

Evolution avec l'âge de la résistance mécanique des os chez le lapin*

S. COMBES¹, A. AUVERGNE², B. DARCHE¹, F. LEBAS¹

¹INRA, Station de Recherches Cunicoles, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

²ENSAT, Laboratoire de Zootechnie, BP 107, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

Résumé - L'influence de l'âge sur les caractéristiques mécaniques des fémurs et des tibias de lapin a été étudiée à 49, 66, 91, 112 et 147 jours d'âge. Les moments d'inertie et de flexion des fémurs et ceux des tibias augmentent avec l'âge ($P < 0,001$) jusqu'à 112 jours puis semblent se stabiliser. Au contraire, la contrainte et le module élastique ne montrent pas d'évolution qui puisse être simplement reliée à l'âge. En conclusion, l'augmentation avec l'âge de la résistance élastique des os s'explique par une augmentation de leur taille et les caractéristiques du matériau constitutif n'évoluent pas entre 49 et 147 jours d'âge.

Abstract - Influence of slaughter age on the mechanical properties of rabbit bones in relation with carcass quality. Age effects on mechanical characteristics were assessed in femurs and tibias of 49, 66, 91, 112 and 147 day-old rabbits. Area moment of inertia and bending moment of the femur and tibia increased with age ($P < 0,001$) between 49 and 112 days of age. Stress and modulus of elasticity did not show any simple age-related variation. It was concluded that the age related increase of yield strength can be explained by the corresponding size increase of bone and that intrinsic bone material characteristics did not change between 49 and 147 days of age.

Introduction

L'intensification de la production cunicole conduit à un rajeunissement régulier de l'âge à l'abattage des lapins. Il est estimé à 0,5 jour/an (Rochambeau *et al.*, 1994). Les conséquences de ce rajeunissement sur la qualité des carcasses et de la viande de lapin sont encore mal connues. Ainsi, à poids constant, un abattage précoce entraîne une détérioration du rendement commercial et du rapport muscle/os (Cabanes-Roiron et Ouhayoun, 1994). Parallèlement, il y aurait un accroissement de la proportion d'os cassés au cours des manipulations, en particulier sur la chaîne d'abattage. Chez le lapin, seules deux études ont partiellement traité de résistance osseuse (Lebas *et al.*, 1998; Xiccato *et al.*, 1999). La présente étude a pour but, dans un premier temps, de faire un état des lieux des caractéristiques mécaniques des os chez le lapin. Dans un deuxième temps, elle a pour but de déterminer dans quelle mesure les abattages précoces pourraient entraîner l'apparition d'une fragilité osseuse chez le lapin.

◆ 1. Matériel et méthodes ◆

Au total 50 lapereaux hybrides (mâles Hyplus x femelles INRA 0067) ont été placés après sevrage en cages individuelles et nourris à volonté. Cinq femelles et 5 mâles ont été abattus aux âges de 49, 66, 91, 112 et 147 jours. Les stades 66 jours et 91 jours d'âge sont proches des âges d'abattage de lapins dits « standard » et « label » respectivement. L'âge de 147 jours est très

proche du stade adulte. Après 24 heures de ressuage, les critères suivants ont été déterminés conformément aux recommandations de Blasco *et al.* (1993): le poids de la carcasse froide, le rendement commercial (rapport entre le poids de la carcasse froide et le poids vif), l'adiposité de la carcasse (définie comme étant le rapport entre le poids de gras périrénal et celui de la carcasse froide). Après découpe des carcasses, les cuisses sont ensachées sous vide et congelées à -20°C . Les cuisses maintenues dans leur sachet sous vide sont décongelées 45 minutes sous l'eau courante du robinet puis les fémurs et les tibias sont séparés. Les diamètres externes et internes, parallèles et perpendiculaires à l'action de la force (tableau 1) ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse digital ($\pm 0,002$ mm) (Patterson *et al.*, 1986).

Le moment d'inertie qui permet d'apprécier la taille de la section ainsi que la répartition géométrique des masses osseuses de la section a été calculé selon la formule de Crenshaw *et al.* (1981) (tableau 1). Les caractéristiques mécaniques des fémurs et tibias ont été calculées à partir des données obtenues lors de la réalisation de tests de flexion en 3 points (Lebas *et al.*, 1998). Pour ce test, les os reposent sur 2 points d'appui distants de 30 mm. Les os sont fléchis en leur milieu par la descente d'un troisième appui à une vitesse constante de 5 mm/mn. La résistance de l'os et la déformation qui en résultent sont enregistrées pendant la progression de l'appui. Le moment de flexion, la contrainte et le module élastique sont calculés selon les formules de Crenshaw *et al.* (1981) (tableau 1).

*Ces résultats ont été précédemment présentés lors des 8èmes Journées des Sciences du Muscle et Technologies de la Viande (Paris, 21-22 Nov. 2000).

Toutes les données ont été traitées en analyse de variance avec comparaison de moyennes (test Student-Newman-Keuls) avec la bibliothèque statistique SAS.

Tableau 1 : Formules de calcul des propriétés mécaniques des os (Crenshaw *et al.*, 1981)

Moment de flexion = (Force x écart appui)/4
Moment d'inertie (mm ⁴) = $\pi/ 64 (BD^3-bd^3)$
Contrainte (N/mm ²)= (Force x écart appui x C)/ (4 x moment d'inertie)
Module élastique (N/mm ²) = (Force x écart appui ³) / (48 x moment d'inertie x déformation)

B = diamètre externe de la diaphyse et perpendiculaire à la force ; D = diamètre externe de la diaphyse et parallèle à la force ; b = diamètre interne de la diaphyse et perpendiculaire à la force ; d = diamètre interne de la diaphyse et parallèle à la force ; C = ½ D

Tableau 2 : Evolution avec l'âge des caractéristiques bouchères des lapins (n = 10/âge).

Age (jours)	49	66	91	112	147
Poids carcasse froide (g)	712 ^e	1166 ^d	1669 ^c	2071 ^b	2515 ^a
Adiposité (% carcasse)	0,8 ^d	1,3 ^d	2,2 ^c	3,8 ^b	5,7 ^a
Rendement (%)	51,4 ^d	56,8 ^c	58,6 ^b	61,0 ^a	62,2 ^a

Sur une même ligne, deux moyennes affectées de lettres différentes diffèrent significativement (P < 0,05)

◆ 2. Résultats et discussion ◆

Comme attendu (Dalle Zotte, 2000), le poids des carcasses froides, l'adiposité et le rendement commercial augmentent avec l'âge (tableau 2). Chez le lapin, les quelques travaux qui portent sur les caractéristiques mécaniques des os concernent des problèmes d'alimentation phosphorée (Lebas *et al.*, 1998) ou de logement (Xiccato *et al.*, 1999). Les auteurs de ces études ne prennent en compte que la force maximum. Les valeurs obtenues sont du même ordre de grandeur que celles que nous avons observées (258 ± 10 N et 252 ± 17 N pour les tibias et les fémurs de lapins âgés de 66 jours).

Les paramètres de taille (longueur, poids, volume, diamètre latéro-médian D, et diamètre antéro-postérieur B) augmente avec l'âge (P<0,001, données non présentées) avec un infléchissement à 112 jours d'âge. Le moment d'inertie est une variable calculée à partir des mesures de l'épaisseur de la partie corticale de la diaphyse (voir tableau 1). Elle permet de synthétiser la taille et la répartition géométrique des masses osseuses d'une section. Le moment d'inertie et le moment de flexion des tibias et des fémurs (figure 1) augmentent avec l'âge (P<0,001). Au-delà de 112 jours, on note un infléchissement des courbes. Ainsi, le tibia et le fémur du lapin semblent avoir atteint leur taille et leur résistance maximum dès 112 jours.

Figure 1 : Evolution avec l'âge des moments d'inertie et de flexion pour le fémur et le tibia des lapins (n=10/âge)

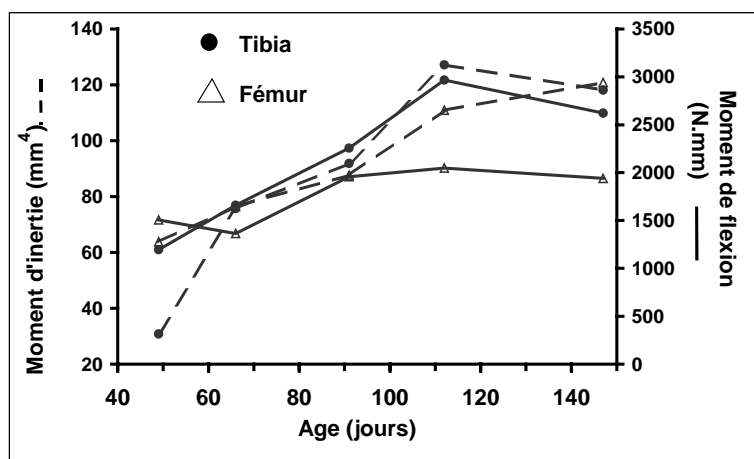


Tableau 3 : Evolution avec l'âge de la contrainte et du module élastique des lapins (n=10)

Age (jours)		49	66	91	112	147	P
Contrainte (N/mm ²)	Fémur	70	56	73	65	58	NS
	Tibia	99 ^a	73 ^b	81 ^{ab}	87 ^{ab}	79 ^{ab}	*
Module élastique (N/mm ²)	Fémur	1300 ^b	1700 ^{ab}	2270 ^a	2090 ^a	1970 ^a	***
	Tibia	3510 ^a	2360 ^b	2020 ^b	2210 ^b	2480 ^b	**

Sur une même ligne, deux moyennes affectées de lettres différentes diffèrent significativement (P < 0,05)

Au contraire, la contrainte et le module élastique (tableau 3) qui traduisent la résistance et l'élasticité du matériau constitutif des os indépendamment de leur taille, ne montrent pas d'évolution qui puisse être simplement reliée à l'âge. Dans notre étude, à 49 jours, les lapins ont atteint 50 % du poids adulte. Il semblerait que la résistance du matériel osseux varie peu au-delà de ce degré de maturité. Le module élastique de l'os évolue de façon opposée pour le fémur et le tibia entre 49 et 91 jours. A 91 jours, on observe les valeurs maximum et minimum respectivement sur le fémur et le tibia. Cependant, les écarts sont faibles après 66 jours, en particulier en ce qui concerne le fémur. Les variations de la fragilité osseuse avec l'âge semblent davantage liées à une diminution de la taille des os qu'à une modification de leur constitution. Cette hypothèse demande néanmoins à être confirmée par une caractérisation chimique de la diaphyse. Il reste à déterminer si à

poids égal ou à taille d'os similaire, la précocité de croissance peut engendrer une augmentation de la fragilité osseuse.

Indépendamment de l'âge, le moment d'inertie et la résistance élastique des os sont plus élevés chez les animaux les plus lourds et les plus gras (tableau 4). Ainsi à un âge donné, un poids vif plus élevé, résultat d'une vitesse de croissance plus rapide, se traduit par une augmentation simultanée de la taille des os et de leur résistance élastique. Cette relation entre vitesse de croissance et taille ou résistance des os à un âge donné a déjà été démontrée chez le poulet (Letier et Nys, 1992). Cette liaison reste cependant peu étroite comme en témoignent les coefficients de corrélation. Par contre, aucune corrélation résiduelle n'a pu être mise en évidence entre les caractéristiques bouchères et la contrainte ou le module élastique.

Tableau 4 : Corrélation résiduelle entre le moment de flexion et les caractéristiques bouchères des lapins (n=45)

Corrélation résiduelle		Poids vif	Poids carcasse	Adiposité
Moment d'inertie	Fémur	0,41	0,47	NS
	Tibia	0,32	0,30	0,42
Moment de flexion	Fémur	0,40	NS	0,37
	Tibia	0,32	0,30	0,41

Conclusion

Cette étude a permis de faire un premier état des lieux des caractéristiques mécaniques des os de lapins autour de l'âge d'abattage. Nous avons ainsi mis en évidence que la taille et la résistance osseuse augmentent avec l'âge pour atteindre un maximum dès 112 jours d'âge. Au contraire, les caractéristiques mécaniques du matériau constitutif qui sont indépendantes de la taille des os, ne semblent pas évoluer notablement au-delà de l'âge de 66 jours. Ainsi, dans notre étude, l'accroissement de la fragilité osseuse avec la réduction de l'âge résulte davantage d'une diminution de la taille des os que d'une modification de leur constitution. Les os des animaux les plus jeunes ne sont donc pas intrinsèquement plus fragiles. Il reste encore à déterminer si pour un même poids d'abattage la précocité de croissance ne modifie pas la résistance mécanique des os.

Références

- BLASCO A., OUHAYOUN J., MASOERO G., 1993. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science*, 1, 3-10.
- CABANES-ROIRON A., OUHAYOUN J., 1994. Précocité de croissance des lapins. Influence de l'âge à l'abattage sur la valeur bouchère et les caractéristiques de la viande de lapins abattus au même poids vif. *6èmes Journées de la Recherche Cunicole en France*, vol. 2, 385-391.
- CRENSHAW T.D., PEO E.R., LEWIS A.J., MOSER B.D., 1981. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine : a critical review of techniques involved. *J. Anim. Sci.*, 53, 827-835.
- DALLE ZOTTE A., 2000. Main factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *7th World Rabbit Congress*, Valencia, Espagne, 4-7 Juillet 2000. *World Rabbit Sci.*, 8, **supp.1**, A, 507-537.
- LEBAS F., LAMBOLEY-GAÜZERE B., DELMAS D., AUVERGNE A., 1998. Incidence du taux de phosphore alimentaire sur la croissance des lapins, leur caractéristiques à l'abattage et la résistance mécanique des os. *7èmes Journées de la*

- Recherche Cunicole, Lyon, 13-14 Mai 1998*, 171-174, Itavi ed. Paris.
- LETERRIER C., NYS Y., 1992. Composition, cortical structure and mechanical properties of chicken tibiotarsi : effect of growth rate. *Brit. Poultry Sci.*, **33**, 925-939.
- PATTERSON P.H., COOK M.E., CRENSHAW T.D., SUNDE M.L., 1986. Mechanical properties of the tibiotarsus of broilers and poults loaded with artificial weight and fed various protein levels. *Poultry Sci.*, **65**, 1357-1364.
- ROCHAMBEAU (de) H., RETAILLEAU B., POIVEY J.P., ALLAIN D., 1994. Sélection pour le poids à 70 jours chez le lapin. *6èmes Journées de la Recherche Cunicole en France*, La Rochelle, 6-7 Décembre 1994, vol. 1, 235-240, Itavi ed. Paris.
- XICCATO G., VERGA M., TROCINO A., FERRANTE V., QUEAQUE P.I., SARTORI A., 1999. Influence de l'effectif et de la densité par cage sur les performances productives, la qualité bouchère et le comportement chez le lapin. *8èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, 9-10 Juin 1999, 59-62. Itavi ed. Paris