

CONSEQUENCES DE LA LIBRE CONSOMMATION DE CEREALES ET DE LAIT DE VACHE SUR LA COUVERTURE DES BESOINS ENERGETIQUES ET PROTEIQUES ET SUR LA QUALITE DES LIPIDES CORPORELS DU PORC EN CROISSANCE

C. FEVRIER, J. MOUROT

I.N.R.A., Station de Recherches Porcines, Saint-Gilles, 35590 L'HERMITAGE

Avec la collaboration technique de Yolande JAGUELIN, H. BLANCHARD, B. CARRISSANT, G. CONSEIL, F. LEGOUEVEC, A. MOUNIER et P. PEINIAU

INTRODUCTION

La mise en place des quotas de production laitière en Europe a conduit certains éleveurs à chercher une valorisation des excédents transitoires par l'alimentation animale. Le plus naturel est de les distribuer aux veaux, mais l'alimentation du porc pourrait être aussi une solution d'appoint. L'emploi du lait écrémé est depuis longtemps un aliment protéique de choix pour cette production (LEHMANN, 1929). Toutefois, avec le lait entier, l'apport de lipides aisément digestibles est important et une fourniture *ad libitum* est susceptible de conduire à des rations trop énergétiques au regard de la couverture des besoins azotés. Cependant, la nécessité d'éliminer rapidement des excédents de production peut inciter le producteur à agir de la sorte. Par ailleurs, cette situation ne devant avoir qu'une durée limitée, le procédé de distribution doit être aussi simple que possible. En l'absence d'une installation de distribution de soupe, le procédé le plus commode est de fournir le lait par les abreuvoirs, en alternance avec l'eau, grâce à un simple dispositif de vannes.

La fourniture de lait écrémé à raison de 3 à 4 litres par jour en complément d'orge proposée *ad libitum* ou en quantité rationnée suffit théoriquement à couvrir les besoins azotés et énergétiques des porcs en croissance (FÉVRIER, DUCLUZEAU et VASSAL, 1979). L'apport énergétique plus élevé du lait entier devrait donc permettre de réduire l'apport de céréales, avec cependant le risque de conduire à une ration dont la teneur en lipides serait excessive. Nous avons entrepris de vérifier cette hypothèse en utilisant le lait entier provenant des excédents de production de la Station de Recherches sur la Vache Laitière, INRA, St-Gilles.

MATERIEL ET METHODES

128 porcs de race Large-White, issus du troupeau de la Station, ont été répartis en 4 blocs composés de 4 loges collectives groupant 4 mâles castrés et 4 femelles. Chaque bloc était composé d'animaux homogènes pour leur poids initial et leur âge, en prenant la précaution que des porcs issus d'une même portée n'apparussent pas dans le même lot.

Les 4 traitements expérimentaux étaient les suivants:

- 1 - aliment Blé *ad libitum* + lait à l'abreuvoir
- 2 - aliment Blé fourni à raison de 90 % de 1 + lait
- 3 - aliment Orge *ad libitum* + lait
- 4 - aliment Orge fourni à raison de 90 % de 3 + lait

Les rations des lots 2 et 4 étaient effectués, pour chaque bloc, sur la base des quantités d'aliments mesurées dans les lots 1 et 3 au cours de la semaine précédente. La première semaine, tous les lots étaient alimentés *ad libitum*. Le lait était fourni à volonté dans 1 abreuvoir pour 8 porcs. Les abreuvoirs (modèle Balk, la Buvette) ont été modifiés pour éviter tout gaspillage. Le lait était fourni pendant un temps limité de 3 à 5 heures par jour. Cette durée a été fixée en tenant compte des contraintes d'organisation et après avoir vérifié qu'elle permettait une ingestion suffisante pour tous les animaux.

Les aliments complémentaires étaient constitués de céréales, Blé ou Orge, et de minéraux. En pourcentage: Céréales 97,13; Carbonate de Calcium 1,0; Phosphate bicalcique 1,73; Sel marin 0,7; Complément d'oligo-éléments et vitamines 0,7. Ces aliments étaient présentés en farine. Les compositions des échantillons moyens d'aliments, ainsi que de la moyenne des analyses des échantillons moyens hebdomadaires de lait, sont rapportées au tableau 1.

Le lait était tout d'abord livré quotidiennement, puis pour des raisons d'organisation, tous les deux ou trois jours lors des week-ends. Pour éviter toute acidification qui aurait entraîné une coagulation dans l'installation et lutter contre le développement des germes pathogènes dans un lait conservé à pH élevé, de l'eau oxygénée (130 volumes à raison de 2 p.mille) était ajoutée en fin de journée, au reliquat présent dans les canalisations qui, pour des raisons techniques, ne pouvaient être vidées quotidiennement. Cette addition est sans conséquence néfaste sur la croissance ou l'efficacité alimentaire (FEVRIER, DUCLUZEAU et VASSAL, 1979). Une fois par semaine l'installation de distribution du lait était vidée, nettoyée et désinfectée. L'eau était fournie à volonté par un autre abreuvoir (1 pour 8 porcs).

TABEAU 1
COMPOSITION DES ALIMENTS COMPLEMENTAIRES
ET DU LAIT

	Echantillons moyens		LAIT 16 échantillons hebdomadaires	
	BLE	ORGE	x	sx
Matière sèche, dont : %	86,2	85,8	12,4	0,7
Cendres brutes %	4,91	5,46	5,47	0,27
Protéines brutes %	13,9	12,7	23,8	2,0
Matière grasses %	3,06	2,45	34,1	2,4
Cellulose brute %	2,77	5,42	-	-
Lysine %	0,39 (1)	0,46	2,00 (2)	
Ac. Aminés soufrés %	0,56 (1)	0,46	0,83 (2)	
Thréonine %	0,42 (1)	0,42	1,09 (2)	
Tryptophane %	0,16 (1)	0,16	0,36 (2)	
Energie digestible kcal/kg	3790 (3)	3496	5540 (2)	105

(1) Calculé (Mossé, 1988)

(2) Calculé (Alimentation des Monogastriques, INRA, 1984)

(3) Calculé (Perez, Ramihone et Henry, 1984)

La croissance des porcs ainsi que les quantités d'aliments ingérées ont été mesurées chaque semaine, tandis que les quantités de lait et d'eau étaient relevées quotidiennement. La mesure des quantités de lait a été réalisée avec des compteurs volumétriques à disques au dixième de litre (badgermeter) avec enregistrement électromécanique. Celle de l'eau a été faite par des compteurs à eau à turbine, au dixième de litre.

Les porcs ont été abattus lorsque leur poids vif était égal ou supérieur à 100 kg, après un jeûne de 17 heures. Leur composition corporelle a été estimée avec un appareil de mesure Fat-O-Meter, en utilisant l'équation de prédiction de teneur en muscles et en tissus gras établie pour le troupeau de la Station (DESMOULIN, ECOLAN et BONNEAU, 1988).

Chez deux femelles de chaque loge, des échantillons de tissus adipeux ont été prélevés dans la partie apicale de la panne et dans la bardière entre la 15ème et la 16ème côte. Le tissu adipeux dorsal a été séparé en deux couches, externe et interne.

Sur chacun de ces tissus, les compositions en acides gras ont été déterminées par chromatographie en phase gazeuse. Les mesures des activités des enzymes de la lipogénèse (Acétyl CoA Carboxylase, Enzyme Malique et Glucose 6 Phospho-déshydrogénase) ont été réalisées pour chacun des prélèvements.

L'analyse statistique des résultats a été traitée selon un schéma classique d'analyse de variance, combinaison factorielle de 3 facteurs, céréale, mode de distribution, bloc. Un quatrième facteur, sexe, a été pris en compte pour la vitesse de croissance et les critères de carcasse, puisque le niveau alimentaire étant dans tous les cas *ad libitum* ces données pouvaient être considérées comme indépendantes. Les analy-

ses ont été réalisées sur micro-ordinateur en utilisant le logiciel SAS (1985).

RESULTATS

Un seul porc a été éliminé du lot "orge restreinte" au cours de la troisième semaine d'expérience pour cause d'ulcère stomacal. Par ailleurs, un épisode de grippe au cours des dixième et onzième semaines a conduit à opérer un léger rationnement pour tous les animaux pendant la durée du traitement (Spiramycine, Oxytetracycline, Benzoate de Na, 2 fois 5 jours). Finalement le rationnement du blé a été de 12 p.cent et celui de l'orge de 14,8 p.cent par rapport à l'aliment correspondant fourni à volonté aux lots 1 et 3. Pour ces derniers, le niveau d'ingestion de l'orge n'a été que de 6 p.cent supérieur à celui du Blé ce qui, compte tenu des différences de teneur en énergie digestible, ne correspondait qu'à 2,2 p.cent de déficit quotidien en énergie ingérée sous forme d'aliment. L'équilibre énergétique et azoté final a donc été obtenu par l'ingestion de lait.

Compositions finales des rations.

Pour chacun des lots, les proportions d'aliment et de lait ont peu varié au cours de toute la durée d'engraissement. Les compositions finales calculées pour la période de croissance seule ou pour la durée totale présentent, pour la plupart des caractéristiques, des différences intra-lot inférieures aux écarts-type résiduels de leur mesure. Par ailleurs aucune interaction n'est apparue entre l'effet propre des céréales et celui de leur restriction, sauf pour le gain quotidien pendant la période de croissance. Nous n'avons donc retenu pour les tableaux 2 à 5 que les données moyennes par facteur, céréale ou mode d'alimentation, pour l'ensemble de l'engraissement.

Quel que soit le mode de rationnement, le blé a toujours conduit à une ration plus riche en énergie digestible que l'orge. La restriction d'aliment a eu une conséquence identique en favorisant une proportion accrue de lait dans la ration finale. Au plan protéique, le blé a finalement conduit à une teneur en protéines plus élevée que l'orge, mais à une plus faible teneur en lysine. A l'inverse, le rationnement a aussi conduit à une teneur plus élevée en protéines, mais également en lysine grâce à une proportion plus élevée de protéines du lait, 57 p.cent contre 50 p.cent seulement en régime à volonté. Il est intéressant de noter que pour l'ensemble des lots l'ingestion de

protéines brutes digestibles a été ajustée en moyenne à 33 g par Mcal d'énergie digestible, mais que les faibles différences dues au rationnement sont significativement répétitives entre les lots, de même que pour les rapports lysine/énergie digestible. Globalement, les lots au blé ont consommé plus de protéines digestibles et moins de lysine par Mcal que les lots à l'orge. Dans tous les lots, le rapport de la thréonine à la lysine est resté supérieur à 63 p.cent et celui du tryptophane supérieur à 22 p.cent. Pour les acides aminés soufrés, il est resté supérieur à 63 p.cent pour les régimes blé mais il n'était que de 58 et 56 p.cent pour les régimes à l'orge, *ad libitum* et restreint respectivement.

TABLEAU 2
COMPOSITIONS FINALES MOYENNES DES RATIONS POUR LA PERIODE DE CROISSANCE DE 31,5 A 102 KG

FACTEURS	CEREALE		MODE D'ALIMENTATION		Signification statistique (1)			
	NATURE	BLE	ORGE	A VOLONTE	RESTREINT	facteur Céréale	facteur Mode	Ecart-type résiduel
Composition de la MS								
Energie digestible Mcal/kg		4,49	4,34	4,35	4,48	<0,001	<0,001	0,05
Matières minérales %		5,10	5,43	5,25	5,27	<0,001	0,049	0,02
Cellulose brute		1,68	3,20	2,56	2,31	<0,001	<0,001	0,09
Matières grasses		15,46	15,67	14,54	16,59	n.s.	0,001	0,87
Protéines brutes								
Lysine		17,52	16,98	16,91	17,59	0,003	<0,001	0,27
Lysine		0,997	1,068	0,981	1,083	0,009	0,001	0,043
Acides aminés soufrés		0,657	0,606	0,622	0,642	<0,001	<0,001	0,008
Thrénine		0,670	0,685	0,656	0,699	n.s.	0,001	0,018
Tryptophane		0,236	0,239	0,231	0,244	n.s.	0,001	0,005
Composition protéique								
Protéines du lait/totales %		51,79	55,87	50,43	57,23	0,02	20,00	12,94
Lysine g pour 16 g de N		5,68	6,28	5,80	6,16	<0,001	0,002	0,16
(Méth + Cys)/Lys %		66,2	56,8	63,7	59,4	<0,001	0,005	2,3
Thrénine/Lys %		67,46	4,26	7,06	4,6	<0,001	0,003	1,2

(1) Probabilité sous Ho, hypothèse d'égalité des moyennes

Les proportions plus ou moins importantes de lait devaient avoir une action sur la teneur en lipides de la ration finale. Or il est à remarquer que, du fait des compensations céréales-lait, les teneurs étaient équivalentes pour les deux céréales. En revanche, elles étaient significativement plus élevées avec les régimes restreints en céréales.

Bien que les compositions finales soient pratiquement constantes pendant tout l'engraissement, et que leurs différences, quoique significatives aient été minimales, les performances seront étudiées par périodes pour tenir compte des différences de quantités ingérées.

Croissance et efficacité alimentaire.

Les performances de la période de croissance de 31,5 à 63 kg sont rapportées au tableau 3. Tout d'abord la quantité quotidienne de lait ingérée n'a pas été significativement affectée par l'apport de céréales. En proportion cependant, le lait intervient davantage dans l'apport énergétique et azoté des régimes restreints. De plus, il apportait une plus grande part des lipides dans les régimes avec orge. Les apports d'énergie, quotidiens ou totaux pour la période, n'étaient pas significativement

différents entre les traitements. Seul variait donc la qualité de cet apport. L'autre différence était l'apport de lysine qui, en quantité quotidienne ou en proportion de l'énergie est resté plus faible dans les régimes comportant du blé, bien qu'ils aient consommé plus de protéines digestibles. La conséquence en est une interaction significative entre les céréales et leur mode de rationnement sur la vitesse de croissance qui tendait à diminuer pour le blé 822 à 798 g/j alors qu'elle augmentait pour l'orge 822 à 869 g/j avec son rationnement. De même les femelles ont eu une croissance plus rapide avec l'orge qu'avec le blé, l'écart étant surtout important pour les lots *ad libitum*, 812 vs 879 g/j. A l'issue de cette période, l'indice de consommation, exprimé en énergie digestible, a été en moyenne plus élevé pour les régimes "blé" et plus faible pour les régimes "restreints".

Certaines de ces caractéristiques se retrouvent au tableau 4 pour la période totale d'engraissement de 31,5 à 102 kg., mais sans effets d'interaction sur la croissance. La différence de quantité ingérée entre le blé et l'orge s'est estompée en fin d'engraissement et la prise de lait a atteint un niveau suffisant pour obtenir une égalisation des apports quotidiens en énergie digestible. Contrairement à la période de croissance, le rapport

TABLEAU 3
 QUANTITES D'ALIMENTS INGEREES ET PERFORMANCES POUR LA PERIODE DE CROISSANCE DE 31,5 A 63,2 KG

FACTEURS	CEREALE		MODE D'ALIMENTATION		Signification statistique (1)		
	BLE	ORGE	A VOLONTE	RESTREINT	facteur Céréale	facteur Mode	Ecart-Type résiduel
Quantités quotidiennes de lait (en litres)	5,25	5,22	5,18	5,29	n.s.	n.s.	0,34
Matière sèche :							
aliment seul kg	1,024	1,064	1,121	0,967	0,070	<0,001	0,039
ration totale kg	1,677	1,713	1,765	1,625	n.s.	0,001	0,057
Lait/MS totale %	39,2	37,9	36,5	40,6	n.s.	0,003	2,1
Energie digestible Mcal	7,50	7,31	7,64	7,17	n.s.	0,005	0,26
Lysine g	16,61	17,63	17,32	16,93	0,070	n.s.	0,99
Par Mcal de E.D. :							
Protéines brutes	34,85	33,17	33,59	34,42	<0,001	<0,001	0,32
lysine	2,22	2,41	2,26	2,36	<0,001	0,024	0,07
Quantités totales ingérées							
Matière sèche kg	63,4	64,7	65,3	62,8	n.s.	n.s.	6,7
Energie digestible	284	276	282	277	n.s.	n.s.	28
Matières grasses kg.	9,61	9,28	9,20	9,68	n.s.	n.s.	0,92
MG du lait en %	87,6	89,3	87,6	89,4	0,007	0,005	0,9
Performances							
Gain moyen quotidien g (2)	810	846	822	833	0,020	n.s.	88
Indice de consommation							
en matière sèche	2,07	2,03	2,14	1,96	n.s.	0,035	0,15
en énergie digestible	9,24	8,67	9,28	8,63	0,118	0,082	0,66
eau / matière sèche	3,56	3,23	3,28	3,51	0,013	0,062	0,21

(1) probabilité sous Ho, hypothèse d'égalité des moyennes

(2) analyse réalisée sur les données individuelles

(protéines brutes digestibles) / (protéines digestibles) est devenu significativement plus élevé chez les porcs restreints en céréales. Au total, les porcs recevant les régimes "blé" ont consommé une quantité d'énergie supérieure à celle des régimes "orge". Cependant, leur niveau d'ingestion de lysine restait inférieur à celui obtenu avec l'orge, alors que la restriction en céréales permettait d'augmenter ce niveau.

Le lait n'a pas été la seule boisson des porcs. Si l'on tient compte de l'eau bue en plus, les rapports eau/ms se sont ajustés pour tous les lots à 3,6 l/kg de matière sèche sur l'ensemble de la croissance. Toutefois, en période de croissance, le rapport moyen n'était que de 3,4 mais avec des écarts significatifs de 0,2 à 0,3. Les valeurs les plus élevées ont été obtenues pour les régimes blé et pour les régimes restreints, ce qui traduit une plus grande consommation de lait.

Les conséquences des différences d'équilibre dans la couverture des besoins azotés et énergétiques s'observent sur la composition des carcasses, rapportées au tableau 5.

Pour tous les critères pris en compte, les différences entre femelles et mâles castrés étaient hautement significatives. Cependant nous n'avons pas fait figurer ce résultat classique

dans la mesure où il n'était accompagné d'aucune interaction significative avec les facteurs "céréales" et "restriction". On pourra toutefois juger de cette différence en se rapportant aux données du tableau 6 précisant les valeurs obtenues chez les femelles retenues pour la détermination des activités enzymatiques.

Composition des carcasses et des dépôts lipidiques.

Les carcasses des porcs recevant du blé ont été significativement plus courtes (pointe de la symphyse pubienne au milieu de la première côte) que celles des porcs nourris à l'orge. La quantité de muscles déposée dans la demi-carcasse disséquée n'a été en rien affectée par les traitements alimentaires. Cependant, le dépôt de tissus gras a été plus élevé avec le blé, en particulier lorsqu'il a été fourni à volonté. Cette interaction devient significative lorsque l'on considère la composition de la carcasse en terme de pourcentage de tissus gras. En revanche, la restriction d'apport de céréales, bien qu'elle ait entraîné une plus forte consommation de lipides du lait ne s'est pas traduite par une modification des dépôts lipidiques (Tableau 5 et 6).

Pour mieux cerner les relations entre la composition de l'ali-

TABLEAU 4
QUANTITES D'ALIMENTS INGEREES ET PERFORMANCES POUR LA PERIODE DE CROISSANCE-FINITION DE 31,5 A 102 KG

FACTEURS	CEREALE		MODE D'ALIMENTATION		Signification statistique (1)			
	NATURE	BLE	ORGE	A VOLONTE	RESTREINT	facteur Céréale	facteur Mode	Ecart-Type résiduel
Quantités quotidiennes								
Lait en litres	5,84	6,17	5,71	6,30	n.s.	0,024	0,43	
Matière sèche :								
aliment seul kg	1,126	1,107	1,209	1,024	n.s.	<0,001	0,064	
ration totale kg	1,852	1,874	1,919	1,807	n.s.	0,007	0,064	
Lait/MS totale %	39,3	41,1	40,0	43,4	n.s.	0,001	2,7	
Energie digestible Mcal	8,31	8,13	8,36	8,09	n.s.	n.s.	0,30	
Lysine g	18,44	19,97	18,85	19,56	0,010	n.s.	0,94	
Par Mcal de E.D. :								
Protéines brutes	34,86	32,97	33,65	34,18	<0,001	n.s.	0,64	
lysine	2,22	2,46	2,25	2,42	<0,001	0,001	0,07	
Quantités totales ingérées								
Matière sèche kg	165,0	162,3	168,0	159,3	n.s.	0,051	7,7	
Energie digestible	740	704	731	713	0,041	n.s.	30	
Matières grasses kg.	25,41	25,39	24,35	26,45	n.s.	0,009	1,27	
MG du lait en %	87,7	90,7	87,9	90,6	0,003	0,005	1,4	
Performances								
Gain moyen quotidien g	786	816	801	801	0,019	n.s.	74	
Indice de consommation								
en matière sèche	2,34	2,31	2,40	2,25	n.s.	0,020	0,10	
en énergie digestible	10,50	10,01	10,43	10,09	0,031	0,106	0,39	
eau / matière sèche	3,67	3,60	3,54	3,74	n.s.	n.s.	0,28	

(1) probabilité sous Ho, hypothèse d'égalité des moyennes

TABLEAU 5
COMPOSITION DES CARCASSES

FACTEURS	CEREALE		MODE D'ALIMENTATION		Signification statistique (1)			
	NATURE	BLE	ORGE	A VOLONTE	RESTREINT	facteur Céréale	facteur Mode	Ecart-Type résiduel
Rendement d'abattage %	82,6	82,4	82,4	82,6	n.s.	n.s.	1,6	
Longueur réduite cm	84,9	85,6	85,2	85,3	0,033	n.s.	1,9	
Quantité de tissus dans la demi-carcasse, kg								
muscles	18,62	18,82	18,58	18,86	n.s.	n.s.	1,04	
graisses	11,35	10,95	11,22	11,09	0,083	n.s.	1,27	
Pourcentage dans la demi-carcasse (1)								
muscles	48,3	49,1	48,5	48,9	0,082	n.s.	2,48	
graisses	29,8	28,8	29,6	29,1	0,092	n.s.	3,23	

(1) probabilité sous Ho, hypothèse d'égalité des moyennes

ment, la composition corporelle et les activités enzymatiques, rapportées dans les tableaux 6 à 8, les données issues de trente-deux femelles retenues sont présentées selon leur lot d'origine. Les valeurs concernant les carcasses sont les valeurs propres des femelles étudiées, tandis que les données sur l'alimentation se réfèrent à l'ensemble de la loge alimentée collectivement.

En ce qui concerne la composition en acides gras (tableau 7), les effets du mode de rationnement sont marqués essentiellement au niveau de la panne par une augmentation de la teneur

en C16:0 et une diminution de C18:1 et C18:2 ce qui globalement se traduit par une augmentation du degré de saturation. Au niveau des tissus dorsaux, la couche externe a une teneur en C18:2 et la couche interne en C18:1 qui diminuent avec la restriction de céréales, c'est à dire en fait avec l'augmentation de consommation des lipides du lait.

Mesure des activités des enzymes de la lipogénèse.

Selon les résultats exposés au tableau 8, la restriction énergétique a induit une activité enzymatique plus faible que dans les

TABLEAU 6
PARAMETRES ZOOTECHNIQUES DES FEMELLES RETENUES POUR L'ETUDE DE LA LIPOGENESE

LOT	1	2	3	4	Signification statistique (1)		
CEREALE	BLE	BLE	ORGE	ORGE	facteur céréale	facteur mode	Ecart-Type résiduel
MODE	A VOLONTE	RESTREINT	A VOLONTE	RESTREINT			
Matières grasses ingérées kg:							
Lipides du lait	20,6	24,1	22,3	23,8	<0,001	<0,001	1,17
Lipides totaux	23,9	26,9	24,8	26,0	n.s.	<0,001	1,27
Energie digestible Mcal Totale	745	734	731	713	0,041	n.s.	30
Gain moyen quotidien g	761	766	822	798	0,005	n.s.	43
Quantité de muscles	19,1	19,0	19,5	19,3	n.s.	n.s.	1,1
Quantité de tissus gras	10,7	11,5	10,3	10,8	n.s.	n.s.	1,3
Pourcentage de muscles	49,6	48,6	50,6	49,7	n.s.	n.s.	2,4
Pourcentage de gras	25,3	26,9	24,4	25,3	n.s.	n.s.	3,2

(1) probabilité sous H_0 , hypothèse d'égalité des moyennes

régimes *ad libitum*, mais ces variations ne sont significativement différentes qu'au niveau de la panne ($p < 0.01$). Pour les régimes *ad libitum*, le blé a entraîné une activité supérieure à celle de l'orge, mais sans effet significatif. Pour les régimes restreints, les activités étaient supérieures pour le lot à base d'orge par rapport à celui à base de blé, significativement pour la panne ($p < 0.01$) mais pas pour les autres sites.

Les activités de l'enzyme malique et de la G6PDH, fournisseurs du NADPH nécessaire au fonctionnement de l'acétyl CoA carboxylase, étaient supérieures avec les régimes distribués *ad libitum*. Pour un même site de prélèvement, ces différences ne sont pas significatives entre tous les régimes.

DISCUSSION

Un certain biais peut être apporté dans l'interprétation des résultats par le fait que les mâles castrés et les femelles ont dû être mélangés dans chaque loge par souci de programmation de mise en lots. On connaît les écarts qui existent entre les deux types sexuels concernant leurs besoins énergétiques et azotés, notamment en période de finition (DESMOULIN, BONNEAU et BOURDON, 1974), or l'essentiel des résultats portent sur les modalités de la couverture de ces besoins entre les lots. En tenant compte de cette remarque qui ne concerne donc que des différences d'intensité de réponse aux divers traitements, il semble que les porcs aient réagit logiquement à ceux-ci.

Le rapport lait/aliment ayant peu varié, voire légèrement augmenté au cours de l'engraissement, on peut penser que le comportement des porcs est en contradiction avec la notion de diminution du besoin en protéines digestibles par rapport à l'énergie digestible au cours du déroulement de l'engrais-

sement. Cependant, ce rapport qui était, pour la période de croissance, de 33 ± 1 g par Mcal ED, est précisément celui qui est reconnu comme suffisant par NOBLET, HENRY et BOURDON (1980) avec des régimes de composition fixe allouée *ad libitum*. De plus ils n'ont pas mis en évidence que ce rapport soit notablement inférieur en période de finition. La concentration en lysine, rapportée à la matière sèche, en moyenne de 1 p.cent, est supérieure aux recommandations des régimes céréales-tourteaux, toutefois, rapportée à l'énergie digestible, la valeur moyenne de 2,31 g/Mcal, est en accord avec les données de wiesemüller (1983), obtenues avec des rations enrichies en énergie par une addition d'amidon. Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par HENRY, RÉRAT et TOMASSONE (1971), mais avec des régimes notablement moins énergétiques.

S'agissant de la quantité quotidienne de lysine ingérée, qui représente le véritable besoin pour un dépôt quotidien maximum de tissu musculaire, nous trouvons pour la période de 32 à 63 kg, une moyenne de 17 g, pour une vitesse de croissance supérieure à 800 g/j (pour un taux final de muscles de 49 p.cent à 102 kg). Compte tenu des variations observées intra et inter expériences, ces résultats ne sont pas incompatibles avec les propositions de HENRY, RÉRAT et TOMASSONE (1971) et de wiesemüller (1980) soit en moyenne 14 g pour les deux types sexuels confondus, pour une période plus précoce (25-50 kg) et pour une vitesse de croissance inférieure. En période de finition, BOURDON et HENRY (1988), dans des conditions d'alimentation rationnée et imposée, établissent un besoin quotidien à 19,1 et 18,4 g de lysine pour un dépôt quotidien maximum de muscles dans la période comprise entre 49 et 101 kg. pour les femelles et les mâles castrés. Nos valeurs observées (Tableau 6) ne s'écartent guère de ces valeurs avec 19 g pour les deux sexes entre 32 et 102 kg.

TABLEAU 7
COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES TISSUS ADIPEUX. (EN % DU TOTAL)

LOT	1	2	3	4	Signification statistique (1)		
CEREALE	BLE	BLE	ORGE	ORGE	facteur céréale	facteur mode	Ecart-Type résiduel
MODE	A VOLONTE	RESTREINT	A VOLONTE	RESTREINT			
DOS couche externe							
C 14:0	3,92	4,41	4,76	4,81	0,089	n.s.	0,99
C 16:0	30,15	30,40	31,38	30,69	n.s.	n.s.	2,034
C 16:1	4,42	4,52	4,64	4,85	n.s.	n.s.	0,74
C 18:0	12,02	12,63	11,70	11,80	n.s.	n.s.	2,00
C 18:1	41,63	40,22	39,91	40,39	n.s.	n.s.	2,39
C 18:2	6,43	6,37	6,23	5,96	n.s.	n.s.	1,07
C 18:3	0,45	0,53	0,43	0,51	n.s.	0,105	0,13
C 20:0	0,57	0,54	0,56	0,64	n.s.	n.s.	0,12
C 20:1	0,41	0,40	0,38	0,35	n.s.	n.s.	0,23
Saturés	46,65	47,97	48,40	47,94	n.s.	n.s.	2,89
(s.d.)	2,31	3,79	2,82	2,89			
Insaturés	53,35	52,03	51,59	52,06	n.s.	n.s.	2,89
(s.d.)	2,31	3,79	2,82	2,89			
DOS couche interne							
C 14:0	3,86	4,24	4,47	4,21	n.s.	n.s.	0,84
C 16:0	30,34	31,05	31,48	30,36	n.s.	n.s.	2,51
C 16:1	3,97	4,05	3,97	4,22	n.s.	n.s.	0,60
C 18:0	14,10	13,76	14,54	13,49	n.s.	n.s.	1,50
C 18:1	40,79	39,66	38,60	40,80	n.s.	n.s.	2,72
C 18:2	5,62	5,81	5,51	5,50	n.s.	n.s.	1,29
C 18:3	0,38	0,43	0,44	0,45	n.s.	n.s.	0,13
C 20:0	0,55	0,53	0,54	0,56	n.s.	n.s.	0,10
C 20:1	0,40	0,47	0,44	0,42	n.s.	n.s.	0,23
Saturés	48,85	49,58	51,03	48,62	n.s.	n.s.	3,5
(s.d.)	2,94	2,63	4,51	3,45			
Insaturés	51,15	50,42	48,97	51,38	n.s.	n.s.	3,57
(s.d.)	2,94	2,63	4,51	3,45			
PANNE							
C 14:0	4,22	5,39	5,38	5,67	n.s.	n.s.	1,42
C 16:0	31,99	34,87	34,06	35,21	n.s.	0,0	2,92
C 16:1	3,33	3,45	3,53	3,40	n.s.	n.s.	0,67
C 18:0	16,73	17,58	15,54	17,20	n.s.	n.s.	2,56
C 18:1	35,63	32,79	34,59	32,70	n.s.	0,082	3,70
C 18:2	6,88	4,91	5,72	4,67	n.s.	0,017	1,66
C 18:3	0,48	0,39	0,44	0,42	n.s.	0,66	0,08
C 20:0	0,41	0,39	0,44	0,48	n.s.	n.s.	0,16
C 20:1	0,35	0,24	0,30	0,25	n.s.	n.s.	0,22
Saturés	53,34	58,23	55,42	58,56	n.s.	0,032	5,00
(s.d.)	6,38	3,41	5,98	2,05			
Insaturés	46,66	41,77	44,58	41,44	n.s.	0,032	5,00
(s.d.)	6,38	3,41	5,98	2,05			

(1) probabilité sous Ho, hypothèse d'égalité des moyennes.

(s.d.) écart-type intra-lot.

Le faible taux protéique établi peut certainement trouver son explication par le fait que les rations finales sont très proches de la "Protéine idéale" (HENRY, 1988) avec 64 à 67 p.cent de thréonine par rapport à la lysine pour 60 p.cent requis, avec 22 p.cent pour le tryptophane contre 18 p.cent. Seuls les acides aminés soufrés pourraient être limitants dans le cas de l'orge avec seulement 53 et 58 p.cent contre 60 p.cent requis. Ce

dernier point pourrait participer à une surconsommation de lait, notamment en période de finition.

De l'ensemble de ces observations, on peut admettre que les porcs ont cherché prioritairement à couvrir leur besoins protéiques, et surtout en lysine. Les différences entre lots s'expliquent alors à partir de cette hypothèse. Tout d'abord, la teneur

TABLEAU 8
ACTIVITES DES ENZYMES DE LA LIPOGENESE

LOT	1	2	3	4	Signification statistique (1)		
	CEREALE	BLE	BLE	ORGE	ORGE	facteur céréale	facteur mode
MODE	A VOLONTE	RESTREINT	A VOLONTE	RESTREINT			
Site :							
Dos externe							
Acétyl CoA Carboxylase (a)	2,45	1,88	1,94	2,14	n.s.	n.s.	0,89
Enzyme Malique (b)	161	144	162	132	n.s.	0,066	35
Glucose 6-P deshydrogénase	249	215	266	209	n.s.	0,073	68
Dos interne (b)							
Acétyl CoA Carboxylase	3,07	2,16	2,69	2,54	n.s.	n.s.	1,17
Enzyme Malique	265	163	194	169	n.s.	0,024	40
Glucose 6-P deshydrogénase	277	254	212	272	n.s.	n.s.	21
Panne							
Acétyl CoA Carboxylase	7,49	4,42	7,28	6,23	n.s.	0,016	2,25
Enzyme Malique	209	173	181	165	n.s.	0,094	42
Glucose 6-P deshydrogénase	377	304	362	305	n.s.	0,025	77

(a) nmole NCO₃ incorporée/mn/g de tissu.

(b) nmole de NADPH formées/mn/g de tissu

(1) probabilité sous H₀, hypothèse d'égalité des moyennes

en lysine plus faible de l'aliment "blé" a conduit les porcs à consommer plus de protéines sous forme de lait, donc aussi plus de lipides que dans le cas de l'orge. De la même manière, la restriction de l'apport de céréales a entraîné une augmentation de l'ingestion de lait. Pendant la période de croissance le déficit énergétique n'a pas été totalement compensé puisque la quantité de protéines requise était atteinte. Le meilleur équilibre lysine/énergie a alors profité davantage aux femelles qu'aux mâles castrés. Au contraire pendant la période de finition, la compensation a été davantage réalisée sur le niveau énergétique que sur le niveau azoté. Ainsi, bien que les quantités de lait et de lipides aient été plus élevées dans le lot "orge restreint", la quantité de tissus gras déposée n'a pas été augmentée.

Un autre effet du régime "blé" est que la quantité d'énergie consommée a été importante, en valeur absolue comme en valeur relative à la lysine, or, selon les travaux de wiesemüller (1980), un apport énergétique trop élevé dans l'intervalle de croissance de 35 à 70 kg entraîne une diminution du gain pondéral et du dépôt de protéines en fin de période d'engraissement, ce que l'on constate ici avec le régime "blé ad libitum".

Cet excès d'ingestion de lipide est donc responsable de l'adiposité élevée des carcasses. Celle-ci est associée à une modification de la composition en acides gras. Ainsi, cette composition se rapproche de celle des lipides du lait qui est la principale source de matières grasses, et l'effet de celles des céréales est donc minime, ce qui confirme une fois encore l'importance de la qualité des graisses sur la composition des tissus adipeux (DESMOULIN et al. 1983).

L'ensemble des variations des activités enzymatiques met en évidence une diminution de la synthèse des lipides avec les

régimes restreints. Cette observation peut surprendre, mais elle s'explique par le fait que ces régimes entraînent une consommation accrue de lait et par conséquent de lipides. Il existe donc une relation avec l'augmentation de teneur en matière grasse du régime (ALLEE et al. 1972).

Comme pour l'Acétyl CoA Carboxylase, les activités de ces deux autres enzymes impliqués dans le processus de la lipogénèse augmentent avec les tissus les plus internes. Toutes les activités enzymatiques diminuent sous l'effet du régime et non pas simplement l'acétyl CoA carboxylase. Dans le lieu de synthèse lipidique le plus important qui est la panne, la G6PDH est principalement affectée par l'ingestion des lipides (corrélation de 0.59) : il existe donc bien une adaptation locale de ces enzymes en fonction des besoins en NADPH de l'acétyl CoA carboxylase.

Les quantités de dépôts lipidiques déterminées par la mesure du F.O.M. ne sont pas en relation avec l'intensité de la lipogénèse comme l'ont mis en évidence mersmann et al. (1981) sur des animaux de 30 à 50 Kg. L'importance de l'activité des enzymes de la lipogénèse ne semble donc pas un bon prédicteur de la composition corporelle. Cette absence de relation peut là encore s'expliquer par la teneur des lipides apportés par l'alimentation, ceux-ci étant préférentiellement déposés.

CONCLUSIONS

De l'ensemble de ces observations, on peut admettre que les porcs ont cherché prioritairement à couvrir leurs besoins protéiques. Les différences, relativement minimes, bien que significatives entre lots, s'expliquent par cette hypothèse. Il faut donc nuancer l'idée selon laquelle le porc n'est pas

capable d'équilibrer sa ration en protéines et énergie (HENRY, 1967) si on ne lui propose pas les aliments avec lesquels il est "mathématiquement" possible de le faire. Il paraît parfaitement capable d'équilibrer sa ration protéique si on lui fournit des protéines complémentaires l'une de l'autre, en se rapprochant de la "protéine idéale", éventuellement au prix d'un dépôt excessif de lipides, puisqu'il ne peut changer la nature des aliments qui lui sont proposés.

Sur un plan pratique, nous avons fait la démonstration que la méthode initiale proposée ne peut être appliquée aussi simplement au lait entier en raison de sa teneur excessive en lipides. Il est évident qu'elle s'appliquerait très bien au lait écrémé associé à un mélange orge-blé. Une adaptation possible pour le lait entier consisterait à amener les porcs à consommer moins de lait, donc moins de lipides. Pour cela on peut envisager de fournir un aliment complémentaire un peu plus riche en protéines, incitant le porc à consommer moins de protéines du lait. Un second mode de rationnement complémentaire consisterait à diluer le lait par de l'eau dans un rapport

de 0,5-1,0 à 1. En effet, en alimentation ad libitum le porc équilibre sa ration à un rapport eau/matière sèche généralement inférieur à 4 (FÉVRIER et LACHANCE, 1988), en raison de l'encombrement de la ration, même en cas de restriction énergétique. Cette méthode paraît préférable à celle du rationnement dans le temps qui entraîne de sérieuses batailles lors de l'arrivée du lait dans les abreuvoirs. Sur le plan qualitatif, le problème de l'excès d'adiposité étant pris en compte, la qualité des graisses obtenue n'est pas détériorée par l'emploi du lait puisque les lipides sont un peu plus riches en acides gras courts et en acides gras saturés, ce qui peut être un avantage pour la conservation et la transformation.

Ainsi, en prenant les précautions ci-dessus, le porc peut être un bon transformateur des excédents des quotats laitiers en utilisant une technique relativement simple de distribution. Le prix d'intérêt du lait peut alors être calculé sur la base des matières premières correspondantes, protéines végétales et céréales associées.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN G.L., ROMSOS D.R., LEVEILLE G.A., BAKER D.H., 1972. *J. Anim. Sci.*, **35** (1), 41-47
- BOURDON D., HENRY Y., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, **20**, 409-414.
- DESMOULIN B., ECOLAN P., BONNEAU M., 1988. *INRA Prod. Anim.*, **1** (1), 59-64.
- DESMOULIN B., GIRARD J.P., BONNEAU M., FROUIN A., 1983. *Journées Rech. Porcine en France*, **15**, 177-192.
- FEVRIER C., DUCLUZEAU R., VASSAL L., 1979. *Journées Rech. Porcine en France*, **11**, 291-298.
- FEVRIER C., LACHANCE B., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, **20**, 361-368.
- HENRY Y., 1968. *Ann. Nutr. Alim.*, **22**, 121-140.
- HENRY Y., 1988. *INRA Prod. Anim.*, **1** (1), 65-74
- HENRY Y., RERAT A., TOMASSONE R., 1971. *Ann. Zootech.*, **20** (4), 521-550.
- LEHMANN D., 1929. In : MANGOLD E. *Nährstoffe und Futtermittel* (1), Spinger, Berlin.
- MERSMANN H.J., ALLEN C.D., CHAI E.V., BROWN L.J., FOGG T.J., 1981. *J. Anim. Sci.*, **52** (6), 1298-1305.
- NOBLET J., HENRY Y., BOURDON D., 1980. *Ann. Zootech.* **29** (2), 179 - 193.
- WIESEMÜLLER W., 1980. *Ann. Zootech.*, **29**, (2), 179-193.
- WIESEMÜLLER W., 1983. *IV th Int. Symp. Protein metabolism and Nutrition*, Clermond-Ferrand (France) Ed. INRA Publ., 1983, I (Les Colloques de l'INRA, n°16).