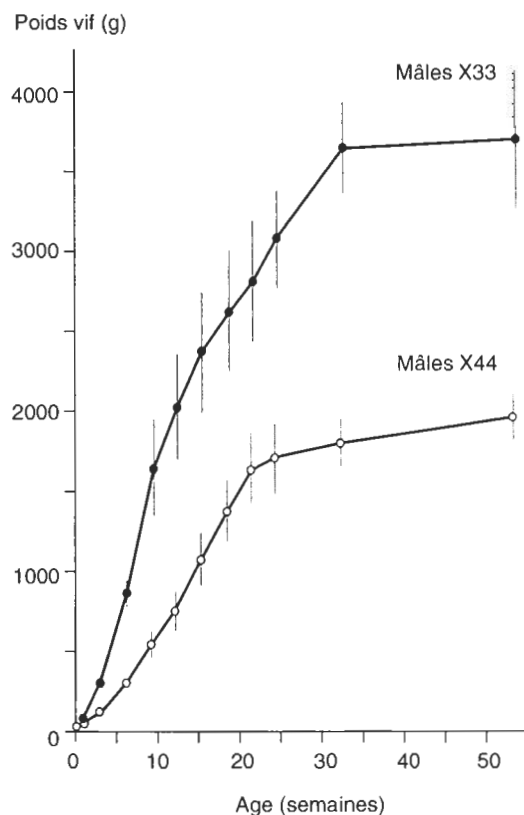


M.J. DUCLOS,  
H. RÉMIGNON  
INRA Station  
de Recherches Avicoles  
37380 Nouzilly

## Développement musculaire des poulets issus de lignées à croissance rapide ou lente

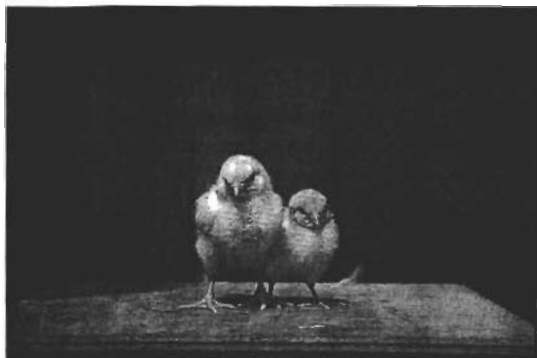
Le développement musculaire de l'oiseau débute avec l'individualisation, à partir des premiers somites, de précurseurs myogéniques, ou myoblastes, qui vont se multiplier, migrer vers leur position finale et fusionner en myotubes qui seront à l'origine des fibres musculaires matures (voir Ott *et al* 1990 pour une revue). Il semble qu'il existe en fait plusieurs lignées de myoblastes dont la diversité participe très probablement à la diversité finale des fibres musculaires. Le nombre final de fibres musculaires est atteint à la fin de l'embryogénèse et ne change plus ensuite, du moins dans des conditions normales. La croissance musculaire post-éclosion résulte d'une augmentation de la taille des fibres qui s'accompagne d'une augmentation du nombre de noyaux par fibres (Moss 1968). Ce phénomène est dû à l'activation des cellules satellites musculaires présentes entre la fibre et la membrane basale qui l'entoure (Mauro 1961). Celles-ci ont conservé la capacité de se multiplier et de fusionner avec les fibres musculaires voisines pour leur apporter de nouveaux noyaux et augmenter ainsi leur potentiel de synthèse protéique. Ce phénomène est à l'origine de l'essentiel du contenu final du muscle en ADN (Moss 1968).

Figure 1. Courbes de croissance des poulets X44 (croissance lente) et X33 (croissance rapide).



Le développement musculaire des oiseaux semble pouvoir être modifié par la sélection. Les approches les plus intéressantes à cet égard s'appuient sur la comparaison de lignées sélectionnées uniquement sur leurs performances de croissance, plutôt que sur celle de lignées de type chair et de type ponte qui ont été sélectionnées de manière indépendante sur des caractères différents. Nous avons pu travailler sur un tel modèle en utilisant des lignées de poulets sélectionnées de manière divergente (Ricard 1975) pour leur croissance lente (X44) ou rapide (X33). Les courbes de croissance de ces poulets sont présentées sur la figure 1. Le développement musculaire de ces animaux a été étudié sur trois muscles indicateurs (*Pectoralis Major*, *Anterior Latissimus Dorsi* (ALD), *Sartorius*) entre 0 et 55 semaines d'âge, à l'aide de trois approches complémentaires : typage histo-enzymologique des fibres, mesure de activités enzymatiques et des formes isozymiques de la myosine. Les résultats montrent que la typologie musculaire dépend avant tout du muscle considéré et de l'âge des poulets, mais n'est pas fondamentalement modifiée par la sélection si ce n'est d'un point de vue cinétique, les muscles de poulets à croissance lente atteignant leur profil mature plus tardivement (Rémignon *et al* 1994). Par contre, le comptage direct sur des coupes de muscle ALD et le calcul du nombre de fibres à partir de la détermination de l'aire de section transversale des fibres, à poids égal de muscle pectoral, montrent que les poulets de la lignée à croissance rapide présentent environ 20 % de fibres en plus (Rémignon *et al* 1994). Dans une étude similaire de Fowler *et al* (1980), des cailles issues d'une lignée à fort développement corporel (lignée P) présentent elles aussi un nombre de fibres 60 % plus élevé dans le muscle *semimembranosus* que les cailles de la lignée de référence (lignée C). Dans ce modèle il a été récemment montré un retard transitoire dans la mise en place des somites pour les cailles de la lignée P par rapport à celles de lignée C (Coutinho *et al* 1993). Ceci s'accompagne d'un retard dans l'expression des facteurs myogéniques de régulation ainsi que dans l'expression des chaînes lourdes de myosine dans les somites. Ces résultats ont conduit les auteurs à suggérer que cette pause dans le programme de différenciation myogénique puisse permettre de prolonger la phase de multiplication des précurseurs myogéniques, ce qui conduirait à un nombre de fibres plus élevé. Le cas de nos lignées de poulet n'a pas encore été étudié aussi en détail. Néanmoins, des études préliminaires (Bretez 1981, Auda-Boucher 1993) suggéreraient que les myoblastes embryonnaires des poulets à croissance rapide puissent se multiplier plus activement que ceux des poulets à croissance

Poussins X33 (à gauche) et X44 (à droite) âgés d'une semaine.



lente, alors qu'ils se différencient de manière identique (Auda-Boucher 1993).

L'étude des lignées sélectionnées d'oiseaux montre aussi qu'une part importante des différences se met en place après l'éclosion. Ces différences entre lignées ne peuvent pas être expliquées entièrement par une différence de nombre de fibres. Les poulets à croissance rapide déposent en effet 2 fois plus de muscle que ceux à croissance lente (Rémignon *et al* 1994). De même, les cailles de la lignée P en déposent 3,5 fois plus que celles de la lignée C (Fowler *et al* 1980). Cette différence résulte en bonne partie d'une taille plus importante des fibres telle qu'elle peut être évaluée par l'aire de section transversale (+89 % chez les poulets à croissance rapide). Puisque l'augmentation en taille des fibres implique un nombre de noyaux plus important par fibre, il faut donc supposer que les lignées à forte croissance possèdent plus de cellules satellites musculaires ou que l'activité de ces cellules est plus importante. La première hypothèse a été testée et infirmée dans le modèle cailles en dénombrant les cellules satellites en microscopie électronique (Campion *et al* 1982). La deuxième a été testée *in vitro* dans le modèle poulet au cours des études décrites dans le paragraphe suivant.

En mesurant la synthèse d'ADN par des cellules satellites de poulets à croissance rapide ou lente, nous avons pu montrer que celle-ci était stimulée de manière plus importante par le sérum pour les poulets à croissance rapide (stimulation maximale de +330 % au-dessus du contrôle) que pour ceux

à croissance lente (+217 %) (Duclos *et al* 1993 et 1994). Un nombre important de facteurs de croissance affecte le développement musculaire *in vivo* et *in vitro* dans différentes espèces (Dayton et Hataway 1991). Parmi ceux-ci, les facteurs de croissance apparentés à l'insuline (Insulin-like Growth Factors : IGF1 et IGF2) présentent la particularité intéressante de stimuler toutes les phases de la croissance musculaire : prolifération, anabolisme et différenciation. Lorsque les cellules issues de poulet à croissance rapide sont cultivées en l'absence de sérum, la synthèse d'ADN est stimulée de manière plus importante par l'IGF1 (Duclos *et al*, 1993 et 1994). Cette différence n'est pas spécifique des cellules satellites puisqu'elle est retrouvée sur des fibroblastes préparés à partir des mêmes poussins. Dans ce dernier modèle, l'étude des récepteurs aux IGF et des protéines de liaisons membranaires des IGF n'a pas permis d'expliquer la différence de réponse (Duclos *et al*, non publié). Il faut donc faire l'hypothèse d'une altération au niveau de la cascade d'événements post-récepteurs conduisant à la mitose. D'autre part, aucune différence significative n'a été observée lors de l'étude du métabolisme protéique (transport d'acides aminés, synthèse et dégradation des protéines) de myotubes dérivés de ces deux lignées de poulets, que ceux-ci soit maintenus en présence ou en absence de sérum ou d'IGF1 (Duclos *et al* 1993 et 1994). Ces résultats diffèrent de ceux obtenus *in vivo* sur les mêmes lignées qui montrent une protéolyse diminuée chez les poulets à croissance rapide à l'âge de 2 semaines (Tesseraud *et al* 1994).

En conclusion, les différences de masse musculaire entre deux lignées de poulet à croissance rapide ou lente résultent d'une part d'une différence de nombre de fibres et d'autre part d'une différence de taille des fibres, sans modification de leur type métabolique. La différence de taille qui s'établit durant la croissance post-éclosion pourrait ainsi résulter en partie d'une activité accrue des cellules satellites musculaires telle qu'elle est observée *in vitro* en réponse au sérum ou à l'IGF1. Cette observation mériterait d'être confirmée *in vivo*. Il pourrait être intéressant d'étendre ces résultats à un modèle de poulets sélectionnés plus spécifiquement pour l'accroissement de leur masse musculaire (Ricard *et al* 1994) et non pas de leur format corporel.

**Chez les poulets à croissance rapide, la multiplication cellulaire serait plus intense que chez ceux à croissance lente, la différenciation étant identique dans les deux lignées.**

## Références bibliographiques

Auda-Boucher G., 1993. La myogenèse dans le myotome somitique au cours du développement chez l'oiseau. Thèse de Doctorat, Université de Nantes.

Bretez M., 1981. Influence sur les caractéristiques histologiques du muscle d'une sélection sur la forme de la courbe de croissance chez le poulet. Diplôme d'Agronomie Approfondie. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier.

Campion D.R., Marks H.L., Richardson L.J., 1982. An analysis of skeletal muscle response to selection for rapid growth in japanese quail (*coturnix coturnix japonica*). Acta Anat., 112, 9-13.

Coutinho L. L., Morris J., Marks H. L., Buhr R. J., Ivarie R., 1993. Delayed somite formation in a quail line exhibiting myofiber hyperplasia is accompanied by delayed expression of myogenic regulatory factors and myosin heavy chain. Development, 117, 563-569.

Dayton W.R., Hataway M.R., 1991. Myogenic cell proliferation and differentiation. *Poult. Sci.*, 70, 1815-1822.

Duclos M.J., Chevalier B., Ricard F.H., Simon J., 1993. Croissance des cellules satellites issues de deux lignées de poulet à croissance rapide ou lente. Communications du 5<sup>e</sup> Colloque National sur les Maladies Neuromusculaires, Strasbourg, 21-25 juin 1993. Association Française contre les Myopathies, Paris.

Duclos M.J., Chevalier B., Simon J., 1994. Higher stimulation of DNA synthesis by IGF1 in muscle cells from chickens selected for growth. *Growth Regulation*, 4, suppl. 1, 67.

Fowler S. P., Campion D. R., Marks H. L., Reagan J. O., 1980. Analysis of skeletal muscle response to selection for rapid growth in japanese quail (*coturnix coturnix japonica*). *Growth*, 44, 235-252.

Mauro A., 1961. Satellite cells of skeletal muscle fibres. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 9, 493-495.

Moss F.P., 1968. The relationship between the dimensions of the fibres and the number of nuclei

during normal growth of skeletal muscle in the domestic fowl. *Am. J. Anat.*, 122, 555-564.

Ott M.O., Robert B., Buckingham M., 1990. Le muscle : d'où vient-il ? *Medecine/Sciences*, 6, 653-663.

Rémignon H., Lefaucheur L., Blum J.C., Ricard F. H., 1994. Effects of divergent selection for body-weight on three skeletal muscles characteristics in the chicken. *Br. Poult. Sci.*, 35, 65-76.

Ricard F. H., 1975. Essai de sélection sur la forme de la courbe de croissance chez le poulet. *Ann. Génét. Sélect. Anim.*, 7, 427-443.

Ricard F.H., Marché G., Le Bihan-Duval E., 1994. Essai d'amélioration par sélection de la qualité de carcasse du poulet de chair. *INRA Prod. Anim.*, 7, 253-261.

Tesseraud S., Cammas J.C., Chagneau A.M., 1994. Effect of age and divergent selection for body weight on muscle protein turn-over in chickens. *Reprod. Nutr. Develop.*, 34, 638-639.

Y. CHEREL,  
M. WYERS  
INRA URA  
Développement et  
pathologie du tissu  
musculaire  
École Nationale  
Vétérinaire de Nantes  
CP 3013,  
44087 Nantes  
Cedex 03

## Modèles génétiques de différenciation musculaire : croissance et sensibilité aux agressions chez la dinde

Le modèle génétique développé dans le laboratoire pour étudier le développement musculaire et les capacités de réponse du tissu aux agressions est un modèle dinde, comparant deux souches commerciales sélectionnées dans le but de fournir des produits très différents. La souche légère (LW) est une souche dite fermière (Bétina) élevée à l'extérieur en conditions de reproduction naturelle et qui fournit les dindes label consommées rôties entières à Noël. Les animaux abattus sont âgés d'au moins 6 mois. La souche lourde (BUT T9) produit des animaux abattus à 15 semaines et utilisés exclusivement en découpe. A cet âge, les animaux de souche lourde (HW) sont environ 2,5 fois plus lourds que les animaux de souche légère.

### Croissance allométrique des différentes parties du corps

Le nombre, la localisation et les points d'insertion des muscles de la cuisse sont identiques dans les deux souches.

Si les proportions corporelles sont identiques pour les ailes (5 %), les pattes (14 %) et le tronc (54 %), les pectoraux représentent 14 % du poids du corps dans la souche légère et 27 % dans la souche lourde. L'étude de l'al-

lométrie de croissance révèle que les proportions corporelles sont stables à partir de l'âge de 30 jours à l'exception des pectoraux de la souche lourde qui continuent à croître aux dépens du tronc pendant toute la durée de l'étude (1 250 jours).

### Composition histoenzymologique des muscles

Cinq types histoenzymologiques sont observés chez la dinde : les fibres I (lentes, spastiques), IIa (rapides, oxydo-glycolytiques), IIb (rapides, glycolytiques), IIIa et IIIb (lentes, toniques). Les muscles peuvent être composés d'un seul type de fibres (muscles homogènes) ou d'une mosaïque (muscles hétérogènes). Certains muscles hétérogènes sont mixtes, c'est-à-dire composés d'une portion homogène rapide et d'une portion hétérogène, mélange de fibres rapides et lentes.

Les deux souches de dinde présentent des muscles de même structure générale ; par contre, l'ampleur de la zone homogène et le pourcentage relatif de fibres I (ou III) et II dans la zone hétérogène peuvent varier : le *Plantaris* (hétérogène II-III) possède, par exemple,  $46 \pm 3$  % de fibres III dans la souche légère et  $65 \pm 8$  % dans la souche lourde.

**Chez la dinde, le nombre de fibres musculaires à la naissance est identique dans les souches lourde et légère, mais on observe une prolifération post-natale dans la souche lourde.**