

Influence de l'apport d'énergie et du poids vif sur le besoin en lysine des porcs en croissance

Nathalie QUINIOU, J. NOBLET, J.-Y. DOURMAD

Institut National de la Recherche Agronomique
Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles

Avec la collaboration technique de J. GAUTHIER et A. ROGER pour l'expérimentation sur animaux, M. ALIX, P. BODINIER et P. SUREL pour les observations à l'abattage, Sylviane DANIEL, S. DUBOIS et Nadine MÉZIÈRE pour les mesures de composition chimique du gain de poids des porcs

Influence de l'apport d'énergie et du poids vif sur le besoin en lysine des porcs en croissance

Le besoin en lysine digestible iléale vraie (LYSdiv) a été étudié chez 29 mâles croisés Piétrain x Large White entre 45 et 100 kg de poids vif (PV). Dans la première expérience, les effets du stade de croissance et des apports d'énergie sur le besoin en LYSdiv sont étudiés chez 20 animaux en cages de digestibilité, les porcs étant répartis entre quatre niveaux d'apport énergétique (70, 80, 90 et 100 % du niveau ad libitum). Dans la seconde expérience, neuf porcs sont alimentés à volonté en loges individuelles. Cinq animaux témoins sont abattus à 45 kg pour estimer la composition chimique initiale des porcs expérimentaux. Les dépôts de protéines (Pd) et de lipides (Ld) sont mesurés par la technique des abat-tages comparés pour l'ensemble de la période expérimentale (exp. 1 et 2) et par la technique des bilans nutritionnels à quatre stades de croissance correspondant à des PV moyens de 45, 65, 80 et 95 kg (exp. 1). Le besoin en LYSdiv est estimé par l'approche factorielle à partir de la quantité de protéines déposées. L'augmentation des apports d'énergie s'accompagne d'un accroissement linéaire de la vitesse de croissance (+49 g par MJ d'énergie nette ingérée (EN)) et de Ld (+15,8 g/MJ EN), alors que Pd augmente suivant une relation linéaire-plateau dont la pente est de 8,5 g/MJ EN et la valeur du plateau est de 171 g. Le stade de croissance n'influence ni la pente, ni le plateau de la relation entre Pd et l'EN ingérée; par contre le dépôt de lipides associé à Pd augmente avec le PV. Il en résulte une diminution du besoin en LYSdiv relativement à l'EN ingérée (LYS/EN) quand le PV s'accroît: de 1,27 à 0,86 g/MJ entre le premier et le dernier stade étudié pour les porcs du niveau 90. Le niveau énergétique n'a qu'un effet limité sur le rapport LYS/EN quand les apports sont limitants pour Pd.

Effect of energy intake and body weight on lysine requirement of growing pigs

The requirement of true ileal digestible lysine (LYStid) was studied in 29 crossbred (Piétrain x Large White) boars between 45 and 100 kg body weight (BW). In the first experiment, 20 pigs were used to investigate the effect of energy intake (70, 80, 90 and 100 % of ad libitum) and BW on the LYStid requirement. In the second experiment, nine pigs were fed ad libitum and kept in individual cages. Five additional control pigs were slaughtered at 45 kg BW in order to assess chemical body composition of experimental pigs at the beginning of the growth period. Protein (Pd) and lipid (Ld) depositions were measured according to the comparative slaughter technique during total experiment (exp. 1 and 2) and according to N and energy balance technique at 45, 65, 80 and 95 kg mean BW (exp. 1). The LYStid requirement was estimated from Pd according to the factorial approach. Increasing energy supply was associated with linear increment of average daily gain (+49 g/MJ of net energy (NE) intake) and Ld (+15,8 g/MJ NE), whereas Pd increased with NE intake according to a linear-plateau relationship; the slope was 8,5 g/MJ NE and the value of maximum Pd was 171 g. The BW range did neither affect the slope nor the plateau values; the Ld associated with Pd increased with BW. Consequently, the LYStid requirement, per MJ of NE intake (LYS/NE), decreased when BW increased: from 1,27 to 0,86 g/MJ between 45 and 95 kg mean BW in pigs allocated to the energy level 90. When energy supplies were limiting for Pd, the LYS/NE requirement was little affected by energy level.

INTRODUCTION

Dans un objectif d'amélioration de l'utilisation des protéines alimentaires, et par conséquent de réduction des rejets azotés, deux solutions principales peuvent être envisagées : (i) réduire la fraction d'azote indigestible rejetée dans les fèces et (ii) améliorer l'adéquation des apports d'acides aminés (AA) aux besoins des animaux. En ce qui concerne ce dernier point, le besoin en AA ne peut être complètement dissocié du besoin en énergie; aussi, sur un plan pratique, s'agit-il d'ajuster le rapport AA/énergie (AA/E) de l'aliment aux besoins de l'animal pour optimiser l'utilisation des AA alimentaires.

En condition d'alimentation libérale, le rapport minimal AA/E dépend de l'appétit des porcs et de la capacité des animaux à déposer des protéines; il varie donc avec le type génétique et le type sexuel. Le rapport AA/E dépend également de l'utilisation de l'énergie disponible pour la croissance, soit en d'autres termes de la quantité de lipides (Ld) déposés par unité de protéines déposées (Pd). Le stade de croissance a un effet limité sur Pd entre 20 et 100 kg de poids vif (PV) (WHITTEMORE et al, 1988), mais il influence fortement Ld et les dépenses énergétiques d'entretien et par conséquent le rapport AA/E. Enfin dans la pratique, les animaux sont rarement alimentés à volonté, et la quantité d'énergie disponible pour la croissance peut varier selon les conditions d'élevage, l'état sanitaire... qui peuvent donc également influencer le rapport minimal AA/E.

L'objectif de notre travail est d'étudier les effets de la quantité d'énergie ingérée et du stade de croissance sur l'expression du besoin en AA. Dans un objectif de modélisation des besoins nutritionnels du porc, les résultats sont principale-

ment analysés suivant une approche factorielle du besoin, la lysine étant utilisée comme l'AA de référence.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental

La première expérience (exp. 1) porte sur l'étude de 20 mâles croisés Piétrain x Large White (PPxLW) issus de cinq portées (quatre porcs/portée). Entre 45 et 100 kg de PV, les porcs sont placés en cages de digestibilité à une température de 23 °C. Ils sont répartis entre quatre niveaux énergétiques (70, 80, 90 et 100 % de l'ingéré ad libitum) et reçoivent la même quantité quotidienne de protéines équilibrées, supposée non limitante pour la croissance (tableau 1). Le régime de base (aliment 1) est formulé à base de tourteau de soja, maïs, blé, orge deux rangs et rééquilibré en AA essentiels (QUINIOU et al, 1996). Les apports minimaux d'AA sont calculés en fonction du profil de composition en AA de la protéine idéale (FULLER et al, 1989) et du besoin en lysine. Ce dernier est raisonné pour un besoin de 22 g de lysine brute par kg de gain de PV (NOBLET et al, 1987), un gain moyen quotidien (GMQ) de 1000 g et un indice de consommation (IC) minimal de 2,0. Les dépôts de constituants chimiques sont mesurés sur l'ensemble de la période expérimentale par la technique des abattages comparés et à quatre stades de croissance (45, 65, 80 et 95 kg de PV moyen) par la technique des bilans nutritionnels.

La seconde expérience (exp. 2) porte sur neuf mâles croisés PPxLW alimentés à volonté entre 45 et 100 kg de PV. Ces animaux sont élevés en loges individuelles à une température de 23°C et reçoivent l'aliment 4 (tableau 1).

Tableau 1 - Composition des aliments expérimentaux

Aliment	1	2	3	4
Niveau énergétique, % ad libitum	70	80	90	100
Formulation				
% régime de base (1)	100	88,8	79,9	72,6
% amidon de maïs	0	11,2	20,1	27,4
Composition chimique, %				
Matière sèche	88,0	88,0	88,0	88,0
Matières minérales	7,9	7,1	6,6	5,8
Matières azotées totales	26,3	23,8	21,1	19,9
Acides aminés				
Lysine	1,65	1,48	1,31	1,23
Méthionine + Cystine	0,96	0,85	0,76	0,70
Thréonine	1,15	1,04	0,92	0,86
Tryptophane	0,36	0,33	0,30	0,29
Teneurs en énergie, MJ/kg				
Énergie digestible	13,60	13,83	14,04	13,91
Énergie métabolisable	12,58	13,00	13,31	13,26
Énergie nette	9,07	9,42	9,81	9,85

(1) Composition du régime de base : voir QUINIOU et al. (1996)

Cinq mâles PPxLW supplémentaires sont abattus au début de la période expérimentale et analysés chimiquement afin d'estimer la composition initiale des animaux expérimentaux (exp. 1 et 2), et par la suite la composition chimique du gain de poids.

1.2. Mesures

Les porcs sont pesés au début et à la fin de l'expérience et au début et à la fin de chaque période de bilan (exp. 1) ou chaque semaine (exp. 2). La consommation d'aliment est mesurée tous les jours (exp. 1) ou toutes les semaines (exp. 2) par différence entre la quantité allouée et les refus éventuels. La teneur en matière sèche des aliments est mesurée chaque semaine sur des échantillons prélevés à chaque distribution d'aliment.

Les mesures et analyses chimiques réalisées pour la détermination des bilans azotés sont identiques à celles décrites par NOBLET et al (1989). Pendant la mesure du bilan azoté (N) qui dure de 10 à 11 jours, la rétention d'énergie est déterminée par calorimétrie indirecte pendant 3 ou 4 jours. La consommation d'oxygène et les productions de dioxyde de carbone et de méthane sont mesurées quotidiennement en chambre respiratoire suivant le mode décrit par NOBLET et al (1989).

À l'abattage (exp. 1 et 2), les poids du sang, du tractus digestif plein et vide, des organes (foie, coeur, poumons, reins, rate), de la carcasse, des deux demi-carcasses, de la tête, de la queue sont déterminés. Après 24 heures de ressuage, la demi-carcasse gauche est disséquée en quatre compartiments tissulaires: la peau, le gras externe (gras sous-cutané et panne), le maigre (muscle et gras intermusculaire) et les os. Les compartiments tissulaires des porcs témoins, de deux portées de quatre porcs de l'expérience 1 (deux par niveau énergétique) et de trois porcs de l'expérience 2 sont congelés, broyés puis analysés chimiquement.

1.3. Analyses de laboratoire

La composition chimique des aliments, des fèces et des urines est analysée suivant les techniques décrites par NOBLET et al (1989). Les teneurs en AA sont analysées par le laboratoire UCAAB (Chierry, 02).

La teneur en matière sèche des échantillons de compartiments tissulaires broyés est déterminée au moment du broyage après lyophilisation et étuvage. Sur les échantillons lyophilisés, sont dosées les teneurs en matière sèche, matières minérales, azote, matières grasses (extrait à l'éther diéthylique) et énergie. La teneur en azote du sang est déterminée sur un échantillon frais, prélevé sous héparine lors de la saignée.

1.4. Calculs et analyses statistiques

Les teneurs en énergie digestible (ED) et en énergie métabolisable (EM) des aliments sont déterminées selon le mode habituel. La teneur en énergie nette (EN) est calculée à partir des caractéristiques de composition chimique des aliments et de la teneur en ED à l'aide de l'équation n°4 de NOBLET et al (1994).

Au début de l'expérience, la composition chimique corporelle est supposée identique chez les porcs témoins et les porcs expérimentaux. La composition chimique des porcs disséqués, mais n'ayant pas fait l'objet d'une analyse chimique, est estimée à partir d'équations linéaires établies entre la composition chimique et la composition tissulaire (QUINIOU, 1995). Les dépôts de protéines et de lipides entre 45 et 100 kg sont ensuite calculés par différence entre les quantités corporelles mesurées ou estimées à 100 kg et les quantités initiales estimées à 45 kg.

Aux quatre stades de croissance, le dépôt de protéines est calculé par différence entre la quantité de N ingérée et les pertes de N dans les fèces, les urines et sous forme d'ammoniac. Ces dernières (Ng) sont estimées à partir des pertes fécales (Nf) et urinaires (Nu) à l'aide de l'équation établie par QUINIOU et al (1995) (g/j):

$$Ng = -0,7 + 0,11 Nf + 0,02 Nu \quad (R^2 = 0,82) [1]$$

La quantité d'énergie retenue aux quatre stades de croissance est calculée par différence entre la quantité d'EM ingérée et la production de chaleur estimée à partir des échanges respiratoires. Compte tenu du nombre de chambres respiratoires disponibles (2 ou 3), les composantes de l'utilisation de l'EM ingérée sont étudiées sur environ la moitié des animaux, et ces résultats sont utilisés pour estimer la rétention de lipides chez les autres porcs.

Le besoin minimal en lysine digestible iléale vraie (LYSdiv, mg/j) est calculé par l'approche factorielle comme la somme des besoins pour l'entretien (LYSm) et pour le dépôt protéique (g/j):

$$LYSdiv = LYSm + Pd \times 1000 \times [LYS]Pd / RM \quad [2]$$

où [LYS]Pd: teneur en lysine dans les protéines déposées et RM : rendement marginal d'utilisation de la lysine. Dans les calculs présentés ci-dessous, le besoin en LYSdiv est estimé en supposant que le besoin d'entretien est égal à 0,36 mg/kg PV^{0,75} (FULLER et al, 1989), que la teneur en lysine dans Pd est de 0,0705 g/g (BIKKER, 1994), que RM est égal à 0,65 (DOURMAD et al, 1995; SÈVE et al, 1995) et que les valeurs de [LYS]Pd et du RM sont indépendantes du niveau énergétique et du PV.

Dans l'expérience 1, les effets moyens du niveau énergétique (E), du stade de croissance (S), de la portée (B) et leurs interactions sont étudiés par analyse de variance (GLM, SAS, 1990). L'évolution du GMQ, de Pd et de Ld en fonction de l'énergie ingérée est étudiée par analyse de covariance.

2. RÉSULTATS

2.1. Effet du niveau énergétique sur la croissance et les dépôts de protéines et de lipides

Dans l'expérience 1, l'augmentation des apports d'énergie

s'accompagne d'un accroissement linéaire de la vitesse de croissance. Ainsi, sur l'ensemble de la période expérimentale, le GMQ augmente de 713 à 1022 g/j entre les niveaux 70 et 100 (tableau 2), soit 49 g/MJ d'EN supplémentaire ingérée. L'augmentation de la vitesse de croissance résulte d'un accroissement à la fois des dépôts de lipides et de protéines. La valeur moyenne de Ld entre 45 et 100 kg, mesurée par la technique des abattages comparés, augmente linéairement avec les

apports d'énergie jusqu'au niveau 100 (de 70 à 187 g/j): soit +15,8 g/MJ d'EN supplémentaire ingérée. Par contre, si Pd augmente linéairement avec les apports d'EN jusqu'au niveau 90 (de 126 à 166 g/j), au-delà il atteint un maximum (figure 1). La pente de la phase linéaire déterminée par analyse de covariance est de +8,5 g/MJ EN, et la valeur du plateau est de 171 g/j. Le niveau énergétique n'influence pas significativement l'IC qui est égal en moyenne à 2,14 kg/kg.

Tableau 2 - Apports énergétiques et gains moyens quotidiens de poids, de protéines et de lipides entre 45 et 100 kg

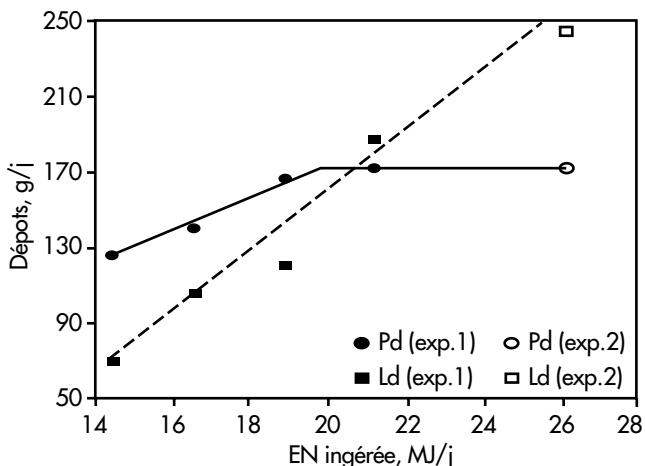
Expérience	1						2	
	70	80	90	100	ETR	Stat. (1)	100	ET
% ad libitum								
Poids vif initial, kg	40,5	41,6	41,5	41,9	1,2	B***	46,2	1,4
Poids vif final, kg	100,5	99,9	98,2	101,3	1,8		101,8	2,1
Consommation, /j								
Aliment frais, g	1591	1757	1925	2148	30	E***, B***	2650	170
ED, MJ	21,63	24,31	27,03	29,88	0,48	E***, B**	36,83	2,37
EN, MJ	14,43	16,55	18,88	21,16	0,34	E***, B**	26,10	1,68
Indice de consommation, kg/kg	2,23	2,15	2,07	2,10	0,14		2,42	0,17
Gain, g/j								
Poids vif	713	816	930	1022	63	E***	1096	75
Pd	126	141	166	171	11	E***	171	10
Ld	70	105	120	187	12	E***, B**	244	51
Rapport LYS:EN, g/MJ (2)	0,98	0,96	0,98	0,92	0,07		0,76	0,06

(1) Analyse de variance avec en effets principaux le niveau énergétique (E) et la portée (B). ETR: écart-type résiduel, ET: écart-type à la moyenne.

(2) Le besoin en lysine digestible iléale vraie est estimé selon l'approche factorielle à partir du dépôt de protéines mesuré sur l'ensemble de la période expérimentale par la technique des abattages comparés.

Dans l'expérience 2, le niveau de consommation ad libitum et la vitesse de croissance sont plus élevés que dans l'expérience 1 (respectivement 26,1 contre 21,2 MJ EN/j et 1096 contre 1022 g/j) compte tenu des conditions d'élevage différentes. Les résultats de l'expérience 2 confirment les relations linéaire et linéaire-plateau obtenues respectivement entre Ld ou Pd et l'EN ingérée (figure 1).

Figure 1 - Effet de la quantité d'énergie nette (EN) ingérée sur le dépôt moyen de protéines (Pd) et de lipides (Ld) entre 45 et 100 kg mesuré par la technique des abattages comparés (résultats des expériences 1 et 2)



2.2. Effet du stade de croissance sur les dépôts de protéines et de lipides

L'augmentation du PV s'accompagne d'une augmentation de la quantité d'EN ingérée quel que soit le niveau énergétique. Aucune interaction entre le niveau énergétique et le stade de croissance n'est mise en évidence, par analyse de variance, sur les dépôts de protéines ou de lipides (tableau 3). Ainsi, pour tous les niveaux énergétiques, la quantité de lipides déposés, déterminée par la technique des bilans, augmente d'un stade de croissance à l'autre: de 137 à 288 g/j pour le niveau 100 entre les stades 1 et 4. Au contraire, aucun effet du stade de croissance n'est mis en évidence sur le dépôt quotidien de protéines (en moyenne 182 g/j au niveau 100). Il en résulte une augmentation de l'adiposité du gain de poids avec l'élévation de PV.

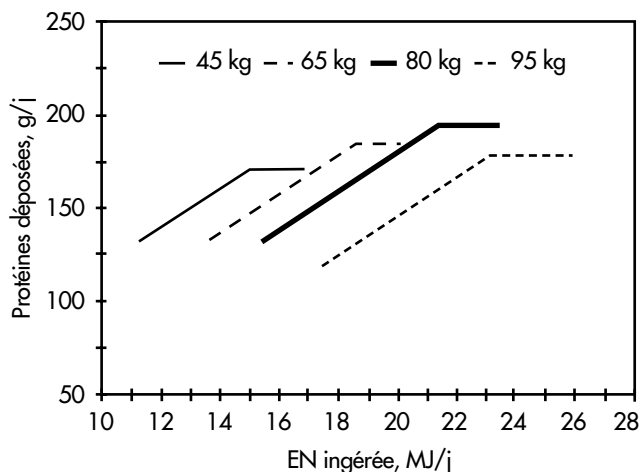
Par analyse de covariance, il apparaît que, aux quatre stades de croissance, les relations entre Pd ou Ld et l'EN ingérée sont du même type que celles obtenues sur l'ensemble de la période expérimentale. La quantité de Pd augmente suivant une relation linéaire-plateau dont ni la pente (+10,3 g/MJ, figure 2) ni la valeur du plateau ne sont significativement affectées par le stade de croissance (tableau 3); Ld augmente linéairement de 18 g par MJ d'EN ingérée supplémentaire.

Tableau 3 - Composition chimique du gain de poids mesurée à quatre niveaux énergétiques et à quatre stades de croissance (technique des bilans nutritionnels)

% ad libitum	70	80	90	100	Moyenne	ETR	Stat. (1)
EN ingérée, MJ/j							
Stade 1	11,2	12,9	15,0	17,1	14,0	1,7	E***
Stade 2	13,7	15,8	18,3	20,1	16,9		B***
Stade 3	15,5	18,1	21,2	23,5	19,6		S***
Stade 4	17,5	20,9	23,3	26,2	21,9		
Pd, g/j							
Stade 1	132	147	169	169	154	17	E***
Stade 2	131	152	183	184	163		A**
Stade 3	117	166	190	194	167		
Stade 4	114	155	174	179	156		
Ld, g/j							
Stade 1	22	51	82	137	73	38	E***
Stade 2	59	90	126	166	110		B**
Stade 3	100	121	171	225	154		S***
Stade 4	127	183	218	288	204		

(1) Analyse split-plot de la variance avec en effets principaux le niveau énergétique (E), la portée (B), le stade de croissance (S), l'animal (A) et les interactions.

Figure 2 - Effet du stade de croissance et de la quantité d'énergie nette (EN) ingérée sur le dépôt de protéines quotidien mesuré par la technique des bilans



la teneur moyenne en EN (9,85 MJ/kg) et de la digestibilité iléale estimée de la lysine dans l'aliment 4 (89 %), la valeur du rapport LYS/EN correspond à une teneur en lysine brute de 0,84 % dans l'aliment frais.

Dans l'expérience 1, la même démarche permet de mettre en évidence que le niveau énergétique n'influence pas significativement le rapport LYS/EN moyen sur l'ensemble de la période expérimentale: en moyenne 0,96 pour les quatre niveaux énergétiques (tableau 2). Cette valeur est plus élevée que celle obtenue dans l'expérience 2 (0,76 g/MJ).

L'évolution du besoin en lysine en fonction du PV a été étudiée à partir des résultats de l'expérience 1 rapportés dans le tableau 3. Ceux-ci font apparaître une diminution du besoin en lysine par MJ d'EN ingérée quand le PV augmente. Les données obtenues chez les porcs alimentés au niveau 90 sont illustrées dans la figure 3, le dépôt protéique chez ces animaux étant proche du potentiel de dépôt mais étant limité par le niveau énergétique: le rapport LYS/EN diminue alors de 1,27 à 0,86 entre les stades 1 et 4.

2.3. Besoin minimal en lysine par MJ d'EN

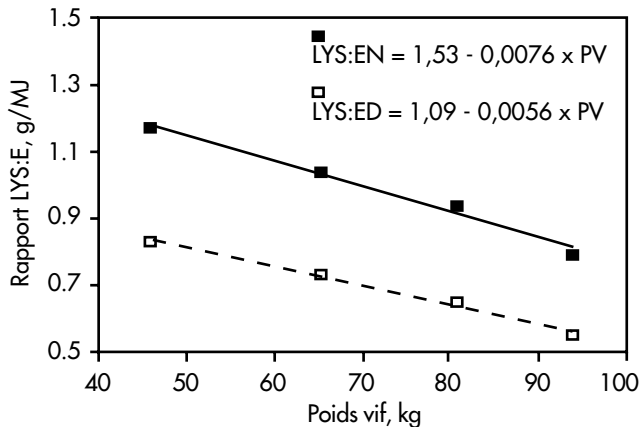
Les valeurs de Pd obtenues sur l'ensemble de la période expérimentale par la technique des abattages comparés ou par la technique des bilans aux quatre stades de croissance sont utilisées pour estimer le besoin en LYSdiv, et ses variations avec le niveau énergétique et le PV selon l'approche factorielle décrite plus haut. Ce besoin est exprimé relativement à la quantité d'EN ingérée.

Dans l'expérience 2, en condition d'alimentation ad libitum, le rapport minimal LYS/EN calculé pour la période 45-100 kg est en moyenne de 0,76 g/MJ (tableau 2). Compte tenu de

DISCUSSION

Compte tenu de la formulation des aliments utilisés dans cette expérience, le besoin en lysine relativement à l'énergie ingérée a été analysé dans le système EN. En effet, ce système permet de prendre en compte la nature de l'énergie apportée aux porcs, ses conséquences sur la croissance et par conséquent sur le besoin. L'analyse des effets du niveau énergétique et du PV sur le rapport minimal LYS/E sur la base de l'EN permet de s'affranchir des critiques liées à l'utilisation de l'amidon de maïs comme source d'énergie supplémentaire.

Figure 3 - Effet du poids vif sur le besoin en lysine digestible iléale vraie, exprimé relativement à la quantité d'énergie nette (LYS/EN) ou d'énergie digestible (LYS/ED) ingérée : (résultats obtenus chez les porcs du niveau 90. Les quantités de protéines déposées, mesurées par la technique des bilans, sont corrigées pour prendre en compte la surestimation de 8 % du dépôt par cette technique)



La principale composante du besoin en LYSdiv est le dépôt de protéines corporelles. Ce dernier peut être estimé par différentes techniques dont la technique des abattages comparés et celle des bilans nutritionnels. Cependant, en raison de pertes non détectées de N au cours des mesures, la technique des bilans fournit généralement des valeurs de Pd surestimées par rapport à celles obtenues par la technique des abattages comparés et supposées comme étant "vraies". Les données de rétention de N obtenues aux quatre stades de croissance et corrigées pour les pertes de N gazeux ont été extrapolées, après pondération selon la durée des périodes de mesure, à l'ensemble de la période expérimentale (QUINIQU, 1995). Il apparaît alors que la technique des bilans surestime Pd de 8 % et de façon concomitante le rapport LYS/EN. Ainsi, par exemple pour les porcs alimentés au niveau 90, quand la différence de Pd entre les techniques est prise en compte, le rapport LYS/EN correspondant au besoin minimal est de 1,17 g/MJ, soit une valeur proche de celle de l'aliment (1,19 g/MJ), alors que le rapport LYS/EN estimé mais non-corrigé est de 1,27 g/MJ.

Quand les apports d'énergie sont limitants pour Pd, tout apport supplémentaire d'EN s'accompagne d'une augmentation linéaire de Pd ($Pd = a + b \text{ EN}$). Il en résulte une augmentation linéaire du besoin en LYSdiv et une contribution moindre du besoin d'entretien au besoin total. L'équation [2] est alors équivalente à:

$$\begin{aligned} \text{LYSdiv} &= \text{LYSm} + (a + b \text{ EN}) \times [\text{LYS}]Pd / \text{RM}, \\ &= \text{LYSm} + a' + b' \text{ EN}, \end{aligned}$$

où $a' = a \times [\text{LYS}]Pd / \text{RM}$ et $b' = b \times [\text{LYS}]Pd / \text{RM}$; le rapport LYS/EN peut alors s'écrire:

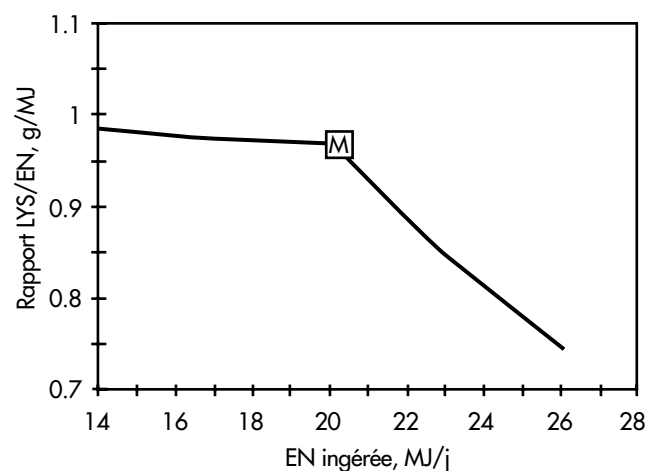
$$\text{LYS/EN} = b' + (\text{LYSm} + a')/\text{EN}.$$

Chez les porcs de notre étude, a et donc a' ne sont pas significativement différents de zéro. Quand les apports d'énergie sont limitants pour Pd et que la quantité d'EN

ingérée augmente, le rapport LYSm/EN tend vers zéro et le rapport LYS/EN tend vers une constante ($b' = 8,5 \times 1000 \times 0,0705 / 0,65$, soit 0,92 g/MJ EN). La valeur de cette constante est néanmoins influencée par le type de porcs dans la mesure où ce dernier a un effet significatif sur la pente de la réponse de Pd en fonction de l'énergie ingérée (QUINIQU, 1995). Par ailleurs, si la valeur de "a" est différente de zéro, comme cela semble être le cas dans les travaux de CAMPBELL et TAVERNER (1988) et BIKKER (1994), l'effet du niveau énergétique sur le rapport LYS/EN peut devenir plus important.

Chez les mâles PPxLW étudiés, le dépôt de protéines augmente suivant une relation linéaire-plateau quand les apports d'énergie s'accroissent. Ce résultat remet en question le modèle de réponse linéaire de Pd en fonction des apports d'énergie proposé chez les porcs performants par CAMPBELL et TAVERNER (1988). Compte tenu de l'existence d'un maximum de dépôt protéique chez les mâles PPxLW, le besoin en LYS n'augmente plus quand le niveau énergétique augmente au-delà du niveau permettant l'expression du potentiel de Pd. Ce résultat explique alors d'une part que les apports en AA recommandés, relativement à l'énergie, soient plus faibles en condition d'alimentation ad libitum qu'en condition d'apports limitants (HENRY et al, 1988) (figure 4), et d'autre part que le rationnement des porcs, même très performants, puisse être envisagé pour optimiser l'utilisation des apports azotés.

Figure 4 - Effet de la quantité d'énergie nette (EN) ingérée sur le rapport minimal LYS/E entre 45 et 100 kg (résultats des expériences 1 et 2 - La lettre M correspond à l'apport d'énergie nette (EN) pour lequel le maximum de dépôt protéique est atteint)



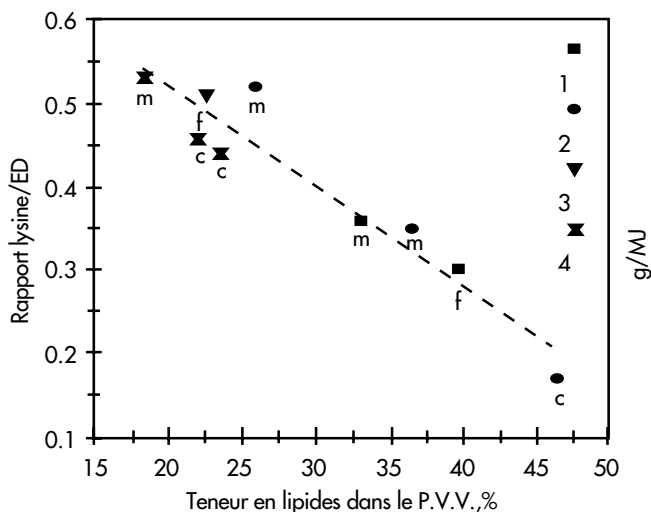
Outre les effets du niveau énergétique sur le rapport LYS/EN, tous les facteurs influençant les composantes de ce rapport ont un effet sur sa valeur. Or, suivant la même approche factorielle que celle utilisée pour estimer le besoin en LYSdiv, le besoin en EN (MJ/j) peut s'écrire sous la forme suivante:

$$\text{EN} = \text{ENm} + \text{ENp} + \text{ENf},$$

où EN_m, EN_p et EN_f sont respectivement les besoins en EN pour couvrir les dépenses d'entretien et pour les dépôts de protéines et de lipides. Si le dépôt de protéines est peu affecté par le stade de croissance, par contre le besoin d'entretien et le dépôt d'énergie sous forme de lipides augmentent avec le PV. Il en résulte donc une diminution du rapport LYS/EN quand le PV s'accroît (figure 3) et nos résultats montrent alors, en accord avec ceux de HENRY et al (1988) et de BIKKER (1994), la nécessité d'utiliser des aliments dont le rapport LYS/EN est de moins en moins élevé quand le PV augmente afin d'optimiser l'utilisation des apports alimentaires et de réduire les rejets azotés.

Le type génétique et le type sexuel des porcs influencent également la quantité de lipides déposés relativement aux protéines. Ainsi, en condition d'alimentation libérale et en moyenne sur l'ensemble de l'expérience, le rapport entre le dépôt de lipides et de protéines des mâles PPxLW de notre étude (1,19) est faible par rapport à celui mesuré sur le même intervalle de PV chez des mâles castrés PPxLW par QUINIOU (1995) (1,78), chez des mâles croisés Large White x Landrace par CAMPBELL et TAVERNER (1988) (1,86) ou chez des femelles issues d'une lignée synthétique par BIKKER (1994) (1,79). Il en résulte que les différences d'adiposité du gain de poids sont associées à des valeurs très différentes du besoin en AA entre les types de porcs. Pour illustrer ce propos, on peut estimer, à partir de données de la bibliographie, le rapport minimal LYS/ED chez des types de porcs dont l'appétit et l'adiposité du gain de poids sont très variables (figure 5). Les

Figure 5 - Effet de la teneur en lipides dans le poids vif vide (PVV) sur le besoin en lysine digestible iléale vraie relativement à la quantité d'énergie digestible ingérée (LYS/ED) entre 45 et 100 kg de poids vif. Légende: m : mâles, f : femelles, c : mâles castrés; 1 : d'après Campbell et al (1985), 2 : d'après CAMPBELL et TAVERNER (1988), 3 : d'après BIKKER (1994) et 4 : d'après QUINIOU (1995). L'équation de la droite de régression est la suivante : $Y = 0,76 - 0,01197 X$



valeurs faibles d'IC et d'adiposité du gain de poids expliquent ainsi que le besoin en LYS_{div} des mâles PPxLW soit supérieur aux recommandations moyennes de l'INRA (1984) établies pour des femelles et des mâles castrés (0,84 contre 0,70 % de l'aliment).

Dans la démarche suivie dans cette étude, le besoin en lysine a été calculé par l'approche factorielle en supposant (i) que le RM était égal à 0,65 et (ii) que le profil de composition en AA des protéines déposées était constant. Or, les valeurs de RM disponibles dans la bibliographie sont très différentes selon les études considérées: elles varient de 0,40 à 0,86 % (NOBLET et al., 1987; BATTERHAM et al, 1990; KRICK et al, 1993; DOURMAD et al, 1995; SÈVE et al, 1995). Ces différences peuvent être attribuées à la méthodologie utilisée, aux types de porcs étudiés ainsi qu'aux caractéristiques des aliments expérimentaux. Mais elles témoignent surtout des incertitudes qui pèsent encore sur la connaissance du RM des AA et, en particulier, il reste à démontrer que le RM est indépendant du stade de croissance. La teneur en lysine dans les protéines déposées est peu influencée par le type génétique, le sexe, ou le stade de croissance entre 45 et 100 kg (OSLAGE et SCHULZ, 1977; DUÉE et al, 1980; KYRIAZAKIS et EMMANS, 1993). Par contre, les résultats récents de ces derniers auteurs et ceux de BIKKER (1994) indiquent que la teneur en lysine dans Pd augmente avec les apports d'énergie ou de protéines, en relation avec une contribution plus importante des protéines du tissu musculaire, riches en lysine, au dépôt protéique.

CONCLUSION

En condition d'alimentation libérale, les porcs de notre étude présentent un IC faible pour un dépôt quotidien de protéines élevé et par conséquent un faible dépôt de lipides. Notre travail permet d'analyser les variations du besoin en lysine des porcs en finition avec l'augmentation du PV et des apports d'énergie, mais cette démarche doit être appliquée en tenant compte des caractéristiques intrinsèques des porcs étudiés. Nos résultats confirment l'intérêt de l'utilisation de l'alimentation multi-phase, cette dernière prenant en compte les effets du stade de croissance sur le rapport minimal AA/E de l'aliment et permettant ainsi de minimiser les rejets d'azote. Cependant, dans une optique d'ajustement des apports aux besoins des porcs, la fiabilité de l'estimation du besoin en AA des porcs et son évolution au cours de la croissance repose à l'heure actuelle sur une meilleure connaissance des rendements d'utilisation des AA.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'UCAAB pour sa participation financière à la réalisation de ce travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATTERHAM E.S., ANDERSEN L.M., BAIGENT D.R., WHITE E., 1990. Br. J. Nutr. 64, 81-94.
- BIKKER P., 1994. Protein and lipid accretion in body components of growing pigs: effects of body weight and nutrient intake. Thesis

Wageningen, pp 203. Pays-Bas.

- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., CURIC D.M., 1985. Anim. Prod. 40, 497-503.
- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., 1988. J. Anim. Sci. 66, 676-686.
- DOURMAD J.-Y., GUILLOU D., SÈVE B., HENRY Y., 1995. Journées Rech. Porcine en France 27, 253-260.
- DUÉE P., CALMES R., DESMOULIN B., 1980. Ann. Zootech. 29(1), 31-37.
- FULLER M.F., MCWILLIAM R., WANG T.C., GILES L.R., 1989. Br. J. Nutr. 62, 255-267.
- HENRY Y., ARNAL M., OBLED C., RÉRAT A., 1988. Wiss. Z. WPU Rostock N-Reihe 37, 1 S 9-18.
- INRA. 1984. L'alimentation des monogastriques (porcs, lapins, volailles). INRA éd., Paris, France 282 pp.
- KRICK B.J., BOYD R.D., RONEKER K.R., BEERMANN D.H., BAUMAN D.E., ROSS D.A., MEISINGER D.J., 1993. J. Nutr. 123, 1913-1922.
- KYRIAZAKIS I., EMMANS G.C., 1993. J. Sci. Food. Agric. 62, 29-33.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. J. Anim. Sci. 65, 717-726.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUBOIS S., HENRY Y., 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible, métabolisable et nette des aliments pour le porc. Ed: INRA. éd., Paris, 106 pp.
- NOBLET J., SHI X.S., FORTUNE H., DUBOIS S., LE CHEVESTRIER Y., CORNIAUX C., SAUVANT D., HENRY Y., 1994. Journées Rech. Porcine en France 26, 235-250.
- OSLAGE H.J., SCHULZ E., 1977. Aminosäurenansatz in verschiedenen Organen und in Gesamtkörper wachsender Schweinen sowie Ableitung zum Aminosäurebedarf. In: Proc. of the 5th Int. Symp. on Amino Acids 1-15.
- QUINIOU N., 1995. Utilisation de l'énergie chez le porc selon son potentiel de croissance: contribution à la modélisation des besoins nutritionnels et de la composition corporelle. Thèse ENSAR, 177 pp.
- QUINIOU N., NOBLET J., DUBOIS S., 1995. Livest. Prod. Sci. 41, 51-61.
- QUINIOU N., DUBOIS S., NOBLET J., 1996. Journées Rech. Porcine France 28, 429-438.
- SAS, 1990. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- SÈVE B., SAWADOGO M.-L., GANIER P., COLLEAUX Y., 1995. Journées Rech. Porcine en France 27, 245-252.
- WHITTEMORE C.T., TULLIS J.B., EMMANS G.C., 1988. Anim. Prod. 46, 437-445.