

ETUDE DU BESOIN EN LYSINE DES TRUIES EN LACTATION

M. ETIENNE, J. NOBLET, J.Y. DOURMAD, H. FORTUNE

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

Avec la collaboration technique de H. DEMAY, G. CONSEIL, M. LEMARIE et J.C. RISSEL pour la préparation des animaux, Y. LEBRETON et A. ROGER pour les mesures sur animaux, Annick BLANCHARD, Martine FILLAUT, Nadine MEZIERE, Christiane VACHOT et Y. COLLEAUX pour les analyses de laboratoire.

INTRODUCTION

L'examen de la bibliographie montre qu'il existe un nombre très limité d'études consacrées à la détermination du besoin en acides aminés indispensables des truies en lactation. La plupart d'entre elles ont été réalisées aux Etats-Unis entre les années 1970 et 1980 (équipes de SPEER, dans l'Iowa, et de EASTER, dans l'Illinois) sur des truies nullipares et dans des conditions de faible productivité. Les recommandations sont basées sur des critères zootechniques (variations de poids des truies, croissance des porcelets, parfois composition et production du lait mesurées à un ou deux stades de lactation), les résultats des bilans azotés maternels et éventuellement la détermination de certains paramètres sanguins (acides aminés libres, urée). C'est ainsi que le besoin en lysine des truies en lactation a été fixé entre 0,60% (BOOMGARDT et al., 1972; LEWIS et SPEER, 1973; CHEN et al., 1978) et 0,69% du régime (SALMON-LEGAGNEUR et DUEE, 1972), soit des apports journaliers d'environ 33 g/jour lorsque le plateau de consommation maximale d'aliment est atteint. De plus, dans ces conditions, la lysine apparaît comme l'acide aminé limitant primaire des régimes constitués de céréales complémentées par du tourteau de soja ou de la féverole pour des truies à productivité moyenne (DUEE et al., 1975).

Plus récemment, ETIENNE et al. (1985) ont constaté que des truies recevant ces apports de lysine avaient un bilan azoté faiblement négatif, mais subissaient une perte du tissu musculaire de l'ordre de 10 kg, bien plus importante que ne le laissait prévoir le bilan. On pouvait donc penser que les femelles étaient carencées en lysine et/ou en protéines. Cette hypothèse nous a conduits à réévaluer les besoins en lysine pendant la lactation sur des truies à productivité plus élevée en tenant compte des critères classiques, mais aussi des modifications de la composition corporelle des truies, et en reliant ces besoins au niveau de production.

MATERIEL ET METHODES

1. Dispositif expérimental

L'expérience porte sur 16 blocs de truies nullipares de race

Large White, chacun d'entre eux étant constitué de soeurs de portées. La conduite et l'alimentation de ces truies est identique entre leur sevrage et leur première mise-bas qui intervient le même jour (J0) grâce à la synchronisation de l'oestrus par traitement au Régumate et à l'induction de la parturition à 113 jours de gestation. Quatre ou cinq truies choisies en fonction de leur homogénéité de poids et de conformation sont utilisées dans chaque bloc, trois d'entre elles effectuant une lactation de 22 jours, tandis que les autres sont abattues après la mise bas. Les portées des femelles gardées sont égalisées à 10 ou 11 porcelets à J1. Ces truies sont réparties entre 4 lots suivant un dispositif en blocs incomplets. Les traitements consistent en 4 régimes distribués à raison de 5kg/jour, ce niveau étant atteint progressivement entre J0 et J4. La composition des régimes expérimentaux et les résultats d'analyses sont rapportés au tableau 1. L'aliment P1L1 a une composition analogue à celui de l'expérience évoquée précédemment (Etienne et al., 1985) et renferme 15,5% de matières azotées et 0,66% de lysine. Celui du lot P1L2 contient 0,77% de lysine par addition de lysine industrielle au régime P1L1. L'aliment P2L2 apporte la même quantité de lysine que le régime P1L2 grâce à l'augmentation de la teneur en tourteau de soja, son taux de protéines étant donc plus élevé (17,1 %). Enfin, la teneur en lysine de l'aliment P2L3 est portée à 0,87% par addition de lysine de industrielle au régime précédent.

2. Mesures effectuées pendant la lactation

Entre le deuxième jour de lactation et le sevrage, la totalité des excréta est collectée, l'urine étant récupérée sous acide séparément des fèces au moyen d'une sonde urinaire. Les teneurs en azote et en énergie des aliments, des fèces et de l'urine sont mesurées afin de déterminer les quantités d'énergie digestible et d'énergie métabolisable ingérées et le bilan azoté des truies. L'exportation d'azote et d'énergie dans le lait est estimée à partir de la croissance de la portée (NOBLET et ETIENNE, 1989). La composition du lait est mesurée à J3, J7, J15 et J22 sur des échantillons obtenus par traite de toutes les tétines fonctionnelles après injection intraveineuse de 10 UI d'ocytocine. La production laitière est estimée à partir de la quantité d'azote exportée et de la teneur en azote du lait. Les truies sont

TABEAU 1
COMPOSITION DES REGIMES

Lot	P1L1	P1L2	P2L2	P2L3
Matières premières %				
Orge	10	10	10	10
Blé	21	21	21	21
Maïs	43.34	43.34	38.79	38.79
Son de blé	5	5	5	5
Tourteau de soja	13.35	13.35	17.9	17.9
Mélasses	3	3	3	3
Glycine	0.16	0	0.16	0
l-Lysine	0	0.16	0	0.16
Phosphate bicalcique	2	2	2	2
Carbonate de calcium	1.5	1.5	1.5	1.5
Chlorure de sodium	0.45	0.45	0.45	0.45
Oligoéléments-Vitamines	0.2	0.2	0.2	0.2
Résultats d'analyse (1)				
M. sèche %	87.2	87.5	87.6	87.3
EM, kcal/kg	3152	3166	3171	3179
Protéines %	15.49	15.35	17.12	17.11
Lysine %	0.66	0.78	0.77	0.87
Thréonine %	0.52	0.50	0.56	0.56
Méthionine + Cystine % (2)	0.52	0.52	0.59	0.59
Tryptophane % (2)	0.16	0.16	0.19	0.19

(1) Valeurs mesurées

(2) Valeurs calculées

pesées à jeun à 111 jours de gestation, après la parturition et au sevrage. L'épaisseur de lard est mesurée par ultra-sons à 111 jours de gestation et au sevrage à l'épaule et au dos, à 6,5 cm de part et d'autre de la ligne médiane. Les truies sont abattues au sevrage.

3. Mesure de la composition corporelle des truies

La composition corporelle des truies abattues après la mise bas ou au sevrage est mesurée après découpe et dissection partielle de la demi-carrosse droite en quatre compartiments: peau, graisses externes + graisses internes, muscles (comportant le gras intermusculaire) et os. De plus, au moment de l'abattage, le sang et les différents organes (mamelle, utérus, tube digestif, foie, reins, abats rouges: coeur, poumons et rate) sont récupérés et pesés. Le tube digestif est ensuite vidé et pesé. Les variations de la composition corporelle et du poids des organes des truies pendant la lactation sont évaluées par différence entre les résultats des mesures effectuées au sevrage et l'estimation de leur composition à la parturition. Pour ce faire, des relations entre le poids des différents tissus ou organes, le poids vif et l'épaisseur de lard moyenne ont été établies par régression linéaire multiple sur les femelles abattues après mise bas. Une relation a été établie de façon similaire pour estimer le poids de l'utérus vide à partir de la taille et du poids de la portée à la naissance. Ces équations ont ensuite été appliquées aux truies gardées en expérience en tenant compte de leurs poids vif, de leur épaisseur de lard, de la taille et du poids de leur portée à la mise bas. Dans chaque bloc, les résultats ainsi obtenus ont été corrigés des différen-

ces constatées entre la composition mesurée sur leurs soeurs abattues à la parturition et la composition estimée sur les mêmes animaux à partir des relations générales.

Compte tenu de l'élimination de certaines truies (en raison de problèmes rencontrés après la parturition, de manque d'appétit, ou de mortalité élevée des porcelets), 29, 11, 12, 11 et 10 femelles ont été utilisées dans les calculs respectivement comme témoins abattus à la mise bas et dans les lots P1L1, P1L2, P2L2 et P2L3. En outre, deux de ces truies n'ont pas été disséquées. Les résultats ont été testés par analyse de la variance et de la covariance, les moyennes étant comparées deux à deux par le test de Duncan (SAS, 1987).

RESULTATS

1. Performances des truies

Les performances des truies et des portées sont rapportées dans le tableau 2. Pour la plupart des critères, l'effet portée est significatif alors que le régime n'affecte pas les performances. Le niveau d'ingestion n'est pas affecté par le régime ($P=0,7$), mais les refus d'aliment sont moins fréquents dans les lots à taux azoté plus élevé. En moyenne, les truies allaitent 10,9 porcelets, perdent près de 18 kg en 22 jours de lactation et produisent 7,6 kg de lait par jour. De même, la croissance des portées est similaire dans tous les lots. Les quantités d'azote et d'énergie exportées dans le lait ne diffèrent pas entre les 4 traitements ($P=0,9$). Compte tenu de l'absence d'effet des

TABEAU 2
INFLUENCE DES APPORTS DE PROTEINES ET DE LYSINE SUR LES PERFORMANCES DE LACTATION.

Lot	P1L1	P1L2	P2L2	P2L3	rsd(1)	Effet lot(2)
Effectif	11	12	11	10		
Poids des truies à la mise bas (kg)	179.3	180.3	182.2	183.0	5.6	NS
Variations de poids en lactation (kg)	-20.3	-17.3	-17.7	-15.1	7.9	NS
Consommation, kg/j	4.18	4.23	4.41	4.44	0.67	NS
Mcal EM/j	13.1	13.4	13.9	14.1	2.1	NS
Production laitière (kg/j)	7.5	7.5	7.9	7.6	0.9	NS
Energie du lait (Mcal/j)	9.5	9.3	9.8	9.6	1.6	NS
Azote du lait (g/j)	59.1	58.5	61.2	59.8	8.7	NS
Nombre de porcelets allaités	10.7	11.0	10.9	11.0	0.7	NS
Poids moyen au sevrage	5.61	5.33	5.58	5.41	0.40	NS
Croissance de la portée (g/j)	2145	2138	2144	2139	12	NS

(1) rsd, écart-type résiduel

(2) NS, effet non significatif

traitements, les résultats des bilans azotés et les modifications de composition corporelle présentés par la suite ont donc été comparés par analyse de la covariance à mêmes niveaux de consommation d'énergie métabolisable (13,6 Mcal/j) et d'exportation d'azote dans le lait (59,6 g/j).

2. Utilisation de l'énergie et bilans azotés des truies

La digestibilité de l'énergie et le rapport EM/ED (en moyenne de 96,5%) sont similaires dans les quatre lots (tableau 3). En ce qui concerne le métabolisme des protéines, la digestibilité apparente de l'azote ne diffère pas non plus entre les lots. La

quantité d'azote absorbé dépend donc de l'azote ingéré: elle est plus élevée dans les lots P2L2 et P2L3 que P1L1 et P1L2. Par contre, la quantité d'azote fixé augmente non seulement avec le taux azoté du régime, mais également avec sa teneur en lysine. Aussi, le coefficient de rétention azotée est plus élevé dans le lot P2L3 que dans le lot P1L1, les valeurs étant intermédiaires pour les autres régimes. De plus, quel que soit le taux azoté de l'aliment, ce coefficient est supérieur après supplémentation en lysine du régime. Enfin, le bilan azoté maternel, calculé après déduction des exportations dans le lait, augmente significativement entre les lots P1L1, P1L2, P2L2 et P2L3 et n'est positif que pour le dernier régime.

TABEAU 3
INFLUENCE DES APPORTS DE PROTEINE ET DE LYSINE SUR L'UTILISATION DIGESTIVE ET LE BILAN AZOTE DES TRUIES ENTRE LA MISE BAS ET LE SEVRAGE A 22 JOURS (1, 2)

Lot	P1L1	P1L2	P2L2	P2L3	rsd	Signification des covariables		
						Effet lot	EM	N lait
CUD Energie %	87,3	87,4	87,3	87,6	1,1	NS	NS	*
CUD Azote %	86,9	87,2	87,8	87,7	1,3	NS	NS	*
Lysine ingérée (g/j)	28,7	33,2	33,2	37,5	1,1	-	-	-
Azote ingéré (g/j)	107,6	105,8	118,0	117,6	4,3	-	-	-
Azote absorbé (g/j)	93,4 a	92,3 a	103,6 b	103,0 b	3,5	***	***	NS
Azote fixé (g/j)	49,4 a	54,0 b	57,7 c	61,5 d	3,7	***	***	***
Bilan azoté (g/j)	-10,3 a	-5,6 b	-1,9 c	1,9 d	3,7	***	***	***
CRN %	52,9 a	57,2 bc	55,1 ac	59,4 b	4,4	**	NS	***

(1) Données ajustées avec comme covariables l'EM ingérée (13,6 Mcal/j) et l'exportation d'azote dans le lait (Nlait, 59,6 g/j)

(2) rsd: écart-type résiduel

NS, effet non significatif; *, P<0,05; **, P<0,01; ***, P<0,001

3. Modifications de la composition corporelle des truies pendant la lactation

Les modifications tissulaires qui interviennent pendant la lactation ont été estimées en prenant la composition corporelle à la mise bas, l'énergie métabolisable ingérée et l'exportation

d'azote dans le lait comme covariables (tableau 4). L'effet bloc est hautement significatif pour tous les critères analysés, sauf pour l'utérus. Quand les données sont ajustées par covariance, la perte de poids de lactation décroît lorsque le taux azoté du régime augmente. L'épaisseur de lard et la quantité de graisses disséquées diminuent de façon comparable dans

tous les lots, respectivement de 4,8 mm et de 6 kg en moyenne. Au contraire, la perte de poids du tissu musculaire diffère entre les traitements. Elle est plus faible dans les lots P1L2 et P2L3

que dans les lots P1L1 et P2L2. Le poids de la mamelle, du tube digestif et de ses contenus augmente au cours de la lactation alors que celui de l'utérus diminue, les autres organes n'étant pas affectés.

TABLEAU 4.
COMPOSITION CORPORELLE DES TRUIES EXPERIMENTALES :
ESTIMATION A LA MISE BAS ET MODIFICATIONS PENDANT LA LACTATION (KG).

Lot	Mise-Bas	P1L1	P1L2	P2L2	P2L3	rsd (1)	Effet Lot	Signification des covariables (2)			
								EM	Nlait	MusMB	GrasMB
Effectif	42	10	11	11	10						
Poids vif	181,2	-19,6a	-18,0ab	-15,3bc	-15,1c	3,2	**	***	***	**	-
Tissu adipeux	29,6	- 6,5	- 6,5	- 5,2	- 5,7	2,1	NS	***	***	-	***
Tissu musculaire	80,0	-10,6a	- 6,7b	- 8,0ab	- 6,6b	3,4	*	***	***	***	-
Epaisseur de lard (mm)	23,9	- 5,1	- 4,8	- 5,0	- 4,3	1,4	NS	**	*	-	-
Utérus	4,1	- 4,2	- 4,1	- 3,5	- 3,6	0,5	*	-	-	-	-
Mamelle	8,2	1,0	0,6	0,7	0,8	1,0	NS	***	-	-	-
Tube digestif vide	6,1	1,1	0,9	1,3	1,1	0,5	NS	***	-	-	-
Contenus digestifs	4,3	1,8	0,8	0,8	1,7	1,0	-	-	-	-	-

(1) rsd, écart-type résiduel

NS, effet non significatif; *, P<0,05; **, P<0,01; ***, P<0,001

(2) Données ajustées avec comme covariables l'EM ingérée, l'azote du lait (Nlait), et les quantités de muscles (MusMB) et de graisses (GrasMB) à la mise bas

DISCUSSION

Les effets des apports azotés quantitatifs ou qualitatifs en lactation sur la perte de poids des truies de cette expérience ont été observés de façon classique (DUEE et SEVE, 1978). Les conséquences sur la production laitière, l'exportation d'azote dans le lait et la croissance des porcelets sont plus discutées dans la bibliographie. Certaines discordances sont vraisemblablement liées aux difficultés méthodologiques de la détermination de la production et de la composition du lait. En fait, ces paramètres ne semblent affectés qu'en deçà d'un niveau d'apports à partir duquel on observe un plateau des performances, le seuil de ce plateau dépendant de l'état des "réserves protéiques" des truies et de leur niveau de production (MAHAN et al., 1971a). Il en va pour la lysine comme pour les apports de matières azotées: elle n'affecte la production laitière, le taux azoté du lait et la croissance des porcelets que lorsqu'elle est introduite à moins de 0,48% dans le régime (LEWIS et SPEER, 1973). Les résultats de la présente étude vont dans ce sens: les apports azotés les plus faibles (lot P1L1) permettent des performances équivalentes à celles qui sont obtenues avec les régimes plus libéraux au prix d'une mobilisation accrue des réserves corporelles, attestée par les bilans fortement négatifs, la diminution du poids vif et la réduction du poids de muscles plus importantes chez les truies de ce lot.

LEWIS et SPEER (1973) ont constaté que la supplémentation en lysine d'un régime semi-synthétique à 10,6% de protéines améliore le bilan azoté des truies en lactation, le maximum étant atteint avec 0,66% de lysine. Dans notre étude, l'élévation des apports de lysine conduit à un résultat similaire dans le cas d'un régime à 17,1% de protéines (lots P2L2 et P2L3)

comme pour des apports azotés plus faibles (lots P1L1 et P1L2). Cet effet est dû à l'augmentation du coefficient de rétention azotée qui traduit une amélioration de l'utilisation métabolique des protéines même lorsque les aliments sont riches en protéines et en lysine. La lysine est donc bien l'acide aminé limitant primaire des régimes de lactation à base de céréales et de tourteau de soja, en accord avec DUEE et al. (1975).

L'augmentation du taux de protéines de l'aliment de 15,5 à 17,1% (lots P1L2 et P2L2) provoque un accroissement de la quantité d'azote fixé et une amélioration du bilan azoté, comme l'avaient observé MAHAN et al. (1971b) et KING et DUNKIN (1986). Cet effet est dû à l'augmentation de la quantité d'azote absorbé sans que l'utilisation métabolique des protéines soit modifiée, puisque le coefficient de rétention azotée demeure inchangé. La lysine n'est donc pas le seul facteur limitant d'un régime à 15,5% de protéines et 0,77% de lysine. On peut soupçonner l'existence d'un acide aminé limitant secondaire. Compte tenu des recommandations d'équilibre entre les différents acides aminés indispensables dans l'alimentation de la truie allaitante (INRA, 1984), le tryptophane et/ou la thréonine pourraient être limitants dans le régime P1L2. Il ne faut pas non plus écarter l'éventualité d'une carence globale en matières azotées.

Quels que soient les apports azotés, le poids des tissus adipeux diminue de près de 20% pendant la lactation (6 kg en moyenne). Au contraire, en accord avec les résultats des bilans azotés, la variation pondérale du tissu musculaire est plus importante chez les truies consommant l'aliment le moins riche en protéines et en lysine. Par rapport à des résultats

d'une étude antérieure obtenus sur des truies nourries de façon identique, de composition corporelle à la parturition très proche, mais allaitant moins de porcelets (ETIENNE et al., 1985), les femelles du lot P1L1 perdent davantage de graisses (6 kg au lieu de 1,7 kg) tandis que la variation de poids du tissu musculaire est la même. L'écart observé pour les graisses s'explique par la différence d'exportation d'énergie dans le lait entre les deux expériences. La confrontation de ces études démontre cependant qu'une relation étroite existe entre les apports nutritionnels et les réserves corporelles des truies pour couvrir leurs besoins de lactation. En effet, par rapport à des témoins identiques et pour un niveau de production donné, un rationnement énergétique sans modification des apports azotés provoque une réduction du poids du tissu adipeux au cours de la lactation alors que la diminution du poids des muscles est inchangée; à même niveau énergétique, une carence azotée quantitative ou qualitative accentue la "fonte" musculaire tandis que la quantité de graisses mobilisées est la même. La nature des tissus impliqués dans les variations pondérales qui interviennent au cours de la lactation dépend donc directement de l'équilibre entre l'énergie et les protéines de l'aliment distribué aux truies, tout comme cela a déjà été démontré pendant la gestation (DOURMAD, 1987).

Les résultats obtenus par la technique des bilans et la méthode des abattages sont bien corrélés, et il est possible de calculer la relation entre la variation du poids des muscles (V_{muscle} , en g/j) et le bilan azoté (N_{bilan} , en g/j):

$$(1) V_{\text{muscle}} = -293 (\pm 32) + 20,2 (\pm 2,9) N_{\text{bilan}} \quad (R^2 = 0,55).$$

Cette relation n'est cependant pas très étroite. La comparaison des deux types de résultats révèle d'ailleurs certaines différences: dans tous les lots, le poids du tissu musculaire diminue alors que le bilan azoté des truies de lot P2L3 est positif; de plus, ce bilan augmente progressivement entre les lots P1L1 et P2L3 alors que la réduction de la masse musculaire ne diffère pas entre les truies des lots P1L2, P2L2 et P2L3. Plusieurs raisons peuvent être invoquées. La méthode des bilans conduit généralement à une surestimation de la fixation d'azote par rapport à la technique des abattages comparés. Nous l'avions déjà constaté dans une étude antérieure (NOBLET et ETIENNE, 1987a), et chez le porc en croissance, JUST et al. (1982) ont évalué l'écart entre les deux méthodes à 17% de l'azote retenu. De plus, les estimations des variations corporelles portent sur la lactation complète alors que les bilans azotés n'ont été mesurés qu'à partir du deuxième jour de lactation. Or, au cours de la première journée, ces bilans sont très fortement négatifs car les truies consomment très peu d'aliment, mais produisent du colostrum à teneur en azote élevée. Les différences entre les résultats des deux méthodes peuvent aussi tenir au fait que les muscles ne renferment qu'une partie des protéines corporelles. A partir des résultats de KOTARBINSKA et KIELANOWSKI (1973), de WILDE et al. (1974), WALACH-JANIAK et al. (1986) et de nos propres données (ETIENNE et NOBLET, résultats non publiés), on peut estimer que les protéines musculaires représentent environ 70% des protéines totales de l'organisme. Les modifications du poids des muscles n'expliquent donc qu'une partie des variations du bilan azoté: le poids de l'utérus diminue, alors que celui de certains organes, comme le tube digestif et la mamelle, tend à augmenter pendant la lactation. Par ailleurs, tels qu'ils sont séparés dans cette expérience, les muscles comportent également les graisses intermusculaires. Dans la mesure où le poids des graisses disséquées diminue de 20% dans tous les lots, on peut supposer qu'il en va de même pour l'ensemble des réserves adipeuses, ce qui conduit à sure-

timer les variations du tissu musculaire. Cependant l'erreur résultant du fait que les graisses non disséquées n'ont pas été prises en compte est sans doute la même dans les quatre lots. Enfin, les bilans sont mesurés, tandis que les variations de composition corporelle sont estimées ($R^2 = 0,81$ pour l'estimation du poids de muscles).

Compte tenu des liaisons qui existent entre la lysine ingérée (Lys) ou l'exportation d'azote dans le lait (Nlait) et le bilan azoté des truies (N_{bilan}) ou les variations de poids du tissu musculaire (V_{muscle}), on peut calculer par régression linéaire les relations globales entre ces paramètres sur l'ensemble des truies de l'expérience:

$$(2) N_{\text{bilan}} = -20,4 (\pm 4,3) + 1,42 (\pm 0,08) \text{Lys} - 0,52 (\pm 0,06) \text{Nlait} \quad (R^2 = 0,91)$$

$$(3) V_{\text{muscle}} = 624 (\pm 413) + 32,0 (\pm 4,3) \text{Lys} - 15,6 (\pm 3,1) \text{Nlait} - 0,014 (\pm 0,005) \text{MuscleMB} \quad (R^2 = 0,73)$$

où MuscleMB désigne le poids de muscles à la mise bas, en kg, les autres variables étant exprimées en g/jour.

En remplaçant pour chaque truie MuscleMB par sa valeur dans l'équation (3), on obtient:

$$(3\text{bis}) V_{\text{muscle}} = -496 + 32,0 \text{Lys} - 15,6 \text{Nlait} \quad (R^2 = 0,73).$$

On peut envisager d'utiliser ces équations pour déterminer le besoin en lysine des truies en fonction de leur niveau d'exportation d'azote dans le lait et en se fixant un objectif de bilan azoté ou de variation de poids des muscles. Mais les truies en bilan azoté positif utilisent probablement moins bien la lysine que les autres. Les équations 2 et 3 ont donc été recalculées en sélectionnant les truies dont le bilan azoté réel était négatif ou nul. Le seuil de bilan à partir duquel les données étaient prises en compte était choisi de telle sorte que le rapport entre les coefficients obtenus pour la lysine dans l'équation relative au bilan et dans celle de la variation du poids de muscles soit voisin de 3,7%, valeur égale à la teneur en azote du muscle (ETIENNE et NOBLET, résultats non publiés). Cette condition est remplie pour les 30 truies dont les bilans sont inférieurs à + 3g d'azote/j, condition qui semble logique puisque la méthode des bilans surestime la rétention azotée. Les équations deviennent alors:

$$(5) N_{\text{bilan}} = -16,9 (\pm 5,3) + 1,41 (\pm 0,10) \text{Lys} - 0,58 (\pm 0,07) \text{Nlait} \quad (R^2 = 0,89)$$

$$(6) V_{\text{muscle}} = 829 (\pm 475) + 35,8 (\pm 5,2) \text{Lys} - 17,3 (\pm 3,6) \text{Nlait} - 0,017 (\pm 0,006) \text{MuscleMB} \quad (R^2 = 0,74)$$

En remplaçant pour chaque truie MuscleMB par sa valeur dans l'équation (6), on obtient:

$$(6\text{bis}) V_{\text{muscle}} = -499 + 35,8 \text{Lys} - 17,3 \text{Nlait} \quad (R^2 = 0,74).$$

L'application des équations 5 et 6bis à la détermination du besoin en lysine a été faite dans différents cas de vitesse de croissance de la portée (correspondant donc à des quantités différentes d'azote exporté dans le lait) et pour trois objectifs différents: un bilan azoté nul, une variation nulle du poids du tissu musculaire, et une diminution pondérale de 200 g/jour de ce tissu (tableau 5). Le besoin en lysine calculé pour un bilan azoté nul est très proche de celui qui permet de limiter la "fonte" musculaire à 200 g/j. Pour un gain de portée compris entre 1,5 et 3 kg/j, le besoin en lysine varie de 29 à 53 g/j suivant l'objectif

TABLEAU 5

BESOIN EN LYSINE DES TRUIES ALLAITANTES (G/J) EN FONCTION DE LA CROISSANCE DE LA PORTEE ENTRE LA NAISSANCE ET LE SEVRAGE ET DU CRITERE RETENU

Croissance g/j	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
Azote lait g/j	43,0	49,4	55,8	62,2	68,7	75,1	81,5
Besoin en lysine pour :							
- un bilan azoté nul	29,5	32,1	34,7	37,3	40,0	42,6	45,2
- un bilan musculaire nul	34,7	37,8	40,9	44,0	47,1	50,2	53,3
- un bilan musculaire de - 200 g/jour	29,1	32,2	35,3	38,4	41,5	44,6	47,7

que l'on se fixe. Compte tenu de l'ampleur de cette variation, il est donc important de se fixer un objectif précis. La perte de poids des truies allaitantes est un phénomène normal qui n'a pas de conséquences néfastes sur leurs performances ultérieures de reproduction à condition qu'elle ne soit pas trop importante et qu'elle puisse être compensée ultérieurement. Ainsi, une diminution de 200 g/j de la masse musculaire, soit environ 5 kg sur la totalité de la lactation, semble tout à fait admissible, cette perte étant très facilement compensée pendant la gestation suivante (DOURMAD, 1987). De plus, à l'erreur de surestimation près, la précision de l'équation de prédiction du besoin en lysine à partir du bilan azoté est meilleure qu'à partir des variations de poids des muscles. Nous

avons donc choisi comme critère d'estimation du besoin en lysine l'obtention d'un bilan azoté nul, sachant que cette option correspond en réalité à une diminution du poids des muscles de l'ordre de 200 g/j. Dans ces conditions, le besoin en lysine varie entre 29 et 45 g/jour de lactation pour une croissance de la portée allant de 1500 à 3000 g/j, ce qui recouvre la plupart des situations rencontrées dans les élevages. Ces valeurs sont pour la plupart supérieures aux recommandations actuellement en vigueur (33 g/j), d'autant plus qu'il s'agit de moyennes sur l'ensemble de la lactation qui recouvrent également les premiers jours suivant la parturition au cours desquels le niveau de consommation est faible.

TABLEAU 6

BESOIN EN LYSINE DES TRUIES ALLAITANTES (% DE L'ALIMENT) EN FONCTION DU NIVEAU DE CONSOMMATION (KG/J) ET POUR UN BILAN AZOTE NUL.

Niveau de consommation (kg/j)	Croissance de la portée, g/j						
	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
3 Kg	0,98	1,07	1,16	1,24	1,33	1,42	1,51
4 Kg	0,74	0,80	0,87	0,93	1,00	1,07	1,13
5 Kg	0,59	0,64	0,69	0,75	0,80	0,85	0,90
6 Kg	0,49	0,53	0,58	0,62	0,67	0,71	0,75
7 Kg	0,42	0,46	0,50	0,53	0,57	0,61	0,65

Les variations importantes d'appétit entre les truies posent donc le problème du taux de lysine qu'il convient d'introduire dans l'aliment pour que les besoins en cet acide aminé soient satisfaits. Le tableau 6 rapporte la teneur en lysine des aliments permettant l'obtention d'un bilan azoté nul en fonction du niveau de production des truies et de leur consommation moyenne d'aliment pendant la lactation. Ces résultats illustrent la dispersion importante des recommandations, entre 0,4% pour des truies peu productives consommant 7 kg d'aliment/j et 1,5% pour des femelles très productives n'en ingérant que 3 kg/j. Il s'agit là de cas extrêmes, rarement rencontrés. En fait, l'appétit des truies augmente avec leur niveau de production laitière (DOURMAD, 1989). Une teneur en lysine de l'aliment de 0,85% (correspondant à un apport journalier de l'ordre de 40 à 45 g de lysine) devrait donc permettre de faire face à la plupart des situations. Bien entendu, dans la mesure où la

composition de l'aliment est fixe, il convient de stimuler la consommation spontanée des truies allaitantes fortes productrices et de restaurer pendant la gestation suivante les réserves protéiques mobilisées de façon excessive.

En conclusion, cette étude confirme que la lysine est l'acide aminé limitant primaire des régimes de lactation classiques. Il convient de vérifier si le tryptophane ou la thréonine n'en sont pas les facteurs limitants secondaires. Quoi qu'il en soit, les recommandations actuellement en vigueur sous-estiment le besoin en lysine des truies allaitantes, même dans le cas de femelles à productivité moyenne. Ce travail permet de préciser ce besoin en le reliant au niveau de production laitière (ou de croissance de la portée). La démarche adoptée s'apparente donc à la méthode factorielle qui a été développée récemment par NOBLET et ETIENNE (1987b) pour la quantification des

besoins en énergie. Dans la mesure où la production laitière et l'appétit des truies sont très variables (DOURMAD, 1989), il n'est pas possible d'adapter l'apport de lysine aux besoins de chaque animal. Dans les conditions actuelles de production, un apport journalier moyen de 40 g de lysine pour les truies primipares et de 45 g pour les multipares peut être conseillé. Compte tenu des différences d'appétit entre ces catégories d'animaux, un aliment renfermant 0,85% de lysine semble donc adapté à la plupart des situations. La combinaison des approches permettant de quantifier les besoins énergétiques et azotés des truies en lactation, associée aux données

obtenues sur la gestation (DOURMAD, 1987; étude en cours), devrait permettre d'aboutir prochainement à la modélisation des modifications de la composition corporelle pendant le cycle de reproduction en relation avec les apports nutritionnels, le niveau de production et les facteurs du milieu.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Société EUROLYSINE (16 rue Ballu, Paris) et la Compagnie ROUSSELOT (8, rue Christophe Colomb, Paris) pour leur participation financière à ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- BOOMGARDT J., BAKER D.H., JENSEN A.H., HARMON B.G., 1972. *J. Anim. Sci.*, **34**, 408-410.
- CHEN S.Y., D'MELLO J.P.F., ELSLEY F.W.H., TAYLOR G., 1978. *Anim. Prod.*, **27**, 331-344.
- De WILDE R., VAN SPAENDONCK R., VANSCHOU BROEK F., 1974. In MENKE K.H., LANTZCH H.J., REICHL J.R., *Energy Metabolism of Farm animals*, EAAP Pub. n°14, Univ Hohenheim ed., Stuttgart, 197-200.
- DOURMAD J.Y., 1987. *Journées Rech. Porcine en France*, **19**, 203-214.
- DOURMAD J.Y., 1989. *Journées Rech. Porcine en France*, **21**, 109-114.
- DUEE P.H., PASTUSZEWSKA B., ETIENNE M., 1975. *Journées Rech. Porcine en France*, **7**, 121-127.
- DUEE P.H., SEVE B., 1978. *Journées Rech. Porcine en France*, **10**, 167-208.
- ETIENNE M., NOBLET J., DESMOULIN B., 1985. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **25**, 341-344.
- INRA, 1984. *L'alimentation des animaux monogastriques : Porc, lapin, volailles*. INRA, Paris.
- JUST A., FERNANDEZ J.A., JORGENSEN H., 1982. In J.P. LAPLACE, T. CORRING, A. RERAT (Ed.). *Digestive Physiology in the Pig*. Colloques de l'INRA. **12**, 111-122.
- KING R.H., DUNKIN A.C., 1986. *Anim. Prod.*, **43**, 319-325.
- KOTARBINSKA M., KIELANOWSKI J., 1973. *Anim. Prod.*, **17**, 317-320.
- LEWIS A.J., SPEER V.C., 1973. *J. Anim. Sci.*, **37**, 104-110.
- MAHAN, D.C., BECKER D.E., JENSEN. A.H., 1971a. *J. Anim. Sci.* **32**, 470-475.
- MAHAN, D.C., BECKER D.E., JENSEN. A.H., 1971b. *J. Anim. Sci.* **32**, 476-481.
- NOBLET J., ETIENNE M., 1987a. *J. Anim. Sci.*, **64**, 774-781.
- NOBLET J., ETIENNE M., 1987b. *Journées Rech. Porcine en France*, **19**, 197-202.
- NOBLET J., ETIENNE M., 1989. *J. Anim. Sci.*, **67**, sous presse.
- SALMON-LEGAGNEUR E., DUEE P.H., 1972. *Journées Rech. Porcine en France*, **4**, 157-161.
- SAS, 1987. *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
- WALACH-JANIAK M., RAJ S., FANDREJEWSKI H., 1986. *Livest. Prod. Sci.*, **15**, 249-260.