

Lactosérum sec dans l'alimentation du Porc.

III. — Conséquences sur l'activité de la lactase intestinale et de l'amylase pancréatique

C. FEVRIER, A. AUMAITRE

avec la collaboration technique de Huguette BONDU-DEWULF et M. KIEHL

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs
Centre National de Recherches Zootechniques, I.N.R.A.,
78350 Jouy-en-Josas, (France)*

Résumé

Une approche de l'étude des modifications de l'appareil digestif et des activités lactasique et amylolytique de porcs ayant reçu des taux croissants de lactosérum (0, 30, 60 p. 100) entre 8 semaines et l'abattage à 100 kg a été réalisée. La fourniture continue de lactose augmente le poids des contenus de l'intestin grêle et du gros intestin mais n'affecte pas le poids de muqueuse et musculieuse de l'intestin grêle. Le poids vide du gros intestin, hypertrophié comme l'est également le caecum, ainsi que celui de la muqueuse sont augmentés. Les activités spécifiques (par rapport à la teneur en azote) et totales de la paroi de l'intestin grêle ne varient ni avec la concentration de lactose dans le régime de sevrage distribué de 5 semaines à 21 kg, ni avec celle de la ration d'engraissement de 21 à 100 kg. En revanche l'activité lactasique de la paroi du gros intestin et du caecum est fortement augmentée lorsque les porcs reçoivent 60 p. 100 de lactosérum. L'activité lactasique des contenus intestinaux est aussi augmentée dans la partie distale du jéjunum, dans l'iléon, mais surtout dans le caecum et le côlon. L'activité de l'amylase (spécifique ou totale) n'est pas modifiée lorsqu'une partie de l'amidon de la ration est remplacée par du lactose. Enfin on n'observe que peu de corrélation intra-lot entre l'activité lactasique totale et les performances de croissance. Toutefois les porcs présentant la plus forte activité lactasique totale, endogène et exogène, tendent à avoir une meilleure vitesse de croissance. Quelques hypothèses sur le rôle des fermentations dans la digestion du lactose chez le porc sont proposées.

I. — Introduction

La forte teneur en lactose du lactosérum a été souvent avancée pour expliquer les intolérances digestives observées chez les animaux recevant de grandes quantités de cet aliment après le sevrage. Ainsi le Rat, animal très souvent utilisé

(*) Publication partielle. FEVRIER C., AUMAITRE A., 1971. Évolution de l'activité lactasique de l'intestin du porc en fonction du régime. Journées d'études sur la physiologie et la biochimie de la digestion. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 11 330-331 (Abstract).

pour les études sur le lactose, tolère mal ce glucide lorsqu'il intervient pour plus de 20 p. 100 de sa ration (DAHLQUIST et THOMSON, 1964; FEVRIER et RERAT, 1964). Le porc peut également développer une diarrhée abondante lorsque sa ration en contient plus de 30 p. 100 (SHAERER et DUNKIN, 1968; FEVRIER, 1978), surtout si l'aliment est fourni sans respecter un apport progressif de lactose (EKSTROM, GRUMMER et BENEVENGA, 1976). La réduction de l'appétit de l'animal, associée à une diminution de l'efficacité alimentaire, limite alors les performances de croissance. Immédiatement après le sevrage, le Rat (KOLDOVSKY *et al.*, 1966) comme le porcelet (SEWELL et WEST, 1965) utilisent encore parfaitement les éléments nutritifs d'une ration contenant jusqu'à 30 p. 100 de la matière sèche sous forme de lactose apporté par le lait ou sous forme purifiée. Cependant l'activité lactasique endogène de l'intestin grêle diminue déjà fortement pendant l'allaitement, et la faiblesse ou l'inadaptation des capacités digestives (AUMAITRE et CORRING, 1978), notamment de l'activité de la lactase intestinale après le sevrage (MANNERS et STEVENS, 1972), peuvent être responsables de cette situation d'intolérance digestive vis-à-vis d'un aliment fortement lactosé. L'hypothèse d'une prévention de la chute de cette activité par le maintien d'une forte proportion de lactose dans la ration de sevrage a été avancée et démontrée chez le veau (HUBER, RIFKIN et KEITH, 1964) mais elle est plus controversée chez le Rat. En effet, chez ce dernier, CAIN *et al.* (1969), SRIRATANABAN, SYMYNKYWICZ et THAYER (1971), puis JONES, SOSA et SKROMAK (1971), ne peuvent la démontrer; par contre, LEBENTHAL, SUNSHINE et KRETCHMER (1973), observent que cette diminution d'activité peut être partiellement prévenue par des régimes de sevrage riches en lactose. Chez le Porc, à notre connaissance, l'hypothèse n'a pas encore été vérifiée. Enfin, seule la lactase endogène de la muqueuse de l'intestin grêle est considérée par les expérimentateurs. L'hypothèse de la participation de la lactase de la flore intestinale a été formulée depuis longtemps chez le Porc (FRIEND, CUNNINGHAM et NICHOLSON, 1963) et chez le Rat (DAHLQVIST et THOMSON, 1964). Toutefois elle n'a été reprise que récemment chez le Rat par HENNING et KRETCHMER (1973) et chez le Porc par EKSTROM, GRUMMER et BENEVENGA (1976).

Aussi avons nous tenté de mesurer les activités spécifiques lactasiques et amylolytiques de la muqueuse intestinale, ainsi que celles de la flore intestinale, chez des porcs de 100 kg de poids vif, ayant reçu divers taux de lactose depuis leur sevrage à cinq semaines, et dont les caractéristiques de croissance ont été précédemment décrites (FEVRIER et AUMAITRE, 1978).

II. — Matériel et méthodes

Quatre-vingt porcelets de 100 ± 3 kg ont été retenus parmi 14 portées de 6 porcelets (12 + 2 portées complémentaires) affectés à une expérience factorielle $3 \times 3 \times 2$. Trois taux de lactosérum sec dans le régime de sevrage distribué entre 5 semaines et 21 kg de poids vif : 0 (5 p. 100 de lait écrémé), 10 et 20 p. 100 ont été combinés avec trois taux de lactosérum sec dans le régime de croissance-finition (0, 30 et 60 p. 100) puis avec 2 taux de protéines brutes dans le régime de finition (11 et 18 p. 100) (FEVRIER et AUMAITRE, 1978).

Après un jeûne de 18 à 20 heures les porcs ont été sacrifiés par électronarcose puis saignés. Le pancréas et le tube digestif ont alors été prélevés dans les cinq minutes suivant la mort de l'animal et plongés dans la glace fondante. Les dissections et l'isolement des différentes fractions de l'intestin ont été réalisés, toujours

au froid, dans les deux heures suivantes. Le pancréas et 2 segments successifs de l'intestin grêle proximal (duodénum = 35 cm = I₁; jéjunum = 150 cm suivants = I₂, mesurés sur l'intestin déroulé) ont été retenus pour la détermination des activités enzymatiques sur la totalité des porcs abattus. Pour 9 d'entre eux seulement (4 témoins privés de lactosérum, 5 recevant 60 p. 100 de lactosérum entre 25 et 100 kg), l'ensemble de l'intestin grêle, du caecum, du gros intestin et de leurs contenus respectifs (tabl. 4) ont été fractionnés en 12 échantillons individualisés par animal. L'intestin grêle total (ou segmenté) et le gros intestin débarrassés de la graisse viscérale et du mésentère ainsi que leurs contenus ont été pesés. Le poids des contenus a été déterminé par différence après rinçage de l'intestin. Toutes ces opérations se sont déroulées au froid et les fractions d'intestin ont été rincées délicatement à l'eau du robinet pour éliminer au maximum les reliquats de contenu intestinal. Les segments d'intestin ont ensuite été grattés rapidement sur une plaque de verre à l'aide d'une lame de matière plastique dure pour récupérer l'ensemble de la muqueuse et de la musculature, indissociables anatomiquement. Tous les échantillons ont ensuite été conservés au froid (2 à 4°) et traités dans les 24 heures. Ils ont été dilués et homogénéisés dans une solution glacée de NaCl à 9 p. 1000, à l'aide d'un broyeur « Ultraturrax, X 22-11 » pendant 3 périodes d'une minute espacées chacune de 30 secondes.

Les activités lactasiques *in vitro* ont été déterminées conformément à la technique précédemment décrite (AUMAITRE et CORRIG, 1978).

Les résultats ont été exprimés en micromoles de lactose hydrolysées par minute ou unité internationale d'activité lactasique. Les activités amylolytiques *in vitro* vis-à-vis d'un amidon soluble de pomme de terre linnérisé (PROLABO, n° 21.153) ont été déterminées selon une méthode antérieurement exposée (AUMAITRE, JOUANDET et SALMON-LEGAGNEUR, 1964). Les résultats ont été exprimés en grammes d'amidon hydrolysé par 20 mn (correspondant à la quantité de maltose libérée).

Les activités lactasiques et amylolytiques ont été exprimées soit en activité totale par organe ou par segment, soit en activité spécifique se rapportant à la quantité de protéines brutes (g) dosée par la méthode Kjeldahl (N × 6,25).

III. — Résultats

Poids du pancréas et des différentes fractions du tube digestif

Quel que soit le traitement expérimental, le poids du pancréas n'est pas modifié de manière statistiquement significative. Quant au poids frais de muqueuse intestinale (muqueuse + musculature) de l'intestin grêle (185 premiers cm), il n'est pas non plus modifié par le traitement alimentaire mais il tendrait à être légèrement plus élevé pour les mâles castrés que pour les femelles (206 g contre 174 g) (tabl. 1).

Pour les 9 porcs dont l'intestin a été totalement prélevé et disséqué, les poids de l'intestin vide, de l'ensemble muqueuse et musculature puis des contenus frais ont été déterminés sur trois fractions : intestin grêle, caecum et côlon + rectum. Les résultats rapportés au tableau 2 font apparaître une variation individuelle importante. Cependant, le poids vide du gros intestin des porcs recevant du lacto-

TABLEAU I

*Poids du pancréas et de la muqueuse duodéno-jéjunale**Average weight of pancreas and mucosa collected from the duodenum and the jejunum*

	Taux de protéines en finition <i>Proteins level in finishing diets</i>	Sexe	Taux de lactosérum sec <i>Dried whey level %</i>			Signification statistique <i>Statistical significance</i>
			0	30	60	
Pancréas (g) <i>Pancreas</i>	18 %	♂	115,8	117,5	115,8	NS
		♀	111,9	109,3	122,2	
		\bar{x}	113,8	113,4	119,0	
	11 %	♂	105,5	101,1	104,5	
		♀	109,4	115,7	116,4	
		\bar{x}	107,4	108,4	110,4	
Muqueuse et musculature duodéno-jéjunale 185 cm (frais) <i>Duodeno-jejunal mucosa and muscular membrane, fresh</i>	18 %	♂	221	211	232	Effet sexe : $P \leq 0,05$
		♀	134	149	205	
		\bar{x}	177	180	218	
	11 %	♂	201	179	192	
		♀	194	202	164	
		\bar{x}	197	190	176	

N.S. : Non significatif (*Non significant*).

Les effets du régime d'élevage (5 semaines - 21 kg) n'étant pas statistiquement significatifs, les valeurs correspondantes n'ont pas été détaillées. (*The effects of the growing diet (5 weeks - 21 kg) being not statistically significant, the corresponding values have not been detailed*).

sérum est plus élevé que celui des porcs témoins et surtout le poids de muqueuse est presque doublé. Les différences de poids ne sont pas notables pour l'intestin grêle ou le caecum. En revanche le contenu de l'intestin grêle des porcs soumis au lactosérum est plus important que celui des porcs témoins. Mais le caecum qui présente une hypertrophie caractéristique n'est pas significativement plus lourd que celui des animaux témoins. Toutefois, les coefficients de variation les concernant sont très importants.

Activité lactasique intestinale

Les activités lactasiques totales et spécifiques de la partie proximale (duodénum et début du jéjunum), déterminées sur 8 à 9 porcs par groupe soit 24 à 27 porcs par taux de lactosérum dans l'aliment de croissance-finition, diminuent presque linéairement en fonction de ce taux (fig. 1). Toutefois, en raison d'une forte variabilité (tabl. 3), les différences observées ne sont pas significatives. La composition de l'aliment de sevrage, pas plus que la teneur en protéines de l'aliment distribué après 50 kg de poids vif n'entraînent de variations de l'activité lacta-

TABLEAU 2

Caractéristiques pondérales de l'intestin
Average weight of the intestinal tract and its content

	Poids vide, frais <i>Empty weight fresh</i>		Poids de muqueuse + musculature, fraîche <i>Mucosa and muscular membrane fresh</i>		Poids des contenus intestinaux frais <i>Weight of intestinal contents fresh</i>	
Taux de lactosérum (<i>Dried whey level %</i>)	0	60	0	60	0	60
Nombre de porcs (<i>Nb of pigs</i>)	4	5	4	5	4	5
Intestin grêle (<i>Small intestine</i>) Moyenne \bar{x} (<i>Mean</i>) (g)	2 087 (259)	2 039 (315)	1 293 (115)	1 380 (295)	865 (403)	1 457 (498)
Caecum (<i>Caecum</i>) : Moyenne \bar{x} (<i>Mean</i>) (g)	225 (158)	226 (70)	58 (51)	79 (34)	376 (220)	374 (118)
Gros intestin (<i>Large intestine</i>) : Moyenne \bar{x} (<i>Mean</i>) (g)	833 (153)	1 434 (220)	239 (68)	499 (55)	792 (420)	839 (261)
Totalité (<i>Whole intestine</i>) : Moyenne \bar{x} (<i>Mean</i>) (g)	3 145 (418)	3 699 (420)	1 590 (150)	1 959 (125)	2 033 (456)	2 670 (315)

(Écart-type $S\bar{x}$.g) (*Standard Error .g*).

sique intestinale à 100 kg (fig. 1). L'expression des résultats moyens de l'activité lactasique totale suivant le dispositif factoriel (tabl. 3) souligne encore mieux l'absence d'effet significatif. Mais paradoxalement, ce sont les animaux ayant reçu un aliment de sevrage renfermant 20 p. 100 de lactosérum, puis un aliment de croissance à 60 p. 100, qui présentent l'activité lactasique totale endogène de l'intestin la plus faible.

La comparaison des résultats observés dans les segments distaux de l'intestin (fig. 2) entre les régimes extrêmes (0 et 60 p. 100 de lactosérum) montre une augmentation significative de l'activité lactasique totale dans la paroi du caecum et du gros intestin seulement. En revanche, l'activité lactasique totale exogène des contenus augmente fortement dans le jéjunum, l'iléon, le caecum et surtout le gros intestin. Ainsi, dans le contenu de ce dernier, l'activité est multipliée par 6 lorsque le taux de lactose augmente de 0 à 42 p. 100. L'activité spécifique exprimée par rapport à la teneur en protéines totale des contenus (tabl. 4) est faible dans le lot témoin. Elle est fortement augmentée (multipliée par 2 à 10) dans les contenus après surcharge de la ration en lactose. Enfin, cette activité lactasique spécifique des contenus s'avère beaucoup plus forte que l'activité spécifique des tissus intestinaux, même dans le jéjunum où elle est à sa valeur

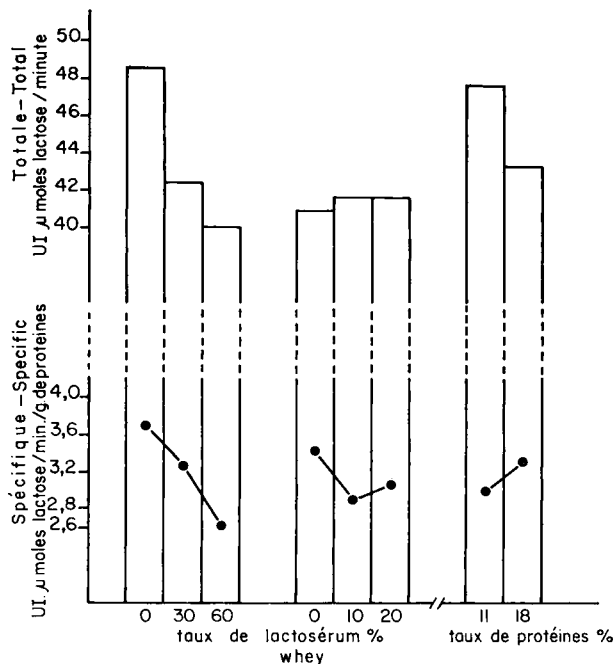


FIG. 1. — *Activité lactasique totale et spécifique dans le duodénum et le jéjunum (185 cm d'intestin grêle à partir du pylore).*
Total and specific lactase activity in the duodenum and the jejunum (185 cm of small intestine from pylorus).

maximum. Cependant la teneur en azote total prise comme référence a pour origine non seulement la muqueuse intestinale mais aussi la musculuse, et dans le cas des contenus elle tient compte de la flore intestinale mais aussi des protéines endogènes et des matières azotées alimentaires dont les proportions respectives ne peuvent être appréciées par les méthodes ici utilisées.

Activité amylolytique du pancréas et de l'intestin

L'activité amylolytique totale du pancréas est très élevée à 100 kg, alors que celle de la paroi de l'intestin est environ 1 000 à 2 000 fois plus faible. Aucune variation de l'activité de l'amylase pancréatique suivant le régime du Porc n'est décelée dans le pancréas des animaux au moment de leur abattage. En effet, en présence d'une quantité de glucides toujours équivalente, l'augmentation de la proportion de lactose par rapport à l'amidon n'entraîne pas de variation de l'activité, tant totale que spécifique, de l'amylase pancréatique. Ainsi, lorsque le taux d'amidon varie de 15 à 62 p. 100 (tabl. 5) dans la ration distribuée de 50 à 100 kg, soit environ pendant 3 mois consécutifs, aucune variation de l'activité de l'amylase n'est décelée dans le pancréas des animaux au moment de leur abattage.

TABLEAU 3

Influences respectives du taux de lactosérum dans les rations de sevrage puis de croissance sur l'activité totale et spécifique de la lactase intestinale

Influence of the level of dietary whey in the weaning and growing period on total and specific lactase activity in the intestine

	Taux de lactosérum dans la ration de 25 à 100 kg <i>Level of whey in the diet 25-100 kg liveweight (%)</i>	Taux de lactosérum dans l'aliment de sevrage <i>Level of whey in the starter diet (%)</i>			Coefficient de variation <i>Coefficient of variation (%)</i>	Signification statistique <i>Statistical analysis</i>
		0	10	20		
Activité Totale	0	39,3	49,5	59,0	66-78	NS
U.I./Intestin (1)	30	44,7	38,0	44,6	50-92	
(Total Activity (I.U./Intestine)	60	44,7	43,9	30,6	73-91	
Activité Spécifique	0	3,77	4,09	3,16	60-71	NS
U.I./g protéines (2)	30	3,92	2,82	3,20	76-90	
(Specific Activity (I.U./protein g.)	60	2,77	2,04	3,13	75-100	

(1) Micromoles de lactose hydrolysées par minute et par intestin (*Micromoles of lactose hydrolyzed per minute per intestine*).

(2) Micromoles de lactose hydrolysées par minute et par gramme de protéines de la muqueuse (*Micromoles of lactose hydrolyzed per minute per g of mucosa protein*).

TABLEAU 4

Activité lactasique spécifique dans les organes digestifs et leur contenu chez le Porc suivant le taux de lactosérum (Unités par mg de protéines N × 6,25)

Specific lactase activity in the different parts of the intestine and their content on pigs fed different level of whey (units per mg of protein N × 6,25)

Activité lactasique dans <i>(Lactase activity in)</i>	Muqueuse intestinale <i>(Intestinal mucosa)</i>		Signification statistique (2) <i>Statistical analysis (2)</i>	Contenu intestinal <i>Intestinal content</i>		Signification statistique (2) <i>Statistical analysis (2)</i>
	0	60		0	60	
Taux de lactosérum dans la ration (%) <i>Level of whey in the diet</i>						
Duodénum (<i>Duodenum</i>) I ₁	0,22	0,34	NS	(3)		NS
Jejunum (<i>Jejunum</i>) I ₂	1,28	1,26	NS	3,18	2,72	
Jéjunum (<i>Jejunum</i>) I ₃	2,64	1,82	NS			
Jéjunum-Iléon (<i>Jejunum-Ileum</i>) I ₄	0,37	0,42	NS	1,68	2,68	*
Iléon (<i>Ileum</i>) I ₅	0,24	0,22	NS	1,58	2,62	*
Caecum (<i>Caecum</i>) C	0,14	0,28	*	0,78	6,04	**
Gros intestin (<i>Large intestine</i>) GI	0,16	0,40	*	0,74	6,70	**

(1) Segments successifs de l'intestin à partir du pylore. I₁ = 35 cm, I₂ = 150 cm suivants; I₃, I₄ et I₅ représentent chacun le tiers de la longueur restante. (*Successive parts of the gut from pylorus: I₃, I₄ and I₅ = 1/3 of the rest*).

(2) NS : non significatif; * et **, P < 0,05 ou 0,01 (NS : non significant; * et **, P < 0,05 or 0,01).

(3) I₁ + I₂ + I₃ : contenus regroupés (*Pooled content of I₁ + I₂ + I₃*).

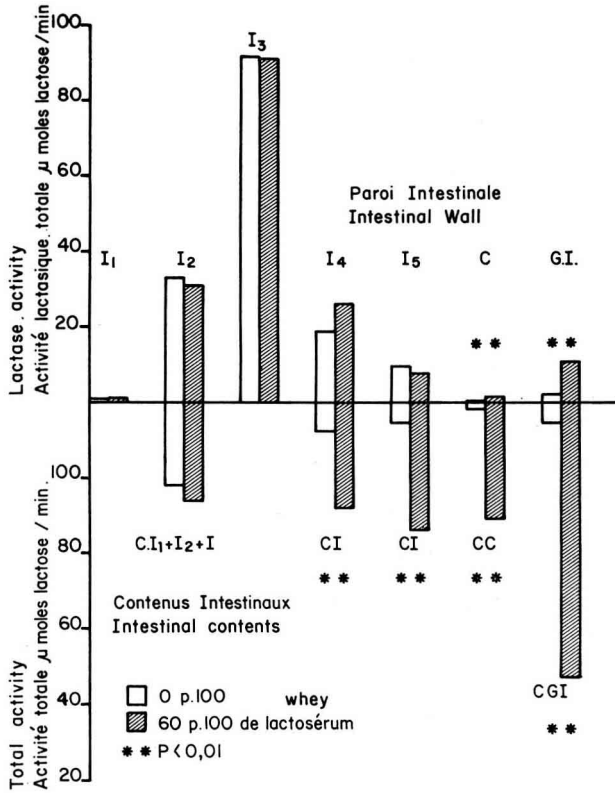


FIG. 2. — *Activité lactasique totale observée dans les divers segments intestinaux et leur contenu (Légende identique au tabl. 3).*
Total lactase activity in different parts of the gut and its content (see footnote table 3).

Corrélations entre les activités enzymatiques et les performances de croissance

Il était intéressant de rechercher dans quelle mesure les activités spécifiques ou totales, peu variables avec le traitement, mais présentant en revanche une variation intra-lot importante, étaient liées avec les performances de croissance intra-lot. En ne tenant compte que de l'activité lactasique totale duodéno-jéjunale (I₁ + I₂) sur 22 à 27 couples de données selon les lots expérimentaux, on n'observe aucune corrélation significative avec le gain de poids quotidien ou l'efficacité alimentaire (gain de poids/quantité d'aliment ingéré) (tabl. 6). Il en est de même pour ce qui concerne l'activité amylolytique totale du pancréas.

Sur les 9 animaux pour lesquels les activités enzymatiques ont été déterminées sur l'ensemble du tube digestif et de leurs contenus, on observe quelques corrélations statistiquement significatives (tabl. 7). Par ailleurs certains coefficients de corrélation élevés apparaissent pour des activités enzymatiques dont le niveau est très variable et de plus très faible vis-à-vis de l'activité totale déterminée sur l'ensemble de l'intestin; c'est le cas par exemple pour l'activité lactasique

TABLEAU 5

Activité totale et spécifique de l'amylase dans le pancréas suivant les taux respectifs de lactosérum d'amidon et de protéines de la ration entre 25 et 100 kg

Total and specific activity of pancreatic amylase according to the level of dietary whey starch and crude protein of the diet fed from 25 to 100 kg

Teneur de la ration (%) (1) Content of the diet (%)			Effectifs N° of samples	Activité de l'amylase Amylase activity	
Lactosérum Whey	Amidon Starch	Protéines Crude Protein		Totale : g amidon Total : g of starch	Spécifique : g amidon/g protéines Specific g : of starch/g protein
0	55	18	(16)	3 952 (22) (*)	192
	62	11	(11)	3 663 (22)	174
30	35	18	(16)	4 395 (28)	186
	42	11	(11)	3 477 (16)	198
60	15	18	(20)	3 604 (33)	172
	22	11	(11)	3 600 (25)	210

(*) Coefficient de variation des valeurs moyennes (Coefficient of variation of the mean values).

(1) Régimes distribués entre 50 et 100 kg de poids vif (Diets fed between 50-100 kg liveweight).

TABLEAU 6

Corrélations entre les performances de croissance et les activités lactasiques duodéno-jéjunale et amylolytique pancréatique

Relationship between growth performance and duodenal-jejunal lactase and amylolytic pancreatic activities

	Activité lactasique duodéno-jéjunale totale (I ₁ + I ₂) Total duodeno jejunal lactase activity			Activité amylolytique pancréatique totale Total pancreatic amylase activity		
	0	30	60	0	30	60
Taux de lactosérum dans la ration (Dried whey level in the diet)	0	30	60	0	30	60
Nombre de couples (Number of pairs)	23	26	27	22	26	27
Corrélation avec (Correlation with) :						
Gain moyen quotidien (Daily weight gain) . . .	r = -0,07	r = 0,00..	r = 0,05	r = 0,32	r = 0,02..	r = 0,12
Efficacité alimentaire (Feed efficiency)	r = -0,06	r = 0,00..	r = 0,02	r = 0,16	r = -0,24	r = -0,05

(*) Gain moyen quotidien et indices de consommation sont rapportés dans FÉVRIER et AUMAITRE, 1978 (Growth performance, food conversion ratio were presented in FÉVRIER and AUMAITRE, 1978).

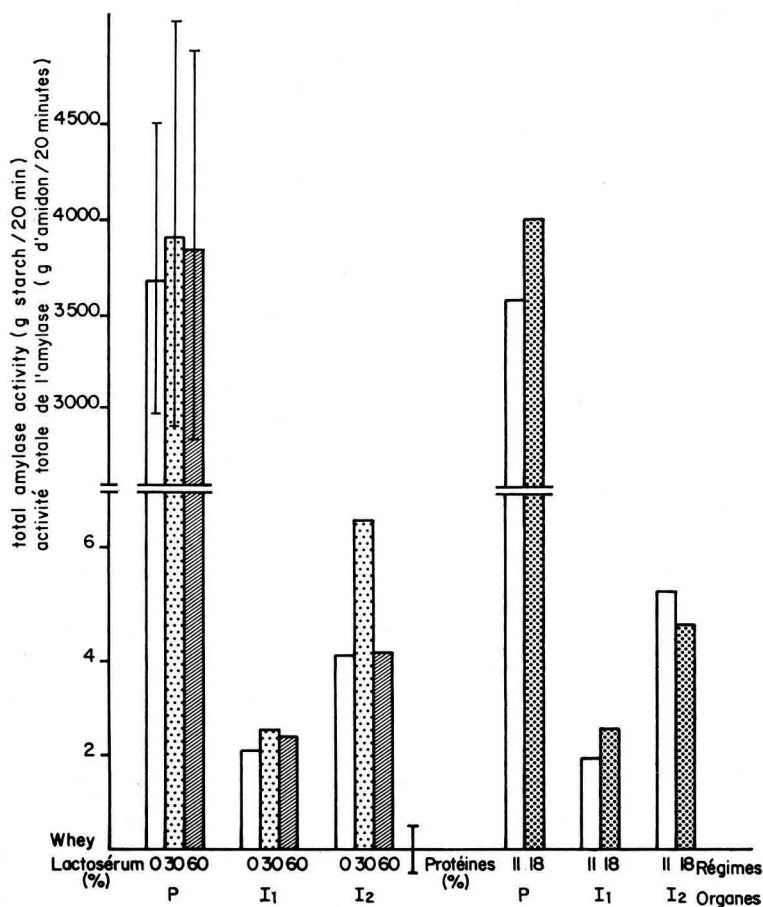


FIG. 3. — Activité totale de l'amylase dans le pancréas (P), le duodénum (I₁) et le jéjunum (I₂) suivant le régime alimentaire.

Total amylase activity in the pancreas (P), duodenum (I₁) and proximal jejunum (I₂) according to the diet.

du gros intestin des porcs témoins (tabl. 7). On peut toutefois noter une certaine relation entre le niveau d'activité totale de la lactase intestinale, muqueuse comme contenu, et les performances de croissance; et paradoxalement une relation inverse avec les activités amylolytiques dans le lot recevant 60 p. 100 de lactosérum sec.

IV. — Discussion et conclusions

L'augmentation du taux de lactosérum dans la ration n'a modifié ni le poids du pancréas ni celui de l'intestin grêle vide non plus que le poids de l'ensemble musculuse et muqueuse. Ainsi conformément aux résultats de EKSTROM, BENEVENGA et GRUMMER, 1975, on peut donc penser que le lactose en forte proportion

TABLEAU 7

Valeur absolue des activités enzymatiques totales mesurées dans différentes parties de l'intestin et corrélation avec les performances de croissance

Level of the enzymatic activities measured in different parts of the intestinal tract and correlation with the daily growth rate

% de lactosérum sec dans la ration (Dried whey level in the diet %).	0			60				
	Nombre de porcs étudiés (Number of pigs)			5				
Gain moyen quotidien (G.M.Q.) (Average daily weight gain) (A.D.G.)	$\bar{x} = 544$ (68) (*)			$\bar{x} = 510$ (44)				
	Efficacité alimentaire (E.A.) (Feed efficiency F.E.)			$\bar{x} = 0,265$ (0,015)				
Corrélation avec (Correlation with)	G.M.Q. A.D.G.		E.A. F.E.		G.M.Q. A.D.G.		E.A. F.E.	
	\bar{x}	$r =$	$r =$	\bar{x}	$r =$	$r =$	\bar{x}	$r =$
Lactase totale (1) (Total lactase) soit	396,6	0,30	0,06	737	0,94	0,64		
Muqueuse (Mucosa) :								
● Intestin grêle (Small intestine)	300,8	0,29	0,05	313,8	0,49	0,11		
● Caecum (Caecum)	0,4	0,79	0,66	7,4	0,65	0,40		
● Gros intestin (Large intestine)	4,6	0,09	0,05	11,5	0,43	0,05		
Contenus (Contents) :								
● Intestin grêle (Small intestine)	76,4	0,18	0,45	176,0	0,60	0,89		
● Caecum (Caecum)	4,0	0,36	0,54	62,2	0,13	0,08		
● Gros intestin (Large intestine)	10,4	0,94	0,82	146,0	0,56	0,59		
Pancreas (pancreas)	1,16	0,61	0,76	1,10	0,86	0,37		
Amylase totale (2) (Total amy- lase), soit	3 608	0,71	0,77	3 817	0,73	0,60		
Muqueuse (Mucosa)	60,4	0,37	0,32	71,7	0,96	0,58		
Contenus (Contents)	288,4	0,55	0,37	438,8	0,84	0,40		
Pancreas (Pancreas)	3 259	0,85	0,88	3 306	0,52	0,53		

(1) μ moles de lactose hydrolysé par minute (μ moles of lactose hydrolysed per minute).

(2) g d'amidon hydrolysé par 20 minutes (g of starch hydrolyzed in 20 minutes).

(*) Écart-type ($S\bar{x}$ standard deviation).

$p < 0,01$: $r = 0,92$; $p < 0,02$: $r = 0,88$; $p < 0,05$: $r = 0,81$; $p < 0,1$: $r = 0,72$.

ne modifie pas la composition de la paroi intestinale. Contrairement aux expériences antérieures et aux observations communes aux différents auteurs (SHEARER et DUNKIN, 1968; FÉVRIER, COLLET et BOURDON, 1973; FÉVRIER 1978), les poids du caecum et de son contenu n'ont pas été significativement plus élevés sous l'effet du lactose, bien que présentant anatomiquement une forte distension. Cependant le poids du côlon restait plus élevé sous l'effet du lactose ce qui confirme donc les observations générales.

Ces différences de répartition des poids de contenus entre l'intestin grêle le caecum et le côlon dépendent surtout de la vitesse de transit dans l'intestin et du temps du jeûne avant l'abattage, plus long pour cette expérience que lors des précédentes. Un autre facteur de variation peut être dû au fait que les porcs disposaient d'eau *ad libitum* alors qu'ils étaient rationnés dans l'expérience précédente (FÉVRIER, 1978), ce qui a pu modifier le transit intestinal.

Les valeurs de l'activité lactasique des différents segments intestinaux conduisent à quelques remarques. L'activité spécifique varie suivant le site, ainsi en accord avec DALQVIST (1961) et EKSTROM, BENEVENGA et GRUMMER (1975), elle est maximale dans le jéjunum et non dans le duodénum. De plus l'activité endogène est faible chez les porcs de 100 kg comparativement aux activités observées chez le jeune, confirmant ainsi les résultats de TACU et ROMMER, 1972; MANNERS et STEVENS, 1972, et par comparaison à nos données précédentes (AUMAITRE et CORRING, 1978).

Aux erreurs de prélèvement près des échantillons de muqueuse, et notamment d'une contamination toujours possible de celle-ci par les microorganismes intestinaux riches en lactase, on trouverait une adaptation de la lactase endogène à l'élévation du taux de lactose dans la ration, pour les parties distales du tube digestif. Il n'y a d'ailleurs pas de corrélation significative entre l'activité de la lactase endogène et celle du contenu de segment intestinal correspondant ($r = 0,36$ pour 4 dl).

Toutefois, c'est l'absence de réponse de l'activité lactasique endogène de l'intestin grêle à une augmentation du taux de lactose de la ration et de la quantité ingérée qui doit retenir notre attention. De tels résultats peuvent nous éclairer sur l'existence de deux processus très différents de digestion du lactose chez le Porc. En effet, pour des taux élevés de lactose, une partie seulement de la quantité ingérée est hydrolysée puis absorbée sous forme de glucose et galactose (RERAT *et al.*, 1977). L'excès de lactose est ensuite fermenté par la flore intestinale riche en lactase, ainsi que nos données le montrent, pour donner de l'acide lactique et des acides gras volatils dans le caecum et le gros intestin (FRIEND, CUNNINGHAM et NICHOLSON, 1963). Cette hypothèse a été récemment confirmée chez le porc par EKSTROM, GRUMMER et BENEVENGA (1976) et par KIM, BENEVENGA et GRUMMER (1976) qui de plus ont chiffré chez le rat adulte la fraction non hydrolysée de 30 à 40 p. 100 de la fraction absorbée pour un régime à 30 p. 100 de lactose (KIM, BENEVENGA et GRUMMER, 1978), précisant ainsi les travaux de DAHLQUIST et THOMSON (1964). On est donc conduit à admettre que l'activité lactasique endogène chez le Porc est non adaptative alors que l'activité exogène au contraire augmente avec la teneur en lactose de l'aliment et permet une adaptation aux régimes riches en lactose avec toutefois une perte de rendement énergétique.

Sur le plan physiologique on est en droit de douter du rôle du niveau de la lactase endogène sur les performances de croissance. En revanche, malgré le nombre réduit d'animaux il existe une corrélation positive entre le niveau d'activité de la flore intestinale (intestin grêle et côlon) et ces performances, ce qui

confirme l'hypothèse précédente. Un plus grand nombre d'animaux serait cependant nécessaire pour tenir compte des variations individuelles importantes.

Tout se passe donc comme si le potentiel enzymatique endogène de digestion du lactose chez le Porc était constant. Une telle affirmation peut être étayée par la mesure quantitative des produits d'hydrolyse apparus dans l'organisme (RERAT, 1975). En effet, les quantités invariables absorbées pendant 8 heures, quelle que soit la quantité de lactose ingérée confirment le pouvoir digestif limité de l'intestin du Porc vis-à-vis de ce diholoside incorporé dans la ration. Enfin, le rôle de la flore intestinale dans la digestion du lactose chez le Porc est définitivement démontrée par KENWORTHY (1973) qui prouve une excrétion fécale de lactose chez les animaux axéniques chez lesquels toute digestion microbienne est exclue.

Comme la plupart des auteurs l'ont montré chez le Rat (CAIN *et al.*, 1969 SRIRATANABAN, SYMYNKYWICZ et THAYER, 1971; JONES, SOSA et SKROMAK, 1971 et dans une certaine mesure LEBENTHAL, SUNSHINE et KRETCHMER, 1973), on peut affirmer que l'incorporation de lactose dans la ration de sevrage puis dans l'aliment de croissance du Porc est incapable de maintenir l'activité lactasique endogène de l'intestin grêle au niveau observé chez l'animal allaité.

Enfin, en ce qui concerne l'activité de l'amylase pancréatique, on peut être surpris des valeurs observées dans le cas des animaux recevant une forte quantité de lactose et peu d'amidon. L'activité amylolytique est aussi forte chez les animaux nourris au lactose que chez les animaux recevant seulement l'amidon alors qu'il est démontré que l'activité de l'amylase du suc pancréatique de Porc varie dès que l'on augmente le taux d'amidon du régime (CORRING, 1975). Il semble bien qu'un régime à base de lactose soit également capable de stimuler, par l'intermédiaire du glucose, la biosynthèse de l'amylase ainsi que l'a montré BEN ABDELJLIL (1965) chez le Rat après GROSSMAN, GREGGAARD et IVY (1944), avec le maltose, et BEN ABDELJLIL et DESNUELLE (1964) avec le glucose.

L'étude des modalités de la digestion du lactose dans le caecum et le gros intestin du Porc mériterait d'être approfondie à partir des travaux de FRIEND CUNNINGHAM et NICHOLSON (1963), en précisant le rôle de la flore digestive, ses possibilités d'adaptation à un régime riche en lactose, ainsi que la nature des produits de la digestion, afin de mieux connaître la valeur nutritive de ce diholoside chez les animaux monogastriques, et les limites de tolérance digestive et métabolique.

Accepté pour publication en septembre 1978.

Summary

Use of dried whey in pig feeding

III. — *Consequences on the activity of intestinal lactase and pancreatic amylase*

The characteristics of the digestive tract of pigs receiving a rich whey diet were studied at the moment of slaughter (100 kg, 6-7 months of age).

After weaning at 5 weeks, the animals were distributed into 3 groups receiving 0, 10 or 20 p. 100 whey. From the weight of 25 kg, the piglets were allotted to 3 groups according to a factorial design and individually fed a diet containing 0, 30 or 60 p. 100 dried whey (table 1). Immediately after slaughter, the pancreas was excised for determining the amylolytic activity, the duodenum and the proximal part of the jejunum for measuring lactase. In 5 animals receiving 60 p. 100 whey and in 4 control animals (0 p. 100 whey), the whole small intestine, the caecum

and the large intestine together with their contents were sampled and the lactase activity and protein content ($N \times 6.25$) measured in the mucosa + muscular membrane of each of the 7 segments.

The fresh weights and total protein contents of the small bowel and of the caecum did not vary with the dietary whey level (table 2). On the other hand, the weight of the large intestine and of its content was always higher in the presence of whey. Contrary to the presumptions, the total and specific lactase activity of the small intestine did not significantly vary with the dietary lactose level (fig. 1, table 3). It even tended to decrease with the maximum whey level tolerated by the pig (60 p. 100). Only the endogenous activity of the caecal mucosa and that of the large intestine significantly increased between 0 and 60 p. 100 whey (fig. 2).

The lactase activity of the contents of the distal small bowel (ileum) and of those of the caecum and large bowel also strongly increased (2-10 times) with the high lactose levels. The activity of pancreatic amylase was not reduced when the dietary lactose and not the starch level increased (table 5, fig. 3).

Only a very small within group correlation was observed between total lactase activity and growth performance. However, there was a trend for such a correlation when considering the sum of endogenous and exogenous activities. Thus, it may be assumed that digestion of lactose in the pig is realized by endogenous lactase until a given dietary lactose level and then by lactase proceeding from the intestinal flora established in the distal part of the digestive tract. Accordingly, endogenous lactase seems to be a non adaptative enzyme contrary to exogenous lactase (microbial).

The incorporation of whey into the weaning diet does not prevent the decrease in the lactase activity occurring after suckling and does absolutely not prepare the animal to a better tolerance of a rich lactose diet appeared from 25 kg live weight.

Références bibliographiques

- AUMAITRE A., JOUANDET C., SALMON-LEGAGNEUR E., 1964. Études des activités amylolytiques chez le porcelet en cours de sevrage. *Ann. Zootech. H. S.*, **13**, 55-74.
- AUMAITRE A., CORRING T., 1978. Development of digestive enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. II. Intestine and intestinal disaccharidases. *Nutr. Metab.*, **22**, 244-255.
- BEN ABDELJLIL A., 1965. Adaptation des enzymes exocrines du pancréas à la composition du régime. Étude préliminaire de l'effet de l'insuline. *Thèse. Fac. Sci. Aix-Marseille*, 77 p.
- BEN ABDELJLIL A., DESNUELLE P., 1964. Sur l'adaptation des enzymes exocrines du pancréas à la composition du régime. *Bioch. Biophys. Acta*, **23**, 136-149.
- CAIN G. D., MOORE JR. P., PATTERSON M., Mc ELVEN M. A., 1969. The stimulation of lactase by feeding lactose. *Scand. J. Gastroent.*, **4**, 545-550.
- CORRING T., 1975. Adaptation de la sécrétion du pancréas exocrine au régime alimentaire chez le porc, physiologie comparée, étude expérimentale et mécanismes. *Thèse Université Paris VI*.
- CORRING T., 1975. Sécrétion pancréatique sur porc fistulé : adaptation à la teneur en protéines du régime. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **12**, 233-241.
- DAHLQVIST A., 1961. The location of carbohydrases in the digestive tract of the pig. *Biochem. J.*, **78**, 282-288.
- DAHLQVIST A., THOMSON D. L., 1964. The digestion and absorption of lactose by the intact rat. *Act. Physiol. Scand.*, **61**, 20-33.
- EKSTROM K. E., BENEVENGA N. J., GRUMMER R. H., 1975. The effects of diets containing dried whey on the lactase activity of the small intestinal mucosa and the contents of the small intestine and caecum of the pig. *J. Nutr.*, **105**, 851-860.
- EKSTROM K. E., GRUMMER R. H., BENEVENGA N. J., 1976. Effect of a diet containing 40 p. 100 dried whey on the performance and lactase activities in the small intestine and caecum of Hampshire and Chester White pigs. *J. Anim. Sci.*, **42**, 106-113.
- FÉVRIER C., 1978. Lactosérum sec dans l'alimentation du porc. I. Interaction avec le taux azoté du régime selon le stade de croissance et le sexe. *Ann. Zootech.*, **27**, 195-210.
- FÉVRIER C., AUMAITRE A., 1978. Lactosérum sec dans l'alimentation du porc : II Adaptation et conséquences sur la croissance et l'efficacité alimentaire. *Ann. Zootech.*, **27** 471-494.
- FÉVRIER C., COLLET J., BOURDON D., 1973. Utilisation de divers types de lactosérum dans le régime de sevrage des porcelets et durant la période de croissance finition. *Journées Recherche Porcine en France*, **5**, 79-86, I.N.R.A.-I.T.P., éd. Paris.

- FÉVRIER C., RERAT A., 1964. Influence du lactose sur la croissance et sur la composition corporelle du rat blanc. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 423-439.
- FRIEND D. W., CUNNINGHAM H. M., NICHOLSON J. N. G., 1963. The production of organic acids in the pig. II. The effect of diet on the level of volatile fatty acids and lactic acid in sections of the alimentary tract. *Can. J. Anim. Sci.*, **43**, 156-158.
- GROSSMAN M. I., GREENGAARD H., IVY A. C., 1944. On the mechanism of the adaptation of pancreatic enzymes. *Amer. J. Physiol.*, **141**, 38-41.
- HENNING S. J., KRETCHMER N., 1973. Development of Intestinal function in mammals. *Enzyme*, **15**, 3-23.
- HUBER J. T., RIFKIN R. J., KEITH J. M., 1964. Effect of level of lactose upon lactase concentrations in the small intestines of young calves. *J. Dair. Sci.*, **44**, 321-325.
- JONES D. P., SOSA F. R., SKROMAK E., 1971. Effect of glucose, sucrose and lactose on intestinal disaccharidases in the rat. *J. Lab. Clin. Med.*, **79**, 19-30.
- KENWORTHY R., 1973. Digestibility and balance studies of gnotobiotic pigs. In *Germfree Research Biological effect of gnotobiotic environments*. J. B. Henegan, ed. Acad. Press. London, pp. 251-253.
- KIM K. I., BENEVENGA N. J., GRUMMER R. H., 1976. Fermentation of lactose in caecum and colon of the swine. *J. Anim. Sci.*, **42**, 1350 (Abstr.).
- KIM K. I., BENEVENGA N. J., GRUMMER R. H., 1978. Estimation of the lactose in a high lactose diet available for fermentation in the caecum and colon of the rat. *J. Nutr.*, **108**, 79-89.
- KOLDOVSKY O., HERINGOVA A., NOACK R., FRIEDRICH M., 1966. In *Development of metabolism as related to nutrition*. Karger ed. Basel, 310 p.
- LEBENTHAL E., SUNSHINE P., KRETCHMER N., 1973. Effect of prolonged nursing on the activity of intestinal lactase in rats. *Gastroenterology*, **64**, 1136-1141.
- MANNERS M. J., STEVENS J. A., 1972. Changes from birth to maturity in the pattern of distribution of lactase and sucrase activity in the mucosa of the small intestine of pigs. *Brit. J. Nutr.*, **28**, 113-127.
- RERAT A., 1975. Mesure quantitative in vitro de l'absorption chez le porc : Application aux sucres et aux acides aminés. In *Réanimation entérale à faible débit continu*, INSERM, **53**, 47-62.
- RERAT A., AUMAITRE A., VAISSADE P., VAUGELADE P., 1977. Étude expérimentale qualitative de l'absorption des glucides après ingestion d'un repas à base de lactose. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **17**, 589-596.
- SEWELL R. F., WEST J. P., 1965. Some effect of lactose on protein utilization in the baby pig. *J. Anim. Sci.*, **24**, 239-241.
- SHEARER I. G., DUNKIN A. C., 1968. Lactose utilization in the growing pig. *N.Z. Jl. Agri. Res.*, **11**, 465-476.
- SRIRATANABAN A., SYMYNKYWICZ L. A., THAYER W. R., 1971. Effect of physiological concentration of lactose on prevention of postweaning decline of intestinal lactase. *Diges. Diseases*, **16**, 839-844.
- TACU A., RÖMER D., 1972. L'activité lactasique de l'intestin et du pancréas chez les porcins (Roumain). *Lucraril Stiintifice ate S.C.C.C.P. Peris*, **1**, 209, 229.
-