

AJINOMOTO EUROLYSINE INFORMATION

F 24

Maîtriser les performances et la qualité de carcasse avec les aliments porcs à bas taux protéique

Le principe des régimes à bas taux protéique est d'ajuster les apports en acides aminés aux besoins de l'animal, en réduisant les excès de protéines non valorisés par l'animal. La réduction des surplus de protéine dans l'aliment se traduit par une diminution des rejets correspondants (azote du lisier, émission d'ammoniac, nitrates etc.). La réduction de la teneur en protéines de l'aliment représente ainsi une technique de choix pour réduire à la source les rejets azotés des élevages porcins (Cf. Ajinomoto Eurolysine Information N°22).

Outre leur intérêt environnemental, les régimes à bas taux protéiques permettent de valoriser des matières premières à faible teneur en protéines telles que les céréales. Enfin, dans certaines conditions d'élevage, l'abaissement du taux protéique semble contribuer à la prévention de l'apparition de troubles digestifs.

Toutefois, on a pu rapporter une tendance à la diminution des performances de croissance et à l'augmentation de la teneur en gras de la carcasse consécutivement à l'emploi de ces régimes. Une revue de la littérature a été réalisée pour traiter la question suivante :

Les régimes à basse teneur en protéines pénalisent-ils les performances de croissance et la qualité de la carcasse ?

L'objet de ce bulletin est de clarifier les liens entre les caractéristiques des régimes à bas taux protéiques et les résultats obtenus en élevage et à l'abattage.

L'analyse critique de la bibliographie fait apparaître que la juste évaluation des apports en acides aminés d'une part, en énergie d'autre part, est primordiale pour formuler des rations à bas taux protéiques performantes.

Lorsque les apports d'énergie et d'acides aminés sont correctement estimés, à l'aide de systèmes nutritionnels pratiques et précis (acides aminés digestibles, énergie nette), les performances de croissance des porcs et la qualité des carcasses peuvent être maîtrisées.

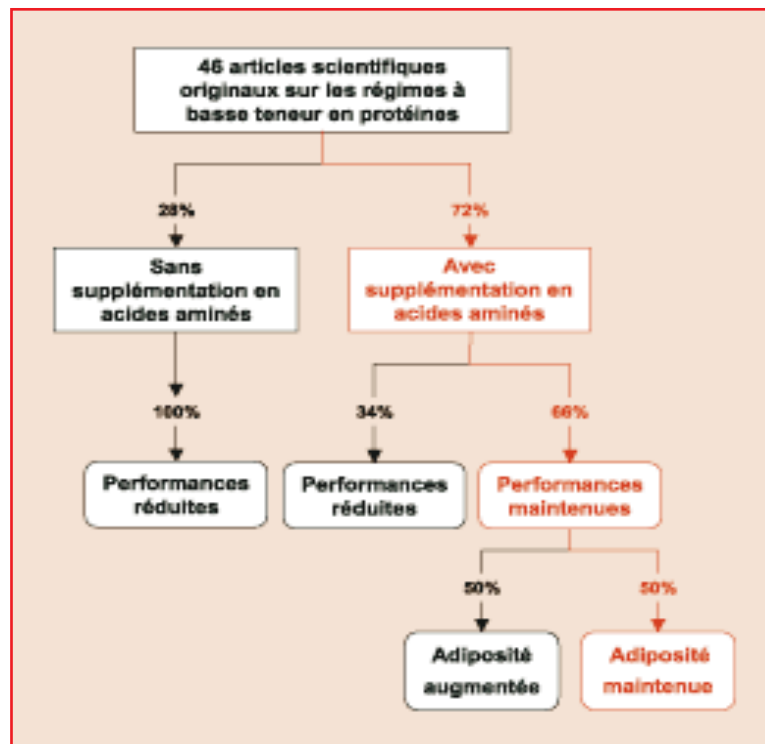
Habbe Fotografie



Qu'indique la bibliographie ?

Une revue bibliographique a été réalisée dans le but d'étudier les effets de régimes à basse teneur en protéines sur les performances de croissance (rétention d'azote et/ou gain de poids) et sur la qualité des carcasses (teneur en protéines et en lipides) des porcs en croissance-finition. Les articles retenus comparaient au moins un aliment à teneur en protéine réduite à un témoin. Ils devaient rapporter au minimum la composition des régimes, les performances de croissance et des mesures de qualité de carcasse. C'est ainsi que quarante-six articles scientifiques originaux publiés entre 1986 et 1999 ont été analysés*. Les principaux résultats de cette revue sont présentés dans la figure 1.

fig. 1. Effet de la réduction de la teneur en protéines de l'aliment sur les performances des porcs et la qualité de carcasse : résumé schématisé de la revue bibliographique



Conclusions de la revue bibliographique

- En absence de supplémentation en acides aminés (13 essais), la réduction du taux protéique de l'aliment a systématiquement entraîné une réduction significative des performances des animaux ainsi qu'un engraissement de la carcasse;
- Parmi les essais dans lesquels une supplémentation en acides aminés visait à compenser la baisse du taux de protéines (33 essais), deux tiers (22 essais) ont montré un maintien des performances de croissance;
- Cependant la moitié de ces derniers (11 essais sur 22) ont mis en évidence un engraissement des carcasses.

Les résultats de cette étude bibliographique confirment l'idée que la réduction de la teneur en protéines de l'aliment doit être associée à une supplémentation en acides aminés adaptée afin de maintenir un niveau de performances optimal. En outre, l'engraissement excessif des carcasses fréquemment observé suggère que la diminution de la teneur en protéines de l'aliment conduit à une augmentation de sa teneur en énergie et/ou à un meilleur rendement d'utilisation de l'énergie par l'animal.

Ainsi, la modification de la teneur en protéines de l'aliment induit des variations d'apport en acides aminés, mais aussi de l'utilisation de l'énergie, qui doivent être prises en compte en formulation.

Table des matières

- Nutrition azotée (acides aminés) et performances de croissance page 3
- Nutrition énergétique et qualité de la carcasse page 9
- Jusqu'où peut-on abaisser la teneur en protéines de l'aliment ? page 14
- Conclusion page 15

*cf. «revue bibliographie : liste des références»

Nutrition azotée (acides aminés) et performances de croissance

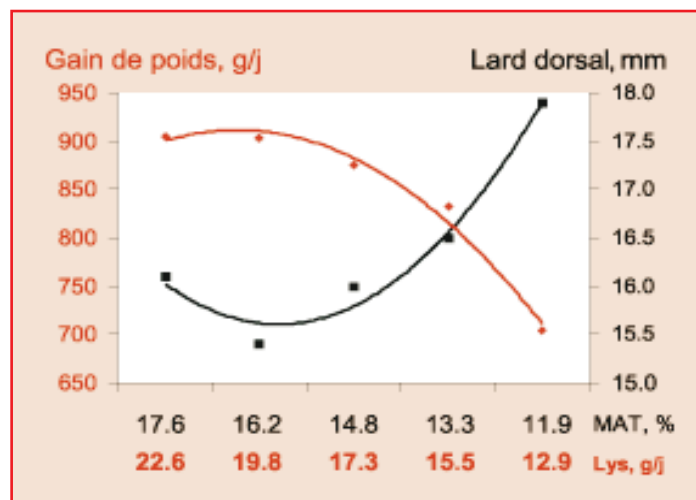
Réduire le taux protéique de l'aliment en limitant l'incorporation des matières premières riches en protéines réduit les apports en acides aminés non essentiels (AANE) et -plus important- en acides aminés essentiels (AAE). Un acide aminé essentiel apporté en quantité insuffisante peut limiter les performances animales ; il est dit limitant. Une telle déficience peut être évitée en supplémentant le régime avec des acides aminés industriels (lysine, thréonine, méthionine, tryptophane,...) jusqu'à satisfaire le besoin.

Réduction de la teneur en protéines de l'aliment sans supplémentation en L-lysine...

La lysine est le premier acide aminé essentiel limitant dans les formules pour les porcs en croissance-finition. Un déficit en lysine pénalise directement la synthèse protéique et le gain de poids. En conséquence, l'énergie qui n'est pas retenue sous forme de protéines contribue à l'augmentation de l'adiposité de la carcasse (figure 2).

A l'inverse, l'addition de L-lysine dans les formules permet de réduire le taux de protéines de l'aliment tout en maintenant sa teneur en lysine.

fig. 2. Effet d'une réduction de la teneur en protéines sans supplémentation en L-lysine (Castell et al., 1994 : mâles castrés et femelles entre 25 et 98 kg de poids vif)



Réduction de la teneur en protéines de l'aliment sans ajustement de l'équilibre entre acides aminés...

Les résultats publiés par Homb et Matre (1989) confirment que la réduction des performances avec des régimes à basse teneur en protéines est imputable à la diminution des teneurs en acides aminés essentiels apportés par l'aliment (tableau 1). Ainsi, l'ajout de L-lysine dans le régime à basse teneur en protéines permet de restaurer partiellement le gain de poids des porcs. L'amélioration est encore plus importante lorsque l'aliment à faible teneur en protéines est également supplémenté en DL-méthionine et L-thréonine. On notera néanmoins qu'ici les ajouts mis en oeuvre sont nécessaires mais non suffisants pour retrouver le niveau de performances du témoin.

tab.1. Effet d'une diminution de la teneur en protéines de l'aliment et d'une supplémentation en acides aminés industriels (Homb et Matre, 1989 : mâles castrés et femelles recevant 2.2 kg d'aliment/jour entre 24 et 101 kg de poids vif)

Teneur en protéines du régime	Elevée (témoin)	Basse	Basse + L-lysine HCl	Basse + AA ¹
MAT, %	17,5	13,2	13,5	13,7
Lysine, %	0,89	0,60	0,90	0,90
Thréonine, %	0,69	0,51	0,56	0,66
Met. + Cyst., %	0,69	0,56	0,56	0,66
Gain de poids, g/j	807 ^a	635 ^d	715 ^c	777 ^b

¹ L-lysine HCl + L-thréonine + DL-méthionine

Le besoin en acides aminés essentiels est généralement exprimé relativement à l'acide aminé le plus limitant : la lysine. Ainsi, la protéine idéale est un profil en acides aminés alimentaires dans lequel tous les acides aminés essentiels sont équilibrés par rapport à la lysine de façon à maximiser la rétention azotée et/ou le gain de poids. Le tableau 2 rapporte les profils publiés par Wang et Fuller (1989), Henry (1993) et récemment Baker (2000).

tab.2. La protéine idéale : apports minima en acides aminés essentiels exprimés en % de l'apport en lysine (acides aminés digestibles)

Références	Wang et Fuller, 1989	Henry, 1993	Baker, 2000	Baker, 2000
(stade de croît)	(25-50 kg)	(25-100 kg)	(20-50 kg)	(50-120 kg)
Lysine	100%	100%	100%	100%
Thréonine	72%	65%	67%	70%
Méthionine + Cystéine	63%	60%	62%	64%
Tryptophane	18%	18%	18%	19%
Isoleucine	60%	60%	60%	60%
Leucine	110%	100%	100%	100%
Valine	75%	70%	68%	68%
Histidine	-	32%	32%	32%
Phénylalanine + Tyrosine	120%	100%	95%	95%
Arginine	-	45%	30%	18%

Les acides aminés industriels disponibles pour l'alimentation animale (L-lysine, L-thréonine, DL-méthionine, L-tryptophane) facilitent la formulation d'aliments porcs à teneur en protéines réduite et équilibrés en acides aminés essentiels.

Les résultats publiés par Kies *et al.* (1992) confirment la possibilité d'abaisser la teneur en protéines de l'aliment sans diminuer significativement la rétention azote (tableau3).

tab.3. Effet de la réduction de la teneur en protéines de l'aliment et de la supplémentation en L-lysine, L-thréonine, DL-méthionine et L-tryptophane (Kies *et al.*, 1992 : mâles castrés et femelles; phase de croissance de 26 à 60 et phase de finition de 60 à 95 kg de poids vif; niveau d'ingestion ajusté au poids vif)

MAT des régimes, % croissance (C) / finition (F)	18 / 16	15 / 13	12 / 10	Effet
Lysine, %	0.94 / 0.86	0.94 / 0.86	0.94 / 0.86	-
Thréonine, % lysine	71	60	60	-
Méthionine + Cystéine, % lysine	63	60	60	-
Tryptophane, % lysine	23	19	19	-
Performances				
Consommation moyenne (C+F), g/j	2023	1989	2017	ns
N retenu (C), g/j/kg ^{0.75}	1,22	1,11	1,04	ns
N retenu (F), g/j/kg ^{0.75}	1,08	1,10	0,94	ns
Gain de poids, g/j	845	840	820	ns

L'apport en acides aminés non essentiels peut-il être limitant ?

Wang et Fuller (1989) ont montré que l'utilisation de l'azote est optimale quand au moins 45% de l'azote est apporté sous forme d'acides aminés essentiels. Ce concept d'un rapport optimal de l'ordre de 50:50 entre l'azote des acides aminés essentiels et celui des acides aminés non essentiels pour maximiser l'utilisation de l'azote a été confirmé par Gotterbarm *et al.* (1998), Heger *et al.* (1998) et Lenis *et al.* (1999).

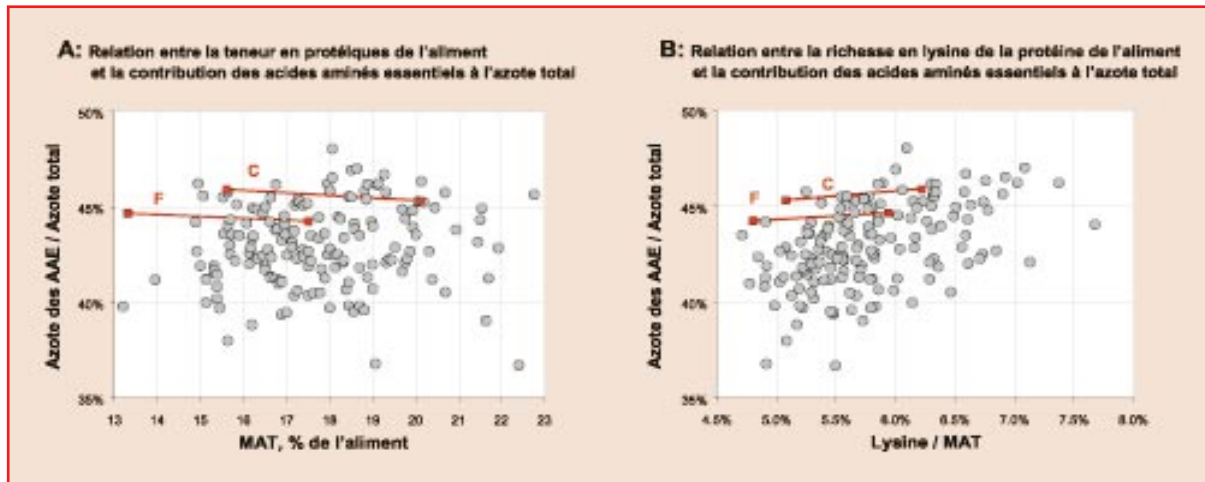
Toutefois, dans les formules commerciales*, il apparaît que les acides aminés non essentiels représentent plus de la moitié de l'apport azoté total. Inversement, la contribution des acides aminés essentiels à l'apport azoté total représente toujours moins de 50%, voire moins de 45%, comme cela est illustré dans la figure 3.

* 174 échantillons d'aliments commerciaux collectés en Europe et analysés en 1997 et 1998 dans le laboratoire d'Ajinomoto Eurolysine. Acides aminés essentiels : lysine, thréonine, tryptophane, méthionine, cystéine, valine, isoleucine, arginine, histidine, leucine, phénylalanine et tyrosine.



Boerderij/Elsevier, NL-Doetinchem

fig. 3. Contribution des acides aminés essentiels et non essentiels à l'azote total de l'aliment (174 échantillons d'aliments commerciaux pour porcs en croissance-finition analysés par Ajinomoto Eurolysine en 1997 et 1998. Acides aminés essentiels : lysine, thréonine, méthionine, cystéine, tryptophane, valine, leucine, isoleucine, arginine, histidine, phénylalanine et tyrosine. Les segments rouges G et F correspondent respectivement aux formules croissance et finition de Le Bellego *et al.* 2001b, voir aussi le tableau 4.)



Dans les aliments commerciaux, la contribution des acides aminés essentiels et non essentiels à l'apport azoté total semble varier indépendamment du taux de protéines de l'aliment (figure 3A). En effet, lorsque le taux protéique de l'aliment est abaissé, les teneurs en acides aminés non essentiels sont réduites, ainsi que celles de certains acides aminés essentiels (histidine, phénylalanine, leucine,...). Les deux fractions étant réduites en même temps, le rapport AAE:AANE reste plus ou moins constant. Ce processus est illustré dans le tableau 4 par les régimes expérimentaux de Le Bellego *et al.* (2001b).

Selon Fuller (1989) d'une part et Gotterbarm *et al.* (1998) d'autre part, la proportion AAE:AANE optimale de 45:55 correspond à un rapport lysine / MAT de 6.5%. Dans les formules commerciales, cette correspondance (45:55 ↔ 6.5%) n'est pas aussi évidente (figure 3B). La plupart des régimes analysés se situe en dessous de cet optimum.



© J.Chevalier INRA

tab.4. Répartition de l'azote entre les acides aminés essentiels et non essentiels dans les régimes expérimentaux de Le Bellego et al., 2001b (les performances correspondantes sont détaillées dans le tableau 9)

Régimes	Croissance		Finition	
	20,1	15,6	17,5	13,3
MAT, %¹				
Ingrédients, %				
Blé	32,74	38,46	35,55	41,43
Mais	34,96	40,80	37,93	43,21
Tourteau de soja	26,55	13,55	20,78	8,15
Son de blé	2,50	2,50	2,50	2,50
L-lysine HCl		0,43		0,41
DL-méthionine		0,10		0,07
L-thréonine		0,17		0,15
L-tryptophane		0,04		0,04
L-isoleucine		0,03		0,04
L-valine		0,08		0,07
Minéraux et vitamines	3,25	3,85	3,20	3,95
Lysine digestible, % aliment³	0,87	0,86	0,71	0,69
Lysine totale, % aliment²	1,02	0,97	0,84	0,79
Quantité d'azote dans l'aliment, g/kg³				
Totale	32,0	24,4	27,8	20,6
Dont acides aminés essentiels	14,5	11,2	12,3	9,2
Dont acides aminés non essentiels	17,5	13,2	15,5	11,4
Répartition de l'azote de l'aliment³				
Acides aminés essentiels	45%	46%	44%	45%
Acides aminés non essentiels	55%	54%	56%	55%

¹ pour 87,3% de matière sèche; ² valeurs analysées; ³ valeurs calculées à partir des analyses

En conclusion, réduire la teneur en protéines de l'aliment n'affecte pas la contribution relative des acides aminés essentiels et non essentiels à l'apport azoté total. En outre, augmenter le rapport lysine / MAT des formules des porcs croissance-finition au-delà de 6.5% et par conséquent l'azote apporté par les acides aminés essentiels au-dessus de 45% pourrait permettre d'améliorer l'utilisation de l'azote.

Estimer la disponibilité en acides aminés

Améliorer l'équilibre des acides aminés par une supplémentation adéquate est une nécessité pour obtenir des régimes à basse teneur en protéines permettant de satisfaire un haut niveau de performance. Pourtant, certains essais rapportent tout de même une tendance à diminuer la rétention azotée et les performances des animaux, en particulier avec des régimes à très basse teneur en protéines (Kies *et al.*, 1992). L'explication réside souvent dans l'imperfection de l'évaluation de la quantité d'acides aminés disponibles pour l'animal.

Une fraction des acides aminés essentiels de l'aliment est altérée au cours de la digestion et impliquée dans des oxydations obligatoires. Elle est ainsi rendue indisponible pour la synthèse protéique. A ce jour, la digestibilité iléale standardisée (également appelée digestibilité vraie) représente sans doute le meilleur estimateur de la disponibilité en acides aminés. La digestibilité iléale apparente, plus simple, ne prend pas en compte les pertes endogènes basales. Les tables d'alimentation telles que celle du CVB (1998) ou AmiPig (2000) fournissent des valeurs de digestibilité iléale standardisée pour une large gamme de matières premières utilisées dans l'alimentation porcine.

Jondreville *et al.* (1995) ont formulé un aliment à bas taux protéique à l'aide des coefficients de digestibilité iléale standardisée. Ils ont obtenu le même niveau de performances zootechniques qu'avec le témoin (tableau 5).

tab.5. Effet de la réduction du taux protéique de l'aliment en association avec une supplémentation en acides aminés essentiels calculée à partir des coefficients de digestibilité iléale standardisée (Jondreville *et al.*, 1995 : mâles castrés et femelles mis en expérimentation entre 24 et 60 kg de poids vif; aliment distribué ad libitum)

MAT, %	16	14.1 + AA ¹	Effet
Lysine totale, %	0,88	0,87	
Acides aminés digestibles			
Lysine, %	0,83	0,83	-
Thréonine, % lysine	61	61	-
Met.+ Cyst., % lysine	60	61	-
Tryptophane, % lysine	23	21	-
Performances			
Consommation d'aliment g/j	1900	1900	ns
Gain de poids, g/j	784	789	ns
Indice de consommation, kg/kg	2,44	2,41	ns

¹ L-lysine + L-thréonine + DL-méthionine + L-tryptophane

Nutrition énergétique et qualité de carcasse

De la revue bibliographique résumée précédemment, nous avons noté que les régimes à bas taux protéiques supplémentés en acides aminés ont conduit à un engraissement excessif des carcasses dans la moitié des expérimentations.

L'abaissement du taux protéique de l'aliment accroît la quantité d'énergie disponible pour le dépôt tissulaire

Cet effet a été étudié par Noblet *et al.* (1987). Dans cet essai, un régime témoin (17.8% de MAT) a été comparé à deux régimes à basse teneur en protéines (15.3% de MAT), l'un sans supplémentation en acides aminés et l'autre supplémenté en L-lysine afin d'atteindre un niveau de performances identique à celui obtenu avec le régime témoin (tableau 6).

tab.6. Effet du niveau de protéines dans l'aliment sur l'utilisation de l'énergie (Noblet *et al.*, 1987 : femelles mises en expérimentation pendant 7 semaines à partir de 19.5 kg de poids vif; plan d'alimentation : 22.0 kJ EM/jour)

MAT, %	17,8	15,3	15.3 + L-lysine	Effet
EM ingérée, MJ/j	22	22	22	-
Lysine ingérée, g/j	12.9a	10.8b	12.8a	P < 0.01
Gain de poids, g/j	700 ^a	649 ^b	699 ^a	P < 0.01
Dépôt de muscle, g/j	338 ^a	294 ^b	337 ^a	P < 0.01
Dépôt de gras, g/j	118 ^a	132 ^c	124 ^b	P < 0.01

Ces résultats montrent que les porcs recevant le régime bas en protéines retiennent davantage d'énergie, pour une même quantité d'énergie métabolisable (EM) ingérée. Cette énergie supplémentaire est principalement retenue sous forme de gras (comparaison des régimes 1 et 3). L'effet est accentué quand le niveau maximal de performance n'est pas atteint, faute d'une supplémentation en acides aminés adéquate (comparaison des régimes 2 et 3).

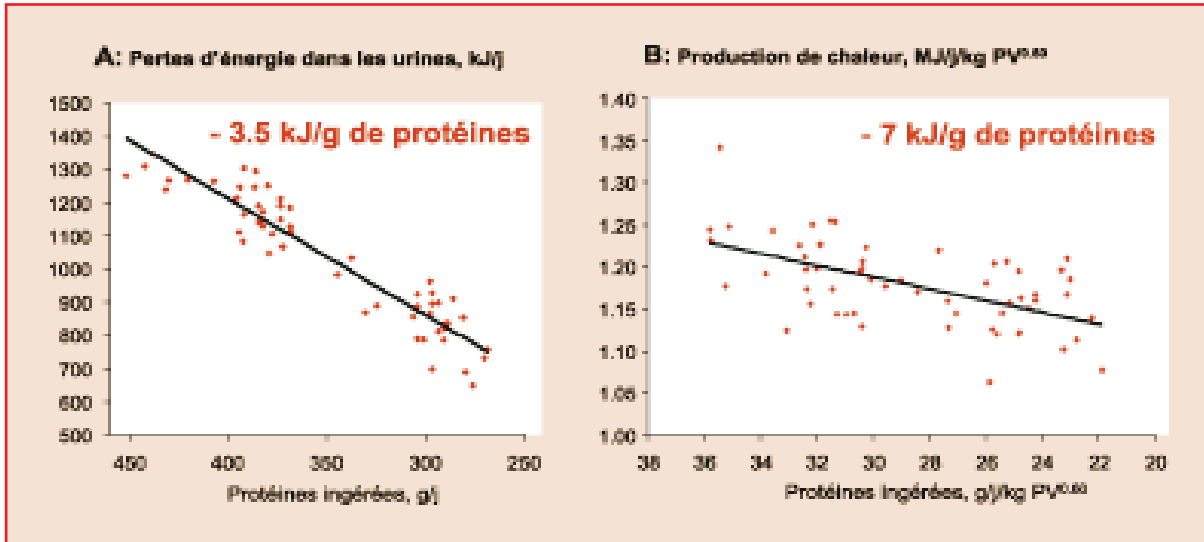
Quantification de la réduction des pertes d'énergie associées au métabolisme des excès d'azote

Les conséquences d'une réduction du taux protéique de l'aliment sur l'utilisation de l'énergie ont été récemment ré-évaluées dans une série d'essais publiés par Le Bellego *et al.* (2001a, figure 4). Ces essais ont été conduits sur des porcs en croissance. Ils ont mis en évidence une double épargne d'énergie avec les aliments à bas taux protéiques :

- 1) une épargne associée à la diminution de l'excrétion d'énergie dans les urines, due à un moindre rejet d'azote. Elle a été estimée à 3.5 kJ par g de protéine ingérée en moins;
- 2) une épargne associée à une diminution de la quantité de chaleur dissipée par l'animal. Elle a été estimée à 7 kJ par g de protéine ingérée en moins.

La réduction des pertes d'énergie, et par conséquent la plus forte valorisation par l'animal de l'énergie explique l'augmentation de l'adiposité des carcasses (tableau 7).

fig. 4. Effet de la quantité de protéines ingérées sur les pertes d'énergie dans les urines et sous forme de chaleur (Le Bellego et al. 2001a : mâles castrés pesant 65 kg ; plan d'alimentation : 1.90 MJ EN/j/kg PV^{0.60})



tab.7. Effet de la diminution de la teneur en protéines de l'aliment en association avec une supplémentation en acides aminés industriels sur l'utilisation de l'énergie (Le Bellego et al., 2001a : mâles castrés pesant 65 kg ; plan d'alimentation : 1.90 MJ EN/j/kg PV^{0.60})

MAT, %	18,9	16,7	14,6	12,3	Effet
EN ¹ , MJ/kg	10,25	10,35	10,44	10,51	-
Lysine digestible, g/MJ EN	0,76	0,76	0,76	0,76	-
Gain de poids ² , g/j	1064	1035	1020	1050	ns
Bilan énergétique^{2,3}					
EM ingérée	2,40 ^a	2,42 ^b	2,43 ^c	2,44 ^d	P < 0.01
Production de chaleur	1,27 ^a	1,23 ^{ab}	1,20 ^b	1,19 ^b	P < 0.01
Energie retenue	1,13 ^a	1,19 ^b	1,23 ^{bc}	1,25 ^c	P < 0.01

¹ calculée suivant la formule ENg4 de Noblet et al. , 1994
² mesuré sur 7 jours en chambre respiratoire
³ en MJ/kg PV^{0.60}, ajusté pour une activité nulle et pour une ED ingérés de 2.51 MJ/kg PV^{0.60}



© J.Chevalier INRA

La prise en compte du taux protéique de l'aliment améliore la prédiction de la teneur en énergie de l'aliment.

Tous les systèmes énergétiques ne prennent pas en compte la double réduction des pertes d'énergie (urines et chaleur) associée à la diminution de la teneur en protéines de l'aliment. L'épargne d'énergie dans les urines n'est pas considérée dans le système Energie Digestible (ED), elle l'est dans les systèmes Energie Métabolisable (EM) et Energie Nette (EN). La production de chaleur est, elle, prise en considération uniquement dans le système EN.

Ainsi, le système EN est le seul système énergétique capable de rendre compte de l'amélioration de l'utilisation de l'énergie due à l'abaissement de la teneur en protéines de l'aliment. Les résultats de Le Bellego *et al.* (2001a) confirment la précision du système EN publié par Noblet *et al.* (1994) et sa supériorité par rapport aux systèmes ED et EM pour prédire les quantités d'énergie retenues par les animaux : sur la base d'une même quantité d'EN ingérée, les régimes à basse teneur en protéines n'affectent pas la quantité d'énergie retenue par les animaux (tableau 8).

tab.8. Utilisation de l'énergie de régimes différant par leur teneur en protéines (Le Bellego *et al.*, 2001a : mâles castrés pesant 65 kg, plan d'alimentation : 1.90 MJ EN/j/kg PV^{0.60})

MAT, %	18,9	16,7	14,6	12,3	Effet
EN ¹ , MJ/kg	10,25	10,35	10,44	10,51	-
Lysine digestible, g/MJ EN	0,76	0,76	0,76	0,76	-
Bilan énergétique²					
EN ingérée	1,82	1,82	1,82	1,82	-
EM ingérée	2,44 ^a	2,43 ^b	2,41 ^c	2,39 ^d	P < 0.01
Production de chaleur	1,29 ^a	1,23 ^b	1,19 ^{bc}	1,17 ^c	P < 0.01
Energie retenue	1,15	1,20	1,22	1,22	ns

¹ calculée suivant la formule ENg4 de Noblet *et al.*, 1994
² en MJ/j/kg PV^{0.60}, ajusté pour une activité nulle et pour une EN ingérée de 1.82 MJ/j/kg PV^{0.60}.

Validation du système EN pour les régimes à basse teneur en protéines

1/ Pour des porcs rationnés

Canh *et al.* (1998) ont formulé 3 aliments expérimentaux à teneur en protéines décroissante. Les porcs ont été rationnés de façon à ce qu'ils reçoivent la même quantité d'EN et d'acides aminés digestibles. Dans ces conditions, la baisse de la protéine (jusqu'à 12.5% de MAT dans l'aliment) n'a eu aucune répercussion négative, ni sur les performances, ni sur les taux de viande maigre et de gras des carcasses (tableau 9).

tab. 9 Performances et composition de carcasse de porcs charcutiers recevant des régimes à teneur en protéines réduite (Canh et al., 1998 : mâles castrés mis en expérimentation entre 52 et 104 kg de poids vif, plan d'alimentation : 0.882 MJ EN/kg PV^{0.75} en deux repas par jour)

MAT, %	16,5	14.5 + AA ¹	12.5 + AA ¹	Effet
EN, MJ/kg	9,38	9,38	9,38	-
Lysine digestible g/MJ EN	0,76	0,76	0,76	-
Performances				
Consommation d'aliment, g/j	2361	2341	2334	ns
Gain de poids moyen, g/j	805	805	797	ns
Lard dorsal, mm	15,2	15,4	15,9	ns
Muscle, mm	56,9	56,5	57	ns
Taux de viande maigre, %	57,2	57,1	56,7	ns

¹ L-lysine, L-thrénine, DL-méthionine et L-tryptophane.

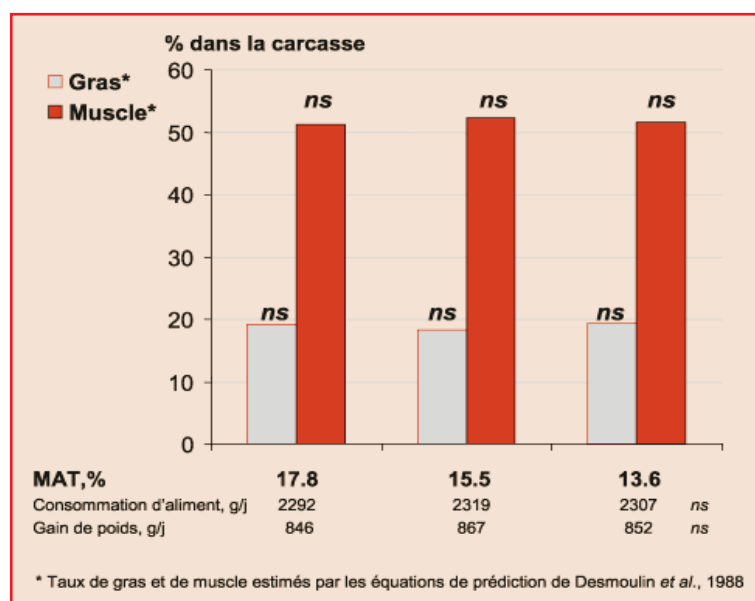
2/ Pour des porcs nourris *ad libitum*

Lorsque les porcs sont nourris *ad libitum*, par définition, la quantité d'énergie ingérée par les animaux ne peut pas être maîtrisée. Dans de telles conditions, on peut se demander si la réduction de la teneur en protéines de l'aliment entraîne une variation des quantités d'aliment et d'EN ingérées.

1^{er} cas : Les aliments sont formulés à même teneur en énergie nette.

C'est le cas de l'essai rapporté par Dourmad *et al.* (1993), dans lequel des régimes à teneur variable en protéines ont été formulés, mais avec des teneurs en EN (et en acides aminés digestibles) identiques. L'aliment était offert *ad libitum*, et les porcs ont consommé la même quantité d'aliments expérimentaux. Les résultats ont montré qu'il est possible de réduire la teneur en protéines de l'aliment sans affecter la consommation d'aliment et par conséquent les consommations d'EN et d'acides aminés digestibles. Dans ces conditions, les performances de croissance et la qualité de carcasse n'ont donc pas été affectées (figure 5). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Canh *et al.* (1998).

fig. 5. Effet de régimes à basse teneur en protéines sur la qualité de carcasse des porcs nourris *ad libitum* (Dourmad *et al.*, 1993 : régimes contenant 0.69 g de lysine digestible/MJ EN; mâles castrés et femelles mis en expérimentation entre 55 et 105 kg de poids vif)



2^{ème} cas : Les aliments à bas taux protéiques sont plus riches en énergie nette

Dans la pratique, la réduction du taux protéique de l'aliment peut entraîner une augmentation de la teneur en EN. Ainsi, Le Bellego *et al.* (2001b) ont formulé des régimes à basse teneur en protéines mais à teneur en énergie nette plus élevée ; les apports d'acides aminés étant raisonnés sur la base de l'EN. Dans ces conditions, les porcs ont ajusté leur niveau d'ingestion à la teneur en EN de l'aliment (tableau 10).

tab.10. Effet de régimes à basse teneur en protéines sur les performances et la composition de la carcasse (Le Bellego *et al.*, 2001b : mâles castrés nourris *ad libitum*; phase de croissance de 27 à 65 kg et phase de finition de 65 à 100 kg)

MAT des régimes, % croissance (C) / finition (F)	20.3 / 17.6	15.8 / 13.4	16.3 / 13.8	Effet
Supplémentation en acides aminés ¹	-	+	++	-
EN ² , MJ/kg (pour 87% matière sèche)	10.1 / 10.2	10.3 / 10.4	10.9 / 11.0	-
Lysine digestible g/MJ EN (C/F)	0.85 / 0.70	0.85 / 0.70	0.85 / 0.70	-
Performances				
Consommation d'aliment, g/j	2752 ^a	2575 ^b	2544 ^b	P < 0.01
EN ingérée, MJ/j	28,14	27,02	28,26	ns
Gain de poids moyen, g/j	1098	1057	1078	ns
Épaisseur de lard dorsal - G1, mm	20,9	19,9	20,5	ns
Épaisseur de lard dorsal - G2, mm	18,3	17,0	18,0	ns
Épaisseur de muscle - M5, mm	56,6	58,0	60,4	ns
Taux de viande maigre ³ , %	58,0	59,3	59,2	ns
Taux de viande maigre ⁴ , %	58,7	59,7	59,7	ns
Gras ⁵ , % de la carcasse	25,7	24,1	24,5	ns

¹ L-lysine, L-thréonine, DL-méthionine, L-tryptophane, L-isoleucine et L-valine.
² d'après Noblet *et al.*, 1994.
³ calculé à partir des épaisseurs de lard et de muscle (Daumas et Dhorne, 1997)
⁴ calcul fondé sur la procédure hollandaise décrite par Métayer et Daumas, 1998
⁵ calcul fondé sur la procédure hollandaise décrite par Daumas (communication personnelle)

Ce résultat suggère que les porcs nourris *ad libitum* régulent leur ingestion sur la quantité d'EN ingérée. En conséquence, l'énergie disponible pour le dépôt de protéines et de gras n'est pas affectée. L'ajustement du niveau d'acides aminés essentiels digestibles à la teneur en énergie nette du régime (soit un rapport acides aminés digestibles sur énergie nette constant) permet d'obtenir des quantités d'acides aminés essentiels digestibles ingérés identiques. La répartition de l'énergie entre le dépôt de protéines et de lipides n'est pas affectée, pas plus que le gain de poids et l'adiposité de la carcasse.

Jusqu'où abaisser la teneur en protéines de l'aliment ?

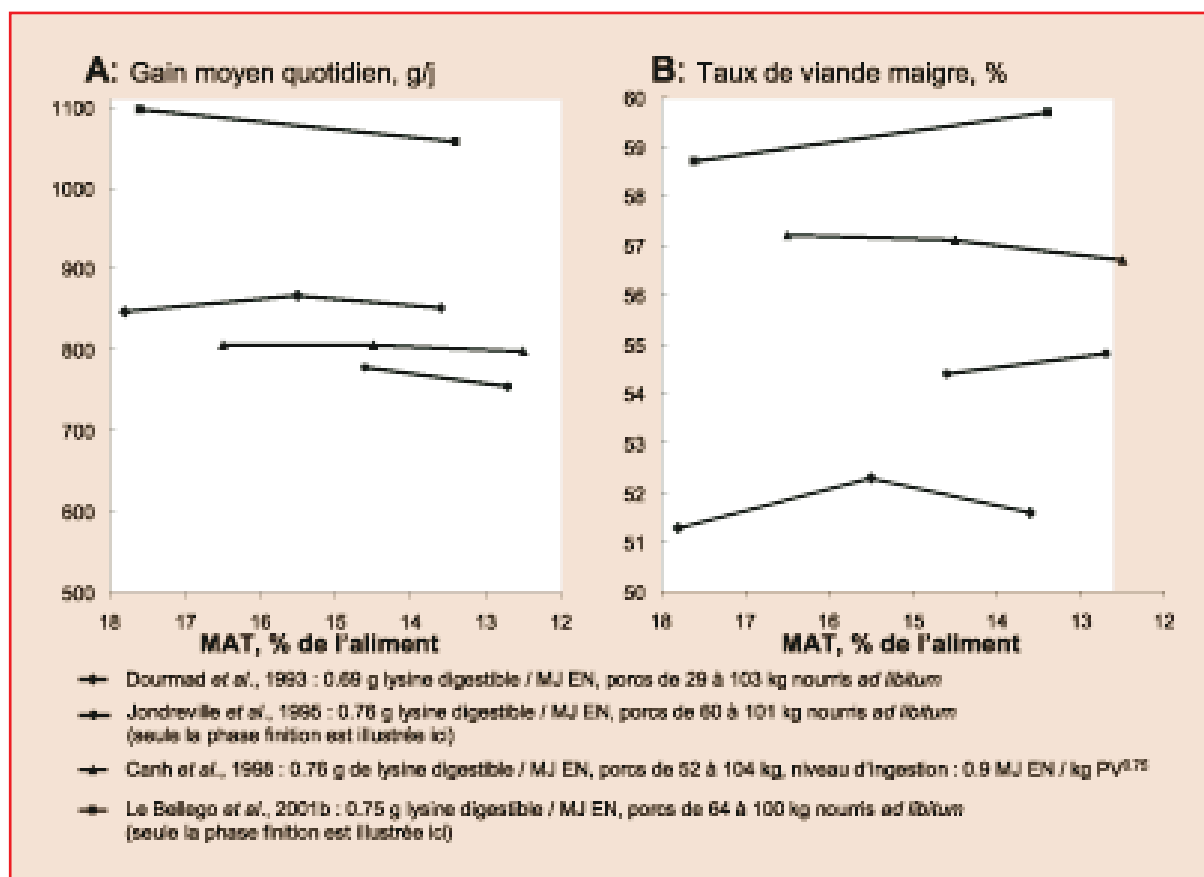
Dans quelle mesure peut-on réduire la teneur en protéines de l'aliment sans pénaliser les performances de croissance et la composition de la carcasse ? La faisabilité technique a été évaluée à partir des expériences citées ci-dessous.

Les figures 6A et 6B montrent que, quelles que soient les conditions expérimentales ou le niveau de performances, la teneur en protéines de l'aliment a pu être abaissée jusqu'à 13.5-12.5% pour la phase de finition sans impact négatif sur les performances et la qualité de carcasse.

Dans ces expériences :

- tous les régimes étaient formulés sur une base EN
- le niveau de lysine digestible standardisée était ajusté à la teneur en énergie nette de l'aliment
- les régimes étaient équilibrés pour tous les principaux acides aminés essentiels suivant le concept de la protéine idéale

fig. 6 Effet de la réduction de la teneur en protéines de l'aliment sur le gain de poids et le taux de viande maigre de la carcasse

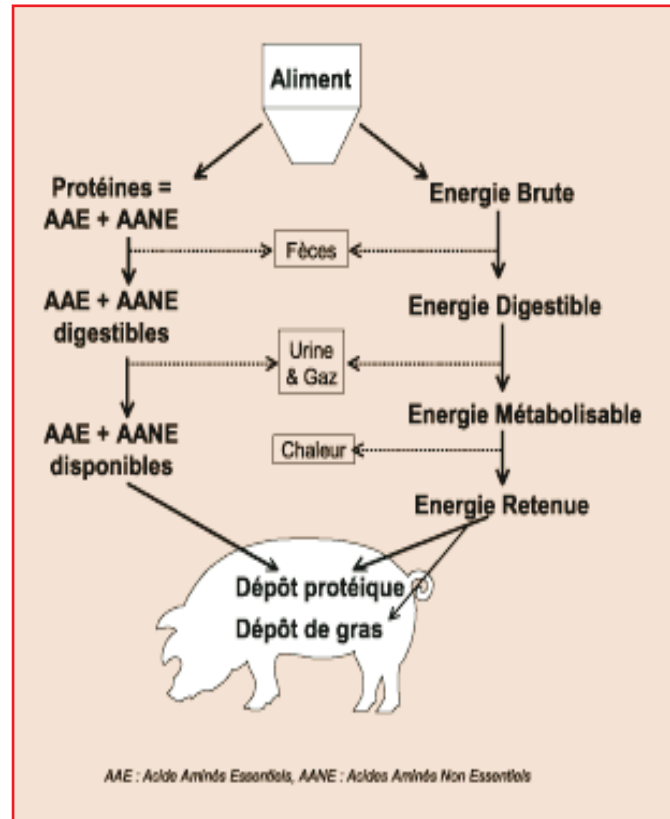


Conclusion

La diminution de la teneur en protéines de l'aliment a des conséquences à la fois sur la teneur en acides aminés et en énergie du régime (figure 7). Il est donc indispensable d'utiliser les systèmes nutritionnels adéquats (acides aminés digestibles standardisés et énergie nette) dans le but de maîtriser les performances de croissance et la composition de la carcasse, et de tirer ainsi parti des régimes à basse teneur en protéines. En pratique, pour maîtriser les performances et l'adiposité des carcasses des porcs charcutiers, les régimes à basse teneur en protéines doivent être formulés :

- avec des niveaux de lysine digestible standardisée ajustés à l'énergie nette
- avec des rapports acides aminés essentiels sur lysine optimums (protéine idéale)
- en formulant à l'aide des coefficients de digestibilité iléale standardisée des acides aminés.

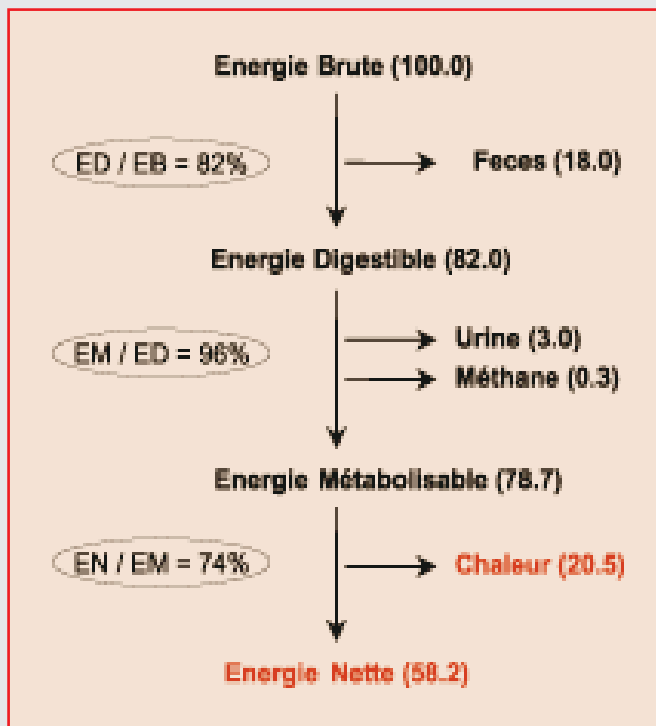
fig. 7 Utilisation par le porc des acides aminés et de l'énergie de l'aliment pour le gain de poids (dépôt de protéines et de matières grasses)



Le système Energie Nette

La totalité de l'énergie contenue dans l'aliment, appelée énergie brute, n'est pas entièrement disponible pour le porc. Une fraction importante de l'énergie brute est perdue dans les fèces, l'urine, sous forme de méthane et de chaleur. Différents systèmes ont été proposés pour estimer ou prédire l'énergie de l'aliment réellement disponible pour l'animal. Chaque système correspond à des niveaux d'utilisation de l'énergie différents et prend en compte différentes pertes (figure 8). Les systèmes Energie Digestible (ED) et Métabolisable (EM) donnent des valeurs énergétiques des matières premières plutôt comparables, excepté pour les matières premières riches en protéines qui ont des valeurs énergétiques relatives inférieures dans le système EM. Les pertes d'énergie sous forme de méthane sont plutôt faibles chez le porc (<0.5% de l'énergie brute).

fig. 8 Systèmes énergétiques appliqués au porc (Noblet et al., 1994)



Le système énergie nette (EN) prend en compte les pertes d'énergie sous forme de chaleur (25% de l'EM en moyenne). Ces pertes d'énergie sont dépendantes de la composition en nutriments du régime (Noblet *et al.*, 1994, tableau 11), avec pour conséquence une hiérarchie différente entre les matières premières par rapport aux systèmes ED et EM. Etant donné la faible efficacité des protéines alimentaires, le rendement d'utilisation de l'énergie est supérieur à celui des régimes conventionnels.

tab.11. Rendement d'utilisation de l'EM des nutriments pour l'EN

	Protéines	Amidon	Lipides
EN / EM	0,58	0,82	0,90

Des équations de prédiction de la valeur EN (MJ/kg de MS) des régimes à partir de leur teneur en ED ou en EM et de leurs caractéristiques chimiques (g/kg de MS) obtenues à partir de 61 régimes ont été proposées par Noblet *et al.* (1994) :

$$\text{ENg4} = 0.703 \times \text{ED} + 0.0066 \times \text{MG} + 0.0020 \times \text{Amid.} - 0.0041 \times \text{MAT} - 0.0041 \times \text{F}$$

$$\text{ENg7} = 0.730 \times \text{EM} + 0.0055 \times \text{MG} + 0.0015 \times \text{Amid.} - 0.0028 \times \text{MAT} - 0.0041 \times \text{F}$$

MAT: matières azotées totales; *MG*: matières grasses; *Amid.*: amidon; *F*: fibres; *ED*: énergie digestible; *EM*: énergie métabolisable³.

Ces équations et les valeurs EN des matières premières les plus courantes en nutrition porcine sont disponibles dans le logiciel "net energy calculator" disponible sur demande auprès d'Ajinomoto Eurolysine.

Bibliographie

- AmiPig (2000). Digestibilité idéale standardisée des acides aminés des matières premières chez le porc. CD-ROM.
- Baker D.H. (2000). Asian-Aus. J. Anim. Sci. 2000, Vol.13, special issue: 294-301
- Canh, T.T., A. J. A. Aarnink, J. B. Schutte, J. D. Sutton, D. J. Langhout & M. W. A. Verstegen (1998). Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. Livest. Prod. Sci. 56:181-191.
- Castell, A. G., R. L. Cliplef, L. M. Poste-Flynn & G. Butler (1994). Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine: energy ratio. Can. J. Anim. Sci. 74:519-528.
- CVB (1998). Veevoedertabel 1998, Centraal Veevoederbureau, Postbus 2176, 8203 AD Lelystad, The Netherlands.
- Desmoulin, B., Ecolan, P. & M. Bonneau (1988). Estimation de la composition tissulaire des carcasses de porcs : récapitulatif de diverses méthodes utilisables en expérimentation. INRA Prod. Anim. 1:59-64.
- Dourmad, J. Y., Y. Henry, D. Bourdon, N. Quiniou & D. Guillou (1993). Effect of growth potential and dietary protein input on growth performance, carcass characteristics and nitrogen output in growing-finishing pigs. In: M. W. A. Verstegen, L. A. den Hartog, G. J. M. Kempen, and J. H. M. Metz (Ed.) Nitrogen flow in pig production and environmental consequences: Proceedings of the First International Symposium, Wageningen (Doorwerth), p 206-211. Wageningen, Netherlands.
- Dourmad, J. Y., D. Guillou, B. Seve & Y. Henry (1995). Influence de l'apport de lysine sur les performances du porc en finition. Journées Rech. Porcine en France 27:253-259.
- Fuller, M. F., R. McWilliam, T. C. Wang & L. R. Giles (1989). The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs 2. Requirements for maintenance and for tissue protein accretion. Br. J. Nutr. 62:255-267.
- Gotterbarm, G. G., F. X. Roth & M. Kirchgessner (1998). Influence of the ratio of indispensable:dispensable amino acids on whole-body protein turnover in growing pigs. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 79:174-183.
- Heger, J., S. Mengesha & D. Vodehnal (1998). Effect of essential:total nitrogen ratio on protein utilization in the growing pig. Br. J. Nutr. 80:537-544.
- Henry, Y. (1984). In L'alimentation des monogastriques: porc, lapin, volailles. INRA, Paris, 282 pp.
- Henry, Y. (1993). Affinement du concept de la protéine idéale pour le porc en croissance. INRA Prod. Anim. 6 (3):199-212.
- Homb, T. & T. Matre (1989). Supplementing synthetic amino acids to a barley-oats-soybean meal ration for growing-finishing pigs. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 61:68-74.
- Jondreville, C., F. Gatel, F. Grosjean, P. Callu & Brinet (1995). Diminution du taux protéique dans les régimes blé-tourteau de soja supplémentés en acides aminés industriels. Journées de la Rech. Porcine en France 27:279-284.
- Kies, A., V. Augier, M. Venuat & J. L. Grimaldi (1992). Diminution des taux protéiques: influence sur la quantité d'azote excrété et les performances zootechniques du porc charcutier. Journées des Rech. Porcine en France 24:219-226.
- Le Bellego, L., J. van Milgen, S. Dubois & J. Noblet (2001a). Energy utilization of low protein diets in growing pigs. J. Anim. Sci. 79:1259-1271.
- Le Bellego, L., J. van Milgen & J. Noblet (2001b). Effect of high temperature and low protein diets on performance of growing-finishing pigs. J. Anim. Sci., submitted.
- Lenis, N., H. T. M. van Diepen, P. Bikker, A. W. Jongbloed & J. van der Meulen (1999). Effect of the Ratio Between Essential and Nonessential Amino Acids in the Diet on Utilization of Nitrogen and Amino Acids by Growing Pigs. J. Anim. Sci. 77:1777-1787.
- Noblet, J., H. Fortune, X. S. Shi & S. Dubois (1994). Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. J. Anim. Sci. 72:344-354.
- Noblet, J., Y. Henry & S. Dubois. (1987). Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. J. Anim. Sci. 65:717-726.
- Sève, B. (1994). Alimentation du porc en croissance : intégration des concepts de protéine idéale, de disponibilité digestive des acides aminés et d'énergie nette. INRA Prod. Anim. 7:275-291.
- Wang, T. C. & M. F. Fuller (1989). The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs 1. experiments by amino acid deletion. J. Anim. Sci 62:77-89.

Revue bibliographique : liste de références

- Adeola, O., Balogun, O. O. & Young, L. G. (1993). Adipose tissue metabolism and energy gain in growing pigs fed at three dietary protein levels. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 69, 1-11.
- Adeola, O. & Young, L. G. (1989). Dietary protein-induced changes in porcine muscle respiration, protein synthesis and adipose tissue metabolism. *Journal of Animal Science* 67, 664-673.
- Blanchard, P. J., Ellis, M., Warkup, C. C., Hardy, B., Chadwick, J. P. & Deans, G. A. (1999). The influence of rate of lean and fat tissue development on pork eating quality. *Animal Science* 68, 477-485.
- Blanchard, P. J., Mantle, D., Chadwick, J. P., & Willis, M. (1998). Effect of feeding a high energy/low protein diet to finishing pigs on growth and meat quality. In: *Proceedings of the British Society of Animal Science*, pp. 34-34.
- Bourdon, D., Dourmad, J. Y. & Henry, Y. (1995). Réduction des rejets azotés chez le porc en croissance par la mise en oeuvre de l'alimentation multiphase, associée à l'abaissement du taux azoté. *Journées de la Recherche Porcine en France* 27, 269-278.
- Buraczewska, L., Wasilewko, J., Fandrewski, H., Zebrowska, T. & Han, K. (1999). Formulation of pig diets according to ileal digestible amino acid content. *Livestock Production Science* 59, 13-24.
- Canh, T. T., Aarnink, A. J. A., Schutte, J. B., Sutton, J. D., Langhout, D. J. & Verstegen, M. W. A. (1998). Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Livestock Production Science* 56, 181-191.
- Castell, A. G., Cliplef, R. L., Poste-Flynn, L. M. & Butler, G. (1994). Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine:energy ratio. *Canadian Journal of Animal Science* 74, 519-528.
- Chauvel, J. & Granier, R. (1994). Incidence de l'utilisation d'aliments à taux azotés décroissants sur les performances zootechniques et les rejets du porc charcutier. *Journées de la Recherche Porcine en France* 26, 97-106.
- Chen, H. Y., Miller, P. S., Lewis, A. J., Wolverton, C. K. & Stroup, W. W. (1995). Changes in plasma urea concentration can be used to determine protein requirements of two populations of pigs with different protein accretion rates. *Journal of Animal Science* 73, 2631-2639.
- Dourmad, J. Y., Henry, Y., Bourdon, D., Quiniou, N., & Guillou, D. (1993). Effect of growth potential and dietary protein input on growth performance, carcass characteristics and nitrogen output in growing-finishing pigs. In: *Nitrogen flow in pig production and environmental consequences*: Proceedings of the First International Symposium, Wageningen (Doorwerth), 93 A.D., pp. 206-211.
- Gatel, F. & Grosjean, F. (1992). Effect of protein content of the diet on nitrogen excretion by pigs. *Livestock Production Science* 31, 109-120.
- Gomez Rosales, S. (1998). Responses of pigs fed corn-soybean meal or low-protein amino acid supplemented diets at different feeding levels. PhD Thesis, University of Nebraska - Lincoln.
- Hansen, B. C. & Lewis, A. J. (1993). Effects of dietary protein concentration (corn:soybean meal ratio) on the performance and carcass characteristics of growing boars, barrows, and gilts: mathematical descriptions. *Journal of Animal Science* 71, 2122-2132.
- Henry, Y., Colléaux, Y. & Sève, B. (1992). Effects of dietary level of lysine and of level and source of protein on feed intake, growth performance, and plasma amino acid pattern in the finishing pig. *Journal of Animal Science* 70, 188-195.
- Henry, Y., Sève, B., Colléaux, Y., Ganier, P., Saligaut, C. & Jégo, P. (1992). Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. *Journal of Animal Science* 70, 1873-1887.
- Homb, T. & Matre, T. (1989). Supplementing synthetic amino acids to a barley-oats-soybean meal ration for growing-finishing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 61, 68-74.
- Kerr, B. J. (1988). Considerations in the use of crystalline amino acids in swine diet: chapter 4. Effect of environmental temperature on performance, carcass composition and heat production of grower pigs fed diets with low crude protein levels with or without amino acid supplementation. PhD Thesis, University of Illinois.

- Kerr, B. J. & Easter, R. A. (1995). Effect of Feeding Reduced Protein, Amino Acid-Supplemented Diets on Nitrogen and Energy Balance in Grower Pigs. *Journal of Animal Science* 73, 3000-3008.
- Kerr, B. J., McKeith, F. K. & Easter, R. A. (1995). Effect of performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *Journal of Animal Science* 73, 433-440.
- Kies, A., Augier, V., Venuat, M. & Grimaldi, J. L. (1992). Diminution des taux protéiques: influence sur la quantité d'azote excrété et les performances zootechniques du porc charcutier. *Journées des Recherches Porcine en France* 24, 219-226.
- Kulisiewicz, J., Sokol, J. L., Rekiel, A., Inarski, R. & Lenartowicz, P. (1995). Growth rate and carcass value of three types of crossbred pigs fed ad libitum diets with different protein and energy contents. *Journal of Animal and Feed Sciences* 4, 11-19.
- Latimier, P. & Dourmad, J. Y. (1993). Effect of three protein feeding strategies, for growing-finishing pigs, on growth performance and nitrogen output in the slurry and in the air. In: *Nitrogen flow in pig production and environmental consequences*: Proceedings of the First International Symposium, Wageningen (Doorwerth), 93 A.D., pp. 242-246.
- Lopez, J., Goodband, R. D., Allee, G. L., Jesse, G. W., Nelssen, J. L., Tokach, M. D., Spiers, D. & Becker, B. A. (1994). The effects of diets formulated on an ideal protein basis on growth performance, carcass characteristics, and thermal balance of finishing gilts housed in a hot, diurnal environment. *Journal of Animal Science* 72, 367-379.
- Loughmiller, J. A., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Tokach, M. D., Titgemeyer, E. C. & Kim, I. H. (1998). Influence of dietary lysine on growth performance and carcass characteristic of late-finishing gilts. *Journal of Animal Science* 76, 1075-1080.
- Miller, P. S., Lewis, A. J., Wolverton, C. K., and Borland, C. A. (1996). Performance of growing-finishing pigs consuming diets formulated on an ideal protein (first four limiting amino acids) basis. In: *Nebraska Swine Report*, 27-30. university of Nebraska Cooperative Extension
- Myer, R. O., Brendemuhl, J. H. & Barnett, R. D. (1996). Crystalline lysine and threonine supplementation of soft red winter wheat or triticale, low-protein diets for growing-finishing swine. *Journal of Animal Science* 74, 577-583.
- Noblet, J., Henry, Y. & Dubois, S. (1987). Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *Journal of Animal Science* 65, 717-726.
- Nold, R. A., Romans, J. R., Costello, W. J., Henson, J. A. & Libal, G. W. (1997). Sensory characteristics and carcass traits of boars, barrows, and gilts fed high- or adequate-protein diets and slaughtered at 100 or 110 kilograms. *Journal of Animal Science* 75, 2641-2651.
- Nonn, H. & Franke, C. (1998). Zur N-reduzierten fütterung von Mastschweinen bei einsatz freier aminosäuren. *Archiv für Tierzucht - Archives of animal breeding* 41, 473-488.
- Page, T. G., Southern, L. L. & Watkins, K. L. (1993). Threonine supplementation of low-protein, lysine-supplemented, sorghum-soybean meal diets for growing-finishing pigs. *Livestock Production Science* 34, 153-162.
- Piva, G., Prandini, A., Ferrarini, F., Morlacchini, M., & Varini, G. (1993). Low protein diets and performances, carcass quality and nitrogen excretion of typical Italian heavy pigs. In: *Nitrogen flow in pig production and environmental consequences*: Proceedings of the First International Symposium, Wageningen (Doorwerth), pp. 212-217.
- Quiniou, N., Dubois, S. & Noblet, J. (1995). Effect of dietary crude protein level on protein and energy balances in growing pigs: comparison of two measurement methods. *Livestock Production Science* 41, 51-61.
- Rao, D. S. & McCracken, K. J. (1990). Effect of protein intake on energy and nitrogen balance and chemical composition of gain in growing boars of high genetic potential. *Animal Production* 51, 389-397.
- Rao, D. S. & McCracken, K. J. (1990). Protein requirements of boars of high genetic potential for lean growth. *Animal Production* 51, 179-187.
- Smith, J. W., O'Quinn, P. R., Goodband, R. D., Tokach, M. D. & Nelssen, J. L. (1999). Effects of low-protein, amino acid-fortified diets formulated on a net energy basis on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs. *Journal of Applied Animal Research* 15, 1-16.

- Sokol, J. L., Kulisiewicz, J., Skomial, J. & Sawosz, E. (1997). The effect of feeding diets differing in protein and energy concentration on fattening performance of three pig crossbreeds. *Journal of Animal and Feed Sciences* 6, 247-255.
- Spiekers, H., Grünewald, K. H., Seiwert, Ch., Struth, R. & Niess, E. (1991). Reduction of N-excretion of piglets and fattening pigs by feeding synthetic amino acids. *Agribiological Research Zeitschrift fur Agrarbiologie Agrikulturchemie Okologie* 44, 235-246.
- Stern, S., Johansson, K., Rydhmer, L. & Andersson, K. (1993). Performance testing of pigs for lean tissue growth rate in a selection experiment with low and high protein diets. 1. Experimental design and efficiency of selection. *Acta Agr.Scand.Sect.A-Anim.Sc.* 43, 136-143.
- Tuitoek, K., Young, L. G., de Lange, C. F. M. & Kerr, B. J. (1997b). Body Composition and Protein and Fat Accretion in Various Body Components in Growing Gilts Fed Diets with Different Protein Levels but Estimated to Contain Similar Levels of Ideal Protein. *Journal of Animal Science* 75, 1584-1590.
- Tuitoek, K., Young, L. G., de Lange, C. F. M. & Kerr, B. J. (1997a). The Effect of Reducing Excess Dietary Amino Acids on Growing-Finishing Pig Performance: An Evaluation of the Ideal Protein Concept. *Journal of Animal Science* 75, 1575-1583.
- Valaja, J. (1998). Effect of dietary crude protein and energy content on nitrogen utilisation, water intake and urinary output in growing pigs. *Agricultural and Food Science in Finland* 7, 381-390.
- Valaja, J., Alaviuhkola, T. & Suomi, K. (1993). Reducing crude protein content with supplementation of synthetic lysine and threonine in barley-rape seed meal-pea diets for growing pigs. *Agricultural Science in Finland* 2, 117-123.
- Ward, T. L. & Southern, L. L. (1995). Sorghum amino acid-supplemented diets for the 50- to 100-kilogram pig. *Journal of Animal Science* 73, 1746-1753.
- Yen, H. T., Cole, D. J. A. & Lewis, D. (1986). Amino acid requirements of growing pigs. 7. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. *Animal Production* 43, 141-154.
- Yen, H. T., Cole, D. J. A. & Lewis, D. (1986). Amino acid requirements of growing pigs. 8. The response of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. *Animal Production* 43, 155-165.

Le Bellego L., Relandeau C., Van Cauwenberghe S., Septembre 2001

Les auteurs remercient Jean NOBLET et l'INRA UMR VP (St Gilles, France) pour leur contribution à l'élaboration de ce bulletin.

AJINOMOTO

AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION

AJINOMOTO EUROLYSINE

153, rue de Courcelles, 75817 Paris, Cedex 17
Tel : (33) 01 44 40 12 12 - Fax (33) 01 44 40 12 13