

HÉTÉROGONIE BIOCHIMIQUE DES COMPOSANTS AZOTÉS DU GRAND PSOAS AU COURS DE LA CROISSANCE POST-NATALE DU LAPIN

R. BARON et P. VIGNERON

*Station de Physiologie animale,
Centre de Recherches de Montpellier
École nationale supérieure agronomique de Montpellier
Institut national de la Recherche agronomique*

RÉSUMÉ

La composition du grand psoas a été étudiée chez des lapins mâles et femelles d'âge échelonné entre 3 et 26 semaines.

Cette étude a porté sur les teneurs en azote des fractions suivantes :

- Azote myofibrillaire
- Azote sarcoplasmique
- Azote du stroma
- Azote non protéique

— déterminées par la technique de HELANDER — ainsi que sur la teneur en matière sèche du muscle.

Il ressort que :

- la teneur en matière sèche augmente au cours de la vie, mais évolue différemment dans les deux sexes ;
- les teneurs relatives en azote des différentes fractions semblent fixées dès 3 semaines chez le Lapin ;
- il existe une différence faible mais significative dans les teneurs en azote du grand psoas d'animaux mâles et femelles, les mâles présentant une teneur plus importante en azote myofibrillaire et plus faible en azote sarcoplasmique.

INTRODUCTION

Les modalités de la croissance pondérale globale et relative du Lapin domestique sont maintenant mieux connues (CANTIER *et al.*, 1969). Nous avons donc jugé nécessaire d'entreprendre l'étude des phénomènes biologiques et biochimiques qui participent au développement des tissus et organes dans cette espèce.

La constitution biochimique du muscle est depuis longtemps l'objet de nombreux travaux mais n'a pas encore été totalement élucidée. De plus, les chercheurs se sont surtout intéressés à la composition du muscle, à un âge donné, dans le cadre d'études sur la physiologie de la contraction musculaire ou sur l'évolution biochimique *post-mortem* de la viande. Certains auteurs, plus rares, se sont consacrés à l'étude de l'évolution quantitative des diverses catégories de protéines musculaires au cours de la croissance. On peut citer : ROBINSON (1952), MIZUNO *et al.* (1967) chez le Poussin ; DICKERSON (1960), MOSS *et al.* (1964, 1967) chez le Poulet ; SCHARPF *et al.* (1964) chez le Dindon ; GORDON *et al.* (1967), HERRMANN et NICHOLAS (1948), NEEDHAM (1931) chez le Rat ; CREPAX (1952), IVANOV (1967) chez le Lapin ; LAWRIE (1963) chez les bovins ; DICKERSON et WIDDOWSON (1960) chez le Porc et l'Homme.

Cependant, n'ont été étudiées ni les différences entre sexes, ni l'influence de l'évolution de la teneur en eau du tissu musculaire sur les concentrations respectives de ces diverses catégories de protéines. C'est dans cette perspective que ce travail a été envisagé chez le Lapin.

I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel animal

Les échantillons ont été prélevés sur une souche de lapins communs âgés de : 3 semaines, 5 semaines 2 jours, 7 semaines 2 jours, 12 semaines 2 jours, 16 semaines, 20 semaines et 26 semaines. Les conditions d'élevage ont été décrites par PRUD'HON (1967).

Les animaux ont été sacrifiés après avoir été assommés.

Nous avons étudié l'évolution de la concentration en azote de diverses fractions dans un muscle unique : le Grand Psoas, choisi pour les raisons suivantes :

— de taille importante il est facile à prélever rapidement et entièrement, l'opération pouvant s'effectuer en moins de 5 minutes y compris le temps de saignée ;

— il est dépourvu d'intersections aponévrotiques ; on peut donc espérer une bonne homogénéité de la composition de ses diverses portions, à un niveau donné sur une section transversale ;

— enfin, c'est un muscle dont l'allométrie de croissance est très voisine de celle de la masse musculaire totale (CANTIER *et al.*, en préparation).

2. Méthodes chimiques

Le protocole expérimental est celui mis au point par HELANDER (1957).

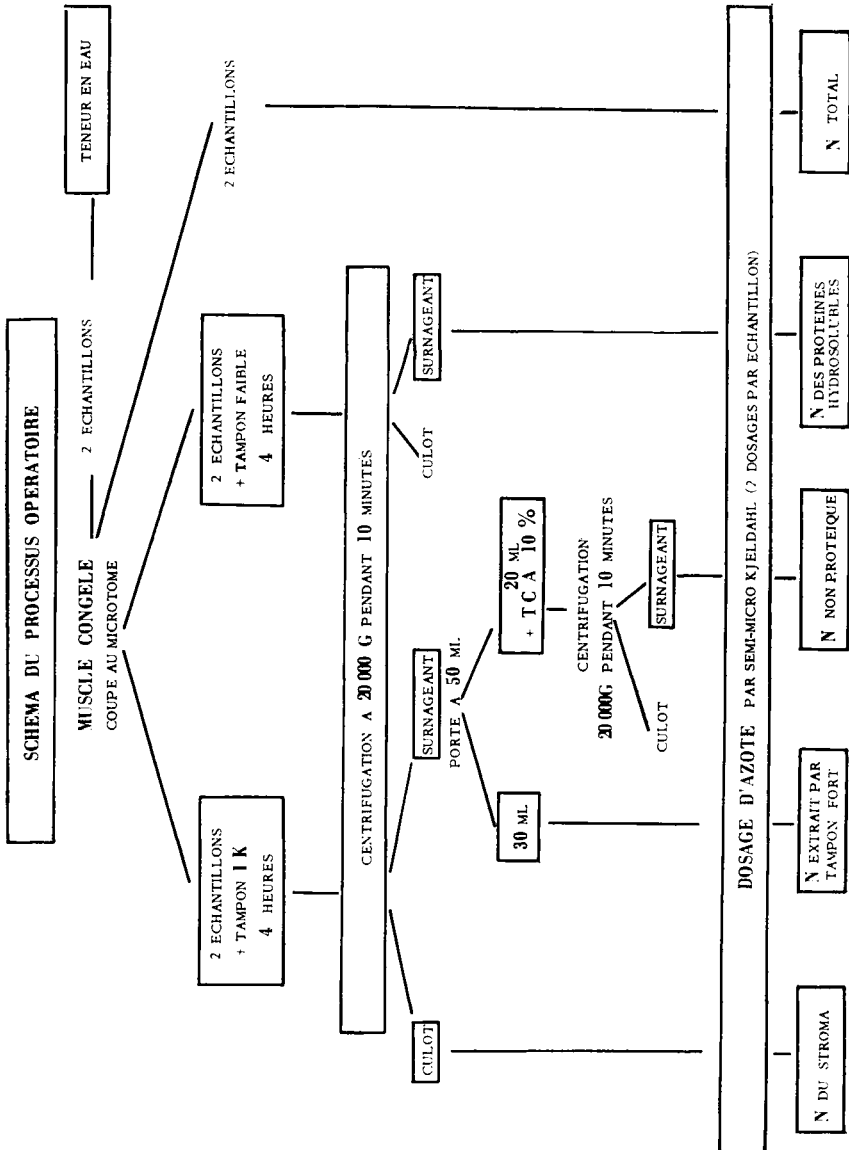
Un muscle entier ayant été refroidi dans un congélateur, en 10 minutes à -15°C , des coupes en série sont pratiquées, à l'aide d'un microtome, dans une chambre froide à 2°C . Les échantillons ont été prélevés dans la partie médiane du muscle, la teneur en lipides pouvant varier à l'intérieur d'un même muscle. Les protéines sont extraites d'échantillons d'un poids de 0,2 à 0,3 g.

Cette technique, fondée sur l'extraction différentielle des protéines musculaires à l'aide de solutions tamponnées de forces ioniques différentes, permet de discriminer quatre catégories d'azote dans l'azote total musculaire (tabl. 1) :

- azote non protéique ;
- azote des protéines sarcoplasmiques (myogènes, myoalbumine, globulines X, myoglobine) ;
- azote des protéines myofibrillaires (protéines de structure ou protéines contractiles : myosine, actine, actomyosine, tropomyosine) ;
- azote du stroma.

Les dosages ont été faits par semi-micro Kjehldahl.

TABLEAU I



3. Méthodes mathématiques

a) Choix des animaux.

La répétabilité des mesures a été estimée par leur coefficient de fidélité (ROUVIER, 1965) qui est le coefficient de corrélation intraclasse entre deux répétitions d'une mesure. Compte tenu du degré de précision souhaité, 5 animaux par stade et par sexe ont permis d'observer une variabilité inférieure à 8 p. 100 pour chaque constituant étudié (DAGNELIE, 1964). Le tableau 2 explicite les catégories étudiées.

TABLEAU 2

Définition des catégories étudiées

Poids vif en grammes	X_1
Teneur en matière sèche (p. 100)	X_9
Temps en jours	X_{10}

Constituants protéiques	mg d'azote par g de tissu frais (mesuré)	mg d'azote par g de tissu sec (calculé)
Azote total ₁	X_2	X_{11}
Azote extrait par IK	X_3	X_{12}
Azote extrait par tampon faible	X_4	X_{13}
Azote non protéique	X_5	X_{14}
Azote du stroma	X_6	X_{15}
Azote des protéines myofibrillaires	X_7	X_{16}
Azote des protéines sarcoplasmiques	X_8	X_{17}

avec, si $i = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$, $X_j = X_i \times \frac{100}{X_9}$
 $j = 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17$

b) Analyse de variance en fonction d'un facteur contrôlé (temps).

Le programme UNFAK, dû à MILLIER (1968) a donné les résultats des tableaux 3 A et 3 B. Dans le cadre de cette étude, ce programme a l'avantage de condenser l'information contenue dans chaque stade, pour chaque catégorie, et pour chaque sexe, en une moyenne et un écart-type.

c) Méthode d'étude de l'évolution des caractères biochimiques.

BRODY (1945) remarque que les « organismes changent sur le plan géométrique afin de demeurer les mêmes sur le plan physiologique ». A partir de ce principe GÜNTHER et GUERRA (1955, 1957), STAHL (1957), relient les variables physiologiques au poids du corps par la fonction puissance, comme l'avait fait NEEDHAM (1954) pour les variables biochimiques.

C'est ainsi que chaque catégorie X_i a été ajustée au poids vif selon l'équation de régression :

$$\text{Log } X_i = a + b \text{ Log } (X_1) + c (\text{Log } X_1)^2$$

Cette formule parabolique tient compte des nombreuses tendances curvilignes observées dans les représentations hétéroniques. Ce mode de représentation permet de suivre l'évolution des variations relatives des concentrations de chaque fraction azotée au cours de la croissance.

TABLEAU 3 A
Résultats de l'analyse de variance (mâles)

Moyenne \pm écart-type
 X_1 : en grammes
 X_2 à X_8 : en mg d'azote/g de tissu frais
 X_{11} à X_{17} : en mg d'azote/g de tissu sec
 X_9 en p. 100

Caract. ↓ Stades →	3 s	5 s	7 s	12 s	16 s	20 s	26 s
X_1 Poids (g)	348 \pm 45	902 \pm 26	1 450 \pm 85	2 403 \pm 87	3 035 \pm 182	3 288 \pm 170	3 620 \pm 187
X_2 N total	30,88 \pm 0,14	29,68 \pm 0,18	32,49 \pm 0,12	35,02 \pm 0,33	35,99 \pm 0,13	35,81 \pm 0,13	36,46 \pm 0,23
X_3 N ex IK	26,47 \pm 1,07	25,38 \pm 0,45	27,89 \pm 1,10	29,76 \pm 1,05	30,32 \pm 0,91	30,66 \pm 1,16	32,23 \pm 1,12
X_4 N ex TF	11,37 \pm 1,11	11,18 \pm 0,47	12,04 \pm 0,49	13,05 \pm 0,61	13,05 \pm 0,82	13,24 \pm 0,70	14,21 \pm 0,71
X_5 NNP	4,25 \pm 0,78	4,35 \pm 0,28	4,76 \pm 0,34	4,52 \pm 0,16	4,56 \pm 0,22	4,74 \pm 0,31	4,70 \pm 0,26
X_6 N stroma	4,94 \pm 0,61	4,20 \pm 0,42	4,85 \pm 0,52	4,55 \pm 0,72	4,99 \pm 0,62	4,82 \pm 0,64	4,38 \pm 0,51
X_7 N myo	15,04 \pm 0,45	14,20 \pm 0,86	15,86 \pm 1,03	16,71 \pm 0,91	17,28 \pm 0,23	17,42 \pm 0,27	17,84 \pm 0,34
X_8 N sarco	7,12 \pm 0,97	6,82 \pm 0,72	7,28 \pm 0,65	8,53 \pm 0,81	8,50 \pm 0,52	8,50 \pm 0,57	9,52 \pm 0,68
X_9 M.S.	21,83 \pm 0,34	21,69 \pm 0,71	22,79 \pm 0,80	24,16 \pm 0,92	25,70 \pm 0,63	25,95 \pm 0,75	25,93 \pm 0,46

TABLEAU 3 A (suite)

Caract. ↓ Stades →	3 s	5 s	7 s	12 s	16 s	20 s	26 s
X ₁₁ N total /M.S.	140,50	136,70	142,10	144,80	137,40	138,50	140,60
X ₁₂ N ex IK /M.S.	121,80	117,10	122,30	123,20	116,90	118,40	124,60
X ₁₃ N ex TF /M.S.	52,10	51,00	52,80	54,00	50,30	51,50	54,80
X ₁₄ NNP /M.S.	19,50	19,50	20,90	18,70	17,70	18,30	18,10
X ₁₅ N stroma /M.S.	18,70	19,60	19,80	21,70	20,50	20,40	16,00
X ₁₆ N myo /M.S.	69,70	66,10	69,50	69,20	66,60	66,70	69,80
X ₁₇ N sarco /M.S.	32,60	31,50	31,90	35,30	32,70	33,10	36,70

TABLEAU 3 B

Résultats de l'analyse de variance (femelles).

Moyenne ± écart-type

X₁ : en grammes

X₂ à X₈ : en mg d'azote/g de tissu frais

X₁₁ à X₁₇ : en mg d'azote/g de tissu sec

X₉ : en p. 100

Caract. ↓	Stades →	3 s	5 s	7 s	12 s	16 s	20 s	26 s
X ₁ Poids (g)		342 ± 7	900 ± 46,5	1 520 ± 98,4	2 470 ± 202,4	3 240 ± 197,5	3 390 ± 170,3	3 720 ± 183
X ₂ N total		29,61 ± 0,23	30,31 ± 0,16	32,47 ± 0,14	34,30 ± 0,28	34,63 ± 0,31	36,14 ± 0,44	36,80 ± 0,37
X ₃ N ex IK		24,87 ± 0,65	26,58 ± 0,75	27,42 ± 1,09	29,99 ± 0,96	29,22 ± 0,82	30,60 ± 0,75	31,29 ± 0,86
X ₄ N ex TF		10,33 ± 0,82	11,32 ± 1,21	11,84 ± 0,75	12,69 ± 0,63	13,42 ± 0,77	13,78 ± 0,81	13,79 ± 0,84
X ₅ N NP		4,12 ± 0,64	4,15 ± 0,28	4,38 ± 0,32	4,57 ± 0,40	4,53 ± 0,42	4,87 ± 0,73	4,67 ± 0,76
X ₆ N stroma		5,02 ± 0,52	4,21 ± 0,56	5,08 ± 0,41	4,38 ± 0,32	4,92 ± 0,83	4,90 ± 0,69	5,12 ± 0,71
X ₇ N myo		13,94 ± 1,21	15,26 ± 0,96	15,58 ± 0,64	17,30 ± 0,38	15,80 ± 0,42	16,82 ± 0,64	17,50 ± 0,81
X ₈ N sarco		6,81 ± 0,82	7,17 ± 0,96	7,46 ± 0,84	8,12 ± 0,64	8,89 ± 0,48	8,91 ± 0,92	9,12 ± 0,75
X ₉ M.S.		21,66 ± 0,75	22,23 ± 0,36	22,93 ± 1,10	24,31 ± 0,92	24,98 ± 0,75	25,18 ± 1,03	26,30 ± 0,16

TABLEAU 3 B (suite)

Caract. ↓ Stades →	3 s	5 s	7 s	12 s	16 s	20 s	26 s
X_{11} N total/M.S.	136,70	136,30	141,60	141,10	138,60	143,50	139,90
X_{12} N ex TK/M.S.	114,80	119,60	119,60	123,40	117,00	121,50	119,00
X_{13} N ex TF/M.S.	50,50	50,90	51,60	52,20	53,70	54,70	52,40
X_{14} NNP/M.S.	19,00	18,70	19,10	18,80	18,10	19,30	19,50
X_{15} N stroma/M.S.	21,90	16,70	22,00	17,70	21,60	22,00	20,90
X_{16} N myo/M.S.	64,30	68,70	68,00	71,20	63,30	66,80	66,60
X_{17} N sarco/M.S.	31,50	32,20	32,50	33,40	35,60	35,40	32,90

En effet, si la pente de la tangente à la courbe est supérieure à 1 le rapport $\frac{X_i}{X_1}$ augmente avec X_1 :

$$\frac{d(\text{Log } X_i)}{d(\text{Log } X_1)} = \frac{\frac{dX_i}{X_i}}{\frac{dX_1}{X_1}} > 1 \rightarrow \frac{dX_i}{X_i} > \frac{dX_1}{X_1}$$

ou :

$$\frac{dX_i}{dX_1} > \frac{X_i}{X_1}$$

TABLEAU 4 A

Equation de régression $\text{Log } X_i = a + b \text{Log } X_1 + c (\text{Log } X_1)^2$. Mâles

$i = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, \dots, 17$

$r_1 =$ coeff. corrél. totale ($\text{Log } X_i, \text{Log } X_1$)

$R^2 =$ coefficient de corrélation multiple

$r_2 =$ coeff. corrél. totale ($\text{Log } X_i, (\text{Log } X_1)^2$)

Carac-tère	Équation de régression	Écart-type résiduel	Coefficient de corrélation
X_2	$\text{Log } X_2 = 5,237 - 0,595 \text{Log } X_1 + 0,048 (\text{Log } X_1)^2$	0,031	$R^2 = 0,927$ $r_1 = 0,860$ $r_2 = 0,880$
X_3	$\text{Log } X_3 = 5,361 - 0,675 \text{Log } X_1 + 0,054 (\text{Log } X_1)^2$	0,038	$R^2 = 0,901$ $r_1 = 0,830$ $r_2 = 0,840$
X_4	$\text{Log } X_4 = 4,083 - 0,552 \text{Log } X_1 + 0,045 (\text{Log } X_1)^2$	0,045	$R^2 = 0,874$ $r_1 = 0,820$ $r_2 = 0,840$
X_5	$\text{Log } X_5 = 4,421 + 0,41 \text{Log } X_1$	0,052	$r_1 = 0,535$
X_6	$\text{Log } X_6 = 4,610 - 0,008 \text{Log } X_1$	0,121	$r_1 = -0,051$
X_7	$\text{Log } X_7 = 2,620 + 0,550 \text{Log } X_1$	0,050	$r_1 = 0,760$
X_8	$\text{Log } X_8 = 4,983 - 0,976 \text{Log } X_1 + 0,077 (\text{Log } X_1)^2$	0,076	$R^2 = 0,772$ $r_1 = 0,750$ $r_2 = 0,770$
X_9	$\text{Log } X_9 = 3,051 - 0,105 \text{Log } X_1 + 0,016 (\text{Log } X_1)^2$	0,022	$R^2 = 0,931$ $r_1 = 0,853$ $r_2 = 0,860$
X_{11}	$\text{Log } X_{11} = 0,326 + 0,001 \text{Log } X_1$	0,028	$r_1 = 0,050$
X_{12}	$\text{Log } X_{12} = 0,177 + 0,050 \text{Log } X_1$	0,035	$r_1 = 0,050$
X_{13}	$\text{Log } X_{13} = -0,693 + 0,003 \text{Log } X_1$	0,044	$r_1 = 0,110$
X_{14}	$\text{Log } X_{14} = -4,262 + 0,050 \text{Log } X_1$	0,063	$r_1 = 0,470$
X_{15}	$\text{Log } X_{15} = -1,265 - 0,007 \text{Log } X_1$	0,120	$r_1 = -0,540$
X_{16}	$\text{Log } X_{16} = -0,383 + 0,0003 \text{Log } X_1$	0,041	$r_1 = 0,000$
X_{17}	$\text{Log } X_{17} = -1,250 + 0,004 \text{Log } X_1$	0,073	$r_1 = 0,390$

La justification théorique de ce modèle polynomial sera précisée dans un autre article (BARON, ROUVIER, en préparation).

L'ajustement a été réalisé grâce à un programme de régression progressive multiple (REPRG dû à TOMASSONNE, 1967) dont les résultats sont exposés aux tableaux 4 A et 4 B.

TABLEAU 4 B

Équation de régression $\text{Log } X_i = a + b \text{Log } X_1 + c (\text{Log } X_1)^2$. Femelles

$i = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, \dots, 17$

$r_1 =$ coeff. corrél. totale ($\text{Log } X_i, \text{Log } X_1$)

$R^2 =$ coefficient de corrélation multiple $r_2 =$ coeff. corrél. totale ($\text{Log } X_i, (\text{Log } X_1)^2$)

Carac- tère	Équation de régression	Écart- type résiduel	Coefficient de corrélation
X_2	$\text{Log } X_2 = 4,400 - 0,360 \text{Log } X_1 + 0,032 (\text{Log } X_1)^2$	0,020	$R^2 = 0,969$ $r_1 = 0,940$ $r_2 = 0,950$
X_3	$\text{Log } X_3 = 3,486 - 0,147 \text{Log } X_1 + 0,017 (\text{Log } X_1)^2$	0,027	$R^2 = 0,948$ $r_1 = 0,940$ $r_2 = 0,940$
X_4	$\text{Log } X_4 = 4,049 - 0,561 \text{Log } X_1 + 0,047 (\text{Log } X_1)^2$	0,040	$R^2 = 0,921$ $r_1 = 0,880$ $r_2 = 0,890$
X_5	$\text{Log } X_5 = 1,235 + 0,0046 (\text{Log } X_1)^2$	0,074	$R^2 = 0,606$ $r_2 = 0,590$
X_6	$\text{Log } X_6 = 1,420 - 0,230 \text{Log } X_1$	0,098	$r_1 = -0,050$
X_7	$\text{Log } X_7 = 2,650 + 0,547 \text{Log } X_1$	0,052	$r_1 = 0,790$
X_8	$\text{Log } X_8 = 3,867 - 0,658 \text{Log } X_1 + 0,055 (\text{Log } X_1)^2$	0,073	$R^2 = 0,833$ $r_1 = 0,790$ $r_2 = 0,800$
X_9	$\text{Log } X_9 = 2,322 + 0,102 \text{Log } X_1 + 0,0015 (\text{Log } X_1)^2$	0,031	$R^2 = 0,942$ $r_1 = 0,770$ $r_2 = 0,790$
X_{11}	$\text{Log } X_{11} = 0,232 + 0,013 \text{Log } X_1$	0,024	$r_1 = 0,41$
X_{12}	$\text{Log } X_{12} = 0,041 + 0,018 \text{Log } X_1$	0,035	$r_1 = 0,37$
X_{13}	$\text{Log } X_{13} = -0,776 + 0,002 \text{Log } X_1$	0,045	$r_1 = -0,50$
X_{14}	$\text{Log } X_{14} = -1,630 + 0,0008 \text{Log } X_1$	0,080	$r_1 = 0,11$
X_{15}	$\text{Log } X_{15} = -1,117 - 0,068 \text{Log } X_1$	0,098	$r_1 = 0,50$
X_{16}	$\text{Log } X_{16} = -0,454 + 0,006 \text{Log } X_1$	0,061	$r_1 = 0,09$
X_{17}	$\text{Log } X_{17} = -1,294 + 0,003 \text{Log } X_1$	0,074	$r_1 = 0,47$

II. — RÉSULTATS

Les résultats sont rassemblés dans les tableaux 3 A, 3 B et exprimés en mg d'azote par g de tissu frais ou de tissu sec. L'évolution des concentrations des différentes formes azotées en fonction du poids vif en g est figurée en coordonnées arithmétiques (fig. 1 A, 1 B) et logarithmiques (fig. 2 A, 2 B). On a également représenté l'évolution de la teneur en matière sèche du psoas au cours de la croissance (fig. 3 A, 3 B).

Les tableaux 4 A et 4 B exposent les équations de régression correspondantes, toutes significatives au seuil de 1 p. 100 sauf l'azote du stroma (significatif à 5 p. 100).

Les analyses chimiques ne révélant pas de différences significatives dans le contenu en lipides intra-cellulaires, des muscles d'animaux jeunes et âgés (HELANDER, 1959) il ne nous a pas semblé nécessaire d'exprimer les divers résultats en fonction de la matière sèche dégraissée.

La teneur en azote total est comprise entre 30 et 37 mg par g de tissu frais dans les deux sexes. L'augmentation de cette teneur pour un même gain de poids vif, est la même chez les mâles et les femelles jusqu'à un poids vif de 1 000 g, il y a ensuite un enrichissement plus marqué chez les mâles (fig. 2 A et 2 B).

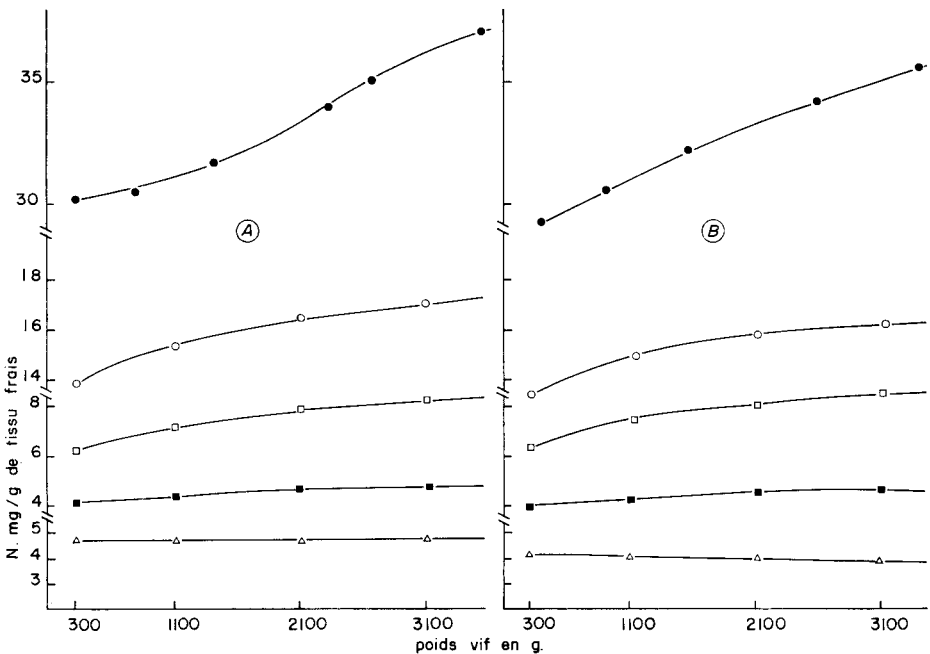


FIG. 1 A. — Évolution de la teneur en azote du psoas chez les lapins mâles au cours de la croissance

FIG. 1 B. — Évolution de la teneur en azote du psoas chez les lapins femelles au cours de la croissance

- Azote total
- Azote myofibrillaire
- Azote sarcoplasmique
- Azote non protéique
- △ Azote stroma

TABLEAU 5
Principales catégories d'azote musculaire en pourcentage de l'azote total, et en pourcentage de l'azote protéique

Sexes ↓	Catégories →	N total mg/g tissu sec	N protéique mg/g tissu sec	N protéique p. 100 de N total	Azote sarcoplasmique		Azote myofibrillaire		Azote du stroma	
					P. 100 de N total	P. 100 de N protéique	P. 100 de N total	P. 100 de N protéique	P. 100 de N total	P. 100 de N protéique
Mâles	140,1	121,2	13,49	23,89	27,6	48,68	56,3	13,99	16,1
Femelles	139,7	120,8	13,53	23,90	27,6	47,96	55,5	14,61	16,9

La teneur en azote myofibrillaire qui varie de 13 à 18 mg par g de tissu frais, est plus élevée chez les mâles ; cependant la variation relative au poids vif est strictement identique dans les deux sexes.

A l'opposé, la concentration en azote sarcoplasmique qui varie de 7 à 10 mg par g de tissu frais est plus élevée chez les femelles. Au cours de la croissance, la variation relative de cette teneur reste importante chez les mâles alors qu'elle s'annule chez les femelles à partir d'un poids vif de 2 100 g.

La concentration en azote non protéique est constante dans les deux sexes (fig. 2 A, 2 B) avec toutefois une variation relative plus marquée pour les femelles.

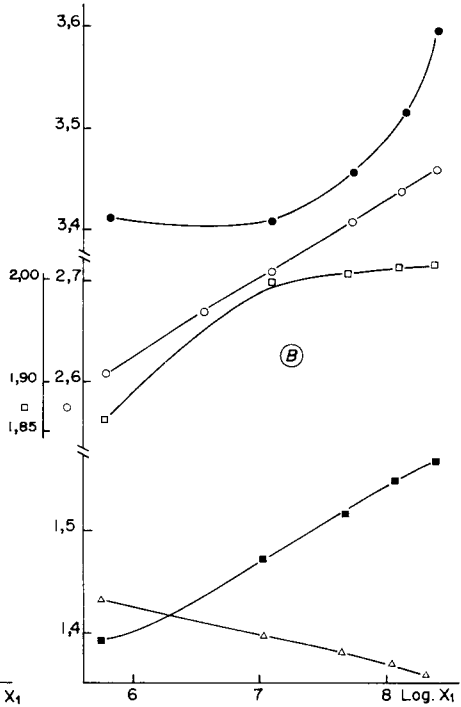
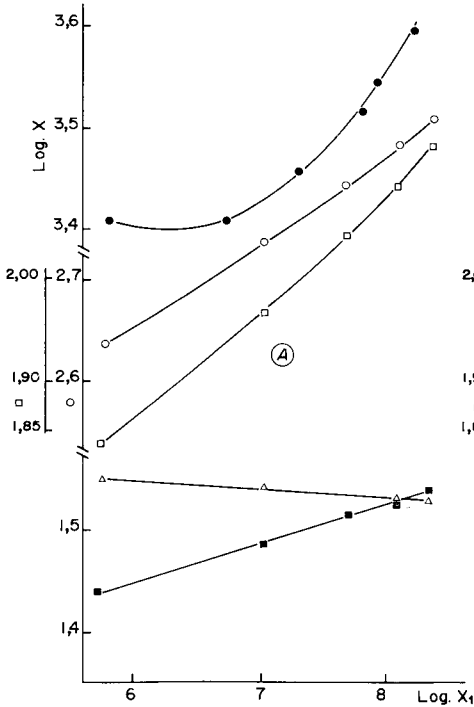


FIG. 2 A. — Évolution relative de la teneur en azote du psoas chez les lapins mâles au cours de la croissance

FIG. 2 B. — Évolution relative de la teneur en azote du psoas chez les lapins femelles au cours de la croissance

- Azote total
- Azote myofibrillaire
- Azote sarcoplasmique
- Azote du stroma
- △ Azote non protéique

On constate que les courbes représentatives de la concentration en matière sèche et de la concentration en azote total ont la même allure, ainsi que l'ont déjà constaté DURAND et FAUCONNEAU (1963) chez le Porc pour les concentrations en protéines et en matière sèche dégraissée.

Si l'on suit l'évolution, en fonction du poids vif, des concentrations (et de leurs variations) des différentes formes azotées ramenées au gramme de tissu sec, on obtient des droites sensiblement parallèles à l'axe des abscisses, excepté pour l'azote du stroma dont la pente est légèrement négative.

En pourcentage de l'azote total et de l'azote protéique total, on obtient les résultats moyens présentés au tableau 5.

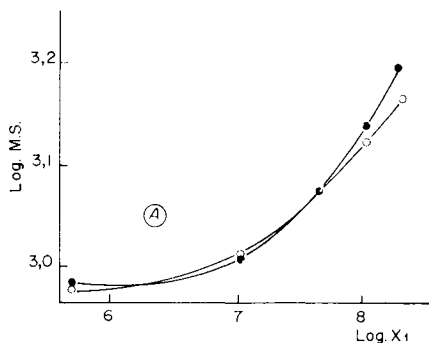


FIG. 3 A. — Évolution relative de la teneur en matière sèche du psoas chez les lapins au cours de la croissance

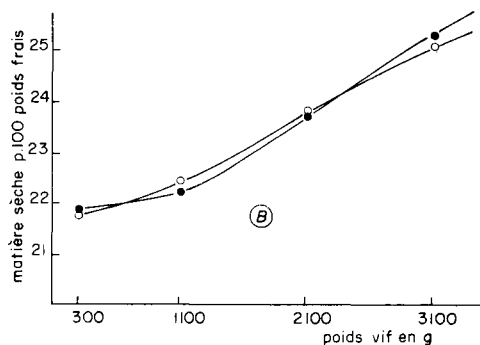


FIG. 3 B. — Évolution de la teneur en matière sèche du psoas chez les lapins au cours de la croissance

femelles ○
mâles ●

III. — DISCUSSION

Avec une teneur en matière sèche variant de 21 à 26 p. 100 du poids frais et une teneur en azote total allant de 29 à 36 mg par g de poids frais, nos résultats sont comparables à ceux obtenus en utilisant la même technique (HELANDER, 1957, 1961). De la diminution de la teneur en eau observée ici au cours de la croissance découlent les augmentations observées de la teneur en azote total et en azote des diverses catégories de protéines. Cela rejoint les observations de YANNET et DARROW (1937) chez le Chat, qui ont montré que le muscle croît surtout par expansion de la phase intracellulaire, avec diminution relative de la taille des espaces interstitiels.

Mais, d'après nos résultats ramenés au gramme de matière sèche, nous pouvons préciser qu'à partir de 3 semaines la teneur relative en azote des diverses fractions du muscle est déjà fixée chez le Lapin dans des conditions de vie normale. Ces résultats confirment ceux d'IVANOV (1959) qui ne trouve de différences dans l'évolution des quantités relatives d'azote sarcoplasmique et myofibrillaire qu'avant cet âge. Chez le Poussin, MIZUNO *et al.* (1966) observent des changements importants dans la composition de l'azote total entre le 17^e et le 24^e jour après le début de l'incubation, le pourcentage d'azote myofibrillaire augmentant et celui de l'azote sarcoplasmique diminuant. La composition biochimique du muscle semble varier de façon importante au moment où il devient fonctionnel.

Plusieurs conclusions se dégagent de ces observations :

Il est impératif d'exprimer les constituants biochimiques d'un tissu de façon à éliminer cette variable qu'est la teneur en eau. Pour le muscle, on peut exprimer les données en pourcentages de l'azote total. Cela permet de comparer de façon plus précise les résultats rapportés dans la bibliographie et qui ne tiennent souvent compte ni de la teneur en eau du tissu, ni de l'âge des animaux.

Nous voyons que nos résultats (48 p. 100 d'azote myofibrillaire) sont voisins de ceux obtenus par HANSON et HUXLEY (1957) également pour le *psaos* du Lapin (51 p. 100 d'azote myofibrillaire) à l'aide d'une autre technique mais sont plus éloignés de ceux de HELANDER (1958) sur les muscles de la cuisse de cet animal (57 p. 100 d'azote myofibrillaire). Par contre, nous obtenons davantage d'azote protéique sarcoplasmique et d'azote du stroma. Ces différences sont sans doute en rapport avec l'activité fonctionnelle, les muscles de la cuisse étant appelés à se contracter plus souvent et de façon plus énergique.

Nous avons mis en évidence une différence de composition faible mais significative entre les grands *psaos* des lapins mâles et femelles ; en particulier, il y a chez les mâles davantage de protéines contractiles et moins de protéines sarcoplasmiques. A notre connaissance une différence de composition biochimique due au sexe n'avait pas encore été rapportée pour un muscle de mammifère.

Il est par ailleurs intéressant de constater que les changements d'évolution des caractères biochimiques du muscle se situent dans la zone où CANTIER *et al.* (1969) ont observé les changements d'allométrie des principaux tissus et organes du Lapin, ce qui rejoint les idées de NEEDHAM (1934) sur l'hétérogenie biochimique et les propositions de LAMBERT et TEISSIER (1927) sur la similarité biologique. Le « processus essentiel de la croissance se déroule selon un plan défini, reconnaissable dans la constitution de tel ou tel organisme dans un stade donné de son ontogénie ».

Enfin, il nous semble que la variable « poids vif » ne constitue pas la référence la plus satisfaisante dans les études de croissance différentielle. Il faudra donc chercher un autre critère, peut-être plus synthétique, à l'aide de techniques plus élaborées ; d'où la nécessité de connaître exactement les évolutions différentielle. des divers composants de l'organisme et de déterminer leur importance respective au cours du développement.

Reçu pour publication en février 1970.

REMERCIEMENTS

Les calculs ont été effectués sur l'IBM 1130 de la Station de Biométrie de C. N. R. F. ; nous remercions MM. TOMASSONE et MILLIER pour les conseils et l'aide qu'ils ont bien voulu nous apporter.

SUMMARY

BIOCHEMICAL HETEROGONY OF NITROGENOUS COMPONENTS OF THE *PSOAS MAJOR* MUSCLE DURING POST-NATAL GROWTH OF RABBITS

Composition of the *psaos major* was studied in male and female rabbits of ages ranging from 3 to 26 weeks. The study concerned the nitrogen contents of the following fractions : myofibrils, sarcoplasm, stroma and non-protein nitrogen. These were estimated by the technique of HELANDER. Dry matter content of the muscle was estimated also.

The development of the relative changes in concentration of each nitrogen fraction was studied with a logarithmic polynomial model.

The dry matter content increased during life, from about 21.5 to about 26.0 p. 100.

The relative contents of nitrogen seem to remain unaltered after the age of 3 weeks in the rabbit (table 5).

There is a small but significant difference in nitrogen content of the *psaos major* between males and females ; males had more myofibrillar nitrogen and less sarcoplasm nitrogen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENDALL J. R., 1966. in : BRISKEY E. J. *The physiology and biochemistry of muscle as a food*. 7-16, Univ. Wisconsin Press Londres.
- BRODY S., 1945. *Bioenergetics and growth*. Reinhold, New York, 1023 p.
- 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.
- CREPAX P., 1952. Étude électrophorétique d'extraits de muscles doués de différentes propriétés morphologiques et fonctionnelles. *Biochim. Biophys. Acta*, **9**, 385-398.
- DAGNELIE P., 1964. Sur la détermination du nombre de répétitions en vue de l'estimation d'une moyenne. *Biometr. Praxim.*, **5**, 117-135.
- DICKERSON J. W. T., 1960. The effect of growth on the composition of avian muscle. *Biochim. J.*, **75** 33-37.
- DICKERSON J. W. T., WIDDOWSON E. M., 1960. Chemical changes in muscle during development. *Biochim. J.*, **74**, 247-257.
- DURAND G., FAUCONNEAU G., PENOT E., 1967. Évolution de la teneur en acides nucléiques et en protéines du muscle chez le Porc au cours de la croissance postnatale. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **264**, 1640-1643.
- GORDON E. E., KOWALSKI K., FRITTS M., 1966. Muscle proteins and DNA in rat *quadriceps* during growth. *Am. J. Physiol.*, **210**, 1033-1040.
- GUNTHER B., GUERRA F., 1955. Biological similarities. *Acta Physiol. latinoam.*, **5**, 169-186.
- GUNTHER B., GUERRA F., 1957. Biological similarities. *Acta Physiol. latinoam.*, **7**, 95.
- HANSON J., HUXLEY H. F., 1957. Quantitative studies of the structure of cross striated myofibrils. II. Investigations by biochemical techniques. *Biochim. Biophys. Acta*, **23**, 250-260.
- HELANDER E., 1957. On quantitative muscle protein determination. *Acta Physiol. scand., Suppl.* **141**, 9-95.
- HELANDER E., 1958. Adaptative muscular « allomorphism ». *Nature*, **182**, 1035-1036.
- HELANDER E., 1959. Fat content skeletal muscular tissue. *Acta Morphol. Res. scand.*, **2**, 230-254.
- HELANDER E., 1961. Exercise and muscle protein composition. *Biochem. J.*, **78**, 478-482.
- HERRMANN H., NICHOLAS J. S., 1948. Quantitative changes in muscle protein fractions during rat development. *J. exp. Zool.*, **107**, 165.
- IVANOV I. I., 1967. Organic substances of the striated muscle. *Symp. Biol. Mung.*, **8**, 89-124.
- LAMBERT R., TEISSIER G., 1927. Théorie de la similitude biologique. *Ann. Physiol. Physicochim. biol.*, **3**, 212-246.
- LAWRIE R. A., 1961. Systematic analytical differences between *psaos major* and *longissimus dorsi* muscles of cattle. *Br. J. Nutr.*, **15**, 453-456.
- MILLIER C., 1968. Analyse de variance à un facteur contrôlé. *Station de Biométrie C. N. R. F., Programme FORTRAN* 68 033. Nancy.
- MIZUNO T., HIKAMI Y., SUMITA K., 1966. The accumulation of nucleic acid and protein in the skeletal muscle of chicks during embryonic and post embryonic development. *Jap. J. vet. Sci.*, **37**, 471-477.
- MOSS F. P., LEIBHOLZ J., SIMMONDS R. A., 1968. The growth and composition of skeletal muscle in the chicken. III. The variation with age of certain protein nitrogen fractions. *Poult. Sci.*, **47**, 475-479.
- MOSS F. P., SIMMONDS R. A., McNARY H. W., 1964. The growth and composition of skeletal muscle in the chicken. *Poult. Sci.*, **43**, 1086-1090.
- NEEDHAM J., 1933. Chemical heterogeneity and the ground-plan of animal growth. *Biol. Rev.*, **9**, 79-109.
- PRUD'HON M., 1967. L'appétit du Lapin alimenté à sec. *Bull. tech. Inform. Ingrs. Servs. agric.*, **219** 383-398.
- RICARD F.-H., ROUVIER R., 1965. Étude des mesures de conformation du Poulet. I. Analyse statistique préliminaire concernant le poids et 13 mensurations corporelles du Poulet vivant. *Ann. Zootech.*, **14**, 191-212.
- SCHARPF L. G., MARION W. W., 1964. Extraction of fibrillar and sarcoplasmic proteins of turkey muscle. *J. Food. Sci.*, **29**, 303-306.
- STAHL W. R., 1962. Similarity and dimensional methods in Biology. *Science*, **137**, 205-212.
- TOMASSONE R., 1967. Regression progressive multiple. *Station de Biométrie C. N. R. F., Programme FORTRAN* 67009. Nancy.
- YANNET H., DARROW D. C., 1937. The effect of growth on the distribution of water and electrolytes in brain, liver and muscle. *J. biol. Chem.*, **128**, 295-305.