

# Aspects génétiques de la croissance et de la qualité de la viande chez le lapin

C. LARZUL<sup>1</sup>\*, F. GONDRET<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRA, Station d'Amélioration Génétique des Animaux, F-31326 Castanet-Tolosan cedex

<sup>2</sup> INRA, UMR, Systèmes d'Élevage, Nutrition Animale et Humaine, F-35590 Saint-Gilles

\* Adresse actuelle : INRA, Station de Génétique Quantitative et Appliquée, F-78350 Jouy-en-Josas

Courriel : larzul@dga.jouy.inra.fr

L'amélioration génétique du lapin de chair dans les lignées paternelles s'appuyait, encore récemment, essentiellement sur l'augmentation de la vitesse de croissance. Quelles sont les conséquences de cette sélection sur l'adiposité des carcasses et la qualité de la viande ?

La croissance des lapins est un caractère extrêmement variable. Un programme européen de caractérisation des souches (Bolet *et al* 2000, BRG 2004) a ainsi recensé des poids adultes de différentes races variant de 2,5 kg (Petit Russe) à 6,5 kg (Géant blanc de Bouscat). Ces variations de poids adulte sont parallèlement associées à des différences de vitesse de croissance.

Toutes les expériences de sélection basées sur un critère de croissance, comme la vitesse de croissance mesurée entre deux âges fixes ou un poids à un âge fixé, ont montré leur efficacité pour augmenter le gain moyen quotidien ou le poids d'abattage. Ainsi, Rochambeau *et al* (1989) estimait que l'âge d'abattage des lapereaux diminuait de 0,5 jour par an pour un poids fixé par les abatteurs. Cette évolution se traduit sur le terrain par un âge moyen à l'abattage qui se situe aujourd'hui à moins de 10 semaines d'âge, alors qu'il était de 12 semaines avant 1989, pour un même poids vif de 2,4 kg. La tendance à la réduction de la vitesse de croissance dans certaines lignées femelles, sélectionnées uniquement sur la prolificité, pourrait en partie contrebalancer les progrès importants réalisés sur la croissance dans les lignées mâles.

Ces modifications par voie génétique de la vitesse de croissance peuvent s'accompagner d'effets favorables ou défavorables sur d'autres paramètres comme la reproduction, la composition

corporelle et, plus récemment explorés, sur la qualité des produits. Il convient également de mentionner que l'utilisation de souches lourdes s'accompagne de coûts d'entretien des souches plus élevés et d'une plus grande sensibilité des extrémités aux blessures. Une présentation exhaustive des paramètres génétiques de la croissance avait été réalisée antérieurement par Khalil *et al* (1986). L'objectif de la présente revue est de faire le point des dernières études réalisées sur l'estimation des relations génétiques entre la croissance et les caractéristiques de la carcasse, et de clarifier les répercussions des modifications de la croissance induite par la sélection sur la qualité de la viande de lapin.

## 1 / La croissance

### 1.1 / La sélection pour la vitesse de croissance

Les études visant à une sélection d'une souche donnée de lapins pour un critère de croissance montrent toutes l'efficacité de cette sélection (tableau 1), que ce soit au travers de l'évolution des valeurs génétiques de souches sélectionnées (Camacho et Baselga 1990, Estany *et al* 1992, Rochambeau *et al* 1994, Garreau *et al* 2000), de comparaisons de lignées sélectionnées par rapport à une population témoin ou de lignées divergentes (Mhgeni et Christensen 1985, Rochambeau *et al* 1989, Lukefahr *et al*

1996, Moura *et al* 1997, Larzul *et al* 2005), ou de différences entre générations de sélection évaluées grâce à l'utilisation d'embryons congelés (Piles et Blasco 2003, Larzul *et al* 2005). Moura *et al* (2001), Garreau et Rochambeau (2003) ont également montré l'amélioration de la vitesse de croissance des lapins, même lorsque ce critère est pris en compte dans un index combiné incluant des caractères de reproduction et des caractères pondéraux. Seule l'étude de Sanchez *et al* (2004) a montré une absence de différence à l'issue de 15 générations de sélection, sans doute liée à une interaction entre la sélection et des facteurs nutritionnels. Cette même hypothèse a été avancée par Costa *et al* (2004) pour expliquer l'absence de gain de vitesse de croissance, chez des animaux croisés issus de mâles ayant un écart de 12 générations de sélection.

Que la sélection se fasse sur le poids d'abattage à un âge fixé ou sur le gain moyen quotidien, elle aboutit à des résultats très similaires sur ces deux critères (tableau 1), du fait de leur forte corrélation génétique (Rochambeau 1989, Camacho et Baselga 1990). En revanche, les conséquences sur le poids au sevrage peuvent varier d'une expérience à l'autre (tableau 1). En théorie, l'évolution doit être plus marquée dans le cas d'une sélection sur un poids, puisque la corrélation entre le gain moyen quotidien et le poids au sevrage est faible. Cependant, les résultats publiés pour des expériences de sélection

**Tableau 1.** Estimation des progrès génétiques réalisés par génération sur différents critères de croissance, dans les expériences de sélection sur le gain moyen quotidien (GMQ) ou sur un poids à âge fixé.

Poids abattage (g)	Gain moyen / j (g)	Poids sevrage (g)	Période d'engraissement (sem.)	Age à l'abattage (sem.)	Références
<b>Expériences de sélection sur le GMQ</b>					
53	0,83	6	4-11	11	Rochambeau <i>et al</i> 1989
30,2	0,72	0,32	4-11	11	Camacho et Baselga 1990
24,4	0,51	0,34	4-10	10	
27,1	0,65	- 1,1	4-11	11	Estany <i>et al</i> 1992
23,4	0,52	0,3	4-10	10	
21	0,49	3,9	4-9	9	Piles et Blasco 2003
6,30	0,18	0,6	4-9	9	Sanchez <i>et al</i> 2004
-	1,23 <sup>(1)</sup>	-	8-12	-	Moura <i>et al</i> 1997
-	-0,86 <sup>(2)</sup>	-	-	-	
<b>Expériences de sélection sur le poids</b>					
52 <sup>(1)</sup>	-	-	-	16	Mgheni et Christensen 1985
- 75 <sup>(2)</sup>	-	-	-	-	
34,4	-	-	-	10	Rochambeau <i>et al</i> 1994
29,1	0,64	3,9	4-11	11	Lukefahr <i>et al</i> 1996
18,5 <sup>(3)</sup>	0,64 <sup>(3)</sup>	-	7-10	10	Garreau <i>et al</i> 2000
41,5 <sup>(1)</sup>	1,00 <sup>(1)</sup>	9,2 <sup>(1)</sup>	4-9	9	Larzul <i>et al</i> 2003, 2005
- 45,5 <sup>(2)</sup>	- 0,98 <sup>(2)</sup>	- 12 <sup>(2)</sup>	-	-	

(1) Lignée haute ; (2) Lignée basse ; (3) Progrès génétique estimé par an.

tion pour un poids à âge fixé sont peu nombreux, et seule l'expérience de Larzul *et al* (2005) montre une nette évolution du poids au sevrage.

L'ensemble des études réalisées depuis 35 ans s'accorde sur le fait que la courbe de Gompertz est bien adaptée pour décrire la croissance du lapin (Baron *et al* 1970, Lehmann 1980, Fl'ak 1983, Lehmann 1983, Sager 1983, Blasco et Gómez 1993, Ptak *et al* 1994, Seeland *et al* 1996, Fiorello et German 1997, Larzul et Rochambeau 2004, Blasco *et al* 2003, Piles *et al* 2003). Cette courbe est définie par 3 paramètres ( $a$ ,  $b$ ,  $k$ ). Le paramètre  $a$  représente le poids asymptotique, lié au poids adulte. Le paramètre  $b$  représente le poids à la naissance et le paramètre  $k$  est le facteur de maturation, lié à la croissance initiale spécifique. La forme de la courbe de croissance de souches issues d'un même croisement initial mais sélectionnées soit sur la vitesse de croissance, soit sur la taille de portée, ne montre pas de différence significative (Blasco et Gómez 1993), à l'inverse de celles de lignées différant par leur origine (Lehmann 1980, 1983, Larzul et Rochambeau 2004). La sélection intra-souche pour la vitesse de croissance a peu d'incidence sur les paramètres  $b$  et  $k$ , conformément aux prédictions de Taylor (1985), tandis que le paramètre  $a$  de poids asymptotique augmente avec la vitesse de croissance

(Blasco *et al* 1996, Blasco *et al* 2003, Piles *et al* 2003). La conséquence directe de cette constatation est qu'à un âge donné, les animaux sélectionnés et non sélectionnés ont quasiment le même degré de maturité physiologique exprimé en pourcentage relatif du poids adulte (Gondret *et al* 2002, Blasco *et al* 2003, Piles *et al* 2003).

## 1.2 / Les paramètres génétiques de la croissance

Khalil *et al* (1986) ont réalisé une étude bibliographique complète des paramètres génétiques de la croissance, donnant des valeurs d'héritabilité très variables, selon la population étudiée, l'âge à la mesure, ou le modèle d'analyse utilisé. On peut surtout retenir les fortes corrélations génétiques entre des poids mesurés à des âges rapprochés, la valeur de la corrélation diminuant avec l'augmentation de l'écart d'âge entre deux mesures successives. Les récentes estimées des valeurs d'héritabilité du poids au sevrage, du poids à l'abattage (généralement compris entre 9 et 12 semaines d'âge) et du gain moyen quotidien sont données dans le tableau 2. La prise en compte d'un effet d'environnement permanent (effet maternel) ou d'environnement commun (effet portée) donne des valeurs d'héritabilité plus faibles que celles des études n'incluant pas ces effets. Par ailleurs, lorsqu'elles sont estimées sur

les mêmes animaux, les valeurs d'héritabilité du gain moyen quotidien (0,17 à 0,41) sont largement supérieures à celles des poids au sevrage (0,01 à 0,16) et légèrement plus élevées que celles du poids à l'abattage (0,12 à 0,28). Seule l'étude de Larzul et Rochambeau (2005) donne une valeur d'héritabilité particulièrement élevée pour le poids à l'abattage (0,67) mais elle porte sur un faible effectif, et contrairement aux autres études, les lapins étaient élevés en cage individuelle, ce qui pourrait maximiser l'expression de leur potentiel de croissance. Quelques études ont également cherché à estimer les effets maternels génétiques pour les caractères de croissance (tableau 2). L'héritabilité maternelle semble plus élevée pour le poids au sevrage (0,15 en moyenne) que pour le poids à l'abattage (0,06 en moyenne). En revanche, sa valeur pour le gain moyen quotidien est trop faible pour être retenue dans les modèles d'analyse.

Une seule étude présente des héritabilités des paramètres de la courbe de Gompertz (Piles *et al* 2003) avec des estimées moyennes pour les paramètres  $a$  et  $b$  (respectivement,  $0,47 \pm 0,22$  et  $0,31 \pm 0,19$ ), et faibles pour la valeur  $k$  ( $0,13 \pm 0,13$ ).

Sachant que le lapin de boucherie est issu d'un croisement impliquant des

**Tableau 2.** Paramètres génétiques du poids au sevrage, du poids d'abattage et du gain moyen quotidien.

Poids au sevrage				Poids abattage				Gain moyen quotidien				Références
h <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>	p <sup>2</sup>	h <sup>2</sup> <sub>m</sub>	h <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>	p <sup>2</sup>	h <sup>2</sup> <sub>m</sub>	h <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>	p <sup>2</sup>	h <sup>2</sup> <sub>m</sub>	
-	-	-	-	0,41	-	-	-	-	-	-	-	Anous, 1999
-	-	-	-	0,53	-	-	-	-	-	-	-	Ferraz <i>et al</i> 1991
0,30	-	-	-	0,18	-	-	-	-	-	-	-	Farghaly et El-Mahdy 1999
0,09	-	*	-	0,18	-	*	-	0,20	-	*	-	Camacho et Baselga 1990
0,13	-	*	-	0,20	-	*	-	0,18	-	*	-	Camacho et Baselga 1990
0,15	-	0,27	-	0,19	-	0,14	-	0,21	-	0,10	-	Estany <i>et al</i> 1992
0,15	-	0,18	-	0,15	-	0,12	-	0,17	-	0,10	-	Estany <i>et al</i> 1992
-	-	-	-	0,16	-	0,17	-	-	-	-	-	Rochambeau <i>et al</i> 1994
-	-	-	-	0,20	-	*	-	0,25	-	*	-	Garreau <i>et al</i> 2000
-	-	-	-	-	-	-	-	0,48	-	0,11	-	Moura <i>et al</i> 1997
-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,32	-	-	Su <i>et al</i> 1999
-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	0,36	-	-	Piles <i>et al</i> 2003
-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	0,14	-	-	Piles <i>et al</i> 2004a
-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	0,08	-	-	Piles <i>et al</i> 2004a
0,04	0,72	-	-	0,12	0,51	-	-	0,17	0,40	-	-	Lukefahr <i>et al</i> 1996
0,09	0,52	-	-	0,67	0,26	-	-	0,41	0,21	-	-	Larzul et Rochambeau 2005
0,13	0,49	-	-	0,22	0,30	-	-	0,29	0,20	-	-	Larzul <i>et al</i> 2005
0,48	-	-	0,25	0,39	-	-	0,11	-	-	-	-	Moura <i>et al</i> 2001
0,08	0,44	-	0,18	0,08	0,26	-	0,05	-	-	-	-	Moura <i>et al</i> 2001
0,01	-	0,39	0,14	0,26	-	0,21	0	0,36	-	0,05	nr	Ferraz et Eler 1994
0,05	-	0,47	0,12	0,17	-	0,19	0,08	0,35	-	0,16	nr	Ferraz et Eler 1994
0,00	0,50	0,17	0,08	-	-	-	-	0,18	0,31	0,04	0,02	McNitt et Lukefahr 1996 <sup>(1)</sup>
0,11	*	*	0,07	0,25	*	*	0,04	-	-	-	-	Garreau et Rochambeau 2003
0,16	0,36	0,11	0,11	0,28	0,27	nr	0,07	0,29	0,20	nr	nr	Larzul <i>et al</i> 2003

h<sup>2</sup> : Héritabilité des effets additifs directs ; c<sup>2</sup> : effets d'environnement commun ; p<sup>2</sup> : effets maternels non génétiques ; h<sup>2</sup><sub>m</sub> : effets maternels génétiques.

\* : Effet inclus dans le modèle mais résultat non présenté ; nr : effet testé mais non retenu dans le modèle final d'analyse.

<sup>(1)</sup> Gain moyen quotidien mesuré entre 4 semaines et 1,6 kg de poids vif.

lignées de mâles terminaux (sélectionnés sur la vitesse de croissance) et de lignées maternelles (sélectionnées sur la taille de portée), les effets d'hétérosis et les effets maternels sont également importants à quantifier. Les études les plus récentes, correspondant aux schémas actuellement répandus pour la production de lapin standard en France, présentent des valeurs très faibles à la fois pour l'hétérosis direct et pour les effets maternels (Gómez *et al* 1999, Piles *et al* 2004b). Dans les croisements issus de lignées sélectionnées cette fois sur des objectifs communs, les effets d'hétérosis et les effets maternels sur le poids corporel sont également non significatifs (Nofal *et al* 2004). Cependant, dans certains croisements impliquant des races/souches de formats différents, les effets d'hétérosis (Brun *et al* 1992, Eiben *et al* 1996, Jensen *et al* 1996, Medellin et Lukefahr 2001, Orengo *et al* 2004) et les effets maternels (Brun et Ouhayoun 1989, Afifi *et al* 1994, Abdel-Ghany *et al* 2000, Orengo *et al* 2004) peuvent atteindre 5 % à 7 % sur le poids corporel ou la vitesse de croissance.

## 2 / Relations avec l'efficacité alimentaire

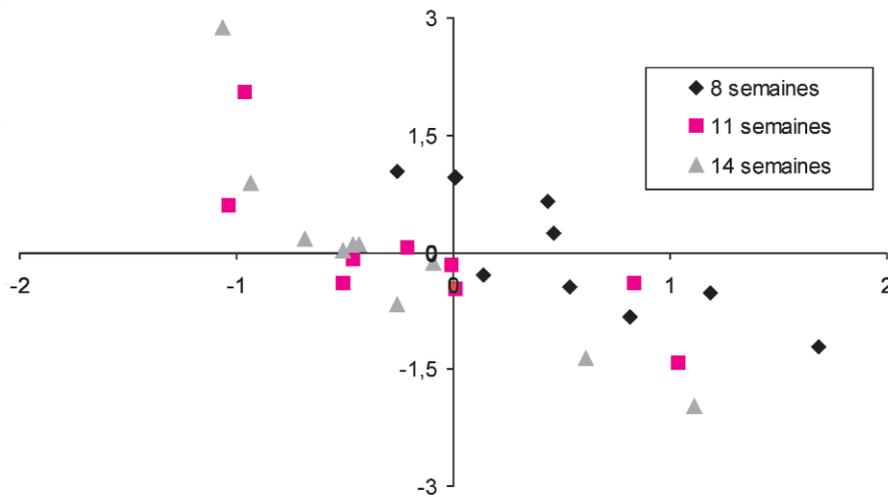
La sélection pour augmenter la vitesse de croissance est avant tout un moyen d'améliorer l'efficacité alimentaire, paramètre le plus important pour la viabilité économique de la production du lapereau de boucherie (Armero et Blasco 1992). Cependant, ce caractère n'est jamais directement pris en compte dans les schémas d'amélioration génétique du lapin, et son déterminisme génétique est relativement peu connu. Cela s'explique essentiellement par le coût élevé de la mesure de la consommation individuelle.

L'amélioration de l'indice de consommation s'est d'abord faite à travers l'utilisation de souches lourdes. Globalement, les souches ayant une forte vitesse de croissance, même utilisées en croisement, permettent d'améliorer l'efficacité alimentaire du lapereau de boucherie (Masoero 1982, Torres *et al* 1992, Feki *et al* 1996,

Ramon *et al* 1996, Gupta *et al* 2000, Dedkova *et al* 2002, Gómez *et al* 2002, Ponce de Leon *et al* 2002, Larzul et Rochambeau 2004), les différences étant d'autant plus marquées que l'âge d'abattage augmente (figure 1).

La corrélation génétique entre la vitesse de croissance et l'indice de consommation a été estimée dans plusieurs études. Dans tous les cas, la corrélation est négative, mais avec une large gamme de variation (de < -1 à -0,19, tableau 3). En comparant des générations différentes d'une lignée sélectionnée sur la vitesse de croissance, Sanchez *et al* (2004) n'observent pas de différences significatives pour l'indice de consommation, mais les écarts de vitesse de croissance entre générations sont limités. En comparant des lignées divergentes sélectionnées sur le poids à 63 jours, Larzul *et al* (2005) observent un meilleur indice de consommation (-0,15 point) dans la lignée lourde, associé à une vitesse de croissance largement supérieure (+11,6 g/j). Moura *et al* (1997) ont obtenu des différences (-1,06 point)

**Figure 1.** Relation entre le gain moyen quotidien et l'indice de consommation mesurés à 8, 11 et 14 semaines d'âge sur des lapins croisés issus de 10 souches paternelles (Larzul et Rochambeau 2004)<sup>1</sup>.



<sup>1</sup> Le gain moyen quotidien et l'indice de consommation sont exprimés en écart-type phénotypique.

**Tableau 3.** Corrélations génétiques entre le poids ou le gain moyen quotidien et l'Indice de Consommation (IC).

Corrélations	Références
- 0,93 ; - 1,08	Lampo et Van den Broeck 1976 (1 kg - 2,5 kg)
- 0,85 ; - 1	Vogt 1979
- 0,19	Vrillon <i>et al</i> 1979
< - 1	Randi et Scossirolli 1980
- 0,41	Szendrő 1980
- 0,82	Moura <i>et al</i> 1997
- 0,47 ; - 0,49	Piles <i>et al</i> 2004a
- 0,11	Larzul et Rochambeau, non publié

encore plus marquées entre des lignées sélectionnées de manière divergente sur le gain moyen quotidien, pour des animaux contrôlés en fin d'engraissement. Ces auteurs ont également montré que la sélection indirecte sur la vitesse de croissance était plus efficace pour améliorer l'indice de consommation que la sélection directe sur ce dernier critère, notamment en raison de la plus forte héritabilité de la vitesse de croissance. Ces résultats sont toutefois contredits par Piles *et al* (2004a) qui considèrent qu'il vaut mieux utiliser un index combinant les deux critères pour améliorer efficacement l'indice de consommation.

Si la sélection sur la vitesse de croissance améliore corrélativement l'efficacité alimentaire, elle l'améliore également indirectement *via* le rajeunissement des lapereaux à l'abattage à un poids constant. En effet, l'indice de consommation augmente avec l'âge des animaux (Larzul et Rochambeau 2004). Ainsi, un rajeunissement de 12 jours de l'âge d'abattage grâce à une sélection divergente sur le poids amé-

liore l'indice de consommation de 0,5 point, (Gondret *et al* 2005), alors qu'au même âge, la différence entre les deux lignées divergentes n'est que de 0,15 point (Larzul *et al* 2005).

### 3 / Relations avec les caractéristiques de la carcasse

Les lapins de boucherie étaient traditionnellement vendus en carcasse entière, mais aujourd'hui la découpe prend une place de plus en plus importante (+ 4,5 % des volumes abattus par an environ) afin de séduire les jeunes consommateurs urbains. La composition corporelle peut donc se définir non seulement à travers le rendement à l'abattage et l'adiposité de la carcasse (ou son taux de muscle), mais également par la proportion respective de chacun des morceaux (avant, râble, arrière) aux valeurs économiques différentes. Phénotypiquement, les effets de l'âge et/ou du poids d'abattage sur la composition corporelle ont été récemment revus par Dalle-Zotte (2002),

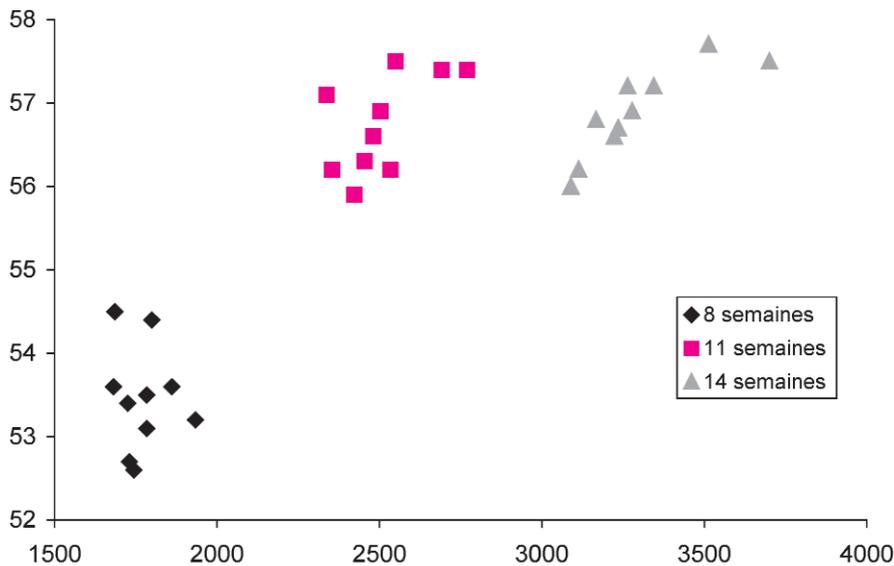
mais il n'existe que quelques études quantifiant les effets dissociés du poids et de l'âge. Durant la croissance, les tissus se développent à des rythmes différents, avec des changements de coefficients d'allométrie à différents poids corporels (Cantier *et al* 1969). Globalement, le rendement à l'abattage et l'adiposité de la carcasse augmentent avec le poids corporel. En outre, il existe un gradient postéro-antérieur dans le développement des différentes parties de la carcasse.

#### 3.1 / Le rendement à l'abattage

Le paramètre de composition corporelle le plus étudié chez le lapin est le rendement à l'abattage, rapport entre le poids de la carcasse commercialisable et le poids vif. Dans les comparaisons entre lignées sélectionnées pour différents objectifs (croissance *vs* reproduction), les animaux sélectionnés pour la vitesse de croissance présentent un rendement à l'abattage plus faible que ce soit à âge constant (Pla *et al* 1996, Gómez *et al* 1998a) ou à poids constant (Gómez *et al* 1998a, Pla *et al* 1998). A contrario, Larzul et Rochambeau (2004), en comparant des lapins croisés issus de souches paternelles variant sur la vitesse de croissance, montrent que la corrélation entre le poids d'abattage et le rendement est quasiment nulle à 8 semaines, tandis que les animaux les plus lourds ont le meilleur rendement à 14 semaines (figure 2). Dans toutes ces études, il n'est pas possible de distinguer les effets de la sélection de l'effet «souche fondatrice».

Les études comparant des animaux sélectionnés pour la vitesse de croissance par rapport à un témoin de génération antérieure, n'observent aucune différence significative sur le rendement à l'abattage lorsque les animaux sont abattus à âge constant (Piles *et al* 2000, Hernández *et al* 2004, Pascual *et al* 2004, Larzul *et al* 2005). Larzul *et al* (2005) n'observent pas non plus de différence de rendement entre une lignée à forte vitesse de croissance et son témoin. Mais à l'inverse, une lignée sélectionnée contre le poids à un âge fixé (vitesse de croissance faible) a un rendement en carcasse inférieur (-1,3 point) à celui de la population témoin. Les quelques corrélations génétiques estimées entre un poids à âge constant et le rendement à l'abattage sont faibles (0,09 pour Larzul *et al* 2005) ou modérément positives (0,56 pour Lukefahr *et al* 1996, 0,36 pour Farghaly et El-Mahdy 1999), même si Su *et al* (1999) ont trouvé une corrélation génétique légèrement

**Figure 2.** Relation entre le poids corporel et le rendement de carcasse mesurés à 8, 11 et 14 semaines d'âge sur des lapins croisés issus de 10 souches paternelles (Larzul et Rochambeau 2004).



négative (-0,23) entre le gain moyen quotidien et le rendement. La corrélation génétique entre caractères de croissance et rendement à l'abattage, hors données expérimentales, reste donc à estimer.

Lorsque l'abattage se fait à poids constant, l'augmentation de la vitesse de croissance entraîne clairement une diminution du rendement à l'abattage, en relation avec le rajeunissement des animaux (Dalle-Zotte 2002). L'effet direct de la sélection a été montré par Gondret *et al* (2005) en comparant des lignées divergentes sur le poids avec un témoin non sélectionné, la différence (+ 1,8 %) n'étant cependant significative qu'entre la lignée de faible poids, abattue la plus tardivement et le témoin.

### 3.2 / L'adiposité de la carcasse

Le deuxième aspect de la composition corporelle est l'adiposité de la carcasse. Les animaux ayant une vitesse de croissance élevée et une meilleure efficacité alimentaire sont généralement considérés comme les animaux les moins gras. Cependant, les résultats sont souvent contradictoires pour des lapins comparés au même âge. Ainsi, phénotypiquement, Varewyck et Bouquet (1982) et Lambertini *et al* (1990) ont montré que le pourcentage de gras n'était pas lié au poids en fin d'engraissement, alors que Petracci *et al* (1999) et Lebas et Combes (2001) indiquent que les animaux les plus lourds sont significativement plus gras. Géné-

riquement, à un même âge, des lapins sélectionnés sur la croissance comparés à un témoin issu d'une génération antérieure présentent des pourcentages de gras dans la carcasse inférieurs (Piles *et al* 2000, Hernández *et al* 2004) ou supérieurs (Pascual *et al* 2004, Larzul *et al* 2005). Deux estimations de la corrélation avec la vitesse de croissance ou le poids à l'abattage donnent des résultats contradictoires (-0,30 pour Su *et al* 1999, 0,24 pour Larzul *et al* 2005), mais ces estimations ont été réalisées sur un faible effectif de lapins. Il semble donc très difficile de conclure quant à l'effet de la sélection pour la vitesse de croissance sur l'adiposité de la carcasse. La prise en compte simultanée de l'évolution de la consommation alimentaire pourrait sans doute apporter des éléments d'explication sur l'évolution de l'adiposité. Par ailleurs, à poids constant, la diminution de l'âge d'abattage consécutive à l'augmentation de la vitesse de croissance, n'a pas d'incidence sur l'adiposité de la carcasse (Gondret *et al* 2005), confirmant des résultats obtenus au sein d'une même bande d'élevage (Roiron *et al* 1992) montrant un effet marginal de l'âge sur le pourcentage de gras dans la carcasse. Dans ces deux études, l'amplitude de variation de l'âge reste relativement faible. Un écart d'âge à peine plus important (2 semaines) pour un même poids d'abattage (2,3 kg) peut toutefois induire une diminution phénotypique de l'adiposité chez les animaux les plus jeunes (Lebas et Combes 2001).

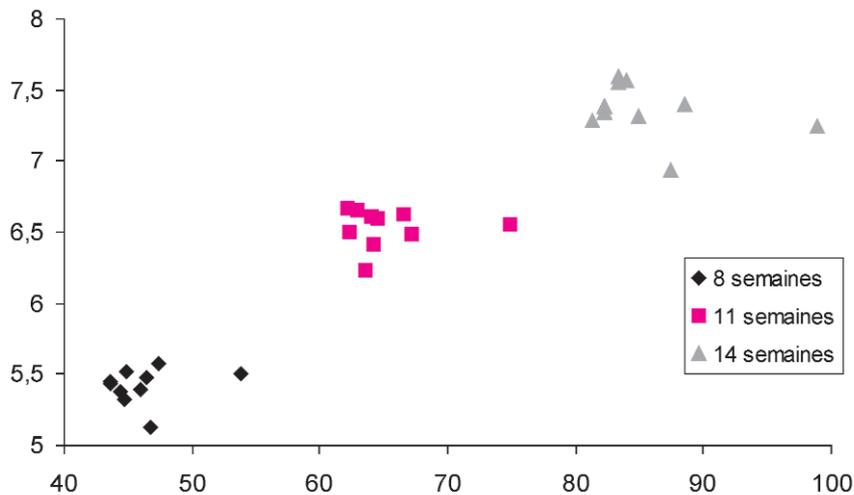
### 3.3 / La teneur en viande et la proportion des morceaux de découpe

Le dernier aspect de la composition corporelle est celui de la proportion de muscle dans la carcasse et de la répartition des différents morceaux de découpe. Chez le lapin, l'estimateur de référence pour la proportion totale de muscle dans la carcasse est le rapport du poids de muscle sur le poids de l'os mesuré sur une cuisse (Varewyck et Bouquet 1982, Hernández *et al* 1996). La proportion des morceaux se calcule selon une découpe normalisée recommandée par la *World Rabbit Science Association* (Blasco et Ouhayoun 1996), différenciant la partie avant, le râble et la partie arrière. Généralement, le rapport muscle/os et le développement de la partie arrière sont en relation avec la maturité physiologique de l'animal à l'abattage, le développement du tissu musculaire étant plus tardif que celui du tissu osseux, et la partie avant se développant plus tardivement que la partie arrière. Toutefois, cette relation n'est pas systématiquement vérifiée lorsque l'on compare différentes souches (figure 3). Quant à l'effet de la sélection, compte tenu de la constance de la maturité physiologique à un âge donné, comme évoqué plus haut, aucun effet n'est attendu sur le rapport muscle/os ou sur la répartition des morceaux pour des animaux abattus à âge constant (Pla *et al* 1998, Piles *et al* 2000, Pascual *et al* 2004). Cependant, dans deux expériences de sélection, le rapport muscle/os augmente avec la vitesse de croissance (Piles *et al* 2000, données personnelles présentées dans le tableau 4). Ces résultats sont tout à fait cohérents avec les corrélations génétiques très élevées estimées entre le poids à l'abattage et le rapport muscle/os (0,85 pour Lukefahr *et al* 1996, 0,70 pour Farghaly et El-Mahdy 1999). L'augmentation du rapport muscle/os avec l'augmentation de l'âge d'abattage est bien observée par Gondret *et al* (2005), mais seulement dans la lignée sélectionnée sur un faible poids corporel (vitesse de croissance lente) par rapport à son témoin.

### 4 / Relations avec la qualité de la viande

La viande de lapin possède de bonnes valeurs nutritives et diététiques, car elle est riche en protéines et pauvre en lipides, présente un taux élevé d'acides gras polyinsaturés et un rapport entre acides gras oméga 6 sur

**Figure 3.** Relation entre la maturité (exprimée en pourcentage du poids moyen adulte des souches parentales) et le rapport muscle/os mesurés à 8, 11 et 14 semaines d'âge sur des lapins croisés issus de 10 souches paternelles (Larzul et Rochambeau 2004).



**Tableau 4.** Effet de la sélection pour la vitesse de croissance sur la composition corporelle mesurée à âge constant (63 jours).

	Différence entre lignées	Lignée basse	Lignée témoin	Lignée haute
Avant (%)	ns	34,26	34,94	34,74
Râble (%)	+	17,76	17,41	17,18
Arrière (%)	***	31,39	30,14	30,02
Muscle/os	ns	6,75	6,90	7,10
Pertes à la cuisson	ns	24,8	25,2	26,0
Matière sèche avant	**	33,73	35,01	35,09
Lipides <i>longissimus</i>	ns	1,24	1,15	1,15
Lipides semitendineux	*	1,82	2,17	2,08

Données issues de l'expérience décrite par Larzul et al (2005), résultats non publiés ; ns : non significatif ; + :  $P < 0,1$  ; \* :  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$  ; \*\*\* :  $P < 0,001$ .

oméga 3 proche des recommandations actuelles. La faible attractivité des systèmes de conditionnement actuels (carcasse entière, découpes simples) et son coût d'achat élevé (deux fois plus cher que le poulet, 20 à 30 % plus cher que le porc) sont vraisemblablement responsables d'une certaine désaffection des consommateurs à l'égard de la viande de lapin, sans qu'il existe de réels problèmes de qualité. L'apparence (couleur, consistance de la viande crue) comme la flaveur de la viande, paramètres que les consommateurs assimilent à la fraîcheur du produit, semblent aujourd'hui les principaux déterminants d'actes d'achat de viande de lapin. Après cuisson, la viande de lapin est généralement jugée tendre, mais sa jutosité est parfois limitée (Dalle-Zotte 2004). Enfin, certains consommateurs urbains lui reprochent une odeur trop prononcée de gibier, due en partie à la composition particulière en acides gras des lipides de la viande.

Il existe peu d'études du déterminisme génétique des indicateurs de qualité et encore moins de la qualité gustative de la viande chez le lapin. Les relations entre caractères de croissance et qualité ont surtout été étudiées à travers la comparaison de différentes races ou souches, et plus récemment par quelques expériences de sélection intra-souches. La lourdeur de certaines mesures indicatrices de qualité de viande (microstructure musculaire en particulier) ainsi que le coût des analyses sensorielles ont pour corollaire un faible nombre d'individus considérés dans les expériences de sélection, et souvent l'impossibilité d'estimation précise des paramètres génétiques associés (héritabilités et corrélations génétiques) aux différents critères de qualité de la viande de lapin.

#### 4.1 / Le pH ultime du muscle, le pouvoir de rétention d'eau et la couleur de la viande

Le pH ultime (pHu) influence à la fois l'aptitude à la conservation de la

viande (le développement des bactéries pendant la conservation de la viande réfrigérée est d'autant plus limité que le pHu est bas), son aspect (les viandes à pHu bas sont souvent plus pâles), et les pertes en eau (les viandes acides ont un plus faible pouvoir de rétention en eau). Ouhayoun et Dalle-Zotte (1993) ont précédemment publié une revue concernant les variations de pHu entre différentes races et souches de lapin, résultant pour partie selon eux de différences de précocité de croissance entre individus. Au sein d'une même bande d'élevage, le pHu musculaire est d'ailleurs d'autant plus bas que les lapins sont plus lourds à un même âge à l'abattage (Cabanes-Roiron et Ouhayoun 1994). Une première estimation des corrélations génétiques entre le pHu et le gain moyen quotidien ou le poids corporel mettait en évidence un antagonisme génétique entre le gain moyen quotidien ou le poids corporel et la valeur du pHu chez le lapin (respectivement, -0,48 et -0,55, Ouhayoun et al 1974). Cependant, lorsque les comparaisons sont effectuées entre des lignées sélectionnées sur la vitesse de croissance et une population témoin, les résultats ne confirment pas cette évolution du pHu. Ainsi, aucune variation du pHu des muscles *longissimus* et *biceps femoris* n'est rapportée entre des lapins sélectionnés sur la vitesse de croissance et des témoins abattus au même âge (Piles et al 2000, Ramirez et al 2004, Larzul et al 2005). Hernández et al (2004) observent même une légère augmentation du pHu du muscle *longissimus* chez les lapins sélectionnés pour une forte vitesse de croissance. La valeur calculée pour la corrélation génétique entre le pHu et le poids corporel à 63 jours d'âge est d'ailleurs nulle (Larzul et al 2005). Même lorsque les lapins sont abattus au même poids vif et donc à des degrés de maturité physiologique différents, l'évolution du pHu de ces mêmes muscles avec la vitesse de croissance n'apparaît pas significative (Gondret et al 2005). L'héritabilité du pHu chez le lapin est d'ailleurs faible ( $h^2 = 0,16$ , Larzul et al 2005). Ainsi, contrairement au porc où le progrès génétique réalisé sur la vitesse de croissance et l'adiposité corporelle a conduit à une dégradation du pHu des muscles (Tribout et al 2004), les différentes études chez le lapin ne confirment pas l'hypothèse selon laquelle la sélection vers des animaux plus productifs favoriserait la présence de fibres musculaires à métabolisme glycolytique et l'établissement d'un pHu de la viande plus bas.

De nombreuses études rapportent une forte corrélation phénotypique entre la valeur de pHu et la capacité de rétention d'eau chez le lapin (0,82 par exemple pour Nath et Rao 1985), comme chez d'autres espèces (Renand *et al* 2003). Compte tenu des valeurs de pHu observées dans les expériences de sélection, il n'est pas attendu d'évolution significative du pouvoir de rétention d'eau avec la vitesse de croissance. Cependant, une diminution de ce caractère a été observée chez des lapins sélectionnés pour la vitesse de croissance et abattus au même âge que des lapins appartenant à une population témoin (Piles *et al* 2000, Hernández *et al* 2004, Ramírez *et al* 2004). Il reste à déterminer si cette moindre capacité de rétention en eau des protéines musculaires chez les lapins à forte vitesse de croissance est perceptible par le consommateur, que ce soit au niveau de la viande fraîche vendue en barquette ou au moment de la cuisson du produit. En outre, à poids d'abattage constant, la capacité de rétention d'eau de la viande crue ne semble pas être modifiée par la sélection sur la vitesse de croissance (Gondret *et al* 2005).

La viande crue de lapin présente une luminosité élevée associée à un faible indice de rouge, du fait de sa faible teneur en myoglobine, garantissant une évolution modérée de la couleur lors de la conservation (Dalle-Zotte 2004). La couleur du muscle est peu affectée par la sélection sur la croissance. Ainsi, la clarté ( $L^*$ ) de la viande n'est pas modifiée par la sélection à âge constant (Piles *et al* 2000, Gondret *et al* 2002, Hernández *et al* 2004, Ramírez *et al* 2004). Alors qu'il est généralement observé une relation faiblement négative entre clarté et pHu (Hernández *et al* 1997), la clarté tend à augmenter avec la vitesse de croissance dans le muscle *longissimus* d'animaux abattus à un même poids, sans qu'il y ait de variation du pHu de ce muscle (Gondret *et al* 2005). A un même site de mesure, les variations des paramètres  $a^*$  et  $b^*$ , caractérisant respectivement les intensités dans le rouge et le jaune, sont contradictoires entre les différentes expériences de sélection (Gondret *et al* 2002, Hernández *et al* 2004, Ramírez *et al* 2004). Enfin, les héritabilités calculées pour les paramètres de couleur mesurés sur la surface externe du muscle, sont quasi nulles (Larzul *et al* 2005). Les corrélations génétiques entre les caractères de croissance et la teneur en myoglobine du muscle sont faiblement négatives (-0,09 à -0,25, Ouhayoun et Dalle-Zotte 1993).

Ainsi, il est vraisemblable que la sélection affecte peu la perception de la couleur de la viande par le consommateur.

#### 4.2 / Les lipides de la viande, la composition en acides gras et le goût de la viande

L'évolution avec la vitesse de croissance de la composition chimique d'un broyat de la partie arrière de la carcasse donne des résultats contradictoires lorsque les lapins sont abattus à un même âge (Piles *et al* 2000, Hernández *et al* 2004, Pascual *et al* 2004), probablement parce que les relations génétiques entre vitesse de croissance et composition chimique sont faibles. Ainsi, pour les lipides inter- et intramusculaires qui constituent la fraction chimique théoriquement la plus malléable de la viande et jouent un rôle important sur la jutosité des produits et le développement de la flaveur (Dalle-Zotte 2004), une diminution (Piles *et al* 2000, Hernández *et al* 2004) ou une légère augmentation (Pascual *et al* 2004, Ramírez *et al* 2005) ont été rapportées avec la vitesse de croissance à un même âge d'abattage. En outre, l'évolution de la teneur en lipides intramusculaires est fonction du muscle considéré. Larzul *et al* (2005) observent une diminution de cette teneur dans le muscle semitendineux avec le ralentissement de la vitesse de croissance, mais pas de variation significative dans le muscle *longissimus*. A un même poids vif, la seule étude disponible montre une stabilité de la teneur en lipides intramusculaires avec la vitesse de croissance des lapins (Gondret *et al* 2005), probablement parce que l'écart d'âge observé entre lignées à l'abattage (12 jours) dans une période de faible accréation lipidique musculaire est trop faible pour influencer sur ce caractère.

Généralement, l'évolution des lipides musculaires avec la vitesse de croissance suit dans une moindre mesure celle observée pour la proportion de gras dans la carcasse (Piles *et al* 2000, Pascual *et al* 2004, Larzul *et al* 2005), mais cette variation n'a pas de répercussion sur la jutosité de la viande lors des tests de dégustation (Hernández *et al* 2005). La composition en acides gras des lipides de la viande dépend principalement de la composition en acides gras du régime (Gondret *et al* 1998). Cependant, Ramírez *et al* (2005) observent une réduction de 10 % du ratio entre acides gras polyinsaturés et acides gras saturés des lipides de la viande avec la sélection, et des augmentations

particulièrement marquées pour les proportions relatives en acides gras myristique, palmitique et palmitoléique. En outre, Hernández *et al* (2005) indiquent une intensité de la flaveur «viande de lapin» et une flaveur de foie plus fortes, mais une odeur et une flaveur anisées moindres chez les lapins sélectionnés pour la croissance par rapport à une population témoin. La sélection pourrait ainsi affecter la composition en acides gras de la viande et par suite altérer la flaveur, mais cela reste à confirmer par des études spécifiques.

#### 4.3 / La texture et la tendreté

La tendreté n'est pas un critère limitant la qualité de la viande chez le lapin, probablement parce que les muscles de cet animal se caractérisent par un collagène extrêmement soluble lors de la cuisson (Combes *et al* 2004). Peu d'études sont d'ailleurs disponibles sur ce critère quel que soit le facteur de variation considéré. La texture du muscle est généralement évaluée par des dispositifs de cisaillement (Warner-Bratzler) ou de compression. Les relations avec la vitesse de croissance sont contradictoires, sans doute parce que les modalités de mesures diffèrent d'une étude à l'autre (dispositifs utilisés, durée de maturation *post-mortem*, mode de cuisson de la viande, taille des échantillons ...). Ainsi, en réponse à la sélection, la dureté de la viande cuite est augmentée dans les études de Ramírez *et al* (2004) et de Gil (communication personnelle), alors que les lapins ayant la plus forte vitesse de croissance présentent les muscles les plus faciles à cisailier pour Larzul *et al* (2005). Aucune différence significative de tendreté de la viande lors de tests de dégustation n'a été montrée en relation avec la vitesse de croissance des animaux (Hernández *et al* 2005). Une variabilité génétique importante de la force de cisaillement sur viande fraîche a été mise en évidence chez le lapin ( $h^2 = 0,57$ , Larzul *et al* 2005), comme chez le bovin (Renand *et al* 2003).

#### 4.4 / Les fibres musculaires

La variabilité d'autres caractéristiques musculaires en réponse à la sélection sur la croissance ont récemment fait l'objet de travaux de recherches, sans que leurs relations avec la qualité du produit aient été réellement démontrées chez le lapin. Les muscles sont composés principalement de fibres musculaires dont le nombre et la taille varient avec la vitesse de croissance des animaux (Rehfeldt *et al*

2000). Chez le lapin, les variations de la vitesse de croissance affectent principalement l'aire de section transversale des fibres musculaires, ce caractère présentant une relation positive avec le poids corporel (Gondret *et al* 2002, Larzul *et al* 2005). De ce fait, il n'y a pas de variation avec la vitesse de croissance de la taille de fibres si les lapins sont abattus à un poids vif donné (Gondret *et al* 2005). Une estimation très préliminaire indique une héritabilité moyenne de l'ordre de 0,35 pour ce caractère (Larzul, données non publiées), c'est-à-dire proche de la valeur observée chez le porc (0,32, Larzul *et al* 1997). En réponse à la sélection sur la croissance, le nombre total de fibres musculaires constituant le muscle ne varie pas (Gondret *et al* 2002, Larzul *et al* 2005, Gondret *et al* 2005), contrairement aux résultats rapportés chez la souris (Luff et Goldspink 1970) ou le poulet (Rémignon *et al* 1994) pour lesquels les écarts de croissance entre lignées sont cependant plus marqués que dans les expériences réalisées à ce jour chez le lapin. À âge égal (Gondret *et al* 2002, Larzul *et al* 2005) comme à poids constant (Gondret *et al* 2005), les muscles des animaux sélectionnés présentent les mêmes caractéristiques typologiques établies sur la proportion histochimique des types contractiles de fibres, tandis que Ramírez *et al* (2004) observent une proportion moindre de chaîne lourde de myosine lente dans les muscles des lapins sélectionnés à forte vitesse de croissance. Enfin, aucun effet de la sélection sur l'équi-

libre des voies énergétiques musculaires mesuré par les activités d'enzymes cibles de l'oxydation et de la glycolyse à l'abattage de l'animal n'est rapporté à âge constant (Hernández *et al* 2004, Ramírez *et al* 2004), comme à poids constant (Gondret *et al* 2005). Si ces différents travaux contribuent à une meilleure connaissance des mécanismes biologiques mis en jeu en réponse à une sélection sur la vitesse de croissance, ils doivent néanmoins être poursuivis pour caractériser leurs relations avec la qualité finale de la viande, avant d'être intégrés éventuellement dans les objectifs de sélection.

## 5 / Relations avec les caractères de reproduction

Les estimations de corrélations génétiques entre les caractères de prolificité et de croissance sont peu fréquentes. En dehors des résultats parfois contradictoires publiés dans les années 90 (Camacho et Baselga 1990), les études les plus récentes montrent une valeur de cette corrélation faible, mais généralement légèrement positive (Gómez *et al* 1998b, Garreau *et al* 2000, Garcia et Baselga, 2002). Ces derniers auteurs n'ont pas trouvé de réponse corrélée sur la vitesse de croissance dans une expérience de sélection pour la taille de portée au sevrage, dans une comparaison de deux générations distantes, en incluant la taille de portée à la naissance en covariable dans le modèle d'analyse. L'effet de cette covariable est en revanche négatif, comme attendu.

## Conclusion

Plusieurs études ont été récemment lancées pour connaître les relations entre la vitesse de croissance et la composition corporelle. Cependant, la plupart des informations disponibles viennent de comparaisons de souches et d'expériences de sélection intra-souche. Il manque encore une évaluation hors expérimentation, à partir de données de terrain et sur un effectif important, de la relation entre la croissance et la plupart des critères de qualité de la carcasse chez le lapin, notamment l'adiposité de la carcasse. Pour la qualité de la viande, bien que l'ensemble des résultats porte généralement sur un nombre limité d'animaux, l'incidence de la sélection pour la vitesse de croissance semble faible. Même si la qualité de la viande de lapin est relativement robuste à la sélection sur la croissance, une estimation des paramètres génétiques associés aux qualités sensorielles pourrait permettre une meilleure connaissance de celles-ci et de leur déterminisme biologique. Enfin, il est probable que des différences importantes de qualité pourraient survenir si les lapins étaient sélectionnés non pas sur un caractère global de croissance (gain moyen quotidien, poids à un âge fixé) mais sur le développement de la cuisse ou du râble, à l'instar de la sélection réalisée sur le rendement en filet du poulet (Berri *et al* 2001).

## Références

- Abdel-Ghany A.M., Hassan N.S., Amin A.A., 2000. Heterosis, direct and maternal abilities of post-weaning daily gain in weight traits of two Egyptian native breeds on account of crossing with New Zealand White rabbits. Proc. 7<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Valence, Espagne, 325-331.
- Afifi E.A., Khalil M.H., Khadr A.F., Youssef Y.M.K., 1994. Heterosis, maternal and direct effects for post weaning growth traits and carcass performance in rabbit crosses. J. Anim. Breed. Genet., 111, 138-147.
- Anous M.R., 1999. Correlated response of meatiness indicating traits to selection for weight at prevailing marketing age in New Zealand White rabbits. Arch. Geflügelk., 63, 225-228.
- Armero E., Blasco A., 1992. Economic weights for rabbits selection indices. J. Appl. Rabbit Res., 15, 637-642.
- Baron R., Vezinhet A., Cantier J., 1970. Allométrie de croissance chez le lapin. II. Thymus. Ann. Biol. Ann. Bioch. Biophys., 10, 535-548.
- Berri C., Wacrenier N., Millet N., Le Bihan-Duval E., 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. Poult. Sci., 80, 833-838.
- Blasco A., Gómez E., 1993. A note on growth curves of rabbit lines selected on growth rate or litter size. Anim. Prod., 57, 332-334.
- Blasco A., Ouhayoun J., 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. World Rabbit Sci., 4, 93-99.
- Blasco A., Piles M., Rodriguez E., Pla M., 1996. The effect of selection for growth rate on the live weight growth curve in rabbits. Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Toulouse, France, 2, 245-248.
- Blasco A., Piles M., Varona L., 2003. A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. Genet. Sel. Evol., 35, 21-42.
- Bolet G., Brun J.M., Monnerot M., Abeni F., Arnal C., Arnold J., Bell D., Bergoglio G., Besenfelder U., Bösze S., Boucher S., Chanteloup N., Ducourouble M.C., Durand-Tardif M., Esteves P.J., Ferrand N., Gautier A., Haas C., Hewitt G., Jehl N., Joly T., Koehl P.F., Laube T., Lechevestrier S., Lopez M., Masoero G., Menigoz J.J., Piccinin R., Queney G., Saleil G., Surridge A., Van der Loo W., Vicente J.S., Viudes de Castro M.P., Virag G., Zimmermann J.M., 2000. Evaluation and conservation of European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) genetic resources. First results and inferences. Proc. 7<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Valence, Espagne, A, 281-315.

- BRG, 2004. [http://www.brg.prd.fr/brg/ecrans/rgaBd\\_lapins.htm](http://www.brg.prd.fr/brg/ecrans/rgaBd_lapins.htm) (accédé le 3/12/2004).
- Brun J.M., Ouhayoun J., 1989. Growth performance and carcass traits in three strains of rabbits and their two-way crosses. *Ann. Zootech.*, 38, 171-179.
- Brun J.M., Bolet G., Ouhayoun J., 1992. The effects of crossbreeding and selection on productive and reproductive traits in a triallel experiment between three strains of rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15, 181-189.
- Cabanes-Roiron A., Ouhayoun J., 1994. Précocité de croissance des lapins. Influence de l'âge d'abattage sur la valeur bouchère et les caractéristiques de la viande de lapins abattus au même poids vif. 6<sup>e</sup> Journ. Rech. Cunicole, La Rochelle, France, 385-391.
- Camacho J., Baselga M., 1990. Estimation des corrélations génétiques entre caractères de reproduction et de croissance à travers la réponse à la sélection. 5<sup>e</sup> Journ. Rech. Cunicole, Paris, France, Communication 66.
- Cantier J., Vezinhet A., Rouvier R., Dauzier L., 1969. Allométrie de croissance chez le lapin. I. Principaux organes et tissus. *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.*, 9, 5-39.
- Combes S., Lepetit J., Darche B., Lebas F., 2004. Effect of cooking temperature and cooking time on Warner-Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Sci.*, 66, 91-96.
- Costa C., Baselga M., Lobera J., Cervera C., Pascual J.J. 2004. Evaluating response to selection and nutritional needs in a three-way cross of rabbits. *J. Anim. Breed. Genet.*, 121, 186-196.
- Dalle-Zotte A., 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.*, 75, 11-32.
- Dalle-Zotte A., 2004. Avantages diététiques : le lapin doit apprivoiser le consommateur. *Viandes Prod. Carnés*, 23, 161-167.
- Dedkova L., Mach K., Majzlik I., Mohsen A., 2002. Analysis of growth and feed conversion in broiler rabbits by factorial crossing. *Czech J. Anim. Sci.*, 47, 133-140.
- Eiben C., Szendrő Z.S., Allain D., Thebault R.G., Radnai I., Biró-Németh E., Lanszki J., 1996. Study of the performance of normal hair, angora and their reciprocal crossbred rabbits: 3. Growth and carcass traits. *Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, Toulouse, France, 1, 351-357.
- Estany J., Camacho J., Baselga M., Blasco A., 1992. Selection response of growth rate in rabbit for meat production. *Genet. Sel. Evol.*, 24, 527-237.
- Farghaly H.M., El-Mahdy M.R.M., 1999. Genetic and non-genetic factors affecting live, carcass and non-carcass traits of New Zealand White rabbits in Egypt. *Indian J. Anim. Sci.*, 69, 596-603.
- Feki S., Baselga M., Blas E., Cervera C., Gómez E.A., 1996. Comparison of growth and feed efficiency among rabbit lines selected for different objectives. *Livest. Prod. Sci.*, 45, 87-92.
- Ferraz J.B.S., Eler J.P., 1994. Use of different animal models in prediction of genetic parameters of 23 traits of Californian and New Zealand White rabbits raised in tropics and suggestion of selection criteria. *Proc. 5<sup>th</sup> WCGALP*, Guelph, Canada, 20, 348-351.
- Ferraz J.B.S., Johnson R.K., Eler J.P., 1991. Genetic parameters for growth and carcass traits of rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 14, 187-192.
- Fiorello C. V., German R. Z., 1997. Heterochrony within species: craniofacial growth in giant, standard and dwarf rabbits. *Evolution*, 51, 250-261.
- Fl'ak P., 1983. Growth of body weight in New Zealand White Rabbit. *Proc. 2<sup>nd</sup> International Colloquy "The rabbit as a model animal and breeding object"*, 15-17 Septembre 1982, Rostock, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock Sektion Tierproduktion, 75-78.
- Garcia M. L., Baselga M., 2002. Estimation of correlated response on growth traits to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population and genetic trends. *Livest. Prod. Sci.*, 78, 91-98.
- Garreau H., Rochambeau H. de, 2003. La sélection des qualités maternelles pour la croissance du lapereau. 10<sup>e</sup> Jour. Rech. Cunicole, Paris, France, 61-64.
- Garreau H., Szendrő Zs., Larzul C., Rochambeau H. de, 2000. Genetic parameters and genetic trends of growth and litter size traits in the White Pannon breed. *Proc. 7<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, Valence, Espagne, A, 403-408.
- Gómez E.A., Baselga M., Rafel O., Ramon J., 1998a. Comparison of carcass characteristics in five strains of meat rabbit selected on different traits. *Livest. Prod. Sci.*, 55, 53-64.
- Gómez E.A., Rafel O., Ramon J., 1998b. Genetic relationships between growth and litter size traits at first parity in a specialized dam line. *Proc. 6<sup>th</sup> WCGALP*, Armidale, Australie, XXV, 552-555.
- Gómez E.A., Rafel O., Ramon J., Baselga M. 1999. Feeding efficiency in crossbreeding among three of the strains selected in Spain. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 41, 153-158.
- Gómez E. A., Piles M., Orengo J., Rafel O., Ramon J., 2002. Estimation of crossbreeding parameters for average daily gain, feed intake and feed conversion rate in five rabbit lines. *Proc. 7<sup>th</sup> WCGALP*, Montpellier, France, Communication 04-10.
- Gondret F., Mourot J., Lebas F., Bonneau M., 1998. Effects of dietary fatty acids on lipogenesis and lipid traits in muscle, adipose tissue and liver of growing rabbits. *Anim. Sci.*, 66, 483-489.
- Gondret F., Combes S., Larzul C., Rochambeau H. de, 2002. Effects of divergent selection for body weight at a fixed age on histological, chemical and rheological characteristics of rabbit muscles. *Livest. Prod. Sci.*, 76, 81-89.
- Gondret F., Larzul C., Combes S., Rochambeau H. de, 2005. Carcass composition, bone mechanical properties, and meat quality traits according to growth rate in rabbits. *J. Anim. Sci.*, soumis.
- Gupta B.R., Rao V. P., Reddy C. E., Satyanarayana A., Reddy P.P., 2000. Feed intake and feed conversion ratio in purebred and crossbred broiler rabbits. *Indian J. Anim. Res.*, 34, 64-67.
- Hernández P., Pla M., Blasco A., 1996. Prediction of carcass composition in the rabbit. *Meat Sci.*, 44, 75-83.
- Hernández P., Pla M., Blasco A., 1997. Relationships of meat characteristics of two lines of rabbits selected for litter size or growth rate. *J. Anim. Sci.*, 75, 2936-2941.
- Hernández P., Aliaga S., Pla M., Blasco A., 2004. Effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 82, 3138-3143.
- Hernández P., Guerrero L., Ramírez J., Mekkawy W., Pla M., Ariño B., Ibáñez N., Blasco A., 2005. A Bayesian approach to the effect of selection for growth rate on sensory meat quality of rabbit. *Meat Sci.*, 69, 123-127.
- Jensen N.E., Jensen J.F., Szendrő Z., Sørensen P., 1996. Diallel crossbreeding experiment in Danish and Hungarian meat rabbits. 1. Reproductive performance, growth, and feed conversion. *World Rabbit Sci.*, 4, 109-114.
- Khalil M.H., Owen J.B., Afifi E.A., 1986. A review of phenotypic and genetic parameters associated with meat production traits in rabbits. *Anim. Breed. Abst.*, 54, 725-749.
- Lambertini L., Benassi M.C., Zaghini G., 1990. Effetto di sesso e peso sulle caratteristiche qualitative della carcassa di coniglio. *Conigliicoltura*, 27, 33-39.
- Lampo P., Van der Broeck L., 1976. Milieu- und Erblichkeitsfaktoren, die Leistung von Mastkaninchen beeinflussend.. *Arch. Geflügelk.*, 40, 221-224.
- Larzul C., Rochambeau H. de, 2004. Comparison of ten rabbit lines of terminal bucks for growth, feed efficiency and carcass traits. *Anim. Res.*, 53, sous presse.
- Larzul C., Rochambeau H. de, 2005. Selection for residual feed consumption in the rabbit. *Livest. Prod. Sci.*, sous presse.
- Larzul C., Lefaucheur L., Ecolan P., Gogué J., Talmant A., Vernin P., Sellier P., Le Roy P., Monin G., 1997. Phenotypic and genetic parameters of *longissimus* muscle fiber characteristics in Large White pigs. *J. Anim. Sci.*, 75, 3126-3137.
- Larzul C., Gondret F., Combe S., Rochambeau H. de, 2003. Analyse d'une expérience de sélection sur le poids à 63 jours : I. Déterminisme génétique de la croissance. 10<sup>e</sup> Journ. Rech. Cunicole, Paris, France, 145-148.
- Larzul C., Gondret F., Combes S., Rochambeau H. de, 2005. Divergent selection on 63-day body weight in the rabbit: response on growth, carcass and muscle traits. *Genet. Sel. Evol.*, 37, 105-122.
- Lebas F., Combes S., 2001. Quel mode d'élevage pour un lapin de qualité ? Colloque annuel, Valicentre, Chambray-les-tours, France, 29-39.
- Lehmann R., 1980. Zum postnatalen Wachstumsverlauf von Kaninchen. *Proc. 2<sup>nd</sup> International Colloquy "The rabbit as a model animal and breeding object"*, 22-23 Mars 1979, Rostock, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock Sektion Tierproduktion, 27-36.
- Lehmann R., 1983. Untersuchungen zum Wachstumsverlauf von Kaninchen. *Proc. 2<sup>nd</sup> International Colloquy "The rabbit as a model animal and breeding object"*, 15-17 Septembre 1982, Rostock, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock Sektion Tierproduktion, 67-74.

- Luff A.R., Goldspink G., 1970. Total number of fibers in muscles of several strains of mice. *J. Anim. Sci.*, 30, 891-899.
- Lukefahr S.D., Odi H.B., Atakora J.K.A., 1996. Mass selection for 70-day body weight in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 74, 1481-1489.
- Masoero G., 1982. Breeding and crossbreeding to improve growth rate, feed efficiency, and carcass characters in rabbit meat production. Proc. 2<sup>nd</sup> WCGALP, Madrid, Espagne, 6, 499-512.
- McNitt J.I., Lukefahr S.D., 1996. Genetic and environmental parameters for postweaning growth traits of rabbit using an animal model. Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Toulouse, France, 2, 325-329.
- Medellin M.F., Lukefahr S.D., 2001. Breed and heterotic effects on postweaning traits in Altex and New Zealand White straightbred and crossbred rabbits. *J. Anim. Sci.*, 79, 1173-1178.
- Mgheni M., Christensen K., 1985. Selection experiment on growth and litter size in rabbits. II. Two-way selection response for body weight at 112 days. *Acta Agric. Scand.*, 35, 278-286.
- Moura A.S.A.M.T., Kaps M., Vogt D.W., Lamberson W.R., 1997. Two-way selection for daily gain and feed conversion in a composite rabbit population. *J. Anim. Sci.*, 75, 2344-2349.
- Moura A.S.A.M.T., Costa A.R.C., Polastre R., 2001. Variance component and response to selection for reproductive, litter and growth traits through a multi-purpose index. *World Rabbit Sci.*, 9, 77-86.
- Nath D.R., Rao P.L., 1985. A comparison between domestic and wild rabbits as meat producers. *Indian J. Anim. Prod. Manag.*, 1, 136-140.
- Nofal R., Szendrő Z.S., Kenessey A., Jensen J.E., 2004. Crossbreeding effects on carcass traits at 12 weeks of age in Pannon and Danish white rabbits and their reciprocal crosses. Proc. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexique, 102-109.
- Orengo J., Gómez E. A., Piles M., Rafel O., Ramón J., 2004. Growth traits in simple crossbreeding among dam and sire lines. Proc. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexique, 114-120.
- Ouhayoun J., Dalle-Zotte A., 1993. Muscular energy metabolism and related traits in rabbit. A review. *World Rabbit Sci.*, 1, 97-108.
- Ouhayoun J., Rouvier R., Poujardieu B., 1974. Genetic relations between ponderal growth performances and muscular tissue metabolism in rabbits. Proc. 1<sup>st</sup> WCGALP, Madrid, Espagne, 521-528.
- Pascual M., Aliaga S., Pla M., 2004. Effect of selection for growth rate on carcass and meat composition in rabbits. Proc. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexique, 1435-1440.
- Petracci M., Capozzi F., Cavani C., Cremonini M.A., Minelli G. 1999. Influence of slaughter weight and sex on meat quality of rabbits slaughtered at the same age. Proc. XIII Congresso Nazionale A.S.P.A., Piacenza, Italie, 650-652.
- Piles M., Blasco A., 2003. Response to selection for growth rate in rabbits estimated by using a control cryopreserved population. *World Rabbit Sci.*, 11, 53-62.
- Piles M., Blasco A., Pla M., 2000. The effect of selection for growth rate on carcass composition and meat characteristics of rabbits. *Meat Sci.*, 54, 347-355.
- Piles M., Gianola D., Varona L., Blasco A., 2003. Bayesian inference about parameters of a longitudinal trajectory when selection operates on a correlated trait. *J. Anim. Sci.*, 81, 2714-2724.
- Piles M., Gómez E.A., Rafel O., Ramon J., Blasco A., 2004a. Elliptical selection experiment for the estimation of genetic parameters of the growth rate and feed conversion ratio in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 82, 654-660.
- Piles M., Rafel O., Ramon J., Gómez E.A., 2004b. Crossbreeding parameters of some productive traits in meat rabbits. *World Rabbit Sci.*, 12, 139-148.
- Pla M., Hernández P., Blasco A., 1996. Carcass composition and meat characteristics of two rabbit breeds of different degrees of maturity. *Meat Sci.*, 44, 85-92.
- Pla M., Guerrero L., Guardia D., Oliver M.A., Blasco A., 1998. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: I. Between lines comparison. *Livest. Prod. Sci.*, 54, 115-123.
- Ponce de Leon, R., Guzman G., Quesada M.E., 2002. Growth and feed efficiency of four rabbit breeds. *Cuban J. Agric. Sci.*, 36, 7-14.
- Ptak E., Bieniek J., Jagusiak W., 1994. Comparison of growth curves of purebred and crossbred rabbits. Proc. 5<sup>th</sup> WCGALP, Guelph, Canada, 19, 201-204.
- Ramírez J.A., Oliver M.À., Pla M., Guerrero L., Ariño B., Blasco A., Pascual M., Gil M. 2004. Effect of selection for growth rate on biochemical, quality and texture characteristics of meat from rabbits. *Meat Sci.*, 67, 617-624.
- Ramírez J.A., Diaz I. Pla M., Gil M., Blasco A., Oliver M.À., 2005. Fatty acid composition of leg meat and perirenal fat of rabbits selected by growth rate. *Food Chem.*, 90, 251-256.
- Ramon J., Gómez E. A., Prucho O., Rafel O., Baselga M., 1996. Feed efficiency and postweaning growth of several spanish selected lines. Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Toulouse, France, 2, 351-353.
- Randi E., Scossiroli R.E., 1980. Genetic analysis of production traits in Italian New Zealand White and California pure-bred populations. Proc. 2<sup>nd</sup> World Rabbit Congress, Barcelone, Espagne, 1, 192-201.
- Rehfeldt C., Fiedler I., Dietl G., Ender K., 2000. Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *Livest. Prod. Sci.*, 66, 177-188.
- 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. *Brit. Poult. Sci.*, 55, 65-76.
- Renand G., Larzul C., Le Bihan-Duval E., Le Roy P., 2003. L'amélioration génétique de la qualité de la viande dans les différentes espèces : situation actuelle et perspectives à court et moyen terme. *INRA Prod. Anim.*, 16, 159-173.
- Rochambeau H. de, 1989. La génétique du lapin, producteur de viande. *INRA Prod. Anim.*, 2, 287-295.
- Rochambeau H. de, Fuente L.F. de la, Rouvier R., Ouhayoun J., 1989. Sélection sur la vitesse de croissance post-sevrage chez le lapin. *Génét. Sél. Evol.*, 21, 527-546.
- Rochambeau H. de, Retailleau B., Poivey J.P., Allain, D., 1994. Sélection pour le poids à 70 jours chez le lapin. 6<sup>e</sup> Journ. Rech. Cunicole. La Rochelle, France, 1, 235-240.
- Roiron A., Ouhayoun J., Delmas D., 1992. Effets du poids et de l'âge d'abattage sur les carcasses et la viande de lapin. *Cuniculture*, 19, 143-146.
- Sager G., 1983. Mathematical formulations of rabbit weight growth after data from Templeton (1955). Proc. 2<sup>nd</sup> International Colloquy "The rabbit as a model animal and breeding object", 15-17 Septembre 1982, Rostock, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock Sektion Tierproduktion, 79-86.
- Sanchez J.P., Baselga M., Silvestre M.A., Sahuquillo J., 2004. Direct and correlated responses to selection for daily gain in rabbits. Proc. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexique, 169-174.
- Seeland G., Rossler B., Roder B., 1996. Analysis of growth in rabbits of different breeds with selected growth functions. *Arch. Tierz.*, 39, 533-544.
- Su G., Kjaer J.B., Brenøe U.T., Sørensen P., 1999. Estimates of genetic parameters in Danish white rabbits using an animal model: I. Growth and carcass traits. *World Rabbit Sci.*, 7, 59-64.
- Szendrő Z., 1980. Possibility and advantages of indirect selection for improving feed conversion in young rabbits. Proc. 2<sup>nd</sup> World Rabbit Congress, Barcelone, Espagne, 2, 254-262.
- Taylor St. C.S., 1985. Use of genetic size-scaling in evaluation of animal growth. *J. Anim. Sci.*, 61 (Suppl. 2), 118-143.
- Torres C., Baselga M., Gómez E., 1992. Effect of weight daily gain selection on gross feed efficiency in rabbits. Proc. 5<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Corvallis, USA, 2, 884-888.
- Tribout T., Caritez J.C., Gogué J., Gruand J., Bouffaud M., Billon Y., Péry C., Griffon H., Brenot S., Le Tiran M.H., Bussièeres F., Le Roy P., Bidanal J.P., 2004. Estimation par utilisation de semence congelée, du progrès génétique réalisé en France entre 1977 et 1998 dans la race porcine Large White : résultats pour quelques caractères de production et de qualité des tissus gras et maigres. *Journ. Rech. Porcine Fr.*, 36, 275-282.
- Varewyck H., Bouquet Y., 1982. Relations entre la composition tissulaire de la carcasse de lapins de boucherie et celle des principaux morceaux. *Ann. Zootech.*, 31, 257-268.
- Vogt D.W., 1979. Selection experiment with domestic rabbits. *J. Hered.*, 70, 421-422.
- Vrillon J.L., Donald R., Poujardieu B., Rouvier R., 1979. Sélection et testage des lapins mâles de croisement terminal 1972-1975. *Bull. Tech. Dep. Genet. Anim. INRA Jouy-en-Josas, France*, 28, 106pp.

## Résumé

---

L'amélioration génétique des lapins élevés pour la production de viande a porté jusqu'à présent essentiellement sur les critères de reproduction (taille de portée) pour les souches femelles et plus récemment sur les aspects quantitatifs de la production pour les souches mâles, principalement la vitesse de croissance. Cette sélection a ainsi permis de réduire l'âge d'abattage des lapereaux de 2 semaines en 15 ans, tandis que le poids d'abattage variait peu. S'appuyant sur les résultats obtenus dans les comparaisons entre les différentes races ou souches, les attendus étaient une amélioration de l'efficacité alimentaire, une réduction de l'adiposité des carcasses, mais aussi une dégradation des rendements à l'abattage. Paradoxalement, les études génétiques portant sur les qualités de la carcasse ou de la viande et sur les caractéristiques musculaires restent peu fréquentes. Toutefois, il existe maintenant quelques expériences de sélection intra-souche pour la croissance dans lesquelles les réponses corrélées ont été mesurées. Si l'indice de consommation est bien corrélé négativement avec la vitesse de croissance, ces expériences ne valident pas toutes les évolutions attendues en matière de composition corporelle, notamment pour l'adiposité de la carcasse. En revanche, elles suggèrent dans leur ensemble des relations génétiques faibles entre les caractéristiques de la viande et la vitesse de croissance. La sélection actuellement pratiquée sur la vitesse de croissance a donc peu de conséquences sur les qualités de la viande de lapin.

## Abstract

---

### *Genetics of growth traits and meat quality in the rabbit*

Until now, the genetic improvement of meat rabbits has been devoted to reproduction traits (*i.e.* litter size) in doe lines, and more recently related to production criteria in buck lines, *i.e.* growth rate. For the last 15 years, this selection has induced a decrease of 2 weeks in slaughter age, whereas weight at slaughter has not changed. Based on comparisons between different breeds or strains, a correlated improvement in feed efficiency, a decrease in carcass fatness, but also the degradation of dressing out percentage, were expected. The genetic studies on carcass and meat quality or muscle characteristics are far from numerous. Recently, some within-breed selection experiments have been performed to investigate correlated responses. Whereas feed consumption ratio was negatively correlated with growth rate, these experiments did not confirm all the expectations for carcass composition, mainly fat content. As a whole, they suggested weak genetic relationships between muscle or meat characteristics and growth rate. The selection currently practised for growth rate has few consequences on meat quality in rabbits.

LARZUL C., GONDRET F., 2005. Aspects génétiques de la croissance et de la qualité de la viande chez le lapin. INRA Prod. Anim., 18, 119-129.

