

Détermination du besoin en valine chez le porcelet

*Roberto BAREA (1,2), Ludovic BROSSARD (1,2), Nathalie LE FLOC'H (1,2), Delphine MELCHIOR (3),
Yvan PRIMOT (3), Jaap VAN MILGEN (1,2)*

(1) INRA, UMR1079, F-35000 Rennes

(2) Agrocampus Ouest, UMR1079, F-35000 Rennes

(3) AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S., F-75817 Paris Cedex 17

jaap.vanmilgen@rennes.inra.fr

*Avec la collaboration technique de M. Alix, B. Carrissant, Y. Colléaux, C. Cornée, H. Demay, M. Génissel, G. Guillemois,
Y. Jaguelin, J. Liger, N. Mézière, A. Pasquier, J.-F. Rouaud, P. Touanel (1,2) et M. Eudaimon (3)*

Détermination du besoin en valine chez le porcelet

Pour réduire l'impact des productions porcines sur l'environnement, la réduction de la teneur en MAT dans les aliments nécessite une bonne connaissance des besoins en acides aminés. Une première expérience a été réalisée pour déterminer un niveau de Lys limitant pour les performances. Trois régimes avec des teneurs différentes en MAT (17,2 ou 21,5 %) et/ou en Lys digestible iléale standardisée (DIS; 1,0 ou 1,2 %) ont été utilisés. Le GMQ des porcelets recevant le régime avec 1,0 % de Lys était inférieur à celui des autres porcelets (486 vs. 522 g/j). Cet aliment a été utilisé dans les expériences suivantes. Dans l'expérience 2, 4 régimes ont été utilisés dans un schéma factoriel 2x2 avec deux niveaux de Val:Lys (57 vs. 70 %) et deux niveaux d'Ile:Lys (50 vs. 60 %). La consommation et le GMQ étaient respectivement 15 et 20 % plus faibles pour des porcelets recevant des régimes avec 57 % Val:Lys alors que le niveau d'apport en Ile n'affectait pas les performances. Dans l'expérience 3, 5 niveaux de Val étaient utilisés (de 60 à 80 % Val:Lys). Le besoin pour la consommation, le GMQ et l'IC étaient de 74, 70 et 68 % Val:Lys en utilisant un modèle linéaire-plateau et de 81, 75 et 73 % Val:Lys en utilisant un modèle curvilinéaire-plateau. Dans la quatrième expérience, nous avons montré qu'un faible apport en Val (<65 % Val:Lys) combiné avec un apport excessif d'autres acides aminés à chaînes ramifiées entraîne des baisses très importantes de la consommation et du GMQ (d'environ 35 %). Notre étude montre que le besoin en Val DIS est au moins de 70 % Val:Lys.

Determination of the valine requirement in piglets

In order to reduce the impact of pig production on the environment, the reduction in CP content of diets requires knowledge of the requirements of individual amino acids. A first experiment was carried out to identify a diet limiting in Lys supply that could be used in the remainder of the studies. Piglets were offered diets differing in CP content (17.2 or 21.5%) and/or standardized ileal digestible Lys content (SID; 1.0 or 1.2%). Average daily gain of piglets receiving the diet containing 1.0% Lys was lower than that of the other piglets (486 vs. 522 g/d). In Exp. 2, a 2x2 factorial design was used with diet differing in Val:Lys (57 vs. 70%) or Ile:Lys contents (50 vs. 60%). Feed intake and ADG were respectively 15 and 20% lower in piglets receiving diets with 57% Val:Lys, whereas the Ile supply did not affect feed intake or ADG. Experiment 3 was a dose-response study using 5 levels of Val ranging from 60 to 80% Val:Lys. The estimated Val requirement for feed intake, ADG and FCR was 74, 70 and 68% Val:Lys using a linear-plateau model, and 81, 75 and 73% Val:Lys using a curvilinear-plateau model. In a fourth experiment, we showed that a limited supply of Val (<65% Val:Lys) combined with an excess supply of other branched-chain amino acids resulted in an important reduction in feed intake and ADG (approximately 35%). The results of these experiments indicate that the SID Val:Lys requirement is at least 70%.

INTRODUCTION

Dans le passé, des régimes riches en protéines ont été utilisés pour assurer la couverture des besoins nutritionnels en acides aminés (AA) essentiels. La disponibilité des AA de synthèse a permis une réduction importante de la MAT dans les aliments. Des régimes couvrant les besoins en Lys, Thr, AA soufrés et Trp peuvent ainsi être formulés. En parallèle, l'apport en d'autres AA est réduit, ce qui conduit à la nécessité de bien connaître leurs besoins afin d'éviter des carences. Après les AA précédemment cités, les apports en valine (Val) et en isoleucine (Ile) pourraient être limitant pour les performances. Bien que certains travaux visant à déterminer le besoin en Val chez le porcelet ou des porcs de finition existent déjà, les conditions expérimentales et la variabilité des résultats entre études permettent difficilement d'arriver à une conclusion cohérente.

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet visant à déterminer le besoin en Val et en Ile chez le porcelet en 2^{ème} âge (12-25 kg). Les résultats présentés ici concernent principalement le besoin en Val. Afin d'exprimer le besoin d'un AA par rapport à la Lys, il est essentiel que l'apport en Lys soit limitant pour la croissance. La stratégie expérimentale a été d'identifier d'abord un niveau de Lys inférieur au besoin et ensuite d'utiliser ce niveau de Lys dans d'autres études pour déterminer le besoin en Val et Ile.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental

Des porcelets mâles castrés et femelles issus du troupeau de l'INRA (Piétrain x (Large White x Landrace)) ont été utilisés. Toutes les expériences ont été réalisées selon une procédure expérimentale similaire. Sept jours après le sevrage (à 35 j d'âge), des blocs de porcelets ont été constitués sur la base du sexe, du poids vif (PV) et de l'origine génétique. Les porcelets étaient logés en cages individuelles. Pendant la première semaine, l'aliment premier âge a été remplacé progressivement par l'aliment expérimental. Pendant cette semaine d'adaptation, l'aliment et l'eau ont été distribués à volonté.

Les expériences ont commencé à 6 semaines d'âge (PV initial d'environ 12 kg) pour une durée de 21 j. Pour les deux premières expériences, le niveau alimentaire était légèrement en dessous du niveau à volonté et les niveaux de consommation ont été égalisés intra-bloc. En raison de la complexité technique et de refus d'aliments, cette approche a été abandonnée pour les autres expériences où l'aliment était offert à volonté. L'eau était disponible à volonté pour toutes les expériences. Les refus ont été mesurés tous les jours pour les deux premières expériences et au moins une fois par semaine pour les deux expériences suivantes. Les porcelets étaient pesés à jeun, au début et à la fin de la période expérimentale.

Les régimes ont été formulés à base d'un mélange de maïs, de blé et d'orge, de tourteau de soja et d'AA de synthèse (Tableau 1). L'apport en AA autres que Lys, Val et Ile était égal ou supérieur aux recommandations actuelles (Henry, 1993 ; Sève et Le Floch, 1998).

L'expérience 1 avait pour but d'identifier un régime de base utilisé pour l'ensemble des expériences et ayant un apport

limitant en Lys. Quarante-huit porcelets ont été utilisés et répartis dans 16 blocs de 3 porcelets chacun. Trois régimes avec la même teneur en EN mais avec des teneurs différentes en MAT et en Lys ont été formulés : un régime à faible teneur en protéines fournissant 17,2 % de MAT et 1,0 % Lys digestible iléale standardisée (DIS), un régime à faible teneur en protéines fournissant 17,8% MAT et 1,2 % Lys DIS, et un régime avec une teneur normale en protéine fournissant 21,5 % MAT et 1,2 % Lys DIS. Les régimes ont été formulés de façon à ce que les apports en Ile, Val, Thr, Met, AA soufrés, Trp et leucine (Leu) soient égaux ou supérieurs aux recommandations actuelles (c.à.d. 60, 70, 65, 30, 60, 21,5 et 100 % par rapport à la Lys, respectivement. La composition des régimes est donnée dans le tableau 1.

La deuxième expérience a été réalisée afin de vérifier l'hypothèse suivante : les performances des porcelets recevant des régimes carencés en Val, en Ile ou les deux seraient plus faibles que les performances des animaux recevant un régime non carencé. Quatre régimes ont été formulés dans un schéma factoriel 2x2 avec deux niveaux de Val:Lys (57 ou 70 %) et deux niveaux d'Ile:Lys (50 ou 60 %). Soixante-quatre porcelets ont été répartis en 16 blocs de 4 porcelets chacun et, intra-bloc, chaque porcelet recevait 1 des 4 régimes.

La troisième expérience était une étude de dose-réponse avec 5 niveaux de Val:Lys pour déterminer le besoin en Val. Soixante-quinze porcelets (15 blocs de 5 porcelets chacun) ont été utilisés. Cinq régimes alimentaires ont été formulés pour avoir 60, 65, 70, 75, ou 80 % Val:Lys DIS. Les régimes apportaient 1,0 % Lys DIS avec un rapport Ile:Lys de 55 % et de Leu:Lys de 113 %. Les critères de réponse étaient la consommation, le GMQ et l'IC. À la fin de l'expérience, des échantillons de sang ont été collectés sur 30 porcs (6 blocs) après une nuit de jeûne pour déterminer les concentrations en AA plasmatiques et en céto-acides issus de la désamination des AA à chaînes ramifiées (AACR).

Le dispositif expérimental de la quatrième expérience était identique à celui de la précédente, mais avec un apport excessif en d'autres AACR (65 % Ile:Lys et 166 % Leu:Lys). Les régimes ont été formulés à base de maïs, de gluten de maïs et de tourteau de soja. La teneur en MAT (et Lys) était légèrement plus élevée que prévue (Tableau 1).

1.2. Analyses chimiques

Les teneurs en MS, cendres, cellulose brute et lipides dans les régimes ont été déterminées selon les méthodes de l'AOAC (1990). La teneur en N a été déterminée selon la procédure Dumas (LECO 3000, Saint-Joseph, MI). Les teneurs en AA dans les régimes et dans le plasma ont été déterminées par le laboratoire d'AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S. (Amiens, France) par échange d'ions (JLC-500 / V AminoTac Amino Acid Analyzer, Jeol, Croissy-sur-Seine, France). Le Trp plasmatique a été analysé par HPLC et détection fluorimétrique. Les concentrations plasmatiques des céto-acides (α -cétoisocaproate (KIC), α -cétoisovalérate (KIV) et α -céto- β -méthylvalérate (KMV), issus des transaminations respectivement de Leu, Val et Ile, ont été mesurées selon la méthode de Pailla et al. (2000).

Tableau 1 - Composition des régimes

| Expérience Régime | 1 | | | 2 | 3 | 4 |
|--|-------|-------|-------|----------------|----------------|----------------|
| | A | B | C | A ¹ | A ¹ | A ¹ |
| Matières premières, % | | | | | | |
| Blé | 14,52 | 14,35 | 11,82 | 15,97 | 16,18 | 0,00 |
| Mais | 43,56 | 43,05 | 35,45 | 47,90 | 48,53 | 77,63 |
| Orge | 14,52 | 14,35 | 11,83 | 15,97 | 16,18 | 0,00 |
| Gluten de maïs | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,38 |
| Tourteau de soja | 22,44 | 22,44 | 34,40 | 14,69 | 13,83 | 7,42 |
| Huile de tournesol | 1,00 | 1,00 | 2,71 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| L-Lysine HCl | 0,34 | 0,59 | 0,23 | 0,57 | 0,57 | 0,76 |
| L-Thréonine | 0,15 | 0,29 | 0,13 | 0,26 | 0,21 | 0,21 |
| L-Tryptophane | 0,05 | 0,10 | 0,04 | 0,09 | 0,09 | 0,14 |
| DL-Méthionine | 0,13 | 0,26 | 0,15 | 0,20 | 0,14 | 0,09 |
| L-Isoleucine | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,10 | 0,04 | 0,13 |
| L-Valine | 0,03 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| L-Histidine | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sel | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Carbonate de calcium | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Phosphate bicalcique | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| Complément oligo-vitaminique | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Caractéristiques nutritionnelles, % | | | | | | |
| EN, kJ/g ² | 10,09 | 10,09 | 10,02 | 10,21 | 10,26 | 10,81 |
| Matières azotées totales | 17,32 | 18,26 | 21,08 | 15,41 | 14,64 | 16,83 |
| Lys | 1,07 | 1,32 | 1,27 | 1,09 | 1,00 | 1,20 |
| Lys DIS ² | 0,97 | 1,22 | 1,17 | 1,00 | 0,92 | 1,14 |
| Val | 0,80 | 0,97 | 0,96 | 0,66 | 0,62 | 0,79 |
| Ile | 0,66 | 0,82 | 0,86 | 0,56 | 0,56 | 0,79 |
| Leu | 1,36 | 1,41 | 1,60 | 1,20 | 1,18 | 1,92 |

¹ Les autres régimes étaient formulés en remplaçant une partie du mélange des céréales par la L-Val, la L-Ile, ou les deux.

² Les valeurs d'EN et de Lys digestible iléale standardisée ont été calculées à partir des valeurs des matières premières.

1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées par analyse de variance ou par régression non linéaire en utilisant les procédures MIXED ou NLIN de SAS (SAS Inst. Inc, Cary, NC). Le modèle a pris en compte l'effet du régime comme un effet fixe et l'effet du bloc comme un effet aléatoire. Pour les expériences 3 et 4, la réponse à l'apport de Val a été analysée en utilisant des modèles linéaire-plateau et curvilinéaire-plateau tels que décrits par Robbins et al. (2006). Les modèles ont été paramétrés pour inclure le plateau du critère de réponse intra-bloc (consommation, GMQ ou IC), la réponse relative (par rapport au plateau) lorsque l'apport de Val:Lys est de 60 %, et l'apport de Val:Lys DIS minimal nécessaire pour atteindre le plateau.

2. RÉSULTATS

Les porcelets sont restés en bonne santé tout au long des expériences. Quelques cas de diarrhée ont cependant été observés (sans lien apparent avec les traitements expérimentaux) et ces

porcelets ont été traités avec du sulfate de colistine, sulfaméthoxazole/triméthoprim ou les deux.

Pour l'expérience 1, la quantité d'aliment distribuée était légèrement en dessous du niveau à volonté car l'objectif était d'avoir des quantités d'aliment ingérées similaires intra-bloc. Malgré cela, certains animaux n'ont pas consommé toute leur ration. Le GMQ était plus faible et l'IC plus élevé ($P < 0,01$) pour les porcelets recevant le régime avec 1,0 % Lys DIS par rapport aux porcelets recevant les 2 autres régimes avec 1,2 % Lys (Tableau 2). L'augmentation de l'apport en Lys a permis une amélioration des performances de 10 % (486 vs. 530 g/j pour le GMQ et 1,70 vs. 1,56 pour l'IC). Aucune différence sur le GMQ ou l'IC n'a été observée entre les régimes avec des teneurs faible ou normale en MAT et fournissant 1,2 % Lys DIS.

Dans l'expérience 2, la quantité d'aliment distribuée était aussi légèrement en dessous du niveau à volonté. Des refus ont également été observés chez certains animaux. La consommation, le GMQ et l'IC ont été affectés par les teneurs en Val et/ou Ile

Tableau 2 - Effet de la teneur en matières azotées totales et en lysine digestible sur les performances des porcelets 2^{ème} âge (Exp. 1 ; moyennes ajustées)

| Régime | A | B | C | Statistiques ² | |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|----------|
| MAT, %¹ | 17,2 | 17,8 | 21,5 | | |
| Lys DIS, %¹ | 1,00 | 1,20 | 1,20 | ETR | P |
| Consommation, g/j ³ | 820 | 818 | 803 | 27 | 0,18 |
| GMQ, g/j | 486 ^a | 530 ^b | 513 ^b | 36 | <0,01 |
| IC ³ | 1,70 ^a | 1,55 ^b | 1,57 ^b | 0,09 | <0,01 |

¹ Valeurs anticipées de matières azotées totales et Lys (digestible iléale standardisée) ; les valeurs réelles sont indiquées dans le Tableau 1.

² ETR : écart-type résiduel. Sur une même ligne, des lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes ajustées ($P < 0,05$).

³ Ajustée pour 87,3 % de matière sèche.

Tableau 3 - Effet des teneurs en valine et isoleucine digestibles sur les performances des porcelets 2^{ème} âge (Exp. 2 ; moyennes ajustées)

| Régime | A | B | C | D | Statistiques ² | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|----------|
| Val:Lys DIS, %¹ | 57 | 57 | 70 | 70 | | |
| Ile:Lys DIS, %¹ | 50 | 60 | 50 | 60 | ETR | P |
| Consommation, g/j ³ | 689 ^a | 695 ^a | 814 ^b | 808 ^b | 55 | <0,01 |
| GMQ, g/j | 401 ^a | 393 ^a | 501 ^b | 484 ^b | 41 | <0,01 |
| IC ³ | 1,74 ^{ab} | 1,77 ^a | 1,63 ^c | 1,67 ^{bc} | 0,12 | <0,01 |

¹ Valeurs anticipées de Val:Lys et Ile:Lys (digestibles iléales standardisées). En se basant sur des teneurs en Val, Ile et Lys mesurées et l'estimation de la digestibilité iléale standardisée, les régimes A, B, C et D contenaient respectivement 56, 57, 67 et 67 % Val:Lys et 52, 61, 52 et 61 Ile:Lys.

² ETR : écart-type résiduel. Sur une même ligne, des lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes ajustées ($P < 0,05$).

³ Ajustée pour 87,3 % de matière sèche.

($P < 0,01$; Tableau 3). La consommation et le GMQ étaient plus élevés pour les porcelets recevant des régimes avec 70 % Val:Lys quel que soit le niveau d'Ile. D'autre part, pour un niveau de Val:Lys donné, l'augmentation du rapport Ile:Lys de 50 à 60 % n'avait pas d'effet sur la consommation, le GMQ ou l'IC.

Dans l'expérience 3, la consommation augmentait de 9 % et le GMQ de 29 % quand le rapport Val:Lys dans les régimes passait de 60 à 75 % (Tableau 4). Après une nuit de jeûne, les concentrations plasmatiques en Val, Ile et Leu augmentaient ($P < 0,05$) avec un apport croissant Val:Lys (Tableau 4). La concentration en KIV (issu de la désamination de Val) augmentait également ($P < 0,01$) avec l'apport de Val, mais aucun effet n'a été observé pour la KIC et KMV. La concentration plasmatique de KIV était bien corrélée avec celle de la Val ($r = 0,76$), ce qui était moins le cas pour les autres AACR ($r = 0,28$ entre le KMV et l'Ile, $r = 0,22$ entre le KIC et la Leu).

L'expérience 4 avait pour but d'évaluer la réponse des porcelets à un apport croissant en Val, mais dans des conditions d'un excès en AACR (notamment la Leu). Une carence en Val diminuait d'environ 35 % la consommation et le GMQ. L'IC n'était pas affecté par l'apport en Val:Lys (Tableau 5).

Pour les expériences 3 et 4, des modèles linéaire-plateau et curvilinéaire-plateau ont été utilisés pour décrire la réponse et pour estimer le besoin en Val:Lys. Pour prendre en compte l'effet aléatoire du bloc, un plateau différent a été estimé pour chaque bloc de porcelets. Pour l'expérience 3, les valeurs des ces plateaux variaient entre 702 et 995 g/j pour la consommation, entre 380 et 548 g/j pour le GMQ, et entre 1,72 et 1,89 pour l'IC (Tableau 6). Ces valeurs du plateau étaient plus faibles pour l'expérience 4. Pour l'expérience 3, le rapport Val:Lys permettant de maximiser

la plupart des critères était au moins de 70 %. Le besoin estimé par le modèle curvilinéaire-plateau était plus élevé d'environ 5 points par rapport à celui estimé par le modèle linéaire-plateau. L'apport de 60 % de Val:Lys entraînait une réduction d'environ 13 % de la consommation et de 18 % pour le GMQ par rapport aux valeurs du plateau. En parallèle, l'IC augmentait d'environ 6 % dans ces conditions. Le besoin pour le GMQ et l'IC était peu affecté par l'équilibre entre les AACR. Par contre, le déséquilibre a affecté la consommation (Tableau 6). Le déficit en Val a affecté beaucoup plus les performances lorsqu'il était associé à un déséquilibre entre les AACR qu'en cas d'un régime où l'apport en AACR était plus équilibré.

3. DISCUSSION

Afin d'exprimer les besoins en AA par rapport à la Lys, la Lys doit être apportée en quantité limitante. La formulation des aliments expérimentaux a été effectuée de manière à préparer un régime de base largement déficitaire en Val, Ile, ou les deux, la Lys étant le second facteur limitant. Dans l'expérience 1, les régimes témoins ont été formulés pour fournir 1,2 % Lys DIS, en accord avec les besoins rapportés pour le porcelet (Yi et al., 2006). Néanmoins, le NRC (1998) ainsi que la British Society of Animal Science (2003) proposent des valeurs plus faibles (1,01 et 1,12 % Lys DIS, respectivement). Le GMQ était plus faible et l'IC plus élevé pour des porcelets recevant 1,0 % Lys par rapport aux ceux recevant 1,2 % Lys. Ces résultats confirment qu'un régime avec 1,0 % Lys DIS peut être utilisé pour étudier les besoins en AA chez le porcelet 2^{ème} âge.

Dans l'expérience 2, nous nous attendions à ce que les porcelets recevant le régime D (70 % Val:Lys et 60 % Ile:Lys) aient de meilleures performances que les porcelets recevant l'un des

Tableau 4 - Effet de la teneur en valine digestible sur les performances des porcelets 2^{ème} âge (Exp. 3 ; moyennes ajustées)

| Régime Val:Lys DIS, % ¹ | A 60 | B 65 | C 70 | D 75 | E 80 | Statistiques ² | |
|---|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------|
| | | | | | | ETR | P |
| Performances | | | | | | | |
| Consommation, g/j ³ | 772 ^a | 770 ^{ab} | 812 ^{bc} | 843 ^{bc} | 854 ^c | 100 | <0,01 |
| GMQ, g/j | 370 ^a | 412 ^{ab} | 456 ^{bc} | 476 ^c | 469 ^c | 61 | <0,01 |
| IC ³ | 1,95 | 1,88 | 1,81 | 1,78 | 1,82 | 0,17 | 0,06 |
| Concentrations plasmatiques, µg/ml⁴ | | | | | | | |
| Val | 12,0 ^a | 13,9 ^b | 18,3 ^c | 24,0 ^d | 28,1 ^e | 1,5 | <0,01 |
| Ile | 9,6 ^a | 10,0 ^a | 10,8 ^{ab} | 11,7 ^b | 11,9 ^b | 1,1 | <0,01 |
| Leu | 16,0 ^a | 16,1 ^a | 17,1 ^{ab} | 17,9 ^{ab} | 18,4 ^b | 1,4 | 0,02 |
| KIV ⁵ | 5,1 ^a | 4,1 ^a | 6,4 ^a | 10,9 ^b | 12,5 ^b | 3,2 | <0,01 |
| KMV ⁵ | 21,7 | 17,1 | 17,4 | 22,3 | 19,9 | 4,4 | 0,17 |
| KIC ⁵ | 31,3 | 26,2 | 29,0 | 34,3 | 30,2 | 7,2 | 0,42 |

¹ Valeurs anticipées de Val:Lys (digestibles iléales standardisées). En se basant sur des teneurs en Val et Lys mesurées et l'estimation de la digestibilité iléale standardisée, les régimes A, B, C, D et E contenaient respectivement 58, 62, 69, 73 et 79 % Val:Lys. Les régimes apportaient 55 % Ile:Lys et 113 % Leu:Lys.

² ETR : écart-type résiduel. Sur une même ligne, des lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes ajustées (P<0,05).

³ Ajustée pour 87,3 % de matière sèche.

⁴ Mesurées après une nuit de jeûne.

⁵ KIV = acide α-cétoisovalérique, KMV = acide α-céto-β-méthyl-n-valérique, KIC = acide α-cétoisocaproïque.

Tableau 5 - Effet de la teneur en valine digestible sur les performances des porcelets 2^{ème} âge dans les conditions d'un déséquilibre entre acides aminés à chaînes ramifiées (Exp. 4 ; moyennes ajustées)

| Régime Val:Lys DIS, % ¹ | A 60 | B 65 | C 70 | D 75 | E 80 | Statistiques ² | |
|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------------------|-------|
| | | | | | | ETR | P |
| Consommation, g/j | 482 ^a | 618 ^b | 685 ^c | 716 ^{cd} | 741 ^d | 65 | <0,01 |
| GMQ, g/j | 273 ^a | 361 ^b | 411 ^c | 422 ^c | 443 ^c | 53 | <0,01 |
| IC ³ | 1,79 | 1,75 | 1,68 | 1,71 | 1,68 | 0,19 | 0,48 |

¹ Valeurs anticipées de Val:Lys (digestibles iléales standardisées). En se basant sur des teneurs en Val et Lys mesurées et l'estimation de la digestibilité iléale standardisée, les régimes A, B, C, D et E contenaient respectivement 63, 66, 70, 74 et 78 % Val:Lys. Les régimes apportaient 65 % Ile:Lys et 166 % Leu:Lys.

² ETR : écart-type résiduel. Sur une même ligne, des lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes ajustées (P<0,05).

³ Ajustée pour 87,3 % de matière sèche.

3 autres régimes. Néanmoins, nous n'avons pas constaté de différence de performance entre les porcelets recevant 70 % Val:Lys, indépendamment du niveau d'Ile. Le niveau bas en Ile (50 % Ile:Lys) est pourtant largement inférieur à la recommandation actuelle de 60 % (Sève, 1994). Les études ayant conclu que le besoin en Ile était supérieur à 55 % Ile:Lys ont été réalisées en utilisant des protéines de plasma, une source de protéines pauvre en Ile, mais très riche en Val et Leu.

Dans les expériences 3 et 4, les porcelets ont reçu des régimes apportant différentes quantités de Val. L'augmentation de l'apport en Val a entraîné une augmentation de la consommation et du GMQ ainsi qu'une réduction de l'IC jusqu'à un niveau d'apport de Val:Lys qui peut être considéré comme correspondant au besoin. La réduction de la consommation suite à un faible apport en AACR a été observée chez le porcelet et le poussin (Baker et al., 1996 ; Mavromichalis et al., 2001 ; Theil et al., 2004). Lewis et Nishimura (1995) n'ont cependant pas observé un tel effet chez le porc en finition. Ces réductions de la consumma-

tion sont souvent attribuées à un antagonisme entre les AACR. Les deux premières étapes du catabolisme des AACR (une transamination réversible suivie par une décarboxylation irréversible) sont catalysées par des complexes enzymatiques identiques pour les trois AACR (Langer et al., 2000). Un excès d'un AACR peut stimuler l'activité des enzymes du catabolisme et, donc, stimuler également le catabolisme des deux autres AACR (Harper et al., 1984). Un excès en Leu associé à une carence en Ile ou Val se traduit souvent par une réduction importante de la consommation et du GMQ (Harper et al., 1984). Dans l'expérience 3, le rapport Leu:Lys était de 113 %, ce qui est légèrement au-dessus de recommandations actuelles (Henry, 1993 ; NRC, 1998). Par contre, dans l'expérience 4, le rapport de Leu:Lys était de 166 % et la réduction de consommation était beaucoup plus importante que dans l'expérience 3. Ces résultats suggèrent qu'un déficit en Val a un impact direct sur la consommation, et que cet impact est accentué par un déséquilibre entre les AACR. Chez le rat, l'apport d'un régime dépourvu de Val entraîne des troubles locomoteurs d'origine neurologiques et des lésions

cérébrales (Cusick et al., 1978). Par contre, un régime dépourvu de 3 AACR n'avait pas cet effet.

Le besoin en Val a été déterminé pour maximiser la consommation, le GMQ ou minimiser l'IC. Toutefois, d'autres critères, comme les concentrations plasmatiques en AA libres ou en urée, peuvent également être proposés pour évaluer ce besoin. Dans notre étude, les échantillons de sang ont été collectés après une période de jeûne d'environ 14 h. Par conséquent, ces profils en AA ne reflètent pas un état anabolique des porcelets et cette information ne peut être que complémentaire aux autres critères pour déterminer le besoin. L'apport en Val a affecté la concentration plasmatique de plusieurs AA. La réduction de l'apport en Val a réduit les concentrations en Val et KIV

beaucoup plus que les autres AACR et leurs céto-acides. Cela peut indiquer que des mécanismes pour épargner la Val restent présents même après une nuit de jeûne.

Les besoins en Val:Lys estimés à l'aide du modèle curvilinéaire-plateau étaient beaucoup plus élevés que ceux estimés à l'aide du modèle linéaire-plateau. Les bases biologiques sous-jacentes sont différentes entre les deux approches. Le modèle linéaire-plateau suppose que le rendement d'utilisation de la Val est constant jusqu'à ce que l'apport en Val soit égal au besoin. Le modèle curvilinéaire-plateau suppose que ce rendement d'utilisation diminue linéairement avec l'apport. Par conséquent, ce modèle estime le besoin avec une marge de sécurité; un apport en Val:Lys légèrement en dessous du besoin estimé par le

Tableau 6 - Le besoin en Val:Lys digestible chez le porcelet 2^{ème} âge estimé par des modèles différents (valeur estimée et écart-type)

| Modèle ¹ Critère | Linéaire-plateau | | | Curvilinéaire-plateau | | |
|---|------------------|------------|-------------|-----------------------|------------|-------------|
| | Consommation | GMQ | IC | Consommation | GMQ | IC |
| Expérience 3² | | | | | | |
| Besoin, % Val:Lys | 73,7 (4,3) | 70,2 (2,4) | 68,0 (8,3) | 80,5 (13,1) | 74,6 (5,8) | 73,4 (10,5) |
| Réponse à 60 % Val:Lys, % de la valeur du plateau | 87,5 (3,3) | 82,3 (3,0) | 106,4 (2,3) | 87,4 (4,1) | 82,9 (3,3) | 106,3 (2,7) |
| Valeurs du plateau, min-max | 700-993 | 380-548 | 1,71-1,92 | 702-995 | 380-548 | 1,71-1,92 |
| Expérience 4² | | | | | | |
| Besoin, % Val:Lys | 68,8 (0,9) | 68,8 (1,1) | - | 73,8 (1,6) | 73,5 (1,8) | - |
| Réponse à 60 % Val:Lys, % de la valeur du plateau | 53,2 (4,8) | 48,1 (6,3) | - | 48,4 (5,0) | 42,3 (6,9) | - |
| Valeurs du plateau, min-max | 606-841 | 358-477 | - | 619-855 | 360-485 | - |

¹ Les modèles étaient paramétrés pour inclure le besoin en Val:Lys digestible iléale standardisé (apport minimal pour atteindre le plateau), la réponse à un apport de 60 % Val:Lys par rapport à la valeur du plateau et un plateau pour chaque bloc (le modèle comportait 1+1+15=17 paramètres).

² Les deux expériences ont été réalisées dans des conditions différentes concernant l'apport en acides aminés à chaînes ramifiées autre que la Val (55 % Ile:Lys et 113 % Leu:Lys dans l'expérience 3 et 65 % Ile:Lys et 166 % Leu:Lys dans l'expérience 4).

Tableau 7 - Valeurs rapportées dans la littérature pour le besoin en valine chez le porc

| Référence ¹ | Poids vif, kg | Critères de réponse | Besoin en Val ² | Relativement à la valeur du NRC |
|-----------------------------|---------------|---|----------------------------|---------------------------------|
| Jackson et al. (1953) | 13-29 | QI, GMQ, IC | 0,40 % Val | 51 % |
| Mitchell et al. (1968) | 10 | Rétention d'azote | 0,55 % Val | 81 % |
| Chung and Baker (1992) | 10 | QI, GMQ, IC, rétention d'azote | 68 % Val:Lys | 100 % |
| Lewis and Nishimura (1995) | 70- | GMQ, IC, azote urinaire et urée plasmatique | 0,33 – 0,43 % Val DIA | 80-105 % |
| Liu et al. (2000) | 60 - | GMQ | 11,4 g Val DIS/j | 98 % |
| James et al. (2001) | 9-15 | QI, IC | 0,62-0,67 % Val DIS | 90-97 % |
| Mavromichalis et al. (2001) | 5-10 | GMQ | 0,60 g Val DIS/MJ EM | 101 % |
| Mavromichalis et al. (2001) | 10-20 | GMQ | 0,53 g Val DIS/MJ EM | 105 % |
| Warnants et al. (2001) | 8-21 | GMQ, IC | 0,70 % Val DIS | 101 % |
| Kendall et al. (2004) | 13-32 | GMQ, IC, urée plasmatique | 65 % Val:Lys DIS | 96 % |
| Theil et al. (2004) | 18-20 | GMQ, IC | 0,59 g Val DIA/MJ EM | 128 % |
| Gaines et al. (2006) | 8-12 | QI, GMQ, IC | 0,92 % Val DIS | 114 % |
| Gaines et al. (2006) | 12-20 | QI, GMQ, IC | 0,78 % Val DIS | 114 % |
| Notre étude | 12-25 | QI, GMQ, IC | 68-80 % Val:Lys DIS | 100-118 % |

¹ La liste des références est disponible auprès des auteurs.

² DIA : digestibilité iléale apparente ; DIS : digestibilité iléale standardisée.

modèle curvilinéaire-plateau affecte donc peu les performances. Il n'y pas d'accord sur le meilleur modèle pour estimer le besoin en AA (Fuller et Garthwaite, 1993 ; Robbins et al., 2006). Comme l'a indiqué Pomar et al. (2003), lorsqu'un modèle linéaire-plateau est appliqué aux individus, une réponse curvilinéaire-plateau sera observée pour la population.

La valeur du besoin en Val estimée dans cette étude est similaire aux valeurs proposées par l'INRA (Henry, 1993) et la British Society of Animal Science (2003), mais supérieure à celle proposée par le NRC (1998, 68 % Val:Lys). Peu d'informations concernant le besoin en Val sont disponibles chez le porc et elles sont résumées dans le tableau 7. Ces résultats varient beaucoup et surtout dans la manière dont le besoin est exprimé (teneur dans l'aliment, valeurs DIS, sur la base digestibilité iléale apparente,

ou par rapport à l'énergie ou à la Lys). C'est pour cette raison que nous avons exprimé les résultats par rapport aux besoins proposés par le NRC (1998). Les études récentes montrent un besoin en Val plus élevé par rapport aux études plus anciennes. Une partie de cette différence peut s'expliquer par le fait que les porcs sont maintenant plus maigres et le besoin a été exprimé sur une base de Val totale dans l'aliment.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude suggèrent que le besoin en Val chez le porcelet 2^{ème} âge est au moins de 70 % Val:Lys (DIS). Un apport inadapté en Val associé avec un déséquilibre entre les AACR peut diminuer de façon importante les performances des porcelets.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AOAC, 1990. Official methods of analysis, 15th ed. AOAC International, Arlington, VA., 1298 p.
- Baker D.H., Fernandez S.R., Parsons C.M., Edwards H.M., III, Emmert J.L., Webel D.M., 1996. Maintenance requirement for valine and efficiency of its use above maintenance for accretion of whole body valine and protein in young chicks. *J. Nutr.*, 126, 1844-1851.
- British Society of Animal Science, 2003. Nutrient requirement standards for pigs. British Society of Animal Science, Penicuik, 28 p.
- Cusick P.K., Koehler K.M., Ferrier B., Haskell B.E., 1978. The neurotoxicity of valine deficiency in rats. *J. Nutr.*, 108, 1200-1206.
- Fuller M.F., Garthwaite P., 1993. The form of response of body protein accretion to dietary amino acid supply. *J. Nutr.*, 123, 957-963.
- Harper A.E., Millar R.H., Block K.P., 1984. Branched-chain amino acid metabolism. *Annu. Rev. Nutr.*, 4, 409-454.
- Henry Y., 1993. Affinement du concept de la protéine idéale pour le porc en croissance. *INRA Prod. Anim.*, 6, 199-212.
- Langer S., Scislowski P.W.D., Brown D.S., Dewey P., Fuller M.F., 2000. Interactions among the branched-chain amino acids and their effects on methionine utilization in growing pigs: effects on plasma amino- and keto-acid concentrations and branched-chain keto-acid dehydrogenase activity. *Br. J. Nutr.*, 83, 49-58.
- Lewis A.J., Nishimura N., 1995. Valine requirement of the finishing pig. *J. Anim. Sci.*, 73, 2315-2318.
- Mavromichalis I., Kerr B.J., Parr T.M., Albin D.M., Gabert V.M., Baker D.H., 2001. Valine requirement of nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, 79, 1223-1229.
- NRC, 1998. Nutrient Requirements of Swine. National Academy Press, Washington, DC, 189 p.
- Pailla K., Blonde-Cynober F., Aussel C., De Bandt J.P., Cynober L., 2000. Branched-chain keto-acids and pyruvate in blood: measurement by HPLC with fluorimetric detection and changes in older subjects. *Clin. Chem.* 46, 848-853.
- Pomar C., Kyriazakis I., Emmans G.C., Knap P.W., 2003. Modeling stochasticity: Dealing with populations rather than individual pigs. *J. Anim. Sci.*, 81 (E. Suppl. 2), E178-E186.
- Robbins K.R., Saxton A.M., Southern L.L., 2006. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis. *J. Anim. Sci.*, 84, E155-E165.
- Sève B., 1994. Alimentation du porc en croissance : intégration des concepts de protéine idéale, de digestibilité digestive des acides aminés et d'énergie nette. *INRA Prod. Anim.*, 7, 275-291.
- Sève B., Le Floc'h N., 1998. Valorisation mutuelle du L-tryptophane et de la L-thréonine supplémentaires dans l'aliment deuxième âge du porcelet. Rôle de la thréonine déshydrogénase hépatique. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 209-216.
- Theil P.K., Fernández J.A., Danielsen V., 2004. Valine requirement for maximal growth rate in weaned pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 88, 99-106.
- Yi G.F., Gaines A.M., Ratliff B.W., Srichana P., Allee G.L., Perryman K.R., Knight C.D., 2006. Estimation of the true ileal digestible lysine and sulfur amino acid requirement and comparison of the bioefficacy of 2-hydroxy-4-(methylthio)butanoic acid and DL-methionine in eleven- to twenty-six-kilogram nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, 84, 1709-1721.

