

Lactosérum sec dans l'alimentation du Porc.

I. — Interaction avec le taux azoté du régime selon le stade de croissance et le sexe^(*)

C. FEVRIER

avec la collaboration technique de Françoise HOULIER et J. LE MENTEC

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

Résumé

L'effet du lactosérum sec sur la croissance et l'efficacité alimentaire au cours de différentes phases d'engraissement ainsi que sur la qualité de carcasse à 100 kg a été étudié sur 72 porcs de race Large-White (femelles et mâles castrés) nourris individuellement. Le lactosérum sec a été employé à raison de 0, 30 et 60 p. cent de la ration, en combinaison factorielle avec deux taux de protéines : 11 et 18 p. cent; les protéines de substitution à celle du lactosérum étaient fournies par de la farine de hareng.

Pour la totalité de l'engraissement, les résultats obtenus avec 30 p. cent de lactosérum ont été peu différents de ceux obtenus chez les animaux témoins, tant en ce qui concerne la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire que la qualité de carcasse. Avec 60 p. cent de lactosérum, la quantité d'aliment ingérée est réduite de 8 à 10 p. cent, la vitesse de croissance de 18 p. cent et l'efficacité alimentaire de 12 p. cent tandis que l'état d'engraissement est significativement plus faible. Ces effets du taux de lactosérum sont toutefois différents selon le stade de croissance. En début d'engraissement, les régimes témoins et ceux contenant 60 p. cent de sérum sec ne donnent pas de résultats significativement différents entre eux alors que ceux à 30 p. cent améliorent significativement les performances. En période de finition (60-98 kg), l'emploi de 60 p. cent de lactosérum a un effet dépressif très important sur la croissance et l'efficacité alimentaire et les régimes en contenant 30 p. cent n'améliorent plus les performances. Le taux protéique le plus élevé (18 p. cent), favorable dans tous les lots jusqu'à 60 kg de poids vif, se révèle ensuite défavorable pour les lots recevant du lactosérum.

L'augmentation de la proportion de lactosérum dans la ration améliore la qualité de la carcasse (état d'engraissement plus faible) mais davantage chez les femelles que chez les mâles castrés. Elle entraîne aussi une diminution du rendement, corrélative au développement du tube digestif (côlon et cæcum).

Les effets de taux élevés de lactosérum sont discutés en terme d'utilisation énergétique du lactose et des matières azotées, eu égard aux fermentations dues à la microflore intestinale.

(*) Ces travaux ont déjà fait l'objet d'une publication provisoire et partielle de FEVRIER C., 1969. Utilisation du lactosérum et du lactose par le porc en croissance-finition. Journées de la Recherche Porcine en France, 91-98 I.N.R.A. - I.T.P., éd. Paris.

Introduction

Le lactosérum de fromagerie est un aliment traditionnel du Porc; toutefois, ses conditions d'emploi sous sa forme native liquide restent toujours délicates. De nombreux germes peuvent s'y développer et modifier très rapidement sa composition, lui faisant perdre jusqu'à 15 p. cent de sa valeur nutritive en quelques heures sous l'effet des fermentations gazeuses. Le lactosérum déshydraté élimine ces inconvénients et, au plan expérimental, il permet un meilleur contrôle de la qualité des aliments. Enfin on peut estimer que les principaux résultats obtenus sont extrapolables aux conditions d'emploi du lactosérum liquide, exception faite des effets propres de l'ingestion de grandes quantités d'eau, déjà envisagés précédemment (RERAT et FÉVRIER, 1965; FÉVRIER, 1966).

Il est acquis depuis longtemps (DÜRRWAECHTER, RANKE et HORST, 1932; LÉROY, 1937) que l'utilisation optimale du lactosérum, brut ou sec, est obtenue lorsque celui-ci intervient pour 30 à 40 p. cent de la matière sèche de la ration du porc en croissance-finition. Des proportions inférieures améliorent déjà très notablement l'efficacité alimentaire de la ration (O'GRADY, 1963; CHEEKE *et al.*, 1973); tous les auteurs s'accordent sur ce point. En revanche, les résultats sont moins cohérents en ce qui concerne l'effet de proportions de lactosérum supérieures à 30 p. cent de la ration sèche, bien que généralement elles tendent à réduire la quantité d'aliment ingérée et la vitesse de croissance (BECKER *et al.*, 1957; DUNKIN, 1963b; HANRAHAN, 1971; EKSTROM, BENEVENGA et GRUMMER, 1975a). Les divergences dans le degré de réponse à l'excès de lactosérum semblent alors être dépendantes de l'âge ou du poids des porcs, de la qualité du lactosérum et de celle des aliments complémentaires. Ainsi, selon DUNKIN (1963a) et nos propres observations faites au cours d'une expérience préliminaire, il semble que le lactosérum, fourni en quantité supérieure au tiers de la ration quotidienne, soit mieux utilisé par les porcelets que par les porcs en période de finition. Cette différence de réponse selon l'âge peut être modifiée par le niveau de complémentation azotée de la ration. Pour des taux azotés faibles, l'apport de lactosérum améliore nettement l'équilibre lysine/acides aminés soufrés, du fait de sa teneur en lysine qui est presque deux fois supérieure à celle des céréales. L'apport de quantités élevées de lactosérum risque donc de profiter davantage à des porcelets en état de subcarence protéique, qu'au porc en finition normalement pourvu en acides aminés indispensables.

L'objectif de la présente expérience est donc d'étudier les interactions entre l'emploi du lactosérum en proportions élevées et variables et le niveau azoté de la ration : ceci en rapport avec le sexe, femelle ou mâle castré, et le stade de croissance après le sevrage.

Matériel et méthodes

L'expérience a porté sur 72 porcelets en nombre égal de femelles et de mâles castrés, issus du troupeau expérimental de la Station.

Ces porcelets, sevrés à cinq semaines n'ont pas reçu de lactosérum jusqu'au début de l'expérience, à un âge moyen de 11 semaines et un poids moyen de 22 kg vif. Les porcelets ont alors été répartis en 6 lots de 12, déterminés par la combinaison factorielle de 3 taux de lactosérum sec (0-30 et 60 p. cent). La répartition a été faite au hasard à partir de blocs de 6 animaux de même sexe et de poids et

d'âge voisins. Les animaux d'un même bloc étaient logés collectivement et alimentés individuellement; tous étaient pesés individuellement chaque semaine.

Le lactosérum déshydraté par le procédé « SPRAY » provenait d'un mélange commercial de lactosérum doux de diverses fabrications (1,62 p. cent d'acidité titrable en acide lactique). Sa composition, ainsi que celle des aliments expérimentaux sont rapportées au tableau 1. Les aliments étaient fournis à volonté, sous forme de farine humectée d'eau extemporanément (3 l d'eau/kg d'aliment) au cours de trois repas de 20 à 30 minutes. Aucun autre apport d'eau n'était effectué.

TABLEAU I

Composition des régimes (p. cent) et du lactosérum sec
Composition of spray dried whey and diets

Lots	A	B	C	D	E	F	Lactosérum sec (Dried whey)
Taux de protéines (<i>Protein level</i>) p. cent	11	11	11	18	18	18	
Taux de sérum (<i>Whey level</i>) sec p. cent	0	30	60	0	30	60	
Lactosérum sec (<i>Dried whey</i>)		30	60		30	60	
Amidon de Maïs (<i>Maize starch</i>)	46,6	23,3		46,6	23,3		
Farine de hareng de Norvège (<i>Norwegian Herring Meal</i>)	9,5	4,8		20,4	15,7	10,9	
Maïs (<i>Maize</i>)	36,0	36,0	36,0	25,1	25,1	25,1	
Mélange minéral ⁽¹⁾ (<i>Mineral mixture</i>)	3,3	1,7		3,3	1,7		
Phosphate monocalcique (<i>Monocalcium phosphate</i>)	0,6	0,3		0,6	0,3		
Mélange vitaminique ⁽²⁾ sur support de céréales (<i>Vitamin mixture on a cereal basis</i>)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
Analyse (<i>Analysis</i>)	Valeurs moyennes de 5 fabrications						
Matière sèche (<i>Dry matter</i>)	86,4	88,0	89,1	87,0	88,7	88,8	93,9
Matières azotées totales (N × 6,25) (<i>Crude protein</i>)	11,5	11,5	11,7	16,9	17,4	18,0	12,5
Matières minérales (<i>Mineral matter</i>)	5,91	6,23	6,15	6,51	7,26	7,32	8,07
Acidité (exprimée en acide lactique) (<i>Acidity (as lactic acid)</i>)	0,60	0,89	0,99	0,88	1,03	1,29	1,62
Lactose (<i>Lactose</i>)	0	21,4	42,8	0	21,4	42,8	71,4
Cellulose (calculée) (<i>Cellulose (calculated)</i>)	0,90	0,90	0,90	0,63	0,63	0,63	—
Lysine ((calculée)	0,68	0,70	0,71	1,32	1,34	1,35	—
Méthionine + Cystine (calculée)	0,41	0,42	0,43	0,68	0,69	0,70	—

⁽¹⁾ Composition du mélange minéral : RERAT, LOUGNON, PION, 1962.

⁽²⁾ Composition du mélange vitaminique : RERAT, HENRY, 1964.

Les animaux ont été abattus à un poids variant entre 95 et 100 kg, après un jeûne de 14 à 16 heures. La demi-carcasse, sans tête, a été découpée selon la méthode parisienne normalisée. Les pièces ont été pesées, ainsi que le foie, la rate et les reins. Les principales fractions du tube digestif et leur contenu ont été pesés.

L'analyse statistique des résultats a été effectuée suivant la méthode d'analyse de variance appliquée aux schémas factoriels, après calcul des données manquantes (SNEDECOR et COCHRAN, 1967).

Résultats

Croissance et efficacité alimentaire

Période de 22 à 35 kg de poids vif (tabl. 2)

Au cours de cette période d'adaptation aux nouveaux régimes et à la porcherie d'engraissement, la croissance des porcelets a été faible (330 g/j en moyenne) et les indices de consommation élevés (tabl. 2). Ceci était dû aux mauvaises conditions climatiques hivernales dans la porcherie (température inférieure à 10 °C et hygrométrie supérieure à 85 p. cent). De plus 4 porcelets succombèrent de pneumonie dans 4 lots différents (A, C, D et F). Malgré ces conditions difficiles, l'introduction de 30 p. cent de lactosérum sec a eu une influence favorable, hautement significative sur le niveau de consommation, la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire. De plus, le taux protéique le plus élevé a également amélioré ces critères pour l'ensemble des lots avec ou sans lactosérum, mais l'avantage le plus grand a été pour le lot recevant 30 p. 100 de lactosérum. La croissance des porcelets de ce lot (E) a été alors supérieure de 30 p. cent en moyenne à celle des porcelets des autres lots. Corrélativement, l'indice de consommation a été significativement amélioré. C'est ainsi que la durée de cette période de croissance a été ramenée de 48 à 30 jours tandis que l'économie d'aliment était de 20 kg environ. Il faut remarquer cependant que l'utilisation de 60 p. cent de lactosérum n'a pas donné de résultats significativement différents de ceux des porcelets témoins et que l'effet du sexe a été nul. Enfin, les conditions climatiques n'ont probablement pas été étrangères à la fréquence des diarrhées, particulièrement pour les porcs recevant 60 p. cent de lactosérum sec.

Période de 35 à 60 kg (tabl. 2)

La vitesse de croissance et l'indice de consommation ont été nettement améliorés par rapport à la période précédente. Ceci est dû pour la plus grande part aux meilleures conditions microclimatiques car la quantité moyenne d'aliment ingérée par kg de poids vif, pour l'ensemble des lots, n'a pas été augmentée par rapport à la période précédente. Elle a cependant été différente selon les traitements. Ainsi, pour les lots recevant 60 p. cent de lactosérum (C et F), la quantité ingérée a été inférieure de 11 p. cent à celle du lot témoin (A et D) et de 15 p. cent à celle des lots recevant 30 p. cent de sérum (B et E), indépendamment du taux protéique. Les indices de consommation de ces lots C et F ont ainsi été augmentés de 25 p. cent vis-à-vis des lots témoins. Cette augmentation était déjà sensible avec 30 p. cent de lactosérum associé à 18 p. cent de protéine (+ 9 p. cent).

Dans tous les lots, l'élévation du taux protéique améliore le niveau de consommation et, corrélativement, la vitesse de croissance. Pour ce dernier critère, l'amélioration n'est toutefois significative qu'entre les deux lots ne recevant pas de lactosérum (A et D). Ceci se traduit par une diminution de l'indice de consommation (lot D). En revanche, celui-ci n'est pas modifié dans les lots recevant du lactosérum (B et E, D et F).

Femelles et mâles castrés n'ont pas eu de comportement différent vis-à-vis des régimes étudiés.

TABLEAU 2

Gain de poids et efficacité alimentaire pour trois stades caractéristiques de croissance
Weight gain and feed efficiency for three characteristic stages of growth

Taux de lactosérum (<i>Dried whey level</i>) p. cent	0		30		60		Signification statistique ⁽¹⁾ (<i>Statistical significance</i>)
	II	I8	II	I8	II	I8	
	A	D	B	E	C	F	
Taux protéique (<i>Protein level</i>) p. cent							
Lot (<i>Lot</i>)							
Nombre final (<i>Final number</i>) . .	10	11	11	12	10	11	
Poids vifs moyens caractéristiques des différents stades de croissance, kg (<i>Characteristic mean live weights for the different stages of growth, kg</i>)	22,0 35,5 60,5 98,0	22,4 34,9 58,8 97,9	22,1 35,0 61,4 97,9	22,8 34,2 58,9 96,6	22,7 35,3 60,7 98,7	22,9 34,5 60,5 97,4	
Quantité quotidienne d'aliment ingérée, kg /j (<i>Daily feed intake, kg /d</i>) :							
22 à 35 kg	1,17	1,19	1,28	1,46	1,17	1,16	Lq***; P**; P × Lq**
35 à 60 kg	1,72	1,87	1,78	1,83	1,53	1,66	Lq***; P***
60 à 98 kg	2,78	2,56	2,51	2,56	2,30	2,38	L***
Gain de poids vif moyen, g /j (<i>Mean daily live weight gain, g /d</i>) :							
22 à 35 kg	273	333	357	433	287	298	Lq***; P***
35 à 60 kg	488	577	503	514	368	395	L1***; Lq***; P***; P × L*
60 à 98 kg	698	664	640	611	558	524	L***
Indice de consommation, kg d'aliment /kg de gain de poids (<i>Feed conversion ratio, kg feed /kg live weight gain</i>) :							
22 à 35 kg	4,48	3,66	3,72	3,39	4,30	3,92	Lq***; P***
35 à 60 kg	3,57	3,27	3,59	3,58	4,29	4,28	L***; P × L*
60 à 98 kg	3,85	3,90	3,94	4,22	4,24	4,57	L***; P × L*

(1) S : Effet sexe

P : Effet protéines

L : Effet lactose, linéaire

Lq : Effet lactose, quadratique.

* Effet statistiquement significatif $p < 0,05$.** Effet statistiquement significatif $p < 0,01$.*** Effet statistiquement significatif $p < 0,001$.Les effets non indiqués ne sont pas significatifs au seuil $P = 0,05$.

Période de finition de 60 à 98 kg (tabl. 2)

Au cours de cette période, un porc dans chacun des lots A et C a été éliminé pour mauvaise croissance due à des ulcères gastroésophagiens.

Le lactosérum a eu alors un effet négatif sur la quantité d'aliment ingérée, la vitesse de croissance et l'indice de consommation; cet effet a été pratiquement proportionnel à l'augmentation de la proportion de lactosérum dans la ration. Les régimes à 11 p. cent de protéines n'ont plus donné de résultats inférieurs à ceux en renfermant 18 p. cent : bien au contraire, puisque dans les régimes contenant du lactosérum, l'indice de consommation a été abaissé de 7 p. cent.

Les mâles castrés ont consommé davantage d'aliment que les femelles, et leur vitesse de croissance, bien que supérieure de 15 g/j à celle des femelles, n'était pas significativement différente.

Caractéristiques générales de la croissance entre 22 et 98 kg (tabl. 3)

TABLEAU 3

*Croissance et efficacité alimentaire pour l'ensemble de l'expérience de 22 à 98 kg de poids vif
Growth and feed efficiency for the whole experiment from 22 to 98 kg liveweight*

a) Consommation quotidienne d'aliment, kg (Daily feed intake, kg)					b) Consommation totale d'aliment, kg (Total feed intake, kg)				
Sérum sec (Dried whey) p. cent . .	0	30	60	\bar{X}	Sérum sec (Dried whey) p. cent . .	0	30	60	\bar{X}
Protéines (Protein):					Protéines (Protein):				
11 p. cent	1,88	1,92	1,75	1,85	11 p. cent	292	288	308	296
18 p. cent	1,95	2,05	1,83	1,94	18 p. cent	278	292	324	297
\bar{X}	1,91	1,99	1,79		\bar{X}	284	290	316	
S : * ; P : ** ; L : *** (1)					S : * ; L : *** ; P × L : *** (1)				
c) Gain moyen de poids vif quotidien, g (Mean daily live weight gain, g)					d) Indice de consommation, kg/kg (Feed conversion ratio, kg/kg) μ				
Sérum sec (Dried whey) p. cent . .	0	30	60	\bar{X}	Sérum sec (Dried whey) p. cent . .	0	30	60	\bar{X}
Protéines (Protein):					Protéines (Protein):				
11 p. cent	494	508	421	475	11 p. cent	3,85	3,78	4,18	3,93
18 p. cent	534	533	421	497	18 p. cent	3,66	3,87	4,36	3,96
\bar{X}	515	520	421		\bar{X}	3,75	3,83	4,28	
P : * ; L : *** (1)					L : *** ; P × L : ** (1)				

(1) Analyse statistique, mêmes abréviations que dans le tableau 2. *Statistical analysis; see table 2.*

Pour l'ensemble de la croissance, l'emploi de 60 p. cent de lactosérum sec a eu un effet nettement dépressif sur la quantité d'aliment consommé (moins 6 p. cent), sur la vitesse de croissance (moins 8 p. cent) et sur l'indice de consommation (plus 14 p. cent). Employé à raison de 30 p. cent seulement, le lactosérum n'a pas modifié significativement les résultats obtenus avec le régime témoin n'en contenant pas. Globalement, le taux protéique le plus élevé a augmenté le niveau de consommation et la vitesse de croissance mais non l'indice de consommation. Cependant les résultats sont à nuancer, compte tenu de l'interaction hautement significative entre l'excès de lactosérum et le niveau d'apport protéique alimentaire. La diminution du taux azoté a entraîné un effet dépressif sur les performances des porcs témoins (diminution de la vitesse de croissance et augmentation de l'indice de consommation), alors qu'elle a eu un effet plutôt positif dans le cas des régimes avec lactosérum (non modification de la vitesse de croissance mais diminution de l'indice de consommation).

La consommation d'aliment, légèrement plus élevée chez les mâles castrés que chez les femelles, n'entraîne pas de différences significatives sur la vitesse de croissance ou l'indice de consommation.

Composition corporelle (tabl. 4)

A l'abattage, le rendement en carcasse (poids de la carcasse sans tête / poids vif) ne change pas lorsque le taux de lactosérum n'est que de 30 p. cent, mais il diminue significativement de 2 points environ lorsque le taux de 60 p. cent est atteint. Cette différence peut s'expliquer par celle de l'état d'engraissement des carcasses et par le développement du tractus digestif.

Caractéristiques des carcasses

L'interprétation des résultats concernant la composition corporelle est assez délicate en raison du grand nombre d'effets principaux, et plus encore de leurs interactions, statistiquement significatifs. On ne s'attachera donc qu'à ceux dont le seuil de signification atteint au moins $p = 0,01$ (**).

L'effet du lactosérum apparaît rarement sans interaction avec celui des protéines ou du sexe. Cependant, en règle générale il a entraîné une augmentation de la longueur des carcasses et du pourcentage de longe, ainsi qu'une diminution de l'épaisseur du lard (tabl. 4), du pourcentage de bardière et de panne (tabl. 4).

Le taux azoté le plus faible a eu tendance à fournir des carcasses plus grasses que celles provenant de porcs ayant reçu 18 p. cent de protéines dans leur régime. Cependant cet effet est largement modulé par celui du sexe qui a eu une influence prépondérante. Ainsi les femelles ont présenté des carcasses significativement plus longues et d'un état d'engraissement inférieur à celui des castrés (moins de lard dorsal, moins de bardière, plus de jambon et de longe). L'effet du sexe est lui-même modulé non seulement par le niveau azoté du régime, mais aussi par le taux de lactosérum. On peut ainsi observer que les castrats ont eu tendance à être d'autant plus gras par rapport aux femelles que le taux protéique et celui du lactosérum étaient faibles ($S \times P \times LI$).

Ces tendances générales ne s'appliquent toutefois pas exactement de la même manière selon les pièces de la carcasse. Ainsi le pourcentage de jambon a été davan-

TABLEAU 4

Caractéristiques de la carcasse
 Carcass characteristics

Lot (Lot)	A	B	C	D	E	F
Poids vif (Live weight) kg .	98,0	97,9	98,7	97,9	96,6	97,4
Rendement (Dressing percentage) p. cent.	75,5	74,9	73,0	75,0	75,3	73,4
Nombre final d'animaux (Number of animals). . .	4 ♂ + 6 ♀	5 ♂ + 6 ♀	5 ♂ + 6 ♀	6 ♂ + 6 ♀	6 ♂ + 5 ♀	6 ♂ + 5 ♀

a) Longueur de la carcasse, mm
 (Carcass length, mm)

b) Épaisseur du lard dorsal $\left(\frac{\text{rein} + \text{dos}}{2}\right)$, mm
 (Backfat thickness, $\frac{\text{loin} + \text{back}}{2}$, mm)

Sérum sec (Dried whey) p. cent . . .					Sérum sec (Dried whey) p. cent . . .				
	0	30	60	\bar{X}		0	30	60	\bar{X}
Protéines (Protein) :					Protéines (Protein) :				
11 p. cent ♂ . .	935	952	932	940	11 p. cent ♂ . .	37,2	35,4	30,1	34,2
♀ . .	952	945	982	960	♀ . .	31,0	30,3	24,9	28,7
\bar{X} . .	943	948	957	950	\bar{X} . .	34,1	32,4	27,5	31,3
18 p. cent ♂ . .	917	946	946	936	18 p. cent ♂ . .	34,2	28,3	33,9	32,1
♀ . .	950	942	970	954	♀ . .	29,7	32,4	24,8	29,0
\bar{X} . .	933	944	958	945	\bar{X} . .	31,9	30,3	29,3	30,5
Moyenne ♂ . . .	926	951	949	942	Moyenne ♂ . . .	35,7	31,8	32,0	33,2
(Mean) ♀ . . .	943	939	976	953	(Mean) ♀ . . .	30,4	31,3	24,8	28,8
\bar{X} . . .	934	945	962		\bar{X} . . .	33,0	31,5	28,4	

S : *** — Ll : ***
 P × Ll : * — S × Ll : ** — S × Lq : ***
 S × P × Ll : *** (1)

S : *** — Ll : ***
 L × P : * — S × Lq : ***
 S × P × Lq : *** (1)

(1) Abréviations identiques à celles du tableau 2. (See table 2).

tage influencé par le sexe que par les traitements alimentaires. Ceux-ci ont eu une influence plus marquée sur la longe et la bardière, et seul le taux de lactosérum a eu une influence significative sur le pourcentage de panne, qui diminue à mesure que le taux augmente.

Une anomalie à ces tendances générales peut toutefois être observée avec les mâles castrés recevant 30 p. cent de lactosérum sec et 11 p. cent de protéines, dont l'état d'engraissement a été anormalement élevé. Ils s'opposent ainsi à ceux recevant la même proportion de lactosérum mais 18 p. cent de protéines, les plus maigres parmi tous les castrats (S × P × Lq).

TABLEAU 5

Caractéristiques de la carcasse. Pourcentage des fractions par rapport au poids net
 Carcass characteristics. Percentage of weights of fractions relative to net weight

Jambon (Ham)					Longe (Loin)				
Sérum sec (Dried whey) p. cent. . .	0	30	60	\bar{X}	Sérum sec (Dried whey) p. cent. . .	0	30	60	\bar{X}
Protéines (Protein) :					Protéines (Protein) :				
11 p. cent ♂ . . .	20,8	20,2	20,7	20,5	11 p. cent ♂ . . .	28,8	27,9	29,0	28,6
♀ . . .	21,6	22,0	22,5	22,0	♀ . . .	28,5	29,1	31,2	29,6
\bar{X} . . .	21,2	21,1	21,6	21,3	\bar{X} . . .	28,6	28,5	30,4	29,1
18 p. cent ♂ . . .	21,1	21,5	20,3	21,0	18 p. cent ♂ . . .	28,2	29,2	29,0	28,8
♀ . . .	21,6	21,3	22,5	21,8	♀ . . .	29,6	29,3	31,0	30,0
\bar{X} . . .	21,3	21,4	21,4	21,4	\bar{X} . . .	28,9	29,3	30,0	29,4
Moyenne ♂ . . .	20,9	20,8	20,5	20,8	Moyenne ♂ . . .	28,5	28,6	29,0	28,7
(Mean) ♀ . . .	21,6	21,6	22,5	21,9	(Mean) ♀ . . .	29,0	29,2	31,1	29,8
\bar{X} . . .	21,2	21,2	21,5		\bar{X} . . .	28,7	28,9	30,1	
S : *** S × P : * — S × L1 : ** S × P × Lq : *					S : *** — L1 : *** S × L1 : **				
Bardière (Backfat)					Panne (Belly fat)				
Sérum sec (Dried whey) p. cent. . .	0	30	60	\bar{X}	Sérum sec (Dried whey) p. cent. . .	0	30	60	\bar{X}
Protéines (Protein) :					Protéines (Protein) :				
11 p. cent ♂ . . .	18,5	20,0	17,3	18,6	11 p. cent ♂ . . .	3,82	4,23	3,54	3,86
♀ . . .	16,8	16,6	14,1	15,8	♀ . . .	3,78	3,46	2,73	3,32
\bar{X} . . .	17,7	18,3	15,7	17,4	\bar{X} . . .	3,80	3,84	3,13	3,59
18 p. cent ♂ . . .	17,6	17,1	18,4	17,7	18 p. cent ♂ . . .	3,79	3,30	3,83	3,64
♀ . . .	16,7	16,7	14,1	15,9	♀ . . .	3,57	3,78	2,80	3,38
\bar{X} . . .	17,2	16,9	16,3	16,8	\bar{X} . . .	3,68	3,54	3,31	3,51
Moyenne ♂ . . .	18,1	18,5	17,8	18,2	Moyenne ♂ . . .	3,80	3,76	3,68	3,75
(Mean) ♀ . . .	16,8	16,6	14,1	15,8	(Mean) ♀ . . .	3,67	3,62	2,76	2,35
\bar{X} . . .	17,4	17,6	16,0		\bar{X} . . .	3,74	3,69	3,22	
S : *** — L1 : *** — Lq : ** S × L : ** S × P × Lq : * (1)					L1 : * (1)				

(1) Abréviations identiques au tableau 2. (See table 2.)

Poids des viscères

L'élévation du taux azoté du régime de 11 à 18 p. cent a entraîné une augmentation significative du poids du foie de 7,9 p. cent, ainsi que du poids des reins (de 13,9 p. cent). Mais le lactosérum, même au taux le plus élevé n'a eu aucun effet significatif, pas plus que le sexe (tabl. 6).

TABLEAU 6

Caractéristiques pondérales des viscères à l'abattage
Weight characteristics of viscera at slaughtering

Lactosérum sec (<i>Dried whey</i>) p. cent	0		30		60		Signific. statist. (1) (<i>Statist.</i> <i>signific. (1)</i>)
Protéines (<i>Protein</i>) p. cent	11	18	11	18	11	18	
Lot (<i>Lot</i>)	A	D	B	E	C	F	
Poids des organes (<i>Organ weight</i>) :							
— Foie (<i>Liver</i>) (g)	1 407	1 607	1 584	1 636	1 535	1 641	P***
— Reins (<i>Kidneys</i>) (g)	229	269	245	285	242	252	P**
— Rate (<i>Spleen</i>) (g)	143	145	148	145	152	122	

(1) Cf. tableau 2. (*See table 2.*)

Le tube digestif a été divisé en trois parties : l'estomac, l'intestin grêle et le gros intestin comprenant le côlon, le cæcum et le rectum (tabl. 7).

Après 14 à 16 heures de jeûne, on observe encore des différences significatives dans le poids des fractions du tube digestif et de leur contenu. L'alimentation au lactosérum a augmenté le poids de l'estomac et de son contenu, mais le taux protéique n'a eu aucune influence. Les mâles castrés ont présenté un estomac plus volumineux et plus lourd que celui des femelles et la différence avec celles-ci a été accentuée chez les porcs recevant du lactosérum.

Le poids vide de l'intestin grêle n'a pas été modifié par les différents traitements; en revanche, celui des contenus a augmenté régulièrement avec la teneur en sérum du régime. Mais c'est au niveau du gros intestin que le lactosérum a induit les différences les plus importantes. Ainsi, son poids vide a augmenté de 23 p. cent sous l'effet de l'introduction de 30 p. cent de lactosérum et de 48 p. cent pour 60 p. cent. Le niveau d'apport azoté n'a eu aucune influence sur la quantité de contenu du gros intestin, mais en revanche, celle-ci a varié selon le sexe. Ainsi, chez les mâles castrés, la quantité la plus importante correspond à 30 p. cent de sérum sec tandis que chez les femelles, elle correspond à 60 p. cent de sérum.

TABLEAU 7

Caractéristiques pondérales des viscères à l'abattage
 Weight characteristics of viscera at slaughtering

Lactosérum sec (<i>Dried whey</i>) p. cent	0		30		60		Signific. statist. (1) (<i>Statist.</i> <i>signific.</i> (1))
Lot (<i>Lot</i>)	A + D		B + E		C + F		
Sexe (<i>Sex</i>)	mâles castrés	fe- melles	mâles castrés	fe- melles	mâles castrés	fe- melles	
Viscères vides (<i>Empty viscera</i>) :							
— Estomac, g (<i>Stomach, g</i>)	557	544	588	561	643	551	S** L* S × L*
— Intestin grêle, kg (<i>Small intestine, kg</i>)	1,53	1,55	1,52	1,44	1,45	1,41	L*
— Gros intestin, kg (côlon, caecum, rectum) (<i>Large intestine, kg (côlon, caecum, rectum)</i>)	1,59	1,48	1,85	1,92	2,46	2,09	L***
Contenu des viscères (<i>Viscera content</i>) :							
— Estomac, g (<i>Stomach, g</i>)	745	504	505	446	984	661	S** L**
— Intestin grêle, g (<i>Small intestine, g</i>)	392	338	471	356	588	617	L**
— Gros intestin, kg (<i>Large intestine, kg</i>)	1,05	1,15	1,45	1,17	1,05	1,54	S × L**

(1) Cf. tableau 2. See table 2.)

Discussion

Une première remarque s'impose sur le niveau général de croissance et sur l'efficacité alimentaire moyenne qui sont relativement médiocres. Les causes en sont, ainsi que cela a été mentionné, des conditions microclimatiques défavorables en période d'adaptation et un niveau de consommation relativement peu élevé en raison du dispositif d'alimentation individuelle employé. Malgré ces conditions défavorables, les résultats comparatifs entre les lots restent intéressants.

En accord avec les résultats anciens : DÜRRWAECHTER, RANKE et HORST (1932); LEROY (1937); BECKER *et al.* (1957); DUNKIN (1958); ou plus récents : HANRAHAN (1971); EKSTROM, BENEVENGA et GRUMMER (1975a et b); nos résultats confirment la valorisation optimale du lactosérum pour un taux d'introduction de 30 p. cent dans la ration du porc en croissance-finition. Chez le porcelet au début de la période d'engraissement, nos résultats sont plus favorables que ceux de KRIDER *et al.* (1949), qui limitaient l'apport de lactosérum à 4 p. cent, ou ceux de BECKER *et al.* (1957), qui le limitaient à 10 p. cent. Ils montrent que le taux optimum

pourrait être, sur le plan nutritionnel, supérieur à 30 p. cent jusqu'à 35 kg de poids vif. Cependant, en raison des problèmes d'hygroscopicité, de mottage et de dureté, la limite technologique d'introduction dans les aliments complets, reste fixée à 10 p. cent au maximum dans les aliments granulés. Ce problème ne se pose plus si le lactosérum est utilisé directement en alimentation liquide, et des proportions beaucoup plus importantes de la matière sèche totale de la ration pourraient être atteintes. Il apparaît toutefois au vu des résultats de cette expérience que le lactosérum est de moins en moins bien valorisé à mesure que sa proportion augmente dans la ration et que le porc prend du poids.

Au plan de l'utilisation énergétique, il est concevable que le lactosérum, employé au taux de 30 p. cent dans la ration, soit utilisé pour la plus grande partie après hydrolyse du lactose en glucose et galactose par la muqueuse intestinale. Mais dès ce taux, une fermentation intestinale du lactose n'est pas à écarter car le développement du gros intestin, siège privilégié de ces fermentations, est augmenté de 24 p. cent par rapport au témoin. De plus, avec une proportion de 29 p. cent de lactosérum sec (FRIEND, CUNNINGHAM et NICHOLSON, 1963; ELSDEN *et al.*, 1946) ou de lactose (KIM, BENEVENGA et GRUMMER, 1976), on observe une modification de la répartition des acides organiques dans le tube digestif. Pour des proportions de lactosérum plus élevées, les processus fermentatifs doivent nécessairement devenir plus importants puisqu'il n'y a pas d'adaptation de la lactase (EKSTROM, BENEVENGA et GRUMMER, 1975a et b; FÉVRIER et AUMAITRE, 1978). Ces processus s'accompagnent d'une hypertrophie du côlon et surtout du cæcum, ce qui est très connu chez les rats (LAWRENCE *et al.*, 1956; FOURNIER, SUSBIELLE et BESCOL-LEVERSAC, 1959; FÉVRIER et RERAT, 1964) et également bien montré chez le porc (SHEARER et DUNKIN, 1968; FÉVRIER, COLLET et BOURDON, 1973).

Ces fermentations s'accompagnent aussi de modifications de l'utilisation des nutriments énergétiques, tout d'abord par une baisse de l'utilisation digestive de l'énergie et des protéines sous l'effet du lactose (CARR et DUNKIN, 1969; RERAT et BOURDON, 1974; PALS et EWAN, 1976; FÉVRIER et BOURDON, non publié) partiellement compensée par une amélioration du coefficient de rétention azotée (RERAT et BOURDON, 1974; FÉVRIER et BOURDON, non publié). Le rendement de l'énergie digestive en énergie métabolisable est encore amoindri, par l'augmentation des fermentations gazeuses productrices de CO₂, CH₄ ou H₂ selon la nature des germes présents dans l'intestin, et éventuellement par une perte de galactose par voie urinaire. La nature des produits terminaux formés (acides gras volatils, acide lactique, acide acétique) entraîne encore une diminution du rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour le porc comme pour le rat (JENTSCH, SCHIEMANN et HOFFMANN, 1969; VERMOREL, et AUROUSSEAU, 1970) et la quantité d'énergie fixée est plus faible pour une quantité équivalente d'énergie métabolisable. Ces faits peuvent ainsi expliquer que la vitesse de croissance soit réduite de 21 p. cent en période de finition avec 60 p. cent de lactosérum alors que la diminution de la quantité quotidienne d'aliment ingéré n'est que de 7 p. cent.

L'action des fermentations n'est toutefois pas indépendante du niveau azoté. Ainsi l'effet de l'acide acétique sur l'augmentation de la rétention azotée, chez le rat, est-il d'autant plus marqué que le taux protéique est plus élevé (VERMOREL, et AUROUSSEAU, 1970). En début d'engraissement, le taux protéique élevé permet une amélioration significative des performances dans tous les lots, en accord avec la couverture des besoins en acides aminés essentiels. Par la suite, un taux protéique élevé reste favorable pour les lots sans lactosérum et devient plutôt défavorable pour les lots avec lactosérum. On peut ainsi supposer que, pour ces derniers, une part plus importante des protéines est désaminée pour la production d'énergie,

sans pouvoir toutefois compenser la perte de rendement énergétique dans les régimes à 60 p. cent de lactosérum. Cette hypothèse pourrait expliquer également les différences de réponse entre mâles castrés et femelles, notamment au niveau de la composition corporelle, alors que les vitesses de croissance ne sont pas différentes. Le besoin en énergie nette des castrats étant plus élevé que celui des femelles (DESMOULIN, 1969) on peut supposer que la fraction des protéines utilisée à des fins énergétiques par les castrats est plus élevée que chez les femelles qui se retrouvent donc de fait avec un rapport (protéines disponibles pour la synthèse / énergie nette) plus élevé que les mâles castrés. Les femelles ont ainsi une qualité de carcasse qui s'améliore plus rapidement que celle des mâles à mesure que le taux de sérum augmente.

Cette hypothèse est compatible avec le fait que les mâles castrés recevant 30 p. cent de lactosérum et 18 p. cent de protéines présentent une meilleure qualité de carcasses que ceux des autres lots (carcasse plus longue et état d'engraissement plus faible) car l'apport énergétique est peu modifié par rapport au témoin et supérieur à celui du régime à 60 p. cent de sérum, avec un équilibre en acides aminés disponible pour la synthèse protéique amélioré puisque le niveau protéique du régime est très supérieur à celui nécessaire aux besoins.

Un autre aspect de l'effet de doses élevées de lactosérum est la diminution de la quantité quotidienne d'aliment ingérée. Ceci peut être partiellement une conséquence de la plus faible vitesse de croissance qui diminue le besoin énergétique quotidien, mais on peut également penser à un aspect spécifique du lactosérum sur l'appétit par son apport minéral. A faible dose, il aurait un effet appétent, alors qu'à dose élevée son effet serait plutôt répulsif en raison de la teneur élevée en sel de sodium (0,75 p. cent de Na) et de potassium (2,2 p. cent de K). La présence des minéraux du lactosérum aurait un effet dépressif sur l'utilisation des régimes chez le rat, selon DANIEL et HARVEY (1947). Cependant, chez le porc, des travaux antérieurs n'ont pas permis de mettre cet effet en évidence (FEVRIER, COLLET et BOURDON, 1973) et cette expérience ne nous permet pas non plus de conclure puisque nous avons pris soin de réaliser des aliments témoins, riches en minéraux, où la farine de hareng apportait du sodium et du potassium en quantité importante, comme le lactosérum, avec un apport d'eau limité à 3 l/kg d'aliment.

Conclusion

Pour être valorisé dans les meilleures conditions sur le plan nutritionnel, le lactosérum devrait être utilisé en proportion décroissante depuis le sevrage jusqu'à l'abattage, par exemple de 50 p. cent à 20 p. cent de la ration sèche. Ceci est bien entendu irréalisable avec du lactosérum natif liquide dont la trop grande dilution ne permet pas d'atteindre plus de 20 p. cent de la ration après sevrage mais peut en revanche constituer jusqu'à 60 p. cent de la ration après adaptation des capacités d'ingestion des porcs. L'emploi du lactosérum sec étant aujourd'hui exclu de l'alimentation du porc à l'engrais pour des raisons économiques, il paraît intéressant de proposer un emploi de lactosérum concentré (entre 200 et 500 g/l) dont la conservation est plus aisée que celle du lactosérum natif et le prix beaucoup plus faible que celui du lactosérum sec.

Cependant, si le lactosérum natif est disponible facilement à un prix avantageux on peut être tenté d'en faire consommer de grandes quantités, même si le rendement énergétique est moins bon. Il apparaît en effet que son influence sur la qualité de carcasse ne peut être que favorable. Enfin, si l'on utilise plus du tiers

de la ration sous forme de matière sèche de lactosérum il conviendra d'être attentif à une juste couverture des besoins en acides aminés, sans excès protéique car, en période de finition, il peut avoir un effet par trop négatif sur la croissance et l'efficacité alimentaire.

Accepté pour publication en janvier 1978.

Summary

Use of dried whey in pig diets.

I. — Interaction with the dietary protein level according to growth stage and sex

Seventy-two Large White piglets (36 castrated males and 36 females), weighing initially 22 kg and fed individually, were used to study the effects of dried whey (0,30 and 60 per cent of the diet combined with two crude protein levels: 11 and 18 per cent — Table 1) on growth rate, feed efficiency (weight gain/feed intake) and carcass quality at slaughter (98 kg).

From 22 to 35 kg, a whey level of 30 per cent led to a significant improvement of these parameters, whereas the results obtained with 60 per cent were not different from those of the control group (Table 2). The protein level of 18 per cent significantly improved growth and feed efficiency whether the piglets received whey or not.

From 35 to 60 kg, the growth of the pigs receiving 30 per cent dried whey was not different from that of the controls any more, whereas that of the pigs receiving 60 per cent was significantly reduced. The effect of protein was still marked, but the high levels only significantly improved the feed efficiency when the diets did not contain any whey.

From 60 to 98 kg, the growth rate decreased with increasing levels of whey in the diet. Furthermore, an increase in the protein level led to a deterioration of the feed efficiency obtained with whey containing diets.

Thus, the utilization of whey by the animals decreased with age. As for the whole fattening period (22-95 kg — Table 3) a rise in the crude protein level favourably affected growth and feed efficiency in the control groups, but had no effect on growth in the presence of 60 per cent whey and led to a significant lowering of feed efficiency.

Use of 60 per cent whey (Table 4) significantly reduced the dressing percentage at slaughter and led to a hypertrophy of the digestive tract, particularly marked at the level of the colon and caecum (Tables 6 and 7).

Carcass fatness decreased with increasing amounts of whey and this was particularly evident for the highest level. However, the reduction of fatness was more rapid in the females than in the castrated males which, at equivalent growth rates, remained fatter than the females (Tables 4 and 5).

At the level of 30 per cent, the utilization of whey energy was only slightly different from that of the equivalent maize-starch-herring meal association, the lactose being hydrolysed and used as source of glucose. Beyond the level of 30 per cent whey, the hypertrophy of the caecum and colon clearly revealed the existence of large fermentative processes leading to production of gas and organic acids. Thus, the production of net energy was considerably reduced since, between 60 and 98 kg the growth rate decreased by 24 per cent while the daily feed intake was only reduced by 7 per cent. The consequence of this was also the obtention of leaner pigs. According to the negative and significant interaction between high whey and protein levels, a minimum supply of protein should be recommended (12-13 per cent), corresponding to a suitable satisfaction of the requirements for limiting essential amino acids.

Références bibliographiques

- BECKER D. E., TERRILL S. W., JENSEN A. H., HENSON L. J., 1957. High levels of dried whey powder in the diet of swine. *J. Anim. Sci.*, **16**, 404-412.
- CARR J. R., DUNKIN A. C., 1969. Protein supplementation of rations based on whey for growing pigs. II. Digestibility and nitrogen retention. *N. Z. Jl. Agric. Res.*, **12**, 533-542.
- CHEEKE P. R., DAVISON T. P., MYER R. O., STANGEL D. E., 1973. Utilization of dried whey by growing finishing swine. *Feedstuffs USA*, **45** (30), 25-26.

- DANIEL F. K., HARVEY E. H., 1947. Some observations on the nutritional value of dialysed whey solids. *J. Nutr.*, **52**, 13.
- DESMOULIN B., 1969. Influence de l'alimentation restreinte sur les performances du porc : variation suivant le sexe. *Journées Rech. Porcine en France*, 67-72, I.N.R.A.-I.T.P., éd. Paris.
- DUNKIN A. C., 1958. The use of condensed whey as a feed for fattening pig. *N. Z. Jl. Agric. Res.*, **1**, 531-538.
- DUNKIN A. C., 1963a. Lactic casein whey powder in rations for pigs. I. The substitution of un-neutralised lactic casein whey powder for barley meal in an all-meal ration for growing pigs. *J. Dairy Res.*, **30**, 323-330.
- DUNKIN A. C., 1963b. Lactic casein whey powder in rations for pigs. II. A comparison of un-neutralised and neutralised lactic casein whey powders with barley in an all-meal rations for growing pigs. *J. Dairy Res.*, **30**, 331-338.
- DÜRRWAECHTER Dr., RANKE Dr., HORST J., 1932. Expériences sur la valeur nutritive des sous-produits laitiers (All.). *Ztschr. f. Schweinezucht*, **39**, 84-94.
- EKSTROM K. E., BENEVENGA N. J., GRUMMER R. H., 1975a. Effects of various dietary level of dried whey on the performances of growing pigs. *J. Nutr.*, **105** (7), 846-850.
- EKSTROM K. E., BENEVENGA N. J., GRUMMER R. H., 1975b. Effects of diets containing dried whey on the lactase activity of the small intestinal mucosa and the contents of the small intestine and cecum of the pig. *J. Nutr.*, **105**, 851-860.
- ELSDEN R. R., HITCHCOCK M. W. S., MARSHALL R. A., PHILLIPSON A. T., 1946. Volatil acid in the digesta of ruminants and of others animals. *J. Exptl. Biol.*, **22**, 191-202.
- FEVRIER C., 1966. Interrelations entre la composition du régime et la consommation d'eau chez le porc à l'engrais. *9^e Congrès International de Zootechnie Edimbourg, résumé des publications*, p. 12.
- FEVRIER C., AUMAITRE A., 1978. Lactosérum sec dans l'alimentation du porc. 3. Conséquences sur l'activité de la lactase intestinale et de l'amylase pancréatique. *Ann. Zootech.* (à paraître).
- FEVRIER C., RERAT A., 1964. Influence du lactose sur la croissance et la composition corporelle du rat blanc. I. Relations avec le taux protidique de la ration. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 423-439.
- FEVRIER C., COLLET J., BOURDON D., 1973. Utilisation de divers types de lactosérum dans les régimes de sevrage des porcelets et durant la période de croissance-finition. *Journées Rech. Porcine en France*, I.N.R.A.-I.T.P., éd. Paris, 79-86.
- FRIEND D. W., CUNNINGHAM H. M., NICHOLSON J. W. G., 1963. The production of organic acids in the pig. II. The effect of diet on the levels of volatile fatty acids and lactic acid in sections of the alimentary tract. *Canad. J. Anim. Sci.*, **43**, 156-168.
- FOURNIER P. L., SUSBIELLE H., BESCOT-LEVERSAC J., 1959. Influence de la nature des composés glucidiques sur le développement des diverses parties du tube digestif du jeune rat. *C. R. Acad. Sci.*, **248**, 2799-2801.
- HANRAHAN T. J., 1971. Whey solids in the diet of growing finishing pigs. 1. Dried whey as a feed for pigs. *Ir. J. Agric. Res.*, **10**, 1-7.
- JENTSCH W., SCHIEMANN R., HOFFMANN L., 1969. Utilization of the energy of ethanol, acetic acid and lactic acid in trials with pigs. In BLAXTER K., THORBEC G., KIELANOWSKI T. Energy metabolism of farm animals (E.A.A.P. n° 12), 319-322, Oriel Press Limited.
- KIM K. I., BENEVENGA N. J., GRUMMER R. H., 1976. Lactose fermentation in the cecum and colon of pig. *J. Anim. Sci.*, **42**, 1350.
- KRIDER J. L., BECKER D. E., CURTIN L. V., VAN POUCKE R. F., 1949. Dried whey products in dry lot rations for weaning pig. *J. Anim. Sci.*, **8**, 112-120.
- 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.
- LEROY A. M., 1937. Le porc. Encyclopédie des connaissances agricoles. *Hachette éd., Paris*.
- O'GRADY J. F., 1963. Whey as feed for fattening pigs. 1. Effects of limited whey feeding. *Irish J. Agric. Res.*, **2**, 161-176.
- PALS D. A., EWAN R. C., 1976. Energy utilization of dried whey and wheat middlings by young swine. *J. Anim. Sci.*, **42**, 1354.
- RERAT A., BOURDON D., 1974. Valeur nutritive de l'urée comme source d'azote indifférencié en présence ou non de lactose chez le porc en croissance-finition. *Journées Rech. Porcine en France*, Paris, **6**, 175-185, I.N.R.A.-I.T.P. éd.
- RERAT A., FEVRIER C., 1965. Influence du taux d'hydratation du régime sur la croissance et la composition corporelle du porc. *Ann. Zootech.*, **14**, 39-51.

- RERAT A., HENRY Y., 1964. Utilisation de la betterave danoise dans l'alimentation du porc en croissance. I. Recherche d'un plan de rationnement. *Ann. Zootech.*, **13**, 217-236.
- RERAT A., LOUGNON J., PION R., 1962. Supplémentation d'un régime complexe par la DL-méthionine de synthèse. *Ann. Zootech.*, **11**, 159-172.
- SHEARER I. J., DUNKIN A. C., 1968. Caecum enlargement in the lactose fed pig. *N. Z. Agric. Sci.*, **11**, 923-926.
- SNEDECOR G. W., COCHRAN W. G., 1967. *Statistical methods*, 6th éd. The Iowa State University Press. Ames Iowa, U.S.A.
- VERMOREL M., AUROUSSEAU B., 1970. Utilisation énergétique des acides acétique et caprylique par le rat en croissance. In SCHÜRCH A., WENK C., Energy metabolism of farm animal (E.A.A.P. n° 13), 185-189. Juris Druck + verlag Zurich.
-