

ALLOMÉTRIE DE CROISSANCE CHEZ LE LAPIN

III. — PRINCIPALES RÉGIONS DU SYSTÈME MUSCULAIRE

A. VEZINHET, R. ROUVIER, J.-P. DULOR et J. CANTIER
avec la collaboration technique de Suzanne PAOLANTONACCI et E. BOUTHIER

*Station de Physiologie animale,
Centre de Recherches, I. N. R. A.,
École nationale supérieure agronomique,
34 - Montpellier*

*Laboratoire de Méthodologie génétique,
Centre de Recherches de Toulouse, I. N. R. A.,
31 - Auzeville*

RÉSUMÉ

Nous avons étudié ici, pour une souche de lapins communs âgés de 9 à 182 jours, la croissance relative, dans les deux sexes, des ensembles musculaires des principales régions et sous-régions anatomiquement définies.

Nous avons représenté les résultats exprimés en fonction du poids du tissu musculaire total pour les régions, et du poids de la région pour les sous-régions.

Il a été ainsi mis en évidence pour les régions musculaires plusieurs types d'ajustements à deux ou une droite. Bien que les coefficients d'allométrie moyens ne diffèrent pas entre eux de façon significative, on peut observer un ordre de précocité dans le développement des sous-régions à l'intérieur de chaque région et des régions à l'intérieur du système musculaire.

On note, chez le mâle comme chez la femelle, un gradient général antéro-postérieur dans le sens tête, cou, membre antérieur, thorax, région abdominale et sous-lombaire, ainsi qu'un gradient inféro-supérieur le long de la musculature du membre antérieur dans le sens avant-bras, bras, épaule.

Si l'on considère les ordres de précocité réels dans le développement musculaire, on peut subdiviser la croissance postnatale, en deux phases, et ce pour les deux sexes. Les grandes masses musculaires auraient une répartition pratiquement fixe pour des âges approximatifs de 6 et 7 semaines respectivement chez le mâle et la femelle ; au-delà de ces âges, l'architecture du système musculaire reste inchangée.

Enfin, des différences minimales entre sexes ont pu être mises en évidence, une exception cependant est à noter en ce qui concerne le développement du masséter beaucoup plus rapide chez le mâle que chez la femelle.

INTRODUCTION

Ce travail fait partie d'une étude générale de la croissance relative des différents organes et tissus chez le Lapin, ayant pour but de définir, à partir d'un échantillon représentatif d'une population déterminée d'animaux, les lois moyennes du développement et leur variabilité.

Dans un premier temps (CANTIER *et al.*, 1969), nous avons considéré l'évolution pondérale en fonction du poids vif vide, des principaux organes et tissus, en utilisant la relation d'allométrie (HUXLEY, 1932 ; TEISSIER, 1934).

Puis nous avons examiné séparément, en raison de ses particularités, le développement du thymus, en fonction de l'âge et en fonction du poids vif vide (BARON *et al.*, 1970).

Nous donnons ici les résultats concernant l'évolution des ensembles musculaires des principales régions.

I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel animal, les techniques expérimentales et les méthodes statistiques utilisées pour l'échantillonnage des animaux et l'analyse des résultats ont été décrits précédemment (CANTIER et VÉZINHET, 1968 ; CANTIER *et al.*, 1969).

Les données pondérales ont été regroupées par régions (ou ensembles) et sous-régions envisagées — excepté les peuciers et masséters — pour une seule demi-carrosse :

- muscles peuciers,
- muscles de la tête, représentés par les seuls masséters,
- muscles du cou : sternocéphalique (*sternomastoïdeus*), sternohyoïdien et sternothyroïdien (*sternohyoïdeus* et *sternothyroïdeus*), brachio-céphalique (*brachiocephalicus*), omotransversaire (*omotransversarius*), splénus de la tête et du cou (*splenius capitis* et *cervicis*), semispinal de la tête ou grand complexus (*semispinalis capitis*), longissimus de la tête et de l'atlas ou petit complexus (*longissimus capitis* et *atlantis*), longissimus du cou ou transversaire (*longissimus cervicis*), long du cou (*longus colli*), long de la tête (*longus capitis*), droit ventral de la tête (*rectus capitis ventralis*), oblique caudal de la tête (*obliquus capitis caudalis*), oblique crânial de la tête (*obliquus capitis cranialis*), grand droit dorsal de la tête (*rectus capitis dorsalis major*), petit droit dorsal de la tête (*rectus capitis dorsalis minor*) cervical ascendant (*iliocostalis cervicis*), droit latéral de la tête (*rectus capitis lateralis*), spinal du cou (*spinalis cervicis*), multifide du cou et intertransversaire du cou (*multifidus* et *intertransversarii cervicis*) ;
- muscles superficiels du thorax : trapèze (*trapezius*), rhomboïde (*rhomboïdeus*), grand dorsal (*latissimus dorsi*), grand dentelé du thorax (*serratus anterior*), scalènes (*scaleni*), petits dentelés antérieur et postérieur (*serratus posterior superior* et *inferior*), droit du thorax (*sternalis brutorum*), auxquels nous avons joint le releveur de l'épaule et l'angulaire de l'épaule (*levator scapulae* ou *serratus cervicis*) ;
- muscles pectoraux : pectoral descendant, pectoral transverse, pectoral ascendant (*pectoralis profundus pars humeralis*), pectoral scapulaire (*pectoralis profundus, pars praescapularis*), pectoral accessoire du pectoral ascendant ;
- muscles profonds du thorax disséqués en bloc et correspondant essentiellement aux sus-costaux et intercostaux ;
- muscles abdominaux : oblique externe de l'abdomen (*obliquus externus abdominis*), oblique interne de l'abdomen (*obliquus internus abdominis*), droit de l'abdomen (*rectus abdominis*), transverse de l'abdomen (*transversus abdominis*) ;
- muscles sous-lombaires : grand psoas (*psaos major*), petit psoas (*psaos minor*), carré des lombes (*quadratus lumborum*) ;
- muscles profonds du dos : iliocostal des lombes et du thorax ou long costal (*iliocostalis*

lumborum et thoracis), longissimus des lombes et du thorax ou long dorsal (*longissimus lumborum et thoracis*), spinal du thorax (*spinalis thoracis*), multifide des lombes et du thorax ou multifide lombo-thoracique (*multifidus lumborum et thoracis*);

— muscles du membre antérieur (CANTIER et VEZINHET, 1968);

— muscles du membre postérieur (CANTIER et VEZINHET, 1968).

L'analyse statistique des données a toujours été précédée de leur analyse graphique; l'une et l'autre ont d'abord été effectuées, ainsi que pour les caractères étudiés antérieurement, en prenant comme variable de référence commune le poids du corps vif vide; les données ont en outre été traitées par rapport au poids du système musculaire pour les régions et sous-régions musculaires; enfin la croissance des sous-régions a été envisagée en fonction du poids de la région musculaire totale dont elles font respectivement partie; cette dernière analyse a été seulement de type graphique, nos travaux précédents ayant montré la grande similitude des ajustements retenus à partir des résultats de celle-ci et de ceux donnés par l'analyse statistique.

Nous ne présenterons ci-dessous que les résultats exprimés en fonction du poids du tissu total pour les régions, et du poids de la région pour les sous-régions.

Nous appellerons ajustement la droite, ou l'ensemble de plusieurs droites successives de régression, décrivant la relation des valeurs logarithmiques de la variable indépendante et de la variable dépendante pour tous les animaux de même sexe étudiés (CANTIER *et al.*, 1969).

II. — RÉSULTATS

Les tableaux 1 et 1 bis donnent, pour chaque grande région musculaire (de poids y), l'ajustement le plus précis retenu après analyse statistique et analyse graphique, le poids (x) du système musculaire total étant pris comme variable de référence.

Le tableau 2 donne, pour chaque sous-région musculaire (de poids y), l'ajustement le plus précis retenu après analyse graphique, le poids (x) de la grande région dont fait partie la sous-région considérée étant pris comme variable de référence.

Lorsque l'ajustement comporte plus d'une droite, un test de comparaison unilatéral a permis d'établir la signification de la différence des pentes de deux droites successives, aux seuils de probabilité 0,1 (*), 0,05 (**) et 0,01 (***).

Lorsque plusieurs ajustements, différant entre eux soit par le nombre de leurs droites, soit par l'emplacement du changement d'allométrie, ont donné des variances résiduelles analogues, nous les avons tous proposés dans les tableaux.

Des tableaux 1 et 1 bis il ressort que l'on rencontre pour les régions musculaires plusieurs types d'ajustements :

— ajustements à deux droites, correspondant à une phase d'allométrie majorante, suivie d'une phase d'allométrie soit moins majorante, soit minorante; c'est le cas pour : les muscles profonds du dos et les muscles du membre postérieur du mâle et de la femelle;

— ajustements à deux droites, correspondant à deux phases successives d'allométrie dont la seconde est plus fortement minorante que la première; c'est le cas pour les muscles du membre antérieur de la femelle;

— ajustements à deux droites, correspondant à une phase d'allométrie minorante suivie d'une phase d'isométrie ou d'allométrie majorante; c'est le cas pour :

• les muscles peauciers et les muscles superficiels du thorax du mâle et de la femelle, les muscles profonds du thorax de la femelle, les masséters du mâle;

— ajustements à une droite; c'est le cas pour :
chez le mâle : les muscles des régions cervicale, pectorale, profonde du thorax, abdominale, sous-lombaire, du membre antérieur et du membre postérieur;

TABLEAU I : Ajustements retenus pour les grandes régions musculaires
(Variable de référence : poids du système musculaire total)

Mâles

		Analyse statistique		Analyse graphique	
		1 ^{re} droite	2 ^e droite	1 ^{re} droite	2 ^e droite
Muscles peauciers	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$0,87 \pm 0,12$ 42 — 457 2,5 — 29,7	$1,09 \pm 0,17$ 399 — 1 722 20,8 — 127	0,87 42 — 457 2,5 — 29,7	1,10 399 — 1 722 20,8 — 127
	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$0,94 \pm 0,05$ 42 — 1 722 2,5 — 127		0,96 42 — 1 722 2,5 — 127	
Masséters	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$0,85 \pm 0,06$ 42 — 630 0,7 — 4,9	$1,34 \pm 0,38$ 760 — 1 722 6,3 — 20,5	0,85 42 — 630 0,7 — 4,9	1,33 760 — 1 722 6,3 — 20,5
	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$0,95 \pm 0,09$ 42 — 1 722 0,7 — 20,5		0,97 42 — 1 722 0,7 — 20,5	
Muscles du cou	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$0,83 \pm 0,05$ 42 — 1 722 1,9 — 36,4		0,84 42 — 1 722 1,9 — 36,4	
Muscles superficiels du thorax	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$0,81 \pm 0,09$ 42 — 457 2,0 — 12,7	$0,97 \pm 0,16$ 399 — 1 722 8,1 — 55,3	0,81 42 — 457 2,0 — 15,7	1,11 399 — 1 722 23,6 — 55,3
	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$0,94 \pm 0,06$ 42 — 1 722 2,0 — 55,3		1,00 42 — 1 722 2,0 — 55,3	
Muscles pectoraux	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$0,91 \pm 0,05$ 42 — 1 722 0,9 — 29,0		0,92 42 — 1 722 0,9 — 29,0	
Muscles profonds du thorax	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$1,00 \pm 0,05$ 42 — 1 722 0,80 — 43,06		1,00 42 — 1 722 0,80 — 43,06	
Muscles abdominaux	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$1,07 \pm 0,04$ 42 — 1 722 1,40 — 85,7		1,07 42 — 1 722 1,4 — 85,7	
Muscles sous-lombaires	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$1,04 \pm 0,09$ 42 — 1 722 0,3 — 22,6		1,08 42 — 1 722 0,3 — 22,6	
Muscles profonds du dos	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$1,28 \pm 0,05$ 42 — 457 1,8 — 39,5	$1,09 \pm 0,11$ 399 — 1 722 28,5 — 155,4	1,23 42 — 457 1,8 — 39,5	1,03 399 — 1 722 28,5 — 155,4
	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$1,17 \pm 0,04$ 42 — 1 722 1,8 — 155,4		1,15 42 — 1 722 1,8 — 155,4	
Muscles du membre antérieur	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$0,89 \pm 0,04$ 42 — 1 722 2,5 — 76,3		0,91 42 — 1 722 2,5 — 76,3	
Muscles du membre postérieur	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$1,15 \pm 0,06$ 42 — 457 4,5 — 68,6	$1,03 \pm 0,07$ 399 — 1 722 55,7 — 259,4	1,14 42 — 457 4,5 — 68,6	1,00 399 — 1 722 55,7 — 259,4
	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	$1,06 \pm 0,05$ 42 — 1 722 4,5 — 259,5		1,01 42 — 1 722 4,5 — 259,5	

TABLEAU I bis

Ajustements retenus pour les grandes régions musculaires
(Variable de référence : poids du système musculaire total)

Femelles

		Analyse statistique		Analyse graphique	
		1 ^{re} droite	2 ^e droite	1 ^{re} droite	2 ^e droite
Muscles peauciers	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	0,89 \pm 0,07 53 — 585 3,2 — 27,4	* 1,04 \pm 0,17 658 — 1 975 29,1 — 108,5	0,88 53 — 585 3,2 — 27,4	1,03 658 — 1 975 29,1 — 108,5
	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	0,91 \pm 0,03 53 — 1 975 3,2 — 108,5		0,93 53 — 1 975 3,2 — 108,5	
Masséters	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	0,75 \pm 0,02 53 — 1 975 0,6 — 11,1		0,74 53 — 1 975 0,6 — 11,1	
Muscles du cou	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	0,82 \pm 0,02 53 — 1 975 1,5 — 35,3		0,82 53 — 1 975 1,5 — 35,3	
Muscles superficiels du thorax	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	0,88 \pm 0,06 53 — 449 1,8 — 12,1	** 0,98 \pm 0,07 488 — 1 975 15,0 — 58,5	0,87 53 — 449 1,8 — 12,1	1,05 488 — 1 975 15,0 — 58,5
	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	0,92 \pm 0,07 53 — 658 1,8 — 18,5	*** 1,12 \pm 0,16 733 — 1 975 18,1 — 58,5	0,92 53 — 658 1,8 — 18,5	1,12 733 — 1 975 18,1 — 58,5
	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	0,95 \pm 0,01 53 — 1 975 1,8 — 58,5		0,96 53 — 1 975 1,8 — 58,5	
Muscles pectoraux	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	0,97 \pm 0,03 53 — 1 975 1,0 — 31,2		0,98 53 — 1 975 1,0 — 31,2	
Muscles profonds du thorax	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	0,90 \pm 0,08 53 — 585 1,10 — 12,30	*** 1,35 \pm 0,23 658 — 1 975 11,23 — 63	0,88 53 — 585 1,10 — 12,30	1,39 658 — 1 975 11,23 — 63
	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	1,01 \pm 0,05 53 — 1 975 1,10 — 63		1,02 53 — 1 975 1,10 — 63	
Muscles abdominaux	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	1,08 \pm 0,03 53 — 1 975 1,9 — 105,8		1,09 53 — 1 975 1,9 — 105,8	
Muscles sous-lombaires	$a \pm t \cdot sa$ bornes pour x bornes pour y	1,06 \pm 0,09 53 — 1 975 0,4 — 25,9		1,10 53 — 1 975 0,4 — 25,9	

TABLEAU I bis (suite)

		Analyse statistique		Analyse graphique	
		1 ^{re} droite	2 ^e droite	1 ^{re} droite	2 ^e droite
Muscles profonds du dos	$a \pm t \cdot sa$	***		1,29	1,07
	bornes pour x	1,31 \pm 0,09 53 — 449	1,11 \pm 0,06 488 — 1 975	53 — 449	488 — 1975
	bornes pour y	2,5 — 42,8	40,9 — 190,8	2,5 — 42,8	40,9 — 190,8
	$a \pm t \cdot sa$	1,19 \pm 0,03		1,18	
	bornes pour x	53 — 1 975		53 — 1 975	
	bornes pour y	2,5 — 190,8		2,5 — 190,8	
Muscles du membre antérieur	$a \pm t \cdot sa$	**		0,93	0,75
	bornes pour x	0,87 \pm 0,06 53 — 585	0,72 \pm 0,09 658 — 1 975	53 — 585	658 — 1 975
	bornes pour y	3,2 — 29,2	33,3 — 76,8	3,2 — 29,2	33,3 — 76,8
	$a \pm t \cdot sa$	0,88 \pm 0,03		0,87	
	bornes pour x	53 — 1 975		53 — 1 975	
	bornes pour y	3,2 — 76,8		3,2 — 76,8	
Muscles du membre postérieur	$a \pm t \cdot sa$	**		Ajustement curvilinéaire à concavité inférieure	
	bornes pour x	1,11 \pm 0,07 53 — 488	1,01 \pm 0,06 525 — 1 975		
	bornes pour y	6,5 — 79,0	68,2 — 293,2		
	$a \pm t \cdot sa$	1,05 \pm 0,03		1,04	
	bornes pour x	53 — 1 975		53 — 1 975	
	bornes pour y	6,5 — 293,2		6,5 — 293,2	

chez la femelle : les muscles masséters et ceux des régions cervicale, pectorale, abdominale et sous-lombaire.

Pour les régions où un ajustement à deux droites a été retenu, nous donnons également les paramètres de l'ajustement à une droite, dont la variance résiduelle n'est jamais de beaucoup supérieure à celle de l'ajustement à deux droites correspondant.

Les tableaux I et I bis montrent d'ailleurs que l'analyse graphique a révélé pour la plupart des régions musculaires les mêmes types d'ajustements que l'analyse statistique; la seule exception concerne, chez la femelle l'ajustement à deux droites des muscles du membre postérieur pour lesquels l'analyse graphique permet de proposer un ajustement curvilinéaire à concavité inférieure, situation que nous avons déjà rencontrée à propos de l'étude du développement du thymus (BARON *et al.*, 1970). En outre, chaque coefficient d'allométrie déterminé par la méthode graphique est compris dans l'intervalle de confiance de son homologue calculé. Enfin les zones de changement d'allométrie (définies par les bornes des sous-ensembles de couples de données) déterminées par les méthodes sont identiques. Du tableau 2 il ressort que pour les sous-régions musculaires étudiées, on ne rencontre que des ajustements à une droite.

TABLEAU 2

Ajustements retenus pour les sous-régions musculaires du membre antérieur et du membre postérieur
 (Analyse graphique ; variables de référence :
 poids de la musculature du membre antérieur ;
 poids de la musculature du membre postérieur)

		Mâles	Femelles
Muscles de l'épaule	<i>a</i>	1,04	1,03
	bornes pour <i>x</i>	2,5 — 76,3	3,2 — 76,8
	bornes pour <i>y</i>	1,1 — 37,6	1,4 — 34,6
Muscles du bras	<i>a</i>	1,00	1,00
	bornes pour <i>x</i>	2,5 — 76,3	3,2 — 76,8
	bornes pour <i>y</i>	0,9 — 27,4	1,2 — 30,0
Muscles de l'avant-bras	<i>a</i>	0,91	0,88
	bornes pour <i>x</i>	2,5 — 76,3	3,2 — 76,8
	bornes pour <i>y</i>	0,5 — 11,5	0,6 — 12,3
Muscles du bassin	<i>a</i>	0,94	0,94
	bornes pour <i>x</i>	4,5 — 259,5	6,9 — 293,2
	bornes pour <i>y</i>	0,7 — 37,2	0,9 — 37,2
Muscles de la cuisse	<i>a</i>	1,04	1,04
	bornes pour <i>x</i>	4,5 — 259,5	6,9 — 293,2
	bornes pour <i>y</i>	2,8 — 183,6	3,9 — 212,3
Muscles de la jambe	<i>a</i>	0,89	0,87
	bornes pour <i>x</i>	4,5 — 259,5	6,9 — 293,2
	bornes pour <i>y</i>	1,0 — 39,6	1,6 — 43,6

III. — DISCUSSION

I. — *Ordre de précocité moyenne*

Les régions et sous-régions étudiées se classent de la façon suivante et selon les valeurs croissantes des pentes de leurs ajustements respectifs à une droite qui sont pris comme coefficients d'allométrie moyens pendant la période de croissance postnatale étudiée : 9 à 182 jours (CANTIER *et al.*, 1969).

Grandes régions.

— Mâle : muscles du cou, du membre antérieur, pectoraux, superficiels du thorax, peauciers, masséters, profonds du thorax, sous-lombaires, du membre postérieur, abdominaux, profonds du dos ;

— femelle : muscles masséters, du cou, du membre antérieur, peauciers, superficiels du thorax, pectoraux, profonds du thorax, du membre postérieur, sous-lombaires, abdominaux, profonds du dos.

Sous-régions du membre antérieur du mâle et de la femelle.

Muscles de l'avant-bras, du bras, de l'épaule.

Sous-régions du membre postérieur du mâle et de la femelle.

Muscles de la jambe, du bassin, de la cuisse.

En fait, les coefficients moyens d'allométrie respectifs de certaines régions ou sous-régions, ainsi classés, ne diffèrent pas entre eux de façon significative. Une telle gradation n'en reflète pas moins un ordre général dans le développement post-natal des sous-régions à l'intérieur de chaque région et des régions à l'intérieur du système musculaire (la valeur du coefficient moyen d'allométrie postnatal d'un élément étant d'autant plus élevée que celui-ci a atteint à la naissance un moindre développement relativement à son état adulte). Nous avons déjà mis en évidence l'existence d'un ordre de précocité à la naissance entre les grands systèmes ou tissus (CANTIER *et al.*, 1969).

Des gradients de précocité sont ainsi mis en lumière.

A. Chez la femelle.

a) *Un gradient général antéro-postérieur* a été observé dans le sens tête, cou, membre antérieur, thorax, régions abdominale, sous-lombaire et probablement sus-lombaire. En effet, l'évolution de la musculature sus-lombaire, non anatomiquement individualisée, n'a pas été étudiée en tant que telle. Nous avons cependant constaté que le poids de la partie postérieure au disque intervertébral D₁₃-L₁ des muscles profonds du dos, représente une fraction importante et croissante, au cours du développement, de leur poids total (52 p. 100, 54 p. 100 et 74 p. 100 pour des groupes d'animaux dont les âges et les poids étaient respectivement de 3, 12 et 26 semaines et 350, 2 400 et 3 700 g). La portion lombaire des muscles profonds du dos aurait donc une vitesse de croissance spécifique relative plus élevée que celle de leur totalité, qui est déjà plus grande que celle de toutes les autres régions musculaires de l'organisme ($a = 1,19$).

b) *Un gradient inféro-supérieur* a été noté le long de la musculature du membre antérieur ; dans le sens disto-proximal avant-bras, bras, épaule.

Le gradient inféro-supérieur paraît également exister le long de la musculature du membre postérieur, dans le sens disto-proximal jambe, cuisse, bassin, muscles profonds du dos, bien que le coefficient d'allométrie des muscles du bassin soit inférieur à celui des muscles de la cuisse : l'inversion apparente du gradient aux niveaux cuisse-bassin pourrait être l'effet de l'appartenance anatomique à la région de la cuisse de plusieurs muscles de forme triangulaire dont la partie supérieure, pondéralement importante, s'incorpore donc topographiquement à la musculature du bassin.

On remarque, en outre, qu'en moyenne, pendant la vie postnatale et par rapport à la musculature totale, les régions musculaires de la partie antérieure du corps présentent une allométrie minorante et celles de la partie postérieure une allométrie majorante, la limite se situant probablement, compte tenu des remarques précédentes, un peu en avant de la zone d'union du thorax et de l'abdomen.

B. Chez le mâle.

Les mêmes gradients de précocité moyenne à la naissance sont observables ; les masséters présentent cependant des modalités de développement particulières, qui seront envisagées plus loin.

2. — *Ordre de précocité réelle*A. *Chez la femelle.*

La prise en considération des changements d'allométrie qui, dans la zone 450-750 g de l'échelle des poids musculaires totaux, affectent les régions musculaires du membre antérieur, du thorax, du membre postérieur et des muscles profonds du dos, permet de scinder la croissance postnatale en deux phases :

— Au cours de la première, qui va de la naissance à l'âge approximatif de 42 jours correspondant au poids vif vide de 1 030 g, les coefficients d'allométrie réels se classent pratiquement dans le même ordre que les coefficients d'allométrie moyens pour toute la période postnatale. Le gradient de précocité antéro-postérieur mis en évidence par la valeur moyenne des vitesses de croissance relative pour toute la période postnatale est donc vérifié.

— Au cours de la seconde phase, qui va de l'âge approximatif de 60 jours (correspondant au poids vif vide de 1 550 g) à l'âge adulte, le gradient de précocité antéro-postérieur se trouve atténué par suite du resserrement des valeurs des coefficients d'allométrie des régions postérieures à la limite thorax-abdomen.

Quant au gradient inféro-supérieur, compte tenu des remarques précédemment effectuées relatives à l'ensemble cuisse-bassin, il se manifeste, pendant ces deux phases, de bas en haut de la musculature des membres antérieurs et postérieur, dont les sous-régions présentent chacune en fonction de la musculature totale un changement d'allométrie simultané de celui de la région musculaire à laquelle elles appartiennent. Cependant le gradient est atténué dans la seconde phase pour la musculature du membre postérieur.

Chez le lapin femelle de l'élevage utilisé, la manifestation quasi simultanée en un moment de la croissance d'un changement d'allométrie pour plusieurs régions et sous-régions musculaires, traduit donc une rupture dans l'évolution générale postnatale de l'architecture musculaire.

Ainsi se trouvent confirmées nos conclusions relatives à la répartition pondérale des grandes masses musculaires, qui se trouve pratiquement fixée dès l'âge approximatif de 7 semaines, au-delà duquel elle ne subira plus jusqu'à l'état adulte que de légères modifications (PRUD'HON *et al.*, 1970).

B. *Chez le mâle.*

L'existence d'un changement d'allométrie simultané pour les muscles peauciers, superficiels du thorax, du membre postérieur et profonds du dos lorsque le poids de la musculature totale atteint 400-450 g, conduit, comme dans le cas de la femelle, à envisager deux phases dans la croissance postnatale du mâle.

Ici encore l'âge approximatif moyen de 43 jours, correspondant au poids corporel de 1 040 g où la seconde phase succède à la première, apparaît comme un stade de modération dans l'évolution des masses musculaires les unes par rapport aux autres, après lequel l'ordre relatif de leurs coefficients d'allométrie reste (excepté pour les peauciers et les masséters dont il sera parlé ultérieurement) sensiblement le même qu'avant, tandis que la gamme de leurs valeurs se resserre.

Chez le mâle donc, c'est dès l'âge approximatif de 6 semaines que seraient pratiquement fixées les grandes lignes de l'architecture du système musculaire.

3. — Étude synthétique de la croissance relative des régions musculaires

La figure 1 représente les intervalles de poids vifs vides où se produisent les changements d'allométrie mis en évidence pour certaines régions musculaires.

Ainsi paraissent être corroborées les propositions que nous avançons dans un premier travail (CANTIER *et al.*, 1969) :

— la croissance postnatale au-delà de 9 jours se subdiviserait chez le Lapin en trois grandes périodes, dont la seconde s'affirme comme une phase de remaniement général, approximativement limitée dans l'échelle des poids vifs vides, par les valeurs de 900 g d'une part et de 2 600 g chez le mâle et 2 900 g chez la femelle d'autre part ;

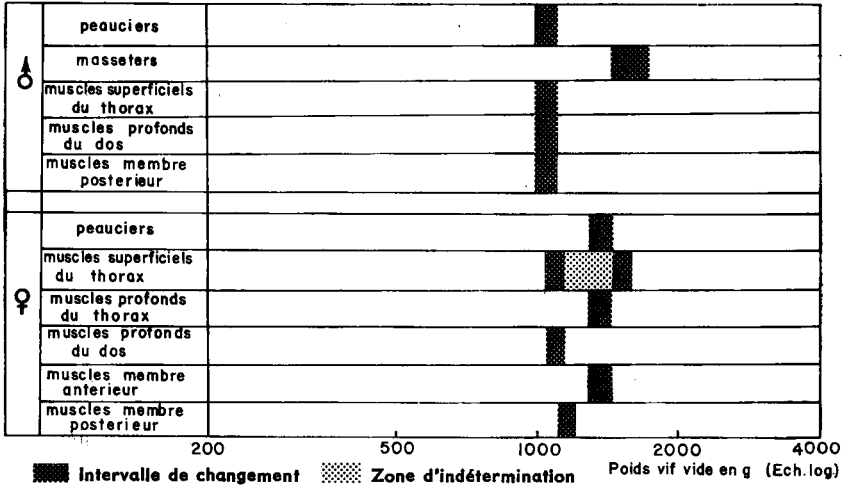


FIG. 1. — Intervalles de poids vif vide où se situent les changements d'allométrie de certaines régions musculaires

— à l'intérieur de cette période, les coïncidences déjà signalées entre les zones de changement d'allométrie de différents caractères se confirment.

L'on peut enfin noter que les changements d'allométrie des régions musculaires se produisent quelques jours seulement après le point d'inflexion de la courbe de croissance pondérale globale.

4. — Comparaison entre sexes

L'analogie entre sexes, que nous avons déjà constatée dans la croissance globale de l'organisme et la croissance relative des principaux organes et tissus du Lapin (CANTIER *et al.*, 1969) a été confirmée par les commentaires effectués tout au long des paragraphes précédents sur le développement des masses musculaires.

Les seules dissemblances notables entre mâle et femelle peuvent être récapitulées comme suit :

a) Différence — néanmoins non significative au seuil de probabilité 0,10 —

pour la vitesse de croissance spécifique relative moyenne des pectoraux ; l'influence sur l'homogénéité des gradients dans les deux sexes en a déjà été discutée.

b) Différence dans les modalités du développement relatif des régions musculaires du membre antérieur et du thorax profond, qui présentent respectivement un changement d'allométrie chez la femelle et non chez le mâle.

c) Légère différence de précocité moyenne de plusieurs régions attestées par le retard d'environ une semaine avec lequel s'effectue pour la femelle leur changement d'allométrie. Ainsi se trouve confirmée, dans le développement relatif des masses musculaires, la tendance à une plus grande tardivité de la femelle, déjà constatée pour le développement général des grands tissus (CANTIER *et al.*, 1969).

d) Différence dans le développement relatif des masséters : le coefficient moyen d'allométrie postnatal est, chez le mâle, significativement plus élevé (au seuil de probabilité 0,01) que chez la femelle.

Les masséters du mâle se distinguent, en outre, de ceux de la femelle par la manifestation au cours de leur croissance d'un net changement d'allométrie. A partir du changement d'allométrie, la vitesse de croissance massique relative des masséters du mâle devient très grande, comme l'atteste la valeur réelle particulièrement élevée de leur coefficient, significativement différente au seuil de probabilité 0,05 de la précédente.

Toutefois, le coefficient réel des masséters est toujours significativement plus élevé pour le mâle que pour la femelle, le seuil de probabilité étant simplement plus bas avant (0,05) qu'après (0,01) le changement d'allométrie.

Ces divergences dans les modalités de développement relatif des masséters expliquent le dimorphisme sexuel pondéral manifesté par ces muscles au poids vif moyen de 1 600 g correspondant à l'âge de 60 jours, stade moyen de leur changement d'allométrie chez le mâle, et qui va s'amplifiant jusqu'à l'âge adulte.

Or, l'intervalle 630-760 g de la gamme des poids de musculature totale, où s'accélère le développement relatif des masséters du mâle, correspond dans les gammes des poids vifs vides et des âges, aux intervalles respectifs de 1 480-1 720 g et 56-66 jours ; nous avons observé dans des intervalles sensiblement identiques (1 600-1 750 g de poids vif vidé et 60-70 jours d'âge) une accélération de la croissance relative des organes sexuels primaires mâles (CANTIER *et al.*, 1969).

Chez le Lapin, les muscles masséters pourraient donc, comme dans de nombreuses autres espèces (SZIRMAI, 1962), entrer dans la catégorie des caractères sexuels secondaires mâles, dont le développement est stimulé par l'élévation des taux plasmatiques d'androgènes, attestée elle-même par l'accélération de croissance des glandes sexuelles annexes.

IV. — CONCLUSION

L'application de la relation d'allométrie au développement pondéral des régions du système musculaire squelettique du Lapin a permis de :

— vérifier la loi des gradients de croissance élaborée par HAMMOND et son école à partir de résultats obtenus chez d'autres espèces ;

— de confirmer l'existence de périodes où se manifestent simultanément pour divers organes, tissus ou régions d'un même tissu, des changements de vitesse de croissance relative ;

— de confirmer l'analogie de développement existant entre les sexes dans cette espèce.

Pour ce qui est des conséquences zootechniques de cette étude, nous les avons exposées par ailleurs (PRUD'HON *et al.*, 1970) en tenant compte de nos précédents résultats et de travaux menés par d'autres chercheurs sur l'alimentation du Lapin

Reçu pour publication en juillet 1971.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier MM. BOCCARD et PRUD'HON, pour les conseils et critiques qu'ils ont bien voulu nous donner pour la rédaction de ce texte.

SUMMARY

GROWTH ALLOMETRY IN THE RABBIT

III. — THE MAIN REGIONS OF THE MUSCULAR SYSTEM

Common male and female rabbits aged 9 to 182 days were investigated for relative growth of muscles in the main anatomical regions and sub-regions. The results were expressed as a function of total muscle weight for the regions, and region muscle weight for the subregions.

Various types of one-curve or two-curve adjustments were calculated. Though the average allometry coefficients do not significantly differ from one another, a system of priorities can be observed within a region in the growth of the sub-regions, and within the muscular system in the growth of the regions.

In the male and the female, there is a general anterior to posterior gradient as follows : head, neck, anterior leg, thorax, abdominal and sub-lumbar regions, and an inferior to superior gradient along the anterior leg.

According to real growth priorities in muscle development, postnatal growth of both sexes can be divided into two stages. Muscle mass would be unalterably distributed at 6 and 7 weeks of age for the male and the female ; later, the structure of muscular system remains unchanged.

Little difference between sexes could be pointed out, with the exception of the masseter muscle which grows faster in the male than in the female.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARON R., VEZINHET A., CANTIER J., 1970. Allométrie de croissance chez le Lapin. II. Thymus. *Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **10**, 535-548.
- BOCCARD R., DUMONT B. L., LEFEBVRE J., 1962. Étude de la production de la viande chez les ovins. *Ann. Zootech.*, **11**, 257-262.
- BRYDEN M. M., 1969. Regulation of relative growth by functional demand : its importance in animal production. *Growth.*, **33**, 143-156.
- CANTIER J., VEZINHET A., 1968. Guide pour la dissection et l'identification des principaux muscles de la carcasse chez le Lapin. *Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **8**, 107-139.
- CANTIER J., VEZINHET A., ROUVIER R., DAUZIER L., 1969. Allométrie de croissance chez le Lapin (*Oryctolagus cuniculus*). *Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **9**, 5-39.

- HUXLEY J. S., 1932. *Problems of relative growth*, 276 pp. Methven. London.
- PRUD'HON M., VEZINHET A., CANTIER J., 1970. Croissance, qualités bouchères et coût de production des lapins de chair. *Bull. tech. Inf. Ingrs. Servs. agric.*, **248**, 203-212.
- SKINNER J. D., 1967. Puberty in the male rabbit. *J. Reprod. Fert.*, **14**, 151-154.
- SZIRMAI J. A., 1962. Histological aspects of the action of androgens and oestrogens. Protein metabolism in : *Protein metabolism. intern. Symposium*, Leyden, 25-29 juin 1962. Springer Verlag, Berlin.
- TEISSIER G., 1934. Disharmonies et discontinuités dans la croissance. *Actualités scientifiques et industrielles*, n° **95**, Hermann, Paris, pp. 39.
-