

INFLUENCE DU LACTOSE SUR LA CROISSANCE ET SUR LA COMPOSITION CORPORELLE DU RAT BLANC

I. — RELATIONS AVEC LE TAUX PROTIDIQUE DE LA RATION

C. FÉVRIER et A. RÉRAT

Avec la collaboration technique de Marie-Claire THÉRON et G. ROUZET

Station de Recherches sur l'Élevage des porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise)

SOMMAIRE

Les modifications de vitesse de croissance et de composition corporelle du Rat blanc, lors de l'incorporation de lactose dans son régime, ont été étudiées au cours d'une expérience factorielle (6 lots de 9 animaux). Trois taux de lactose (0, 15 et 30 p. 100) étaient utilisés en présence de deux taux de protéines (8 et 16 p. 100, sous forme de farine de poisson) dans des régimes semi-synthétiques, alloués *ad libitum*, pendant 8 semaines.

L'augmentation du taux de lactose dans le régime provoque une diminution de la consommation, d'autant plus marquée que la teneur en protéines du régime est plus faible ; elle entraîne parallèlement une diminution de la vitesse de croissance, sauf toutefois dans le cas du régime à 16 p. 100 de protéines et contenant 15 p. 100 de lactose. Pour ce taux de lactose l'efficacité des régimes est augmentée, quel que soit celui des protéines.

La présence de lactose dans le régime se traduit par des modifications dans la composition corporelle et dans la répartition des divers tissus : lorsque le lactose est substitué à un pourcentage variable d'amidon, il se produit, pour un poids donné, une hypertrophie du cæcum, un accroissement relatif du volume du foie et des reins, et une diminution importante de la proportion de tissus adipeux.

INTRODUCTION

L'étude de la valeur nutritive du lactose a fait l'objet de nombreux travaux qui ont été revus par différents auteurs (WHITTIER et *al.*, 1935 ; RIGGS et BEATY, 1947 ; ATKINSON, KRATZER et STEWART, 1957 ; DUNCAN, 1955 ; FISCHER et SUTTON 1949 ; HERZENBERG et HERZENBERG, 1959). De ces travaux, il résulte que le lactose ne peut être utilisé comme seule source énergétique par la plupart des espèces,

hormis les mammifères pendant l'allaitement ; sa valeur nutritive dépend de trois facteurs qui sont :

- l'état physiologique de l'animal, notamment son âge,
- le taux d'incorporation du lactose dans la ration,
- l'équilibre entre le lactose et les autres constituants du régime.

Les relations entre le lactose et les matières grasses ou les minéraux du régime ont fait l'objet de divers travaux. Par contre, la possibilité d'interaction entre le lactose et les protéines n'a jamais fait l'objet d'une étude systématique ; seuls quelques auteurs ont fait incidemment allusion à ce problème à l'occasion d'autres recherches (LECOQ, 1933 ; HARPER *et al.*, 1953 ; DUPUIS, 1957 *a*). L'expérience que nous avons réalisée porte donc essentiellement sur l'étude de la valeur nutritionnelle du lactose, en présence d'un régime à taux variable d'azote.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Animaux

Cinquante-quatre rats blancs de souche *Wistar C. F.* après sevrage, pesant environ 50 g sont élevés en cages individuelles. Pendant une semaine, ils reçoivent un régime préexpérimental à base de caséine (RÉRAT *et al.*, 1964). A la fin de cette période, les animaux sont répartis, d'après le poids et le gain de poids, en 9 blocs de 6 animaux.

Alimentation et régimes (tabl. 1)

L'expérience est du type factoriel : deux niveaux de protéines (8 et 16 p. 100) sont combinés avec trois niveaux de lactose (0, 15 et 30 p. 100).

Les protéines sont apportées par une farine de poisson de Norvège dont la composition a été donnée précédemment (HENRY et RÉRAT, 1963). Les taux de 8 et 16 p. 100 de protéines ont été choisis parce qu'ils correspondent respectivement à une rétention azotée et à une vitesse de croissance maximums (HENRY et RÉRAT, données non publiées).

Les régimes, dont la composition est précisée dans le tableau 1, sont additionnés d'eau et fournis *ad libitum* pendant 8 semaines.

Sacrifices et dissections

En fin d'expérience, les animaux ayant jeûné de 6 à 8 heures sont asphyxiés au gaz et éviscérés aussitôt après. Sacrifices et dissections sont effectués par blocs. Le foie, les reins et les différents segments du tractus digestif sont reséqués et pesés. Le tractus digestif est séché à 104°C, et le foie, les reins et le reste de la carcasse sont conservés à -15°C en vue des analyses ultérieures.

Analyses

Les différentes analyses sur la carcasse éviscérée sont effectuées suivant la technique précédemment décrite par RÉRAT *et al.* (1964) pour les carcasses entières.

Le foie, ainsi que les reins, sont homogénéisés à l'aide d'un homogénéiseur « M.S.E. ». Les dosages de la matière sèche, de l'azote et des cendres sont effectués sur des parties aliquotes de l'homogénat amené à volume connu. Si l'on admet, pour la carcasse, que la différence entre le poids total et la somme de l'eau, des protéines et des cendres, représente les lipides, pour le foie cette différence représente en fait : lipides + glycogène, puisque ce dernier est présent dans le foie en quantité non négligeable (DEUEL *et al.*, 1933). Cependant, la dénomination « lipides » a été conservée en vue du calcul de la composition globale de l'animal.

Le tractus digestif étant séché à 104°C, la teneur en eau est connue pour chaque échantillon. D'après les valeurs déterminées sur six échantillons séchés, les taux d'azote et de cendres du tractus digestif varient peu (soit en pourcentage : 11,08 ± 0,41 et 2,13 ± 0,05 respectivement) et compte tenu des faibles quantités d'azote et de cendres qu'il renferme par rapport à celles présentes dans l'organisme, il est possible de retenir ces valeurs moyennes pour le calcul de la composition corporelle globale.

TABLEAU I
Composition des régimes expérimentaux

Protéines de poisson (1)	8 p. 100			16 p. 100		
	0 BN	15 BB	30 BH	0 HN	15 HB	30 HH
Lactose p. 100						
Lot						
Farine de poisson (1)	11	11	11	22	22	22
Amidon de maïs.....	75	60	45	64	49	34
Lactose	0	15	30	0	15	30
Mousse de cellulose.....	2	2	2	2	2	2
Huile d'arachide.....	8	8	8	8	8	8
Mélange salin (2)	3	3	3	3	3	3
Mélange vitaminique (2)	1	1	1	1	1	1
<i>Analyse des aliments</i>						
Matière sèche p. 100	56,5	58,0	62,1	57,5	57,4	63,1
Azote × 6,25 p. 100 de M.S.....	9,43	9,30	9,07	18,07	18,06	17,86
Calories par g de M. S. (calculé) (3)	4,50	4,47	4,44	4,65	4,61	4,58

(1) Farine de poisson de Norvège contenant 79,6 p. 100 de N × 6,25, par rapport à la matière sèche (HENRY et RÉRAT, 1963).

(2) HENRY et RÉRAT (1963).

(3) Coefficients d'ATWATER et BRYANT.

Définitions des critères d'efficacité utilisés

- Indice de consommation :

$$I.C. = \frac{\text{matière sèche ingérée}}{\text{gain de poids}}$$

- Coefficient d'efficacité protidique :

$$C.E.P. = \frac{\text{gain de poids}}{\text{protéines ingérées}}$$

- Coefficient d'utilisation pratique de l'azote :

$$C.U.P. = \frac{\text{azote retenu dans la carcasse}}{\text{azote ingéré}}$$

(TERROINE et VALLA, 1933)

L'azote retenu dans la carcasse est égal à la différence entre l'azote contenu dans la carcasse en fin d'expérience, et l'azote présent au début. L'azote final est déterminé par l'analyse de la carcasse. L'azote initial est obtenu par le calcul grâce à des équations donnant la quantité d'azote

en fonction du poids vif initial avec une précision de 5 p. 100 (RÉRAT *et al.*, 1964). Ces équations ont été déterminées sur 158 rats de la même souche, dans les mêmes conditions préexpérimentales.

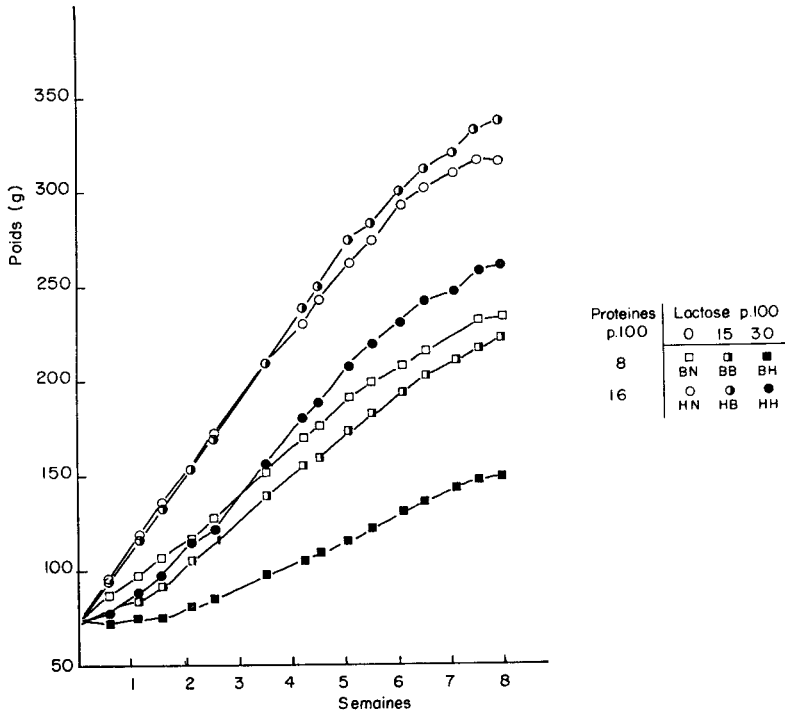
Interprétation des résultats

Sept animaux sont morts accidentellement au cours de l'expérience (pneumonie). En conséquence un bloc particulièrement atteint a dû être éliminé. Le calcul des données manquantes et l'analyse statistique des résultats sont effectués suivant les schémas proposés par SNEDECOR (1961).

RÉSULTATS

Croissance et efficacité (tabl. 2, graph. 1 et 2).

Le gain moyen quotidien augmente avec le taux protéique de la ration (graph. 1); il est peu affecté lorsque le taux de lactose augmente de 0 à 15 p. 100, mais il est considérablement réduit lorsqu'il atteint 30 p. 100. Les effets des protéines et du lactose sur la croissance semblent être indépendants l'un de l'autre.



GRAPHIQUE 1. — Courbes de croissance

Par contre, l'interaction entre ces effets se manifeste en ce qui concerne la consommation de matière sèche. Celle-ci diminue lorsque le taux de lactose augmente, et ceci d'autant plus que le taux protéique est plus faible.

Les critères d'efficacité sont améliorés lorsque le taux de lactose est de 15 p. 100, car la diminution de consommation n'a pratiquement pas de répercussion sur la

croissance ; par contre, lorsque le taux de lactose est de 30 p. 100, la diminution de croissance est relativement plus importante que celle de la consommation et il en résulte, par rapport au régime témoin, une détérioration de l'efficacité de ces régimes d'autant plus grande que le taux azoté est plus faible (graph. 2).

TABLEAU 2
Croissance et efficacité

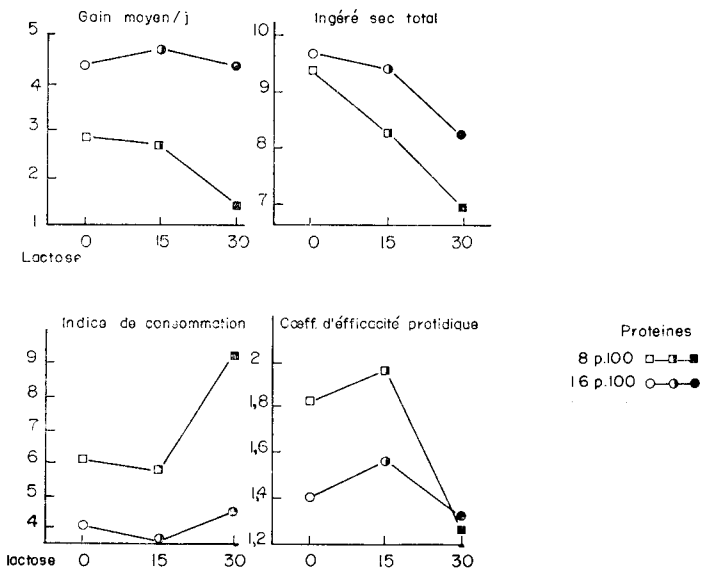
Protéines p. 100	8			16		
	0	15	30	0	15	30
Lactose p. 100	BN	BB	BH	HN	HB	HH
Lot	BN	BB	BH	HN	HB	HH
Poids initial (g)	74,1	72,7	73,6	73,7	73,3	73,7
Poids final (g)	233,0	221,2	150,2	316,2	336,3	262,1
Gain moyen quotidien (g)	2,83	2,65	1,37	4,33	4,69	3,36
Matière sèche ingérée (g)	934	821	675	968	940	817
Protéines ingérées (g)	88,3	76,5	61,2	174,7	170,0	145,3
Lactose ingéré (g)	0	2,20	3,62	0	2,52	4,38
Nombre moyen de jours de diarrhée	0,6	6,9	11,1	0	3,7	11,7
Indice de consommation (I.C.) ...	5,93	5,65	8,96	4,02	3,58	4,37
Coefficient d'efficacité protidique (C. E. P.)	1,80	1,93	1,26	1,39	1,55	1,30
Coefficient d'utilisation pratique de l'azote (C. U. P.)	33,4	35,3	22,3	26,5	30,1	25,6

Signification des résultats

Critère	Gain moyen quotidien	Ingéré sec	I.C.	C.E.P.	C.U.P.
Source de variation					
<i>Protéines</i>					
Effet principal N	**	**	**	**	**
<i>Lactose</i>					
Composante linéaire Ll	**	**	**	**	**
Composante quadratique Lq	**		**	**	**
<i>Interactions</i>					
N × Ll		*	**	**	**
N × Lq			*		

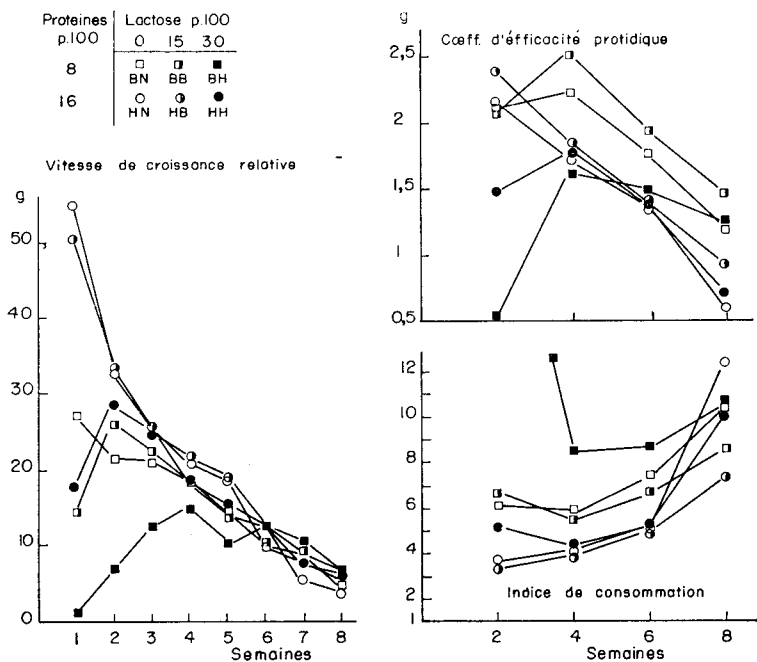
** P ≤ 0,01.

* P ≤ 0,05.



GRAPHIQUE 2. — Évolution des différents critères en fonction des taux de protéines et de lactose
Adaptation au lactose (graph. 3)

Il ressort du graphique 1 que c'est surtout au cours des deux premières semaines que la croissance des animaux recevant du lactose est la plus faible. Pour préciser l'existence possible d'un phénomène d'adaptation au lactose, il a paru intéressant d'étudier l'évolution des différents critères au cours des 8 semaines qu'a duré l'expérience.



GRAPHIQUE 3. — Évolution de la croissance et de l'efficacité pour les différents régimes en fonction du temps

Le taux de croissance relative ($\Delta P/P$ par semaine) a suivi une évolution « normale », comparable à celle observée dans des expériences antérieures (RÉRAT et HENRY, données non publiées), pour les animaux recevant des régimes à taux élevé de protéines et à taux faible de lactose (lots HN et HB). Dans les autres lots, le taux de croissance relative est d'autant plus faible pendant les quatre premières semaines que la teneur en lactose du régime est plus élevée et celle des protéines plus basse. Corrélativement, ce n'est qu'à partir de la quatrième semaine qu'on note une amélioration des critères d'efficacité (I.C. et C.E.P.), ce qui semble indiquer une adaptation des animaux aux régimes proposés.

Enfin le nombre de jours de diarrhée est en relation avec la quantité de lactose ingérée, mais il est variable avec les individus. Ainsi pour les lots recevant 15 p. 100 de lactose, le nombre de jours de diarrhée varie de 0 à 18 et de 0 à 8 pour ceux qui reçoivent respectivement 8 et 16 p. 100 de protéines ; pour les lots recevant 30 p. 100 de lactose, il varie de 4 à 18 jours et de 8 à 18 jours dans les mêmes conditions. Il existe donc une grande variabilité individuelle vis-à-vis des possibilités d'adaptation au lactose, quel que soit le taux auquel il est introduit.

Composition corporelle

a) *Animal entier et carcasse éviscérée* (tabl. 3, graph. 4 et 5).

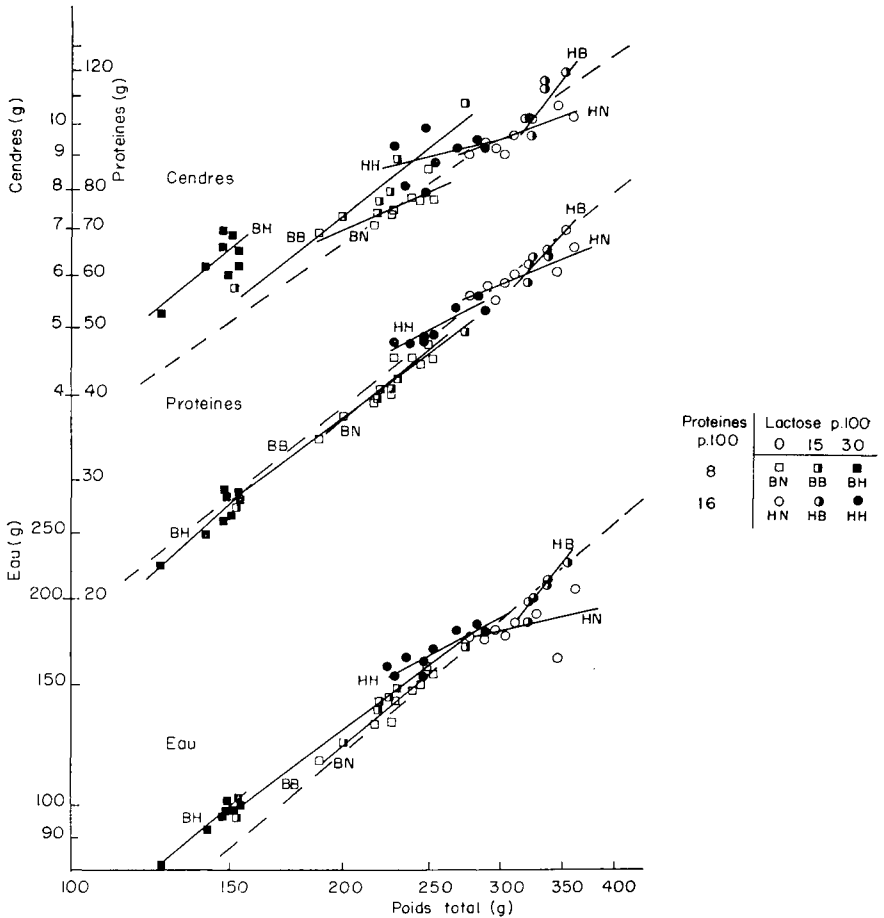
Si l'on s'en tient aux résultats moyens concernant la composition corporelle (tabl. 3), l'addition de lactose au régime semble se traduire par une augmentation de la teneur en eau et en cendres et par une diminution de la teneur en lipides de

TABLEAU 3

Composition chimique corporelle

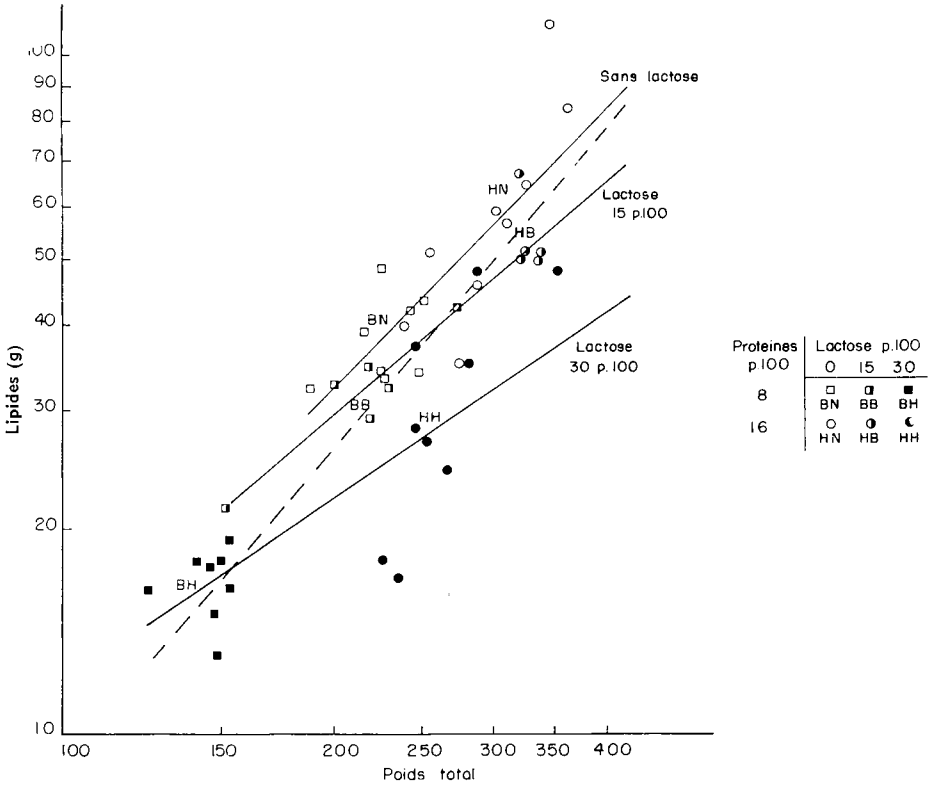
Protéines p. 100	8			16		
	0	15	30	0	15	30
Lactose p. 100	0	15	30	0	15	30
Lot	BN	BB	BH	HN	HB	HH
<i>Carcasse éviscérée</i>						
Poids de la carcasse	205,6	189,2	121,4	281,6	293,9	216,9
Eau p. 100	59,61	60,86	63,38	57,84	59,32	63,44
Protéines p. 100	18,95	19,12	19,40	19,46	19,79	20,75
Cendres p. 100	3,50	3,99	4,83	3,28	3,39	3,83
Lipides p. 100	17,94	16,03	12,39	19,41	17,49	11,97
<i>Animal entier</i>						
Poids final	233,0	221,2	150,2	316,2	336,3	262,1
Eau p. 100	61,24	63,12	65,92	58,15	61,55	65,41
Protéines p. 100	18,43	18,27	18,25	18,97	19,12	19,70
Cendres p. 100	3,30	3,68	4,31	3,11	3,18	3,52
Lipides p. 100	17,03	14,94	11,31	19,77	16,15	11,37

l'animal entier, comme de la carcasse éviscérée ; l'augmentation du taux des protéines du régime se traduit par ailleurs par une augmentation des teneurs en protéines et en lipides de la carcasse, cependant que les teneurs en eau et en cendres ont tendance à diminuer. Toutefois, il est à noter que les poids des animaux analysés varient dans de larges proportions (de 150 à 330 g.) et l'on sait combien est importante la



GRAPHIQUE 4. — Relations entre les teneurs en eau, protéines, cendres et le poids final

répercussion de l'âge et du poids sur la composition corporelle (RÉRAT *et al.*, 1964). C'est pourquoi les données relatives à l'eau, aux protéines, aux cendres et aux lipides en fonction du poids ont été figurées sous forme « log-log » pour les différents lots, dans les graphiques 4 et 5, en comparaison avec les droites de régression (en pointillé) obtenues avec un régime à base de caséine, lors d'une expérience précédente (RÉRAT *et al.*, 1964). On peut en conclure que la teneur en protéines est uniquement influencée par le poids final ; par contre, les animaux recevant du lactose sont, à poids égal avec les animaux témoins, plus riches en cendres et en eau, et moins riches en lipides.



GRAPHIQUE 5. — Relation entre la teneur en lipides et le poids final

b) *Viscères* (tabl. : 4, 5, 6, graph. 6).

Lorsque le taux protidique augmente, le poids du tractus digestif diminue par rapport au poids vif, ce qui est normal puisque l'animal est alors plus lourd (BRODY, 1945). Par contre, lorsque le taux de lactose augmente, le poids relatif du tractus croît, en raison de l'accroissement considérable de volume du caecum. Il ne s'agit plus dans ce cas d'un simple rapport d'allométrie comme précédemment, mais bien d'un effet nutritionnel du lactose.

De même les poids du foie et des reins sont, relativement au poids total, plus élevés chez les rats recevant du lactose. Afin de tenir compte de l'effet du poids final sur le poids du foie, ces données ont été figurées sous forme « log-log » dans le graphique 6, ce qui permet de constater que les animaux recevant du lactose ont, à poids égal, un foie plus lourd que celui des animaux témoins.

La teneur du foie en protéines est modifiée à la fois par le taux alimentaire des protéines et par celui du lactose (tabl. 5), mais comme le poids du foie et sa teneur en protéines tendent à varier en sens inverse, le rapport entre les protéines du foie et les protéines corporelles totales a été calculé (tabl. 6). Il ressort des données

ainsi obtenues que les protéines alimentaires, bien qu'ayant un effet marqué sur la croissance, et par conséquent sur le poids auquel les animaux sont sacrifiés, ne modifient en aucune façon le pourcentage en protéines hépatiques vis-à-vis des pro-

TABLEAU 4

Poids des différents organes

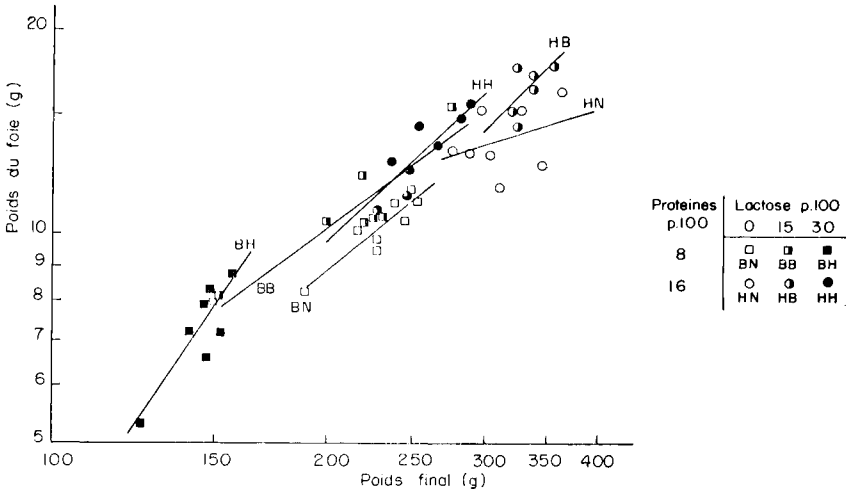
Protéines p. 100	8			16		
	0	15	30	0	15	30
Lactose p. 100	BN	BB	BH	HN	HB	HA
Poids final	233,0	221,2	150,2	316,2	336,3	262,1
Poids de la carcasse éviscérée ...	205,6	189,2	121,4	281,6	293,9	216,9
Tractus digestif avec cæcum	10,50	15,06	14,18	13,24	16,97	18,57
Cæcum seul	1,88	4,17	5,21	2,60	5,61	7,57
Foie	10,32	11,24	7,39	13,91	16,53	13,08
Reins	1,61	1,58	1,30	2,29	2,41	2,01
En p. 100 du poids total :						
Foie	4,49	5,13	5,05	4,46	4,92	5,19
Reins	0,70	0,74	0,88	0,74	0,72	0,79
Tractus digestif	4,59	6,83	9,71	4,08	4,99	7,28
Cæcum p. 100 du tractus digestif	17,82	26,63	36,76	20,11	32,18	38,72

Signification des résultats

Critère	Foie (p. 100 du poids)	Reins (p. 100 du poids)	Tractus digestif (p. 100 du poids)	Cæcum (p. 100 tractus)
Source de variation				
<i>Protéines</i>				
Effet principal N			**	
<i>Lactose</i>				
Composante linéaire Ll ..	**	**	**	**
Composante quadratique Lq	*			
<i>Interactions</i>				
N × Ll			**	
N × Lq				

** P ≤ 0,01.

* P ≤ 0,05.



GRAPHIQUE 6. — Relation entre le poids du foie et le poids total

téines totales : par contre, la part des protéines hépatiques augmente significativement avec le taux de lactose.

De même, les quantités relatives d'eau présentes dans le foie et les reins, qu'on les rapporte au poids de l'organe (tabl. 5) ou à l'eau corporelle totale (tabl. 6), sont plus élevées quand les animaux reçoivent du lactose.

TABLEAU 5

Composition globale du foie et des reins

Protéines p. 100	8			16		
	0	15	30	0	15	30
Lactose p. 100	0	15	30	0	15	30
Lot	BN	BB	BH	HN	HB	HH
<i>Foie</i>						
Eau p. 100	75,44	77,11	76,63	73,28	75,22	75,62
Protéines p. 100	19,23	17,31	18,58	20,40	18,98	19,08
Cendres p. 100	1,34	1,28	1,40	1,35	1,30	1,23
Lipides p. 100	3,99	4,30	3,39	4,97	4,43	4,00
<i>Reins</i>						
Eau p. 100	73,23	74,47	74,72	74,24	74,38	74,78
Protéines p. 100	17,91	17,08	17,80	17,77	18,63	17,63
Cendres p. 100	2,06	1,76	2,08	1,72	1,60	1,81
Lipides p. 100	6,79	6,62	5,40	6,27	5,39	5,78

TABLEAU 6

Rapport de la composition du foie à la composition totale

Protéines p. 100	8			16		
	0	15	30	0	15	30
Lactose p. 100	BN	BB	BH	HN	IIB	HH
Eau du foie p. 100 de l'eau corporelle totale	5,54	6,28	5,87	5,62	6,02	5,99
Protéines du foie p. 100 des protéines corporelles totales	4,67	4,87	5,11	4,78	4,89	5,04

Signification des résultats :

Critère	Eau	Protéines
Source de variation		
<i>Protéines</i>		
Effet principal N		
<i>Lactose</i>		
Composante linéaire Lt	*	*
Composante quadratique Lq	**	
<i>Interactions</i>		
N × Lt		
N × Lq		

** P ≤ 0,01.

* P ≤ 0,05.

DISCUSSION

Croissance et efficacité.

Les résultats concernant respectivement l'effet des protéines (HENRY et RÉRAT, 1963) et celui du lactose (BECKER et *al.*, 1954 *a*, 1954 *b*; RIGGS et BEATY, 1947) sont identiques à ceux habituellement observés. De forts taux de lactose ont toujours un effet dépressif sur la croissance, tandis que des taux modérés permettent la croissance normale. La diminution de consommation a été également observée, chez le Rat, mais également chez le Porc (BECKER et *al.*, 1954 *a*). Cette diminution est particulièrement forte avec des régimes pauvres en pro-

téines (DUPUIS, 1957 a). Deux facteurs jouent alors dans le même sens pour réduire la croissance : la présence de lactose dans le régime diminue la quantité de matière sèche ingérée et par conséquent celle des protéines : le besoin en protéines n'est plus couvert et la croissance est ralentie. Par ailleurs, avec un régime plus riche en protéines, l'augmentation de poids est plus rapide et l'animal étant plus lourd, son adaptation vis-à-vis du lactose se réalise plus facilement (LE GALIC, 1956).

Pourquoi l'animal ingère-t-il de moindres quantités de nourriture lorsque le régime contient du lactose? Deux hypothèses peuvent être émises. L'une met en jeu l'appétence moindre du lactose par rapport à celle des autres sucres (SCOTT et VERNEY, 1947). L'autre se rapporte à un besoin en eau accru, en raison de l'action hydragogue possible du lactose dans l'intestin ; l'ingestion d'eau en excès peut alors limiter la consommation journalière de matière sèche, comme cela s'observe chez le Porc recevant un excès d'eau (RÉRAT, 1963). Cette hypothèse n'a pu être vérifiée dans cette expérience où la consommation d'eau n'était pas contrôlée ; cependant de tels faits ont pu être observés chez les rats ingérant de fortes quantités de saccharose (HARPER et SPIVEY, 1958).

Adaptation au lactose.

Il est admis à la suite des travaux de FOLIN et BERGLUNG (1922), de BAILEY, KITTS et WOOD (1956), que le lactose n'est pas absorbé directement, mais qu'il doit être au préalable hydrolysé en glucose et galactose, par la lactase, dans la muqueuse intestinale (CAJORI, 1935 ; DOELL et KRETCHMER, 1963). Le glucose est absorbé au fur et à mesure de sa libération, tandis que le galactose est absorbé plus lentement (CORYELL et CHRISTMAN, 1943). Or, c'est souvent à une hydrolyse insuffisante du lactose que l'on peut attribuer l'apparition des diarrhées (RIGGS et BEATY, 1947) lors d'une alimentation riche en ce sucre. La disparition des diarrhées peut donc être considérée comme un critère convenable du degré d'adaptation au lactose. Dans notre expérience, la durée moyenne des diarrhées est en accord avec celles observées par différents auteurs pour des taux semblables de lactose.

Le mécanisme d'adaptation au lactose chez l'adulte met en jeu l'augmentation de l'épaisseur de la muqueuse intestinale, ce qui a pour effet d'augmenter la quantité de lactase disponible (HUBER et al., 1962 ; FISCHER et al., 1949 ; FISCHER et SUTTON, 1953). Ce phénomène vient compenser la diminution normale de la concentration en lactase en fonction de l'âge (BAILEY, KITTS et WOOD, 1956). La tolérance au lactose est donc fonction de l'âge et de l'état d'adaptation de l'animal. Chez le Rat après sevrage, l'expérience de RIGGS et BEATY (1947) montre que le maximum admissible est de 30 p. 100, la croissance et l'efficacité étant à peu près les mêmes que pour les témoins. Dans notre expérience, l'introduction du lactose à ce taux provoque à la fois un ralentissement de la croissance et une détérioration de l'efficacité du régime ; ceci peut être dû à une différence de souche (*Sprague-Dawley* au lieu de *Wistar C. F.*) et à un équilibre différent de la ration (18 p. 100 de protéines de caséine au lieu de 16 p. 100 de protéines de Poisson). Pour la souche *Wistar* utilisée et pour le type de régime employé, il semble donc que le taux optimum de lactose se situe au-dessous de 30 p. 100. A des taux plus élevés, le lactose devient toxique, et sa toxicité varie avec sa nature : α -lactose ou β -lactose (ERSHOFF et DEUEL, 1944).

Composition corporelle

L'introduction de lactose dans le régime permet d'obtenir des carcasses contenant moins de lipides, mais plus d'eau ; ces faits sont en accord avec ceux obtenus par TOMARELLI et *al.*, (1960) et peuvent expliquer les modifications de l'efficacité du régime selon le taux d'introduction du lactose. Ainsi, à 15 p. 100, il se produit une augmentation de l'efficacité énergétique apparente du régime (diminution de l'indice de consommation) qui peut être attribuée, pour une part, à la diminution d'importance des dépôts énergétiques par rapport à ceux des animaux témoins. Par contre pour les animaux recevant 30 p.100 de lactose, bien que la proportion des lipides dans les tissus formés soit très faible, l'indice de consommation est plus mauvais que celui des animaux témoins ; ceci est dû au fait que la part du besoin d'entretien, relativement à celle du besoin de croissance, est plus élevée que dans le premier cas.

Cependant, le mécanisme par lequel se produit cette modification de la composition corporelle reste à élucider. On peut remarquer qu'avec des régimes à 15 p.100 de lactose, la croissance a été à peu près la même que celle réalisée avec de l'amidon seul ; or, l'amidon est utilisé complètement par le Rat, alors que le lactose ne l'est pas entièrement, ne serait-ce qu'à cause de la perte de galactose dans les urines. On peut donc penser soit à une meilleure utilisation du glucose libéré, soit à une meilleure utilisation des autres constituants de la ration. A cet égard, nous avons montré qu'un taux modéré de lactose améliore la rétention azotée et BECKER et *al* (1954 *b*) notent chez le porcelet une meilleure utilisation de la combinaison amidon-lactose que de l'amidon ou du lactose pris séparément.

L'augmentation de la teneur en cendres des animaux recevant une alimentation avec lactose a été observée chez diverses espèces. Ce phénomène peut être en rapport avec l'action du lactose sur l'absorption et la rétention du calcium (BARUAH et *al.*, 1959 ; FOURNIER et *al.*, 1958-63 ; DUPUIS, 1959, 1962 ; KLINE et *al.*, 1932 ; ROBINSON et DUNCAN, 1931 ; LENGEMANN, 1959).

L'influence du lactose sur le poids et les proportions des différentes parties du tractus digestif a été étudiée par TOMARELLI et *al.*, (1960) ; LAWRENCE et *al.* (1956) ; FOURNIER, SUSBIELLE et BESCOL-LIVERSAC (1959). La distension du caecum est observée par tous ces auteurs. Le caecum semble jouer comme un élément régulateur du transit intestinal ; en effet, son ablation entraîne une augmentation de l'état diarrhéique (LAWRENCE et *al.*, 1956) ; par contre, cette opération n'a pas d'action sur l'absorption du calcium (FOURNIER et *al.*, 1960).

Les variations du poids et de la composition du foie ne semblent pas seulement liées à des différences de poids final de l'animal. En effet, les protéines du régime qui ont un effet prépondérant sur le poids final n'ont aucune action sur la composition du foie ni sur son importance relativement au poids total. Par contre, l'augmentation de la teneur en azote du foie sous l'effet du lactose du régime mériterait quelques expériences complémentaires. Cette augmentation est-elle en rapport avec une augmentation de l'activité du métabolisme intermédiaire ? MURAMATSU et ASHIDA (1962) ont montré que la teneur du foie en azote augmentait avec l'augmentation d'activité de certains enzymes intervenant dans le pool métabolique. D'autre part, DUPUIS (1957 *b*) et FOURNIER (1958) ont montré que le lactose avait

une influence sur l'élimination des acides citrique et α -cétoglutarique ; par conséquent, la modification de la composition du foie peut être en relation avec une modification du métabolisme.

CONCLUSION

L'introduction de lactose dans le régime du Rat blanc se traduit par une diminution de la vitesse de croissance de l'animal, surtout lorsque les taux utilisés sont élevés. L'efficacité des régimes contenant du lactose est fonction non seulement du taux auquel il est introduit dans le régime, mais aussi des autres constituants du régime, et particulièrement des protéines : l'efficacité est d'autant moins bonne que le taux de lactose est plus élevé et celui des protéines plus bas ; par contre, elle est augmentée par l'introduction d'un taux modéré de lactose, quelle que soit la composition du régime.

Par ailleurs, un régime contenant du lactose permet d'obtenir des carcasses significativement moins grasses ; cependant, pour un poids donné, la quantité de protéines varie peu, et la diminution de teneur en lipides s'accompagne d'une augmentation de la teneur en eau. Les poids des organes, et notamment celui du foie et du tractus digestif, sont plus élevés chez les animaux recevant du lactose que chez ceux recevant de l'amidon.

Le lactose est donc un sucre qui, donné en quantité modérée, permet d'augmenter l'efficacité d'une ration bien équilibrée par ailleurs, et qui permet d'obtenir des animaux plus maigres.

Reçu pour publication en juin 1964.

SUMMARY

INFLUENCE OF LACTOSE ON GROWTH AND BODY COMPOSITION IN THE WHITE RAT I. RELATION WITH THE PROTEIN CONTENT OF THE RATION

The study was made on 54 white rats of the *Wistar* C. F. strain in a factorial experiment with three levels of lactose, 0, 15 and 30 p. 100, and two levels of protein from herringmeal, 8 and 16 p. 100, in semi-synthetic diets (table 1). Six groups of 9 rats were fed to appetite for 8 weeks.

An increase of lactose in the diet reduced intake, more so when the diet had less protein, but daily gain was significantly reduced only when the diet with 30 p. 100 lactose was given (table 2 and graphs 1 and 2). As a result efficiency was increased on the diets with 15 p. 100 lactose and reduced on those with 30 p. 100.

During the first weeks the rats became adapted to the lactose, and this was reflected in an improvement in growth of the animals and their efficiency. The improvement was quicker when lactose was less and when protein was more (graph 3).

The improvement may partly be explained by a reduced cost of weight gain since the animals given lactose were less fat (table 3, graphs 4 and 5). It must be stated that at equal weights the protein content was the same whatever the diet. It might also be expected that there would be better utilisation of the other constituents of the diet when a moderate amount of lactose was given since, for the same gain of weight and thus the same gain of body protein, the amount of protein eaten was the same.

On the other hand, consumption of lactose results in modifications in the distribution of different organs. When given in increasing proportions in the diet it produced, at a given weight, enlargement of the caecum, a relative increase in size of liver and kidneys and an increase in the liver proteins relative to total body protein (tables 4, 5 and 6 ; graph 6).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ATKINSON R. L., KRATZER F. N., STEWART G. F., 1957. Lactose in animal and human feeding ; a review. *J. Dairy Sci.*, **40**, 1114-1132.
- BAILEY C. B., KITTS W. D., WOOD A. J., 1956. The developpement of the digestive enzyme system of the pig during its pre-weaning phase of growth. *Canad. J. Agric. Sci.*, **36**, 51-58.
- BARUAH J. N., DAVIES R. E., REID B. L., COUCH J. R., 1959. Effect of lactose on the utilisation of phosphorus from colloidal phosphate by chicks. *Proc. Soc. Exp. Med.*, **102**, 722-725.
- BECKER D. E., TERRILL S. W., 1954 a. Various carbohydrates in a semipurified diet for the growing pig. *Arch. Biochem. Biophys.*, **50**, 399-403.
- BECKER D. E., ULLREY D. E., TERRILL S. W., 1954 b. A comparison of carbohydrates in a synthetic milk diet for the baby pig. *Arch. Biochem. Biophys.*, **48**, 178-183.
- BRODY S., 1945. *Bioenergetics and growth*. Reinhold publishing corporation, New York.
- CAJORI F. A., 1935. The lactase activity of the intestinal mucosa of the dog and some characteristics of intestinal lactase. *J. Biol. Chem.* **109**, 159-168.
- CORYELL M. N., CHRISTMAN A. A., 1943. The utilisation of lactose by the fasting white rat. *J. Biol. Chem.*, **150**, 143-154.
- DOELL R. G., KRETCHMER N., 1963. Studies of small intestine during development. II — The intracellular location of intestinal β -galactosidase. *Biochem. Biophys. Acta*, **67**, 516-519.
- DUNCAN D. L., 1955. The physiological effects of lactose. *Nutr. Abstr. Rev.*, **25**, 309-320.
- DEUEL H. J., Mc KAY E. M., JEWEL P. W., GULICK M., GRUNEWALD C. F., 1933. Studies on ketosis III. The comparative glycogen formation and retention after the administration of glucose, galactose and lactose. *J. Biol. Chem.*, **101**, 301-322.
- DUPUIS Y., 1957 a. Lactose et utilisation du calcium. I. Influence du lactose sur les échanges calciques et sur le développement du squelette, du Rat en croissance soumis à diverses conditions alimentaires. *C. R. Soc. Biol.*, **151**, 1722-1725.
- DUPUIS Y., 1957 b. Influence du lactose sur l'excrétion urinaire d'acide citrique. *C. R. Soc. Biol.*, **151**, 1680-1682.
- DUPUIS Y., 1959. Du mécanisme d'action du lactose. Effets de l'ingestion de lactose sur la calcémie et la phosphatasémie du jeune rat préalablement soumis à un régime déficient en calcium. *C. R., Acad. Sci.*, **248**, 1852-1854.
- DUPUIS Y., BRUN P., FOURNIER P. L., 1962. Étude de l'activité du lactose facteur exogène de l'utilisation du calcium en fonction de la dose administrée. *C. R. Acad. Sci.*, **254**, 2230-2232.
- ERSHOFF B. H., DEUEL H. J., Jr., 1944. Inadequacy of lactose and β -lactose as dietary carbohydrates for the rat. *J. Nutr.*, **28**, 225-234.
- FISCHER J. E., SUTTON T. S., 1953. Effect of previous lactose feeding upon intestinal absorption of lactose in the rat. *J. Dairy Sci.*, **36**, 7-10.
- FISCHER J. E., SUTTON T. S., 1949. Effect of lactose on gastro-intestinal mobility : a review. *J. Dairy Sci.*, **32**, 139-162.
- FISCHER J. E., SUTTON T. S., LAWRENCE J. L., WEISER H. H., STALHY G. L., 1949. The effect of lactose feeding on lactase production. *J. Dairy Sci.*, **32**, 717-718.
- FOLIN O., BERGLUNG H., 1922. Some new observations and interpretations with references to transportation, retention, and excretion of carbohydrates. *J. Biol. Chem.*, **51**, 213-273.
- FOURNIER P. L., 1958. Étude en fonction du temps de l'influence de l'ingestion de lactose sur l'élimination urinaire du calcium et des acides citrique et α -cétoglutarique. *C. R. Soc. Biol.*, **152**, 579-581.
- FOURNIER P. L., DUPUIS Y., 1963. Le lactose, facteur indispensable, agit comme un inhibiteur du métabolisme énergétique. *C. R. Acad. Sci.*, **256**, 2238-2241.
- FOURNIER P. L., SUSBIELLE H., BESCOL-LIVERSAC J., 1959. Influence de la nature des composés glucidiques ingérés sur le développement des diverses parties du tube digestif du jeune rat. *C. R. Acad. Sci.*, **248**, 2799-2801.
- FOURNIER P. L., SUSBIELLE H., DUPUIS Y., 1960. Propriétés biologiques du lactose et fermentations intestinales. Cas de l'ablation du cæcum. *C. R. Acad. Sci.*, **250**, 1111-1113.
- HARPER A. E., MONSON W. J., ARATA D. A., BENTON D. A., ELVEHJEM C. A., 1953. Influence of various carbohydrates on the utilisation of low protein rations by the white rat. II. Comparison of several protein and carbohydrates. Growth and liver fat. *J. Nutr.*, **51**, 523-537.
- HARPER A. E., SPIVEY H. E., 1958. Relationship between food intake and osmotic effect of dietary carbohydrate. *Amer. J. Physiol.*, **193**, 483-487.
- HENRY Y., RÉRAT A., 1963. Étude de l'ingestion spontanée d'éléments énergétiques et de protéines chez le Rat en croissance par la méthode du libre choix. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, 103-117.
- HERZENBERG L. A., HERZENBERG L. A., 1959. Adaptation to lactose. *Nutr. Rev.*, **17**, 65-67.

- HUBER J. T., RIFKIN R. J., KEITH J. M., GRAF G. C., 1962. Effect of lactose level on intestinal lactase activity on the young calf. *J. Anim. Sci.*, **21**, 1000-1001.
- KLINE O. L., KEENAN J. A., ELVEHJEM C. A., HART E. B., 1932. Lactose in nutrition. *J. Biol. Chem.*, **98**, 121-131.
- LAWRENCE J. V., FISCHER J. E., SUTTON T. S., WEISER H. H., 1956. Adaptation of the rat to a high lactose diet. Effect on the size of the caecum. *Ohio J. Sci.*, **56** (2), 87-92.
- LECOQ R., 1933. Rôle de l'avitaminose B totale et de l'équilibre alimentaire dans l'utilisation du lactose par l'organisme du Rat. *C. R. Acad. Sci.*, **196**, 565-567.
- LE GALLIC P., 1956. L'équilibre alimentaire dans ses rapports avec la présence de lactose dans le régime. *C. R. Soc. Biol.*, **150**, 364-366.
- LENGEMANN F. W., 1959. The site of action of lactose in the enhancement of calcium utilisation. *J. Nutr.*, **69**, 23-27.
- MURAMATSU K., ASHIDA K., 1962. Effect of dietary protein level on growth and liver enzyme activities of rats. *J. Nutr.* **76**, 143-150.
- RÉRAT A., 1963. Conférence mondiale de Zootechnie, **2**, 89-105, European association for animal production, Rome.
- RÉRAT A., FÉVRIER C., HENRY Y., LOUGNON J., 1964. Évolution de la composition corporelle chez le Rat blanc en croissance. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 35-47.
- RÉRAT A., HENRY Y., 1963. Données non publiées.
- RIGGS L. K., BEATY A., 1947. Some unique properties of lactose as a dietary carbohydrate. *J. Dairy Sci.*, **30**, 939-950.
- ROBINSON C. S., DUNCAN C. W., 1931. The effect of lactose and the acid-base value of the diet on the hydrogen ion concentration on the intestinal content of the rat and their possible influence on calcium absorption. *J. Biol. Chem.*, **92**, 435-447.
- SCOTT E. M., VERNEY E. L., 1947. Self selection of diet. V. Appetite for carbohydrates. *J. Nutr.*, **34**, 401-407.
- SNEDECOR G. W., 1961. *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. 5th ed., Iowa State Univ. Press.
- TERROINE E. F., VALLA S., 1933. La valeur comparée des différents aliments protéiques dans la croissance. *C. R. Acad. Sci.*, **196**, 288-290.
- TOMARELLI R. M., HARTZ R., BENHART F. W., 1960. The effect of lactose feeding on the body fat of the rat. *J. Nutr.*, **71**, 221-227.
- WHITTIER E. O., CARY C. A., ELLIS N. R., 1935. The effect of lactose on growth and longevity. *J. Nutr.*, **9**, 521-532.
-