

AJINOMOTO EUROLYSINE INFORMATION

F 25

Les régimes à basse teneur en protéines chez le porcelet

La phase de post-sevrage reste une période critique au cours de la croissance du porc. La transition alimentaire du lait vers des aliments solides principalement composés de matières premières végétales, conjuguée à l'évolution de la physiologie digestive du porcelet, peut dans certaines circonstances, entraîner des troubles digestifs qui pénalisent la croissance et détériorent l'état sanitaire de l'élevage. Ces problèmes sont d'autant plus fréquents et aigus que l'usage des facteurs de croissance antimicrobiens est de plus en plus restreint. Dans ce contexte, limiter la teneur en protéines des aliments pour porcelet est une solution nutritionnelle utilisée en pratique pour réduire les troubles digestifs qui conduisent aux diarrhées. Toutefois, réduire la teneur en protéines de l'aliment nécessite l'emploi de systèmes nutritionnels adéquats afin de gérer précisément l'apport en acides aminés essentiels. En effet, la réduction de la teneur en protéines de l'aliment ne doit pas s'effectuer au détriment de la croissance des animaux, d'autant plus qu'un niveau élevé de performance au stade porcelet contribue à améliorer l'ensemble de la croissance du porc : les porcelets les plus lourds résistent le mieux aux changements d'environnement, aux transitions alimentaires, et afficheront un niveau de performance supérieur au cours des stades ultérieurs.

Comment formuler des aliments porcelets performants à teneur réduite en protéines ?

Ce bulletin présente une étude de l'impact de la teneur en protéines de l'aliment sur la croissance du porcelet, ainsi qu'une synthèse de la réponse du porcelet aux modifications individuelles des niveaux d'apport en acides aminés essentiels.



Optimiser les performances du porcelet profite aux stades ultérieurs de la croissance

L'objectif d'une nutrition adéquate du porcelet n'est pas uniquement d'optimiser la croissance durant cette phase critique, mais également de permettre un niveau de performance supérieur dans les stades ultérieurs. L'impact du poids du porcelet sur les stades suivants est illustré par une étude de Brillouet (2002) où le poids des porcs de 63 jours d'âge est fortement corrélé au poids à 41 jours d'âge (figure 1). Selon ces données 1,0 kg de poids supplémentaire à 41 jours d'âge se traduit par 1,7 kg de poids supplémentaire à 63 jours d'âge. Cette étude confirme l'impact du niveau de performance aux stades les plus jeunes sur les stades ultérieurs. En d'autres termes, plus l'animal est lourd à 41 jours, plus il sera lourd à 63 jours.

fig. 1 Relation entre le poids vif à 63 jours d'âge et le poids vif à 41 jours d'âge (Brillouet, 2002).

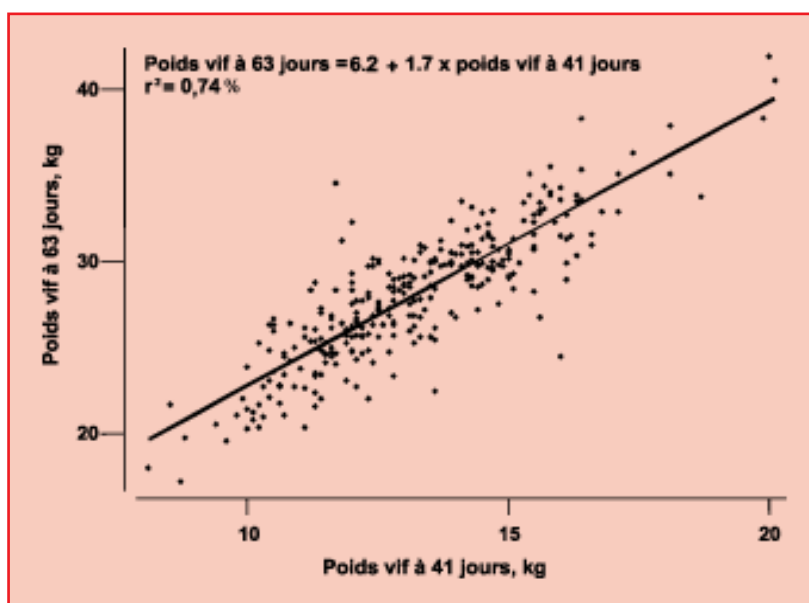


Table des Matières

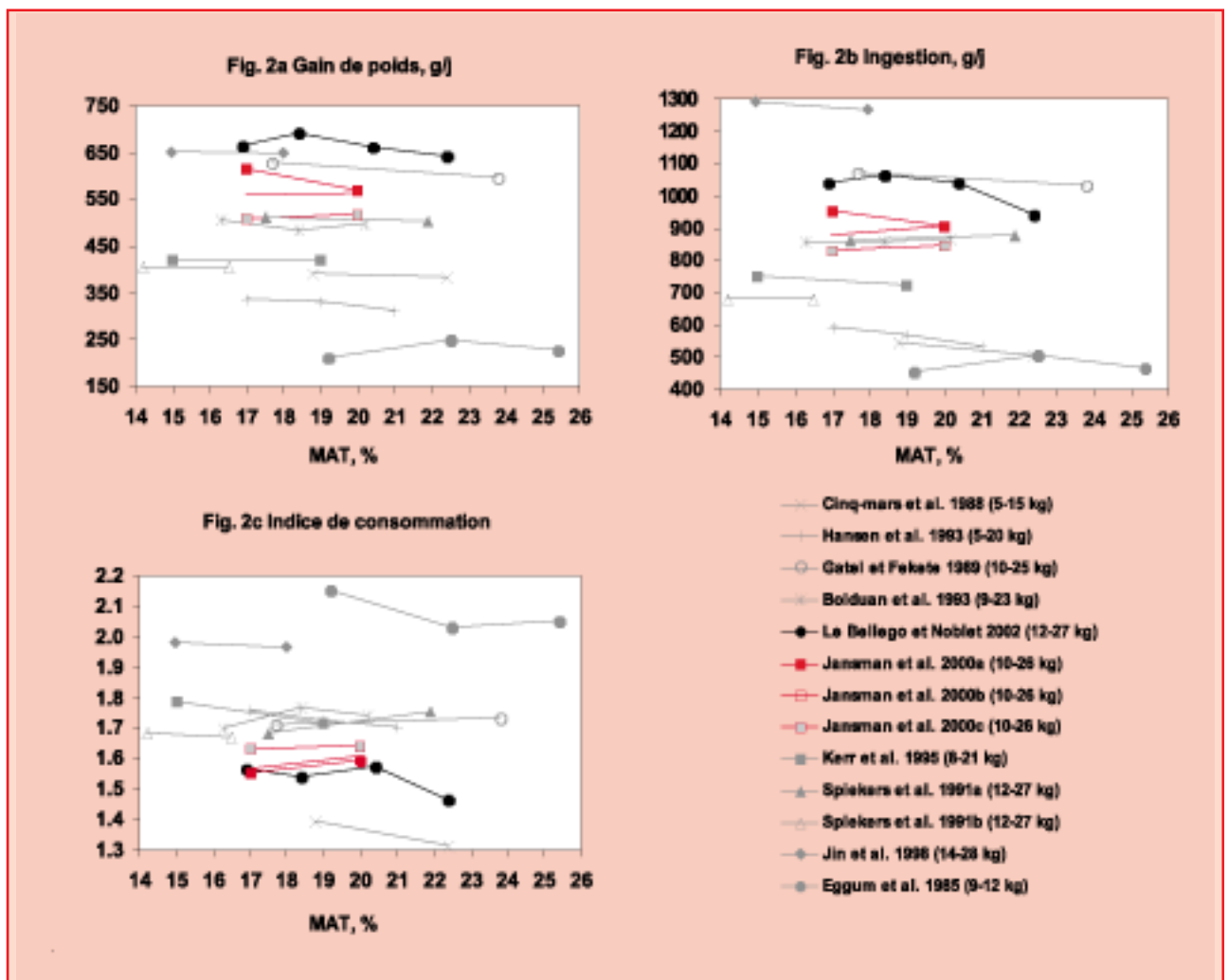
- La diminution de la teneur en protéines de l'aliment n'affecte pas les performances du porcelet..... page 3
- Le besoin en acides aminés essentiels
 - 1- Lysine page 7
 - 2- Thréonine page 10
 - 3- Méthionine et cystine page 11
 - 4- Tryptophane page 12
 - 5- Valine et isoleucine page 12
- Conclusions page 13



La diminution de la teneur en protéines de l'aliment n'affecte pas les performances du porcelet

Les effets de la réduction de la teneur en protéines de l'aliment ont été largement étudiés chez le porc en croissance-finition (synthèse dans les bulletins Ajinomoto Eurolysine numéros 22 et 24), alors que dans le même temps peu de travaux s'intéressaient au porcelet. Une compilation des données disponibles chez le porcelet est présentée dans la figure 2. Ces essais confirment la possibilité de réduire la teneur en protéines de l'aliment sans affecter le gain de poids, l'ingestion et l'indice de consommation, tant que le niveau de lysine et l'équilibre en acides aminés de l'aliment sont maintenus.

fig. 2 Effet de la teneur en protéines de l'aliment (MAT) sur le gain de poids (a), l'ingestion (b) et l'indice de consommation (c) chez le porcelet.



Pourquoi alimenter les porcelets avec des régimes à basse teneur en protéines?

Chez le jeune porc, la fréquence et la sévérité des diarrhées sont plus prononcées qu'aux autres stades. Les principales causes sont d'une part la transition du lait (liquide) à un aliment à base de végétaux (solide) et d'autre part la capacité d'acidification limitée du tractus digestif immature du porcelet. La faible acidification du bol alimentaire conduit à une moindre digestion de la fraction protéique et favorise la prolifération des bactéries pathogènes (avec comme résultat un pH plus élevé et des nutriments non digérés disponibles pour la croissance bactérienne dans le tube digestif, figures 3 et 4). Limiter le taux de protéines dans l'aliment permet donc de réduire la quantité de protéines non digérées qui atteignent la partie distale du tube digestif et d'abaisser le pouvoir tampon du bol alimentaire (les protéines ont un pouvoir tampon élevé et nécessite davantage d'acide pour amener le bol alimentaire à pH 4, figure 4).

fig. 3 Effet de la teneur en protéines de l'aliment sur le pouvoir tampon du bol alimentaire

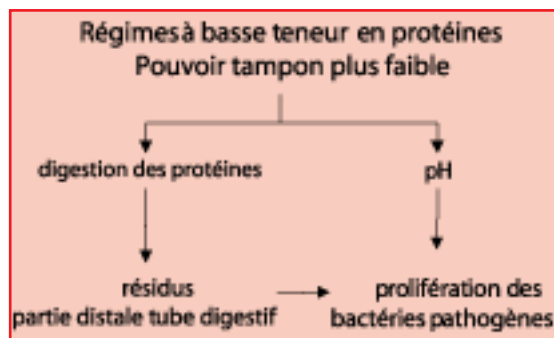
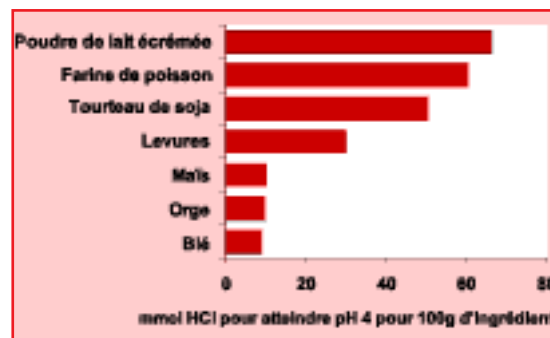


fig. 4 Pouvoir tampon de quelques matières premières d'après Bolduan et al. (1988)



Au-delà de la théorie, alimenter les porcelets avec des régimes à basse teneur en protéines est une des principales solutions nutritionnelles pour atténuer les problèmes digestifs en élevage. Bien que difficile à reproduire dans des conditions expérimentales, l'impact des régimes à basse teneur en protéines sur la consistance des fèces, en tant qu'indicateur des troubles digestifs, a été rapporté dans les essais présentés dans le tableau 1.

tab.1 Effet de la teneur en protéines de l'aliment (MAT) sur la fréquence des diarrhées chez le porcelet

Eggum et al. 1985				
MAT, %	25.4	22.5	19.2	15.8
Fréquence des diarrhées, % ¹	17.0	16.0	11.0	7.0
Eggum et al. 1987				
MAT, %	26.6	23.1	19.5	
Fréquence des diarrhées, % ¹	14.0	3.0	4.0	
Bolduan et al. 1993				
MAT, %	20.2	18.4	16.3	
Fréquence des diarrhées, % ¹	3.2	2.4	0.8	
Le Bellego et Noblet, 2002				
MAT, %	22.4	20.4	18.4	16.9
Fréquence des diarrhées, % ¹	18.1	18.0	4.6	11.0
¹ pourcentage de jours avec des fèces molles ou liquides.				

Dans l'essai réalisé à l'INRA par Le Bellego et Noblet (2002), le taux de protéines de l'aliment était abaissé de 22,5 à 16,9 % (régimes formulés sur la base des acides aminés digestibles et du même profil en acides aminés) sans détérioration du gain de poids (tableau 2). Les auteurs observaient même une augmentation de l'ingestion d'aliment entre 22,4 et 20,4% de protéines. Cet effet, principalement dû à la réduction du taux d'inclusion de tourteau de soja, avait été observé par Hansen et al. (1993) et Jin et al. (1998).

Dans l'essai de l'INRA, comme dans celui de Jansman et al., une supplémentation en acides aminés adaptée (figure 5 et tableau 2) n'a pas pénalisé l'utilisation des protéines et a permis de maintenir un niveau de performance élevé. Seule la L-lysine HCl est rapportée dans la figure 5, mais il est important de rappeler que ces aliments expérimentaux étaient également équilibrés en thréonine, méthionine, tryptophane, et pour les niveaux de protéines les plus bas en valine et isoleucine afin de respecter précisément la protéine idéale.

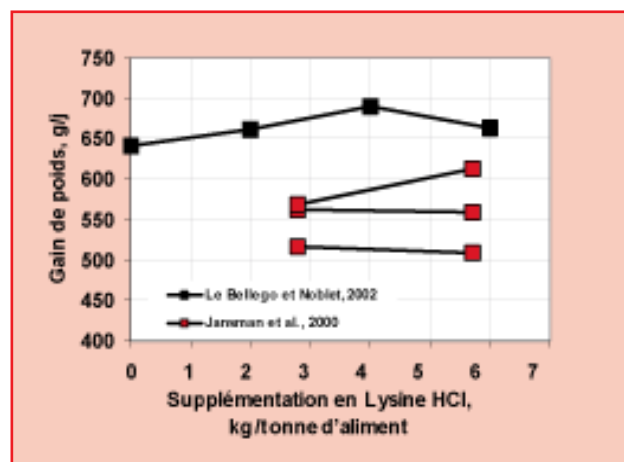
Ces deux études montrent d'une part l'absence d'effet du taux de protéines sur les performances et d'autre part que le porcelet n'est pas sensible à la quantité d'acides aminés libres ajoutée dans l'aliment.

tab. 2 Effet de la teneur en protéines de l'aliment et de la supplémentation en acides aminés libres sur les performances du porcelet entre 12 et 27 kg de poids vif (Le Bellego et Noblet, 2002).

MAT, %	22,4	20,4	18,4	16,9
Ingrédients, g/kg				
Blé	203	220	240	266
Mais	193	218	235	238
Orge	203	220	240	266
Tourteau de soja	365	302	240	177
L-lysine HCl		2,0	4,0	6,0
DL-méthionine	0,2	0,8	1,4	2,0
L-thréonine		0,9	1,8	2,7
L-tryptophane			0,3	0,7
L-isoleucine			0,1	1,2
L-valine			0,9	1,9
Minéraux et vitamines	36	36	36	39
Performances				
Ingéré, g/j	959 ^a	1039 ^b	1061 ^b	1048 ^b
GMQ, g/j	642	661	690	663
IC, kg/kg	1,5	1,58	1,54	1,58

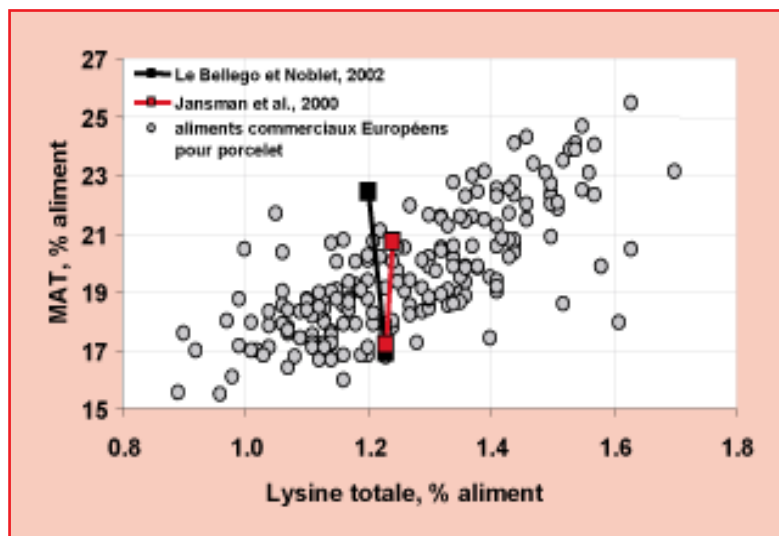
^{a, b} des lettres différentes indiquent des moyennes statistiquement différentes (P<0,05)

fig. 5 Evolution du gain de poids en fonction du taux d'inclusion de L-lysine HCl dans les essais de Le Bellego et Noblet (2002) [12-27 kg] et de Jansman et al. (2000) [10-26 kg].



Dans la figure 6, les niveaux de protéines utilisés dans ces deux essais sont comparés avec les niveaux observés dans des échantillons d'aliments Européens (200 aliments commerciaux Européens pour porcelet, collectés au printemps 2000 et analysés au laboratoire d'Ajinomoto Eurolysine). Ce graphique permet de visualiser le positionnement des aliments commerciaux en termes de taux de protéines et permet de situer les aliments expérimentaux précédemment cités par rapport à la pratique.

fig. 6 Teneur en protéines et en lysine dans 200 aliments commerciaux Européens pour porcelet analysés par le laboratoire de Ajinomoto Eurolysine en 2001, et dans les essais de Le Bellego et Noblet (2002) et Jansman et al. (2000).



Un apport optimal en acides aminés essentiels : la protéine idéale

Lorsque l'apport en acides aminés essentiels est équilibré, la performance du porcelet n'est pas affectée par la baisse du taux de protéines, ni par la quantité d'acides aminés libres ajoutés dans l'aliment. A l'inverse, un aliment dont la teneur en lysine est adéquate et la teneur en thréonine insuffisante, ne permettra à l'animal de valoriser que la quantité de lysine rendue utilisable par le niveau de thréonine. Dans cet exemple, la thréonine est dite limitante, et la lysine excédentaire ne pouvant être valorisée, est alors perdue. Il est donc essentiel de respecter un équilibre optimal entre les acides aminés essentiels : c'est ce que l'on appelle la protéine idéale. La plupart des travaux sur la protéine idéale ont concerné le porc en croissance et la seule étude concernant le porcelet a été publiée par Chung et Baker (1992, tableau 3). Ce profil constitue une base de travail à partir de laquelle on peut envisager des optimisations.

tab.3. La protéine idéale chez le porcelet entre 10 et 20 kg (Chung et Baker, 1992).

Lysine	100
Thréonine	65
Méthionine + cystine	60
Tryptophane	18
Isoleucine	60
Valine	68
Phénylalanine + tyrosine	95
Leucine	100
Arginine	42
Histidine	32

Quels niveaux d'acides aminés pour des aliments porcelets performants ?

La suite de ce bulletin consiste en une revue des effets sur les performances des niveaux d'apports en acides aminés essentiels que sont la lysine, la thréonine, la méthionine et la cystine, et le tryptophane, car :

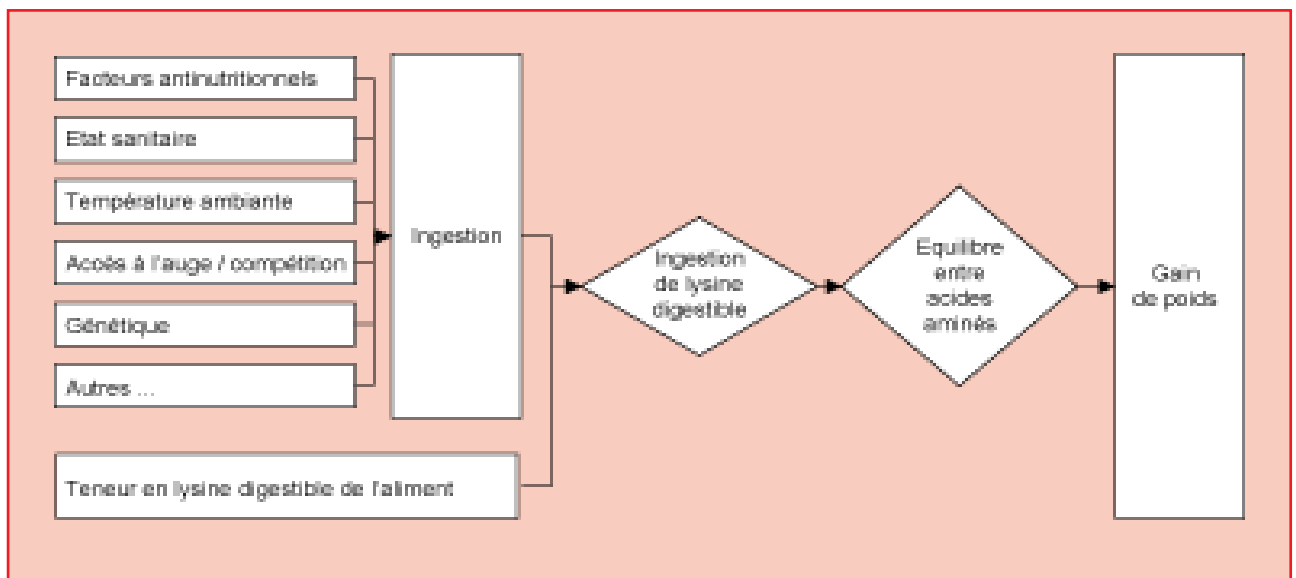
- ces acides aminés peuvent être limitants dans les aliments pour porcelets ;
- leur apport peut être ajusté par supplémentation avec des acides aminés industriels.

Le besoin en acides aminés essentiels

1 - La lysine

La lysine est le premier acide aminé limitant chez le porc et la quantité ingérée quotidiennement est l'un des principaux facteurs qui déterminent la croissance des porcelets. De plus, en pratique, la quantité d'aliment ingérée limite souvent l'expression du potentiel de croissance des animaux, particulièrement chez le porcelet (figure 7). C'est pourquoi, afin d'augmenter la quantité de lysine ingérée quotidiennement, il faut accroître la teneur en lysine de l'aliment tout en maintenant l'équilibre entre les acides aminés essentiels, afin que la totalité de la lysine apportée soit valorisée par l'animal pour le dépôt de protéines corporelles (protéine idéale).

fig. 7 Facteurs affectant la quantité de lysine ingérée et le gain de poids chez le porcelet



La figure 8 illustre à partir d'une synthèse d'essais réalisés chez le porcelet (voir tableau 10 pour un résumé des protocoles), la relation entre l'ingestion de lysine digestible, le gain de poids et l'indice de consommation. Dans chaque essai, l'amélioration des quantités de lysine digestible ingérées quotidiennement a été obtenue grâce une augmentation de la teneur en lysine digestible de l'aliment. Ces relations illustrent le fait que le besoin en lysine est d'autant plus important que le niveau de performance est élevé et la capacité d'ingestion limitée.

Info 3

Les régimes à basse teneur en protéines favorisent-ils le dépôt de gras chez le porcelet?

L'effet du taux de protéines de l'aliment sur la composition corporelle du porcelet de 12 à 27 kg de poids vif a été étudié par Le Bellego et Noblet (2002, méthode des abatages comparés). Cette étude a montré que réduire la teneur en protéines de l'aliment en association avec une supplémentation adéquate en acides aminés n'affecte pas la quantité et le profil en acides aminés des protéines déposées par l'animal. De même, le dépôt de lipides n'était pas différent entre les traitements, ce qui confirme que réduire le taux de protéines de l'aliment chez le porcelet n'a pas eu d'effet sur l'utilisation de l'énergie. Ainsi, pour une même quantité d'énergie métabolisable ingérée, réduire le taux de



Habbe Fotografie

protéines des aliments pour porcelets ne se traduit pas par une augmentation des quantités d'énergie et de lipides fixées dans la carcasse.

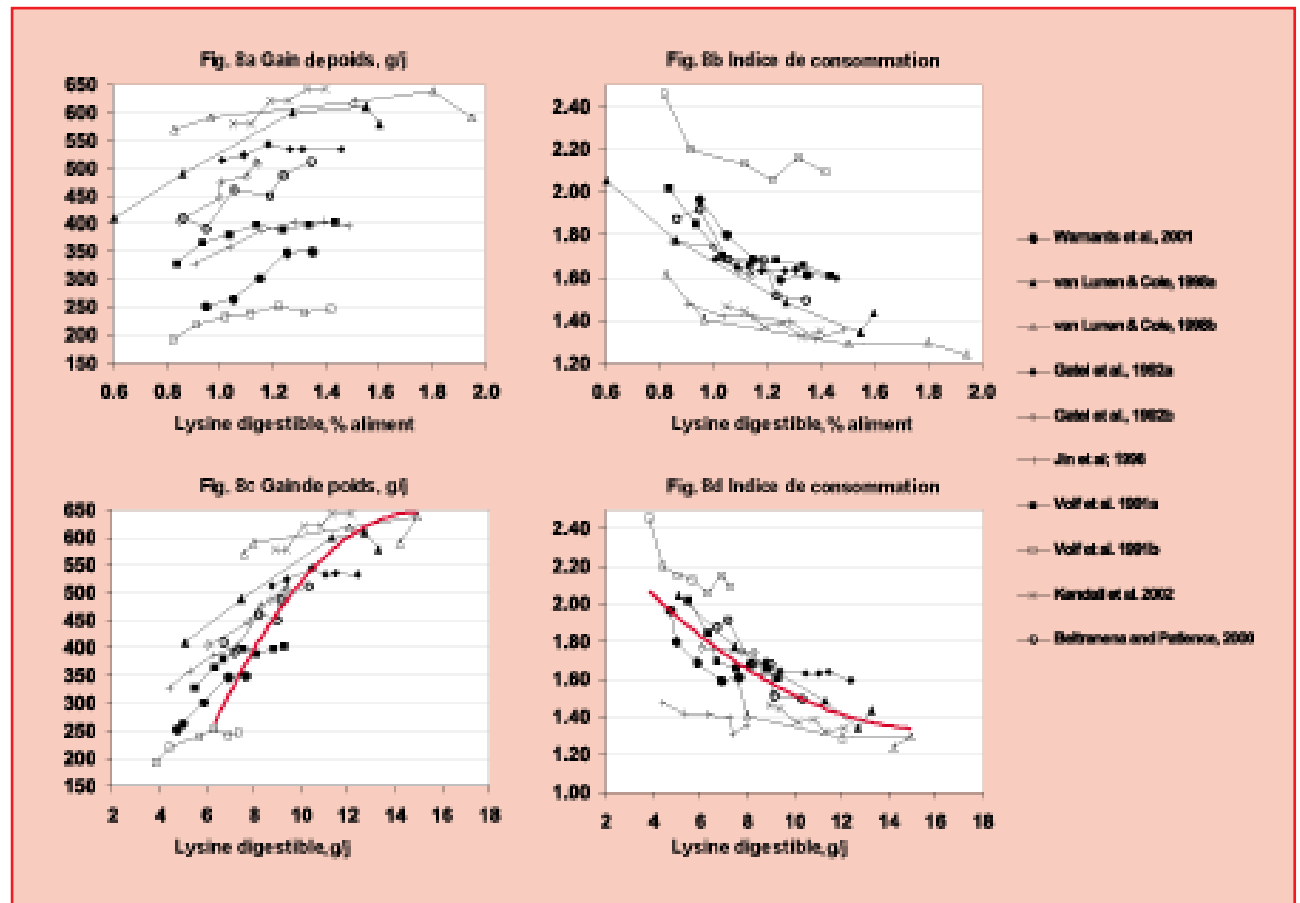
Ces résultats diffèrent de ceux obtenus chez des animaux plus lourds par Noblet et al. (1994) et Le Bellego et al. (2001), respectivement avec des porcs de 43 et 65 kg. Ces derniers essais avaient montré la nécessité de formuler les aliments pour porc en croissance sur la base de leur énergie nette afin de prendre en compte l'épargne d'énergie et de contrôler l'adiposité de la carcasse lorsque la teneur en protéines des aliments est abaissée (Bulletin Ajinomoto Eurolysine n°24).

tab.4 Effet de la teneur en protéines de l'aliment sur la composition du gain de poids et l'utilisation de l'énergie chez le porcelet de 12 à 27 kg de poids vif alimenté ad libitum (Le Bellego and Noblet, 2002)¹

MAT, %	22,4	20,4	18,4	16,9	Effet
Composition du gain, g/l/kg PV^{0,60}					
Poids vif vide	113	109	111	109	ns
Protéines	19,2	18,9	19,2	18,4	ns
Lipides	12,4	13,2	13,1	13,3	ns
Bilan d'énergie, MJ/l/kg PV^{0,60}					
Production de chaleur	1,60	1,58	1,58	1,57	ns
Energie retenue	0,92	0,94	0,94	0,95	ns

¹ ajusté pour une EM ingérée de 2,52 MJ/kg PV^{0,60}

fig. 8 Effet de la teneur en lysine digestible (iléale standardisée) de l'aliment (a et b) ou de la quantité de lysine digestible ingérée quotidiennement (c et d) sur le gain de poids et l'indice de consommation chez le porcelet entre 5 et 25 kg



A partir des relations obtenues dans cette compilation d'essais entre l'ingestion de lysine digestible et le gain de poids, et entre le gain de poids et l'indice de consommation (tableau 5), il est possible de calculer un besoin moyen en lysine digestible exprimé en % de l'aliment.

tab.5 Calcul du besoin en lysine digestible iléale standardisée (et totale) chez le porcelet à partir des relations obtenues dans la figure 8.

GMQ, g/j	300	400	500	600
IC, kg/kg¹	1.91	1.75	1.59	1.43
Ingéré, g/j²	572	699	794	856
Lysine digestible ingérée, g/j³	6.8	8.1	9.6	12.0
Lysine digestible, % aliment⁴	1.18	1.15	1.21	1.40
Lysine totale, % aliment⁵	1.31	1.28	1.35	1.55

¹ calculé à partir de la relation entre l'IC et le GMQ obtenue dans les essais de la figure 8:
 $IC (kg/kg) = -0.0016 \times GMQ (g/j) + 2.3873$

² $ingéré (g/j) = IC (kg/kg) \times GMQ (g/j)$

³ $lysine\ digestible\ ingérée (g/j) = 14.98 - \sqrt{(-0.194 \times (GMQ (g/j) - 646.34))}$
 équation réciproque de la relation obtenue en figure 8c:
 $GMQ (g/j) = -5.1416 \times (lysine\ digestible\ ingérée (g/j))^2 + 154.01 \times lysine\ digestible\ ingérée (g/j) - 506.98$

⁴ illéale digestible standardisée

⁵ recalculé à partir de ⁴ en admettant un coefficient de digestibilité de 90% pour la lysine

2 - La thréonine

La thréonine est le second acide aminé limitant dans les aliments pour porcelets. Les apports en thréonine doivent non seulement couvrir le besoin pour le dépôt de protéines corporelles, mais également prendre en compte les pertes de thréonine endogènes intervenant au niveau du tube digestif pour le renouvellement des cellules de la paroi intestinale et la production de mucus et de sécrétions digestives (Hess & Sève, 1999 ; Stein et al., 1999). En raison de son implication dans les fonctions digestives, le besoin en thréonine est susceptible de varier avec le poids du tractus digestif, lequel est fonction du poids de l'animal.

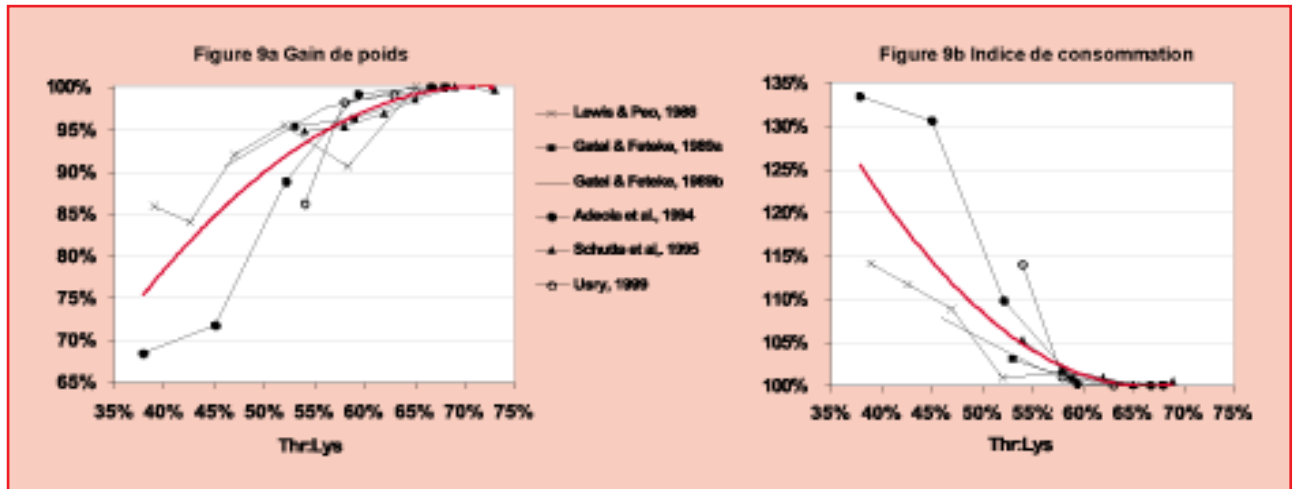
Les essais présentés dans le tableau 6 ont été réalisés sur des porcelets entre 4 et 25 kg (voir tableau 10 pour un résumé des protocoles). Afin de pouvoir comparer les résultats entre les essais, les niveaux de lysine et de thréonine ont été recalculés à partir de la composition des aliments, en utilisant des coefficients de digestibilité iléale standardisée (AmiPig, 2000, voir Info 4). Dans chaque essai, l'augmentation du ratio Thr:Lys était obtenu par addition de L-thréonine à un régime de base.

tab.6. Réponse du porcelet au ratio Thr:Lys exprimé sur une base iléale digestible standardisée.

Lewis & Poo, 1986	[4-14 kg]					
Thr:Lys, %	39	43	47	52	58	65
Ingéré, g/j	511	489	522	502	480	522
Gain de poids, g/j	268	262	287	298	283	312
IC, kg/kg	1.91	1.87	1.82	1.68	1.70	1.67
Gatel & Feteka, 1989a	[8-25 kg]					
Thr:Lys, %	53	59	68			
Ingéré, g/j	920	945	940			
Gain de poids, g/j	526	532	552			
IC, kg/kg	1.75	1.71	1.7			
Gatel & Feteka, 1989b	[8-25 kg]					
Thr:Lys, %	46	56	65	68		
Ingéré, g/j	1040	1070	1070	1030		
Gain de poids, g/j	567	611	626	595		
IC, kg/kg	1.84	1.74	1.71	1.74		
Adeola et al. 1994	[10-20 kg]					
Thr:Lys, %	38	45	52	59	67	
Ingéré, g/j	987	1011	1052	1072	1080	
Gain de poids, g/j	337	353	437	488	492	
IC, kg/kg	2.93	2.86	2.41	2.20	2.20	
Schutte et al. 1995	[10-20 kg]					
Thr:Lys, %	54	58	62	65	69	73
Ingéré, g/j	691	674	676	683	695	700
Gain de poids, g/j	453	456	463	471	478	476
IC, kg/kg	1.53	1.48	1.46	1.45	1.46	1.47
Usry, 1999	[11-23 kg]					
Thr:Lys, %	54	58	63	68		
Ingéré, g/j	735	741	741	757		
Gain de poids, g/j	454	517	522	528		
IC, kg/kg	1.62	1.43	1.42	1.44		

Toutefois, il est difficile de comparer ces essais dans la mesure où ils ont été obtenus dans des conditions expérimentales différentes et sur des génotypes différents. C'est pourquoi, pour chaque essai, les résultats ont été exprimés en pourcentage de la meilleure réponse observée (figure 9).

fig. 9 Effet du ratio Thr:Lys (iléal digestible standardisé) sur le gain de poids (a) et l'indice de consommation (b) (relativement à la meilleure réponse observée dans chaque essai) chez le porcelet entre 4 et 25 kg.



Les performances des porcelets (gain de poids et indice de consommation) sont optimisées lorsque l'apport en thréonine digestible représente au moins 65% de la lysine digestible, ce qui correspond en moyenne à un ratio de 67% lorsque les acides aminés sont exprimés en quantités totales (voir Info 4). Entre 58 et 65% (base iléale digestible), on observe une amélioration de 4% du gain de poids et de 2% de l'indice de consommation.

3 - La méthionine et la cystine

La méthionine et la cystine (M+C) sont souvent limitantes dans les aliments porcelet, en particulier lorsque les formules contiennent des taux d'inclusion élevés de produits laitiers (voir Info 6). Le besoin en M+C est bien établi autour de 60% de la lysine totale et il est indépendant de la phase de croissance (Henry, 1993; NRC, 1998). Le tableau 7 rapporte un essai conduit dans une unité commerciale comportant 1000 porcelets de 11 à 27 kg. Les meilleures performances ont été obtenues avec le traitement à 58% de M+C:Lys (Ury, 1999).

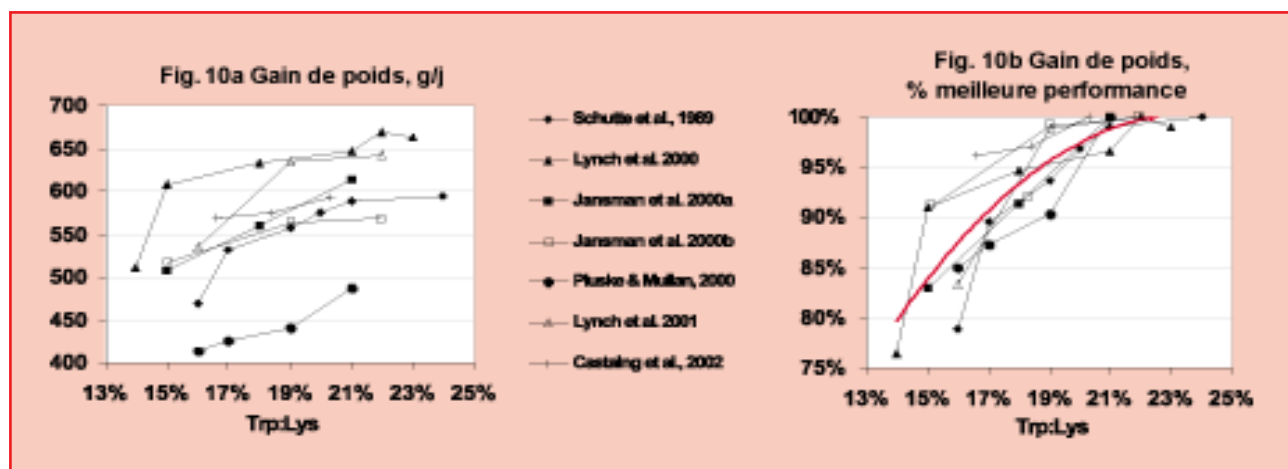
tab.7. Réponse du porcelet au ratio M+C:Lys exprimé sur une base iléale digestible standardisée (Ury, 1999).

M+C:Lys, %	47	53	58	63	68
Gain de poids, g/j	476	503	522	522	512
Indice de consommation, kg/kg	1.72	1.67	1.51	1.53	1.57

4 - Le tryptophane

Le tryptophane intervient dans différentes voies métaboliques en plus du dépôt des protéines corporelles. Une fraction du tryptophane alimentaire est métabolisée dans le cerveau en sérotonine, un neurotransmetteur impliqué dans la régulation de l'ingestion (Henry et al, 1992). La contribution du tryptophane à la régulation de l'ingestion en fait un acide aminé clef de la nutrition du porcelet. La plupart des auteurs recommandent un ratio Trp:Lys de 18% (Wang et Fuller, 1989; Chung et Baker, 1992 ; Henry, 1993; Baker, 2000). Cependant, plus récemment, une série d'essais a eu pour objectif de quantifier le gain résultant d'une augmentation du ratio Trp:Lys de 18% à 22% (Ajinomoto Eurolysine Information N°23). Un résumé de ces essais, augmenté de résultats récents obtenus par Lynch et al. (2001) et par Castaing et al. (2002) (résumé des protocoles dans le tableau 10), est présenté dans la figure 10. Ces résultats confirment que, chez le porcelet, le gain de poids est optimisé lorsque le ratio Trp:Lys atteint 22% (iléal digestible standardisé).

fig. 10 Effet du ratio Trp:Lys (iléal digestible standardisé) sur le gain de poids en g/j (a) et en pourcentage de la meilleure performance dans chaque essai (b) chez le porcelet de 6 à 30 kg.



5 - La valine et l'isoleucine

Bien que les teneurs des aliments en valine et isoleucine ne puissent être corrigées par supplémentation en L-valine et L-isoleucine en raison de leur actuelle indisponibilité en nutrition animale, les niveaux de ces deux acides aminés dans les aliments pour porcelets doivent toutefois être suivis en formulation courante. Il existe peu d'information disponible sur les effets d'une déficience en valine et/ou en isoleucine ; et Chung et Baker (1992) recommandent des ratios Val:Lys et Ile:Lys de 68 et 60% respectivement (tableau 2).

Les déficiences en valine et isoleucine sont susceptibles de se produire :

- lorsque le taux de protéines est abaissé en dessous d'un certain niveau, ou
- lorsque la teneur en lysine est augmentée au-delà d'un certain niveau.

En pratique, ces niveaux critiques apparaissent dans les aliments lorsque la teneur en lysine représente plus de 7% de la teneur en protéines (Lys:MAT > 7%). Dans de tels cas, les ratios Val:Lys et Ile:Lys peuvent être abaissés jusqu'à environ 60% et 50% respectivement.

Cependant, il est intéressant de rappeler que certains auteurs, sans contrôler les niveaux de valine et d'isoleucine, ont observé :

- un maintien des performances en abaissant le taux de protéines de l'aliment (Jin et al., 1998),
- une amélioration significative des performances des porcelets avec une augmentation importante des niveaux de lysine, thréonine, tryptophane et acides aminés soufrés (Warnants et al., 2001).

Le bon niveau de performance obtenu par ces auteurs ayant travaillé à des niveaux de valine et d'isoleucine en dessous de ceux recommandés par Chung et Baker, suggère que ces recommandations peuvent être considérées avec une certaine flexibilité tant qu'une quantification plus précise de leur impact n'est pas disponible.

Conclusions

- La teneur en protéines des aliments pour porcelets peut être réduite sans affecter les performances, tant que la lysine et les autres acides aminés essentiels sont apportés à des niveaux adéquats.
- Des niveaux élevés de supplémentation en acides aminés ne pénalisent pas les performances du porcelet lorsque l'aliment est équilibré pour les principaux acides aminés essentiels.
- Le niveau optimal de lysine dans l'aliment doit être déterminé en prenant en compte le potentiel de croissance et la faible capacité d'ingestion du porcelet.
- La croissance et l'indice de consommation du porcelet sont optimisés lorsque l'aliment est équilibré en thréonine avec un ratio thréonine sur lysine de 65% (digestible iléal standardisé, soit approximativement 67% en base totale).
- La croissance et l'ingestion d'aliment sont optimisées lorsque le ratio tryptophane sur lysine dans l'aliment est augmenté de 18 à 22% (digestible iléal standardisé).



Boerderij / Elsevier, NL-Doetinchem

Pourquoi le ratio Thr:Lys est-il plus faible lorsqu'il fait référence aux acides aminés digestibles plutôt qu'aux acides aminés totaux ?

En pratique, la lysine est généralement plus digestible que la plupart des autres acides aminés en raison d'une digestibilité relativement élevée dans les matières premières riches en protéines et de la supplémentation en L-lysine (100% digestible). La lysine étant 3 à 5% plus digestible que la thréonine, le ratio Thr:Lys s'accroît donc de 2 ou 3 points lorsqu'on le convertit du système digestible vers le système total. Cette différence de ratios entre les systèmes est d'autant plus importante que l'écart de digestibilité entre l'acide aminé considéré et la lysine est grand (tableau 8).

tab.8. Les ratios acides aminés relativement à la lysine dans un aliment porcelet selon deux sources de données et deux systèmes de digestibilité

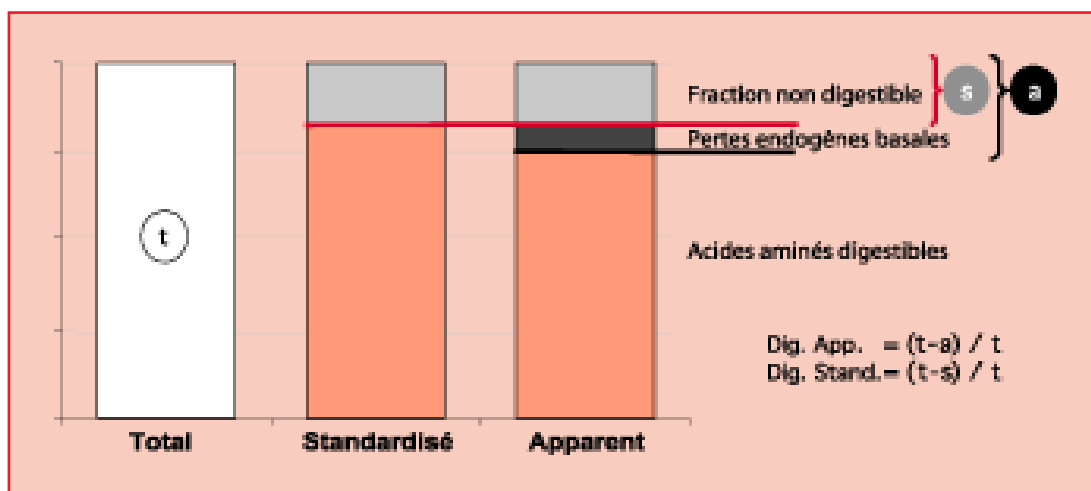
		Total	Dig. Standardisée	Dig. Apparente
MAT	AmiPig	18.2	15.8	15.1
	CVB	18.2	15.7	14.8
Lys	AmiPig	1.23	1.12	1.10
	CVB	1.23	1.12	1.09
Thr:Lys	AmiPig	67%	65%	64%
	CVB	67%	65%	63%
M+C:Lys	AmiPig	60%	60%	60%
	CVB	60%	59%	59%
Trp:Lys	AmiPig	20%	20%	20%
	CVB	20%	20%	19%
Val:Lys	AmiPig	67%	64%	63%
	CVB	67%	64%	62%
Ile:Lys	AmiPig	61%	59%	59%
	CVB	61%	59%	58%

Formule utilisée dans l'exemple : 52% blé, 10% orge, 10% maïs, 17% tourteau de soja, 5% graine entière de soja, 0,05% L-Lys HCl, 0,02% L-Thr, 0,16% DL-Met, 0,04% L-Trp et 5% vit. & min.

Pourquoi existe-t-il une différence entre les systèmes de digestibilité apparente et standardisée ?

La différence entre ces deux concepts de digestibilité réside dans la prise en compte des pertes digestives endogènes basales. Ces pertes endogènes (composées de sécrétions gastriques, renouvellement des cellules de la paroi intestinale et enzymes) sont prises en compte dans le calcul de la digestibilité standardisée contrairement à la digestibilité apparente (figure 11). Il en résulte des teneurs en acides aminés plus faibles lorsqu'elles sont exprimées dans le système digestible apparent que dans le système digestible standardisé.

fig. 11 Calcul des acides aminés digestibles selon le système digestible apparent ou standardisé



Pourquoi le ratio Thr:Lys est-il différent entre les systèmes digestible apparent et digestible standardisé ?

Les pertes endogènes ont un profil en acides aminés différent des protéines corporelles. Elles sont en général plus riches en thréonine qu'en lysine (figure 12), ce qui explique que la digestibilité apparente de la thréonine soit plus faible que celle de la lysine de 2 à 5%. Il en résulte un écart entre 2 et 3 points du ratio Thr:Lys entre les systèmes digestibles standardisé et apparent (figure 13).

La mesure des pertes endogènes basales

Les pertes endogènes basales peuvent être estimées en analysant le profil en acides aminés des protéines des digesta atteignant la fin de l'iléon d'animaux recevant un régime sans protéines. Cette fraction protéique, qui n'est pas d'origine alimentaire, constitue les pertes endogènes basales. Ces pertes existent quels que soient les aliments consommés mais dépendent du niveau d'ingestion.

fig. 12 Plage de variation des pertes endogènes d'acides aminés essentiels (Hess et Sève, 1999, porcs de 45 et 77 kg alimentés à 50, 70 ou 90 g MS/kg^{0.75})

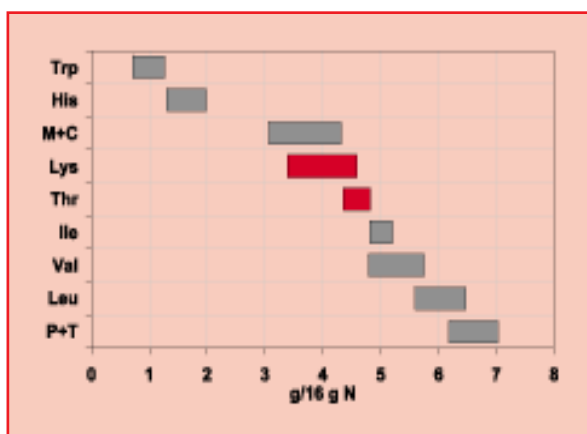
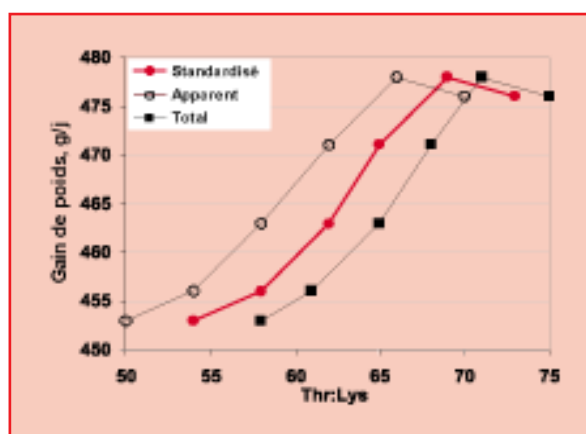


fig. 13 Interprétation de résultats expérimentaux selon le système d'évaluation des acides aminés (d'après Schutte et al. 1995)

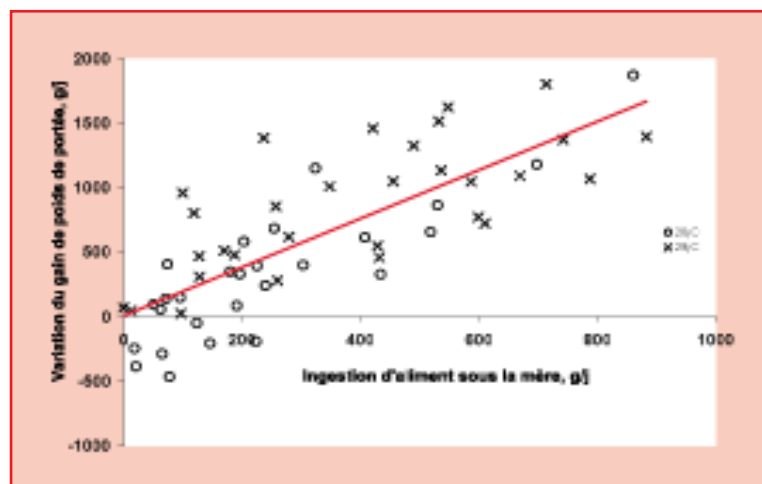


En conclusion, il est important en formulation d'exprimer la matrice (les teneurs en acides aminés des matières premières) et les contraintes (les objectifs de teneurs en acides aminés des aliments) dans le même système et de préférence dans le système digestible idéal standardisé.

Info 5 Ingestion d'aliment sous la mère

L'ingestion d'aliment par les porcelets sous la mère est généralement faible et variable : de 3 à 77 g/porcelet/jour (Pluske et al. 1995). Dans certaines conditions où la production laitière de la truie est réduite, par exemple en condition de températures ambiantes élevées, la consommation d'aliment par les porcelets est stimulée. Quiniou et al. (2000) et Renaudeau et Noblet (2001) ont rapporté une augmentation de la consommation d'aliment induite par l'élévation de la température ambiante, respectivement de 6 g/porcelet/j entre 20 et 26°C, et de 15 g/porcelet/j entre 20 et 29°C. Renaudeau et Noblet (2001) ont montré que cette consommation d'aliment plus importante entraîne un gain de portée supérieur (+ 2 g/g d'aliment ingéré, figure 14). Cette efficacité marginale élevée de la consommation d'aliment sous la mère pour le gain de poids s'explique par un ratio protéines:énergie plus élevé dans l'aliment que dans le lait de truie : 12.4 vs 10.8 g/MJ d'énergie brute, ce qui favorise le dépôt de protéines (au détriment du dépôt de gras). En plus de ce meilleur profil protéines:énergie, favoriser la consommation d'aliment sous la mère stimule le développement du tractus digestif comme l'ont également observé De Passillé et al. (1989). Ces animaux sont alors plus aptes à supporter la transition alimentaire et le stress du sevrage, ce qui favorise l'ingestion d'aliment en post-sevrage et la croissance ultérieure (Mahan et Lepine, 1991; Pluske et Williams, 1991).

fig. 14 Effet de la consommation d'aliment sous la mère (g/j) pendant la 4^{ème} semaine de lactation sur la variation du gain de poids de la portée (g/j) : $y = 1,9 (\pm 0,2) x$; ($R^2 = 0,62$; $RSD = 361$) (Renaudeau et Noblet, 2001).



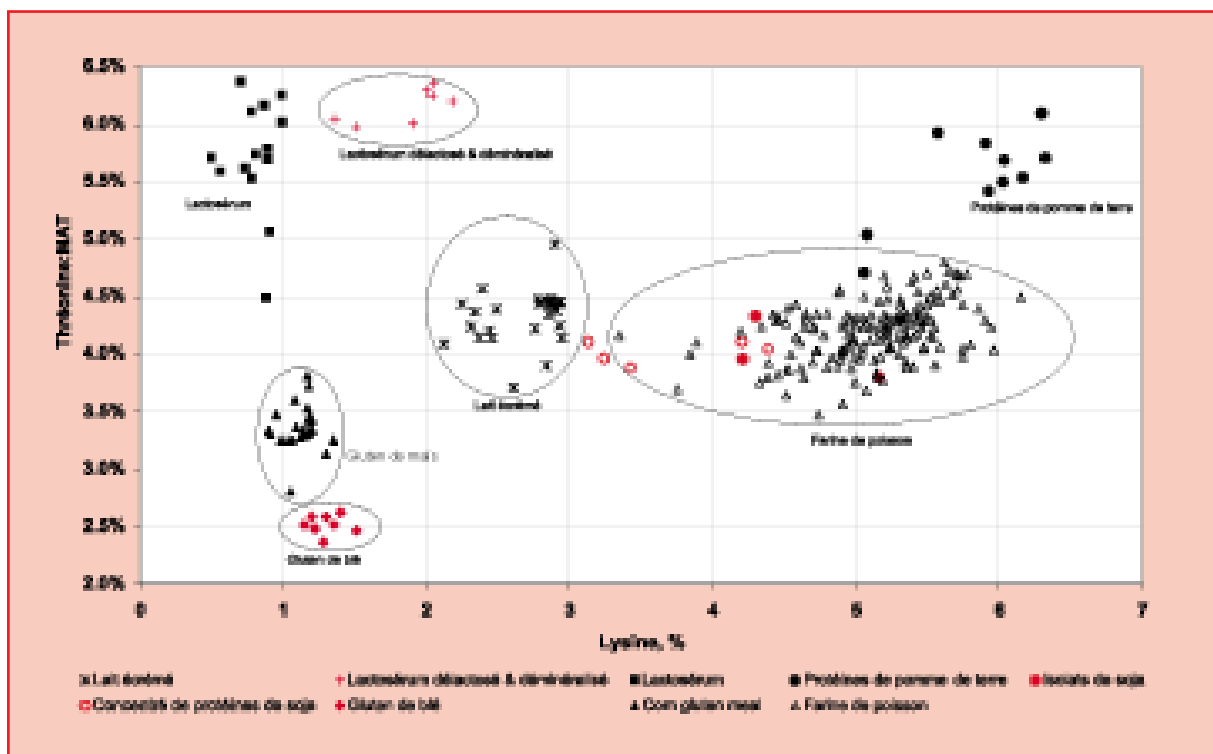
Profil en acides aminés d'ingrédients utilisés dans l'alimentation du porcelet

tab.9. Teneurs en acides aminés d'ingrédients utilisés dans les aliments porcelet (AFZ¹ ou laboratoire d'Ajinomoto Eurolysine²).

	Lait écrémé	Lactosérum	Lactosérum déjaeté. & démin.	Lactosérum	Protéines pomme de terre	Isolats de soja	Concentrés protéines de soja	Gluten de blé	Gluten de maïs	Farine de poisson	Farine de poisson
Code IOT	538	2136	AEL	1182	1346	AEL	1093	419	189	AEL	
Moyenne											
MS, %	94.7	96.0	92.6	92.3	93.3	93.3	92.6	89.7	92.7	91.6	
MAT, %	34.0	25.4	10.4	77.4	68.4	60.8	80.5	60.3	65.0	67.4	
Lys, %	2.68	1.86	0.77	5.43	4.31	3.68	1.31	1.03	5.02	5.21	
Thr, %	1.48	1.56	0.59	4.01	2.78	2.45	2.01	2.11	2.77	2.86	
M+C, %	1.22	0.86	0.31	2.74	2.01	1.76	3.21	2.62	2.36	2.47	
Trp, %	0.44	0.36	0.13	0.99	0.86	0.79	0.71	0.31	0.54	0.76	
Ile, %	1.84	1.45	0.53	4.40	3.58	2.79	3.00	2.57	2.85	2.90	
Val, %	2.12	1.36	0.50	5.16	3.60	2.93	3.07	2.81	3.48	3.38	
Ecart-type											
MAT	2.2	2.9	1.8	2.7	7.6	5.7	2.3	2.6	3.4	3.4	
Lys	0.25	0.31	0.14	1.43	0.32	0.58	0.12	0.13	0.60	0.35	
Thr	0.14	0.20	0.08	1.04	0.26	0.26	0.11	0.20	0.28	0.16	
M+C	0.14	0.09	0.08	0.22	0.06	0.15	0.55	0.37	0.38	0.18	
Trp	0.03	0.04	0.04	0.06	0.07	0.08	0.03	0.01	0.07	0.06	
Ile	0.18	0.20	0.08	0.39	0.54	0.27	0.33	0.15	0.36	0.18	
Val	0.21	0.19	0.08	0.42	0.73	0.32	0.30	0.26	0.45	0.22	
Observations (n)											
MAT	47	7	15	99	20	5	9	474	834	68	
Lys	29	7	15	13	9	5	9	23	100	68	
Thr	29	7	15	10	5	5	8	15	96	68	
M+C	28	7	15	9	5	5	8	19	41	68	
Trp	21	6	14	4	4	5	3	5	5	48	
Ile	29	7	15	8	3	5	8	15	97	68	
Val	29	7	15	8	3	5	8	15	95	68	

¹ d'après IOT v.4.2 -[Association Française de Zootechnie * 2001, <http://www.feedbase.com>)
² AEL d'après le laboratoire d'Ajinomoto Eurolysine

fig. 15 Profil en thréonine des ingrédients décrits dans le tableau



tab.10. Résumé des protocoles

Référence ¹	Âge au sevrage, j	Gamme de poids	MAT, %	Energie MJ/kg	Animaux par traitement	Logement
Wamants et al., 2001	28	8 à 25 kg	14,1 à 20,0	9,6 EN	66	groupes de 6
van Lunen and Cole, 1998a	-	9 à 25 kg	15,1 à 27,4	14,3 ED	7	individuel
van Lunen and Cole, 1998b	-	9 à 25 kg	16,0 à 30,2	16,4 ED	7	individuel
Gatel et al., 1992a	-	8 à 25 kg	20,0	13,9 ED	106	groupes de 6 ou 7
Gatel et al., 1992b	-	8 à 25 kg	16,0 à 22,9	13,8 ED	136	groupes de 6 ou 7
Lys Jin et al; 1998	21	6 à 15 kg	18,33 à 21,83	14,2 EM	20	-
Volf et al. 1991a	-	7 à 14 kg	19,1	-	14	groupes de 14
Volf et al. 1991b	-	7 à 14 kg	19,2	-	10	groupes de 10
Kendall et al. 2002	-	11 à 24 kg	21,5	13,6 EM modifiée	36	groupes de 4
Beltranena & Patience, 2000	15	5 à 20 kg	22,4 à 26,8	14,6 ED	40	groupes de 5
Lewis & Peo, 1986	21-28	4 à 14 kg	15,9	-	16	groupes de 4
Gatel & Feteke, 1989a	28	8 à 25 kg	20	13,5 ED	105	groupes de 6 ou 7
Gatel & Feteke, 1989b	28	8 à 25 kg	17,7 à 23,8	13,5 ED	96	groupes de 6 ou 7
Thr Adeola et al., 1994	-	10 à 20 kg	18,1	-	6	individuel
Schutte et al., 1995	-	10 à 20 kg	18,5	9,7 EN	40	groupes de 10
Usry, 1999	-	11 à 23 kg	19,0	13,9 EM modifiée	220	groupes de 22
Schutte et al., 1989	-	9 à 26 kg	18,1	9,8 EN	36	groupes de 9
Lynch et al. 2000	28	11 à 30 kg	18,2	14,7 ED	16	groupes de 2
Jansman et al. 2000a	35	9 à 26 kg	17,2	9,8 EN	48	groupes de 8
Trp Jansman et al. 2000b	35	9 à 26 kg	20,7	9,8 EN	48	groupes de 8
Pluske & Mullan, 2000	21-26	7 à 16 kg	19,1	14,4 ED	12	groupes de 2
Lynch et al. 2001	28	11 à 21 kg	18,5	14,7 ED	64	groupes de 2
Castaing et al. 2002	21	11 à 18 kg	19,2	9,9 EN	144	groupes de 6

¹ alimentation ad libitum.

Boerderij / Elsevier, NL-Doetinchem



Liste des références bibliographiques

- Adeola, O., B. V. Lawrence, and T. R. Cline. 1994. Availability of amino acids for 10- to 20-kilogram pigs: lysine and threonine in soybean meal. *J. Anim. Sci.* 72:2061-2067.
- AmiPig. 2000. Ileal standardized digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. Association Française de Zootechnie; Ajinomoto Eurolysine; Aventis Animal Nutrition; INRA; ITCF.
- Baker, D. H. 2000. Recent advances in use of the ideal protein concept for swine feed formulation. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 13:294-301.
- Beltranena, E., and J. F. Patience. 2000. Defining the response of early weaned piglets to dietary lysine: energy ratios: Lysine for early weaned piglets. In: 2000. A non-numbered monograph published by Prairie Swine Center, Saskatoon, CA.
- Bolduan, G., H. Jung, E. Schnabel, and R. Schneider. 1988. Recent advances in the nutrition of the weaned piglets. *Pig News Info.* 9(4):381-385
- Bolduan, G., R. Morgenthum, and M. Beck. 1993. Reduced crude protein feeding in early weaned piglets results in better performance and health. *Krafftutter* 4:134-136.
- Brillouet, D., 2002. Gérer la croissance en post-sevrage. *Porc Magazine* 351: 59-67.
- Castaing, J., Cambeilh, D., Relandeau C. 2002. Intérêt de la supplémentation en L-tryptophane de l'aliment porcelet deuxième âge à base de maïs. *Journée des Recherches Porcines en France* 34:115-120.
- Chung, T. K., and D. H. Baker. 1992. Ideal Amino Acid Pattern for 10-Kilogram Pigs. *J. Anim. Sci.* 70:3102-3111.
- Cinq-Mars, D., G. Goulet, and G. J. Brisson. 1988. Response of piglets to suboptimal protein diets supplemented with lysine, methionine, threonine and tryptophan. *Can. J. Anim. Sci.* 68:311-313.
- de Passillé, A. M. B., G. Pelletier, J. Ménard, and J. Morisset. 1989. Relationships of weight gain and behavior to digestive organ weight and enzyme activities in piglets. *J. Anim. Sci.* 67:2921-2929.
- Eggum, B. O., A. Chwalibog, and V. Danielsen. 1987. The influence of dietary concentration of amino acids on protein and energy utilization in rats and piglets 3. Diets of high biological value but with different protein concentrations. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 57:52-64.
- Eggum, B. O., A. Chwalibog, H. E. Nielsen, and V. Danielsen. 1985. The influence of dietary concentration of amino acids on protein and energy utilization in rats and piglets 2. Fortification with lysine, methionine and threonine. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 53:124-134.
- Gatel, F., G. Buron, and J. Fékété. 1992 ab. Total amino acid requirements of weaned piglets 8 to 25 kg live weight given diets based on wheat and soya-bean meal fortified with free amino acids. *Anim. Prod.* 54:281-287.
- Gatel, F., and J. Fékété. 1989. Lysine and Threonine Balance and Requirements for Weaned Piglets 10-25 Kg Liveweight Fed Cereal-Based Diets. *Livest. Prod. Sci.* 23:195-206.
- Hansen, J. A., D. A. Knabe, and K. G. Burgoon. 1993. Amino acid supplementation of low-protein sorghum-soybean meal diets for 5 to 20 Kilogram swine. *J. Anim. Sci.* 71:452-458.
- Henry, Y. 1993. Affinement du concept de la protéine idéale pour le porc en croissance. *INRA Prod. Anim.* 6:199-212.
- Henry, Y., B. Sève, Y. Colléaux, P. Ganier, C. Saligaut, and P. Jégo. 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. *J. Anim. Sci.* 70:1873-1887.
- Hess, V., and B. Sève. 1999. Effects of body weight and feed intake level on basal ileal endogenous losses in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 77:3281-3288.
- Jansman, A. J. M., G. W. P. Kemp, and S. van Cauwenberghe. 2000 abc. Effect of the level of branch chain amino acids (BCAA) and tryptophan in the diet on the performance of piglets. In: book of abstracts of the 51st EAAP congress, The Hague, The Netherlands p 396.
- Jin, C. F., I. H. Kim, K. Han, and S. H. Bae. 1998a. Effects of supplemental synthetic amino acids to the low protein diets on the performance of growing pigs. *AJAS* 11:1-7.
- Jin, C. F., J. H. Kim, W. T. Cho, K. Kwon, and K. Han. 1998b. Lysine Requirements of Piglets. *AJAS* 11:89-96.
- Kendall, D. C., G. F. Yi, A. M. Gaines, G. L. Allee, J. L. Usry, M. Steidinger, and W. Cast. 2002. Evaluation of the lysine requirement for 11 to 25 kg barrows. In: Abstract From Midwest Animal Science Meetings, Des Moines, IA.
- Kerr, B. J., F. K. McKeith, and R. A. Easter. 1995. Effect of performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73:433-440.
- Le Bellego, L., and J. Noblet. 2002. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. *Livest. Prod. Sci.* In press.

- Lewis, A. J., and E. R. Peo, Jr. 1986. Threonine requirement of pigs weighing 5 to 15 kg. *J. Anim. Sci.* 62:1617-1623.
- Li, D., X. Changting, Q. Shyan, Z. Jinhui, E. W. Johnson, and P. A. Thacker. 2001. Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 78:179-188.
- Lynch, B. 2001. Response of weaned pigs to the level of tryptophan. In: Trial report, Teagasc; Moorepark, Fermoy, Co. Cork, Ireland. 2001.
- Lynch, B., S. van Cauwenberghe, and P. Fullarton. 2000. Response of weaned pigs to dietary level of tryptophan. In: book of abstracts of the 51st EAAP congress, The Hague, The Netherlands p 396.
- Mahan, D. C., and A. J. Lepine. 1991. Effect of pig weaning weight and associated nursery feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. *J. Anim. Sci.* 69:1370-1378.
- NRC. 1998. Nutrient Requirement of Swine (tenth edition). National. Accademy. Press, Washington, DC.
- Pluske, J. R., and B. P. Mullan. 2000. Determining the optimum tryptophan:lysine ratio in diets for weaner pigs. In: Trial report from Murdoch University, Australia. 2000.
- Pluske, J. R., I. H. Williams, and F. X. Aherne. 1995. Nutrition of the neonatal pig. In: *The Neonatal Pig: Development and Survival.* p 187-235. CAB International, Wallingford, U.K.
- Quiniou, N., D. Gaudré, S. Rapp, and D. Guillou. 2000. Influence de la température ambiante et de la concentration en nutriments de l'aliment sur les performances de lactation de la truie primipare. *Journée des Recherches Porcines en France* 32:275-282.
- Renaudeau, D., and J. Noblet. 2001. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. *J. Anim. Sci.* 79:1540-1548.
- Schutte, J. B., J. de Jong, and D. J. Langhout. 1995. Threonine requirement of pigs in the live weight ranges of 10-20 and 20-40 kg. In: ILOB report No. 1 95-3936, The Netherlands. 1995.
- Schutte, J. B., E. J. Van Weerden, and J. de Jong. 1989. Tryptophan requirement of pigs in the live weight period of 10 to 25 kg. In: ILOB report I 89-3637, The Netherlands. 1989.
- Spiekers, H., K. H. Grünwald, C. Seiwert, R. Struth, and E. Niess. 1991 ab. Reduction of N-excretion of piglets and fattening pigs by feeding synthetic amino acids. *Agribiological Research Zeitschrift fur Agrarbiologie Agrikulturchemie Okologie* 44:235-246.
- Stein, H. H., N. L. Trottier, C. Bellaver, and R. A. Easter. 1999. The effect of feeding level and physiological status on total flow and amino acid composition of endogenous protein at the distal ileum in swine. *J. Anim. Sci.* 77:1180-1187.
- Usry, J. L. 1999. FCR is minimized at a THR:LYS ratio of 64% for 25-50 lb pigs fed a corn/soybean meal diet. *Swine Research Report n°32.*
- Usry, J. L. 2000. Performance of 25-60 lb pigs is optimized at 58% true ileal digestible (TID) M+C:lysine. *Swine Research Report n°38.*
- van Lunen, T. A., and D. J. A. Cole. 1998 ab. The effect of dietary energy concentration and lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of young hybrid pigs. *Anim. Sci.* 67:117-129.
- Volf, P., J. Heger, P. Lindner, and I. Hauptman. 1991 ab. Estimation of optimum lysine and threonine levels in low-protein diets for weaned piglets. *Biopharm* 1:191-198.
- Wang, T. C., and 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.
- Warnants, N., M. J. Van Oeckel, and M. De Paepe. 2001. Study of the optimum ideal protein level for weaned piglet. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 85:1-13.

Le Bellego L., Relandeau C., Van Cauwenberghe S., Mars 2002

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