

La réduction de la teneur en protéines des aliments de sevrage en tant qu'alternative à l'usage des antibiotiques

Didier GAUDRÉ

IFIP-Institut du Porc, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France
didier.gaudre@ifip.asso.fr

La réduction de la teneur en protéines de l'aliment sevrage est le premier critère avancé pour réduire l'incidence de pathologies digestives fréquentes dans les jours qui suivent le sevrage. Compte tenu des récents travaux menés sur les besoins en acides aminés, cette étude fait le point des capacités de réduction des taux de protéines des aliments de sevrage offertes aujourd'hui. Des essais sont réalisés afin d'évaluer les besoins en lysine digestible du porcelet au sevrage et d'observer les conséquences des modifications du régime azoté au moment du sevrage sur les performances en fin de post-sevrage. Une réduction des performances de croissance des animaux dans la période de sevrage, due à un apport protéique restreint, peut être acceptable s'il permet un arrêt de l'usage des antibiotiques et se révèle sans incidence forte sur les performances ultérieures. La réduction de la teneur en protéines des aliments en période de 1er âge dans le but de réduire l'usage de l'antibiothérapie est possible. Elle se traduit par une baisse d'efficacité alimentaire accompagnée ou pas de celle de la vitesse de croissance. Ces diminutions de performances sont amoindries, voire annulées à l'échelle de la totalité du post-sevrage, des compensations de performances pouvant apparaître après la période de 1er âge. Dans les conditions de disponibilité des matières premières actuelles, un taux de protéines de l'aliment 1er âge de 17 % est envisageable à la condition de retenir un ratio lysine/énergie inférieur à 1,1 g de lysine digestible par MJ EN. Il faut tenir compte des valeurs nutritionnelles de l'aliment 2ème âge pour que cette réduction de la teneur en protéines de l'aliment 1er âge soit réalisable. Après la phase d'adaptation consécutive au sevrage, il faut mettre les animaux dans des conditions de production non limitantes en termes de conduites d'élevage et alimentaire. Dans l'aliment sevrage, l'incorporation de matières protéiques de qualité est à raisonner selon les conditions d'élevage.

Reducing weaning-feed protein content as an alternative to the use of antibiotics

Reducing weaning-feed protein content is the first actionable criterion put forward as a way to reduce the incidence of common digestive diseases affecting piglets in the stressful first few days immediately after weaning. Recent research on piglet requirements for amino acids prompted this study to address the scope for reducing protein content in the weaning feeds on offer today. We led a set of trials to evaluate the digestible lysine requirements of weaned piglets and observe the consequences of shifts in diet protein content at weaning on performances at end of post-weaning. The rationale is that a reduction in pig growth performances in the weaning period, due to a limited protein supply, would be acceptable if it serves to cut out the use of antibiotics with no substantial incidence on later pig performances.

Reducing weaning-feed protein content to reduce the use of antibiotics is effectively possible. It translates into a drop in feed efficiency that may or may not come with a reduction in growth rate. These performance lags are attenuated or even cancelled out at whole post-weaning-phase scale, as compensatory growth performance gains can emerge after the first two weeks after weaning period. Under current feed material availability conditions, a weaning-feed net protein content of 17% is feasible provided that lysine-to-energy ratio is kept below 1.1 g of digestible lysine per MJ NE. This reduction in weaning-feed protein content is only workable if the system also factors in the nutritional values of the follow-on post-weaning feed. Once the animals are successfully through the period weaning adaptation, they need to be farmed in non-limiting production conditions in terms of herd-system and diet-system management. In the weaning feed, the incorporation of good-quality protein needs to be thought through case by case according to on-farm pig breeding conditions.

Mots clés : taux de protéines, aliment au sevrage, antibiotiques, pathologie, acides aminés

Keywords: net protein content, weaning feed, antibiotics, disease, amino acids

Contexte et objectifs

La réduction de la teneur en protéines de l'aliment sevrage est le premier critère généralement avancé pour réduire l'incidence de pathologies digestives fréquentes dans les jours qui suivent le sevrage effectif. Le recours accru aux acides aminés de synthèse a d'ailleurs facilité depuis plusieurs années cette évolution. Compte tenu des récents travaux menés sur les besoins en acides aminés tels que valine, leucine, isoleucine, histidine, cette étude fait le point des capacités de réduction des taux de protéines des aliments de sevrage offertes aujourd'hui. Après un travail de recueil des données de composition en acides aminés disponibles pour les matières premières spécifiques à ce stade, des essais sont réalisés afin d'évaluer les besoins en lysine digestible du porcelet au sevrage et d'observer les conséquences des modifications du régime azoté au moment du sevrage (porcelets âgés de 4 semaines) sur les performances en fin de post-sevrage (6 semaines après sevrage). En effet, une réduction des performances de croissance des animaux dans la période de sevrage, due à un apport protéique restreint, peut être acceptable s'il permet un arrêt de l'usage des antibiotiques et se révèle sans incidence forte sur les performances ultérieures.

Le rôle d'un excès de protéines alimentaires sur la manifestation de pathologies digestives est expliqué ainsi. Il agit par effet tampon sur le pH gastrique, contribuant ainsi à une augmentation de ce dernier, ce qui représente un risque sur le plan digestif. Un taux de protéines élevé aurait également un effet défavorable sur le pH des parties distales de l'intestin grêle. Le contenu en substrats protéiques fermentescibles dans le tractus intestinal affecte la nature des populations bactériennes en présence. Les fermentations intestinales de type protéolytique induisent la production de composés irritants pour l'épithélium intestinal, tels que ammoniac, composés indoles, acides gras volatils ramifiés, amines et phénols. De plus, en cas de challenge infectieux, l'augmentation de la teneur en protéines conduit à un accroissement du flux intestinal d'azote dans le tractus intestinal contribuant ainsi à celle des fermentations protéolytiques dans l'intestin grêle et le côlon. Enfin, la présence des bactéries protéolytiques et de leurs produits de fermentation représente un risque sur le plan de la perméabilité intestinale.

Matériels et méthodes

Régimes alimentaires

La première étape de l'étude est de déterminer par la formulation d'aliment, à quelle réduction de la teneur en protéines il est possible de parvenir, sans augmenter de façon trop importante le coût de revient des aliments et en res-



pectant le principe du profil protéique idéal étendu à une dizaine d'acides aminés (tableau 1). Pour cela, les valeurs nutritionnelles de plusieurs matières premières spécifiques à la période de sevrage sont collectées ; les teneurs en énergie nette et en acides aminés digestibles de ces sources de protéines sont estimées à partir de données de références publiées. A défaut de références, des valeurs sont affectées en fonction des traitements technologiques appliqués et de la proximité avec d'autres produits analogues dont les valeurs nutritionnelles ci-dessus précisées, ont été déterminées. Le travail préliminaire de formulation est établi sur ces bases et permet d'estimer un niveau de protéines envisageable dans les aliments de sevrage compris entre 16 et 17 %, pour des pratiques comprises actuellement entre 18 et 20 %.

Tableau 1 : Profil de la protéine idéale retenu

| Acide aminé | % ¹ |
|----------------------|--------------------|
| Méthionine | 30 |
| Méthionine + Cystine | 60 |
| Thréonine | 65 |
| Tryptophane | 19 |
| Valine | 65-70 ² |
| Isoleucine | 52 |
| Leucine | 100 |
| Phénylalanine | 54 |
| Tyrosine | 40 |
| Histidine | 32 |

¹: Exprimé en rapport à la teneur en lysine (acides aminés digestibles)

²: 70 % pour l'essai 1, 65 % pour l'essai 2

A partir de ce constat, 2 essais ont été réalisés dans les stations IFIP de Villefranche de Rouergue (12) et de Romillat (35). Le premier essai porte sur la réduction du rapport lysine digestible par MJ d'énergie nette (EN). Le second essai vise à comparer différentes compositions d'aliments dont le taux de protéines est de 17 %.

L'essai 1 compare les effets de 4 aliments de sevrage dont les rapports lysine/énergie sont, respectivement, de 1,3, 1,2, 1,1 et 1,0 g de lysine digestible par MJ EN (tableau 2 et voir

Tableau 2 : Principaux ingrédients et principales caractéristiques des aliments 1^{er} âge de l'essai 1

| Ratio lysine/énergie ¹ | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
|--|------|------|------|------|
| Protéines, % | 20,3 | 19,0 | 17,5 | 16,4 |
| Lysine, g/kg | 14,9 | 13,8 | 12,6 | 11,5 |
| EN, MJ/kg | 10,6 | 10,6 | 10,7 | 10,8 |
| Mais, % | 30,0 | | | |
| Blé, % | 26,7 | 30,5 | 34,5 | 37,7 |
| Tourteau de soja, % | 18,6 | 15,0 | 11,0 | 8,0 |
| Protéines végétales concentrées ² , % | 8,0 | | | |

¹ : en g de lysine digestible par MJ EN

² : dont 3 % de concentrées de protéines de soja, 3 % de graines de soja extrudées, 1 % de protéines de pomme de terre, 1 % de corn gluten meal

en annexes pour les données complètes). Parallèlement à la réduction du rapport lysine/énergie, les teneurs en protéines sont progressivement diminuées (20,3, 19,0, 17,5 et 16,4 %). Les taux d'incorporation des matières premières concentrées en protéines sont maintenus constants dans les 4 aliments, seule la teneur en tourteau de soja évolue. L'équilibre de la protéine idéale tel que défini dans le tableau 1 est respecté.

L'essai 2 compare 4 régimes alimentaires. Un premier régime témoin (TEM19) est constitué sur la base d'un taux de 19 % de protéines et d'un ratio lysine/énergie de 1,2 g de lysine digestible MJ EN (tableau 3 et voir en annexes pour les données complètes). Le 2^{ème} régime (TEM17) est similaire au premier pour les matières premières utilisées sauf que la teneur en protéines est réduite à environ 17 % et que le ratio lysine/énergie est adapté à ce taux (soit 1,0 g de lysine digestible par MJ EN). Les deux autres régimes sont établis sur les mêmes valeurs nutritionnelles que TEM17 mais visent à réduire au maximum le tourteau de soja (taux de 1 %). Le premier régime fait appel à des ressources protéiques d'origine végétale (VEG17), le second à des ressources protéiques d'origine animale (exclusivement laitières) (ANI17).

A l'issue de la période de 1^{er} âge (2 semaines après sevrage), tous les porcelets reçoivent jusqu'à la fin du post-sevrage

Tableau 3 : Principaux ingrédients et principales caractéristiques des aliments 1^{er} âge de l'essai 2

| Régimes | TEM19 | TEM17 | VEG17 | ANI17 |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Protéines, % | 19,0 | 16,7 | 17,1 | 16,5 |
| Lysine, g/kg | 13,7 | 12,1 | 12,1 | 12,0 |
| EN, MJ/kg | 10,5 | 10,6 | 10,8 | 11,2 |
| Blé, % | 27,5 | 33,2 | 36,8 | 36,6 |
| Tourteau de soja, % | 16,0 | 11,5 | 1,1 | 0,7 |
| Protéines végétales concentrées ¹ , % | 9,3 | 8,0 | 15,0 | 3,8 |
| Protéines animales concentrées ² , % | - | - | - | 22,1 |

¹ : graine de soja extrudée, concentré de protéines de soja, protéines de pomme de terre, gluten de blé

² : poudre de lait écrémé et concentré de protéines de lactosérum

(6 semaines après sevrage), un aliment 2^{ème} âge identique dont les caractéristiques principales sont présentées dans le tableau 4. Tous les aliments sont distribués de manière libérale et les quantités sont pesées.

Tableau 4 : Principaux ingrédients et principales caractéristiques des aliments 2^{ème} âge

| Essai | 1 | 2 |
|-------------------------|------|------|
| Protéines, % | 18,0 | 17,5 |
| Lysine, g/kg | 12,2 | 11,7 |
| EN, MJ/kg | 9,7 | 9,5 |
| Lysine digestible/MJ EN | 1,15 | 1,10 |
| Blé, % | 41,6 | 35,2 |
| Tourteau de soja, % | 24,5 | 16,7 |

Dans l'essai 1, les aliments sont fabriqués par la fabrique d'aliment de l'IFIP située à Villefranche de Rouergue (12). Pour l'essai 2, les aliments 1^{ers} âges sont fabriqués par l'unité de fabrication de l'INRA Saint-Gilles (35). L'aliment 2^{ème} âge provient d'un des fournisseurs habituels de la station de l'IFIP de Romillé. En cours d'essai, des échantillons d'aliments sont collectés (un échantillon par semaine et par aliment) puis regroupés en fin de bande afin de constituer un échantillon représentatif de ce que les porcelets ont reçu. Des analyses sont effectuées qui confirment les teneurs attendues. Un aminogramme est réalisé pour les 4 aliments 1^{ers} âges de l'essai 2, dont les résultats sont détaillés en annexes. Les teneurs analysées en acides aminés sont rapportées aux teneurs attendues, puis exprimées sous la forme d'un pourcentage, dénommé taux de recouvrement. En considérant que le taux de recouvrement doit être compris entre 90 et 110 %, les analyses confirment la qualité des fabrications puisque la majorité des analyses est comprise dans l'intervalle 95-105 %. On note cependant des déficits systématiques en acides aminés soufrés (méthionine et cystine) ainsi qu'en histidine. D'autre part, le régime ANI17 est moins satisfaisant sur ce point que les autres régimes. Il s'agit sans doute dans ce cas, de l'utilisation de valeurs nutritionnelles de moindre précision concernant la composition de certaines matières premières, notamment les concentrés de protéines de lactosérum.

Conditions d'élevage et principe de mise en lots

L'essai 1 est réalisé en conditions normales d'élevages, avec 360 porcelets répartis en 24 cases selon une densité animale de 0,30 m² par porc. Seules les performances zootechniques sont mesurées. L'essai 2 est réalisé en 2 bandes dont la dernière est conduite en conditions très dégradées ; c'est-à-dire que les salles ne sont pas nettoyées de la 1^{ère} bande et aucun usage d'antibiotique n'est autorisé. Pour chaque bande, 24 cases de 10 animaux chacune sont constituées (0,30 m² par porc). La mise en lots au sevrage tient compte du poids vif individuel et du sexe des porcelets selon un plan en bloc complet. Le sexe ratio au sein de chaque case est identique pour les 4 cases d'un même bloc. La conduite de l'ambiance des salles consiste à maintenir une température initiale de 27 °C le jour du sevrage, puis de la diminuer de 0,5 °C toutes les semaines (24 °C en fin de post-sevrage).

Mesures

Les porcs sont pesés individuellement au sevrage puis à l'issue de la période de 1^{er} âge et en fin de post-sevrage. Les performances zootechniques (vitesse de croissance, consommation journalière d'aliment et indice de consommation) des porcs de chaque traitement alimentaire sont comparées. Dans l'essai 2, les mesures zootechniques sont complétées par la mesure des taux de matière sèche des fèces après 7 et 14 jours de post-sevrage sur 96 porcs par bande, soit 40 % de l'effectif. Cette méthode remplace le score fécal, méthode considérée comme plus subjective car variable selon l'opérateur. D'un point de vue pratique, les porcs sont sortis des cases pour chaque prélèvement de fèces afin de réaliser celui-ci dans des conditions satisfaisantes. Les prélèvements sont ensuite passés à l'étuve durant 48 h. A chaque bande, des prélèvements sanguins

sont également effectués après 14 jours de post-sevrage, sur 48 porcs représentant 20 % de l'effectif. Ces échantillons permettent de déterminer le nombre de globules rouges et blancs (ou numération) exprimé en milliers par µl de sang, le taux d'hémoglobine (g/l), le volume occupé par les globules rouges (ou hématoците) exprimé en % du volume total de sang, et le volume globulaire moyen correspondant au rapport entre l'hématoците et le nombre de globules rouges (exprimé en µm³). La formule leucocytaire est également réalisée ; elle permet de connaître le nombre de globules blancs (exprimé en milliers par µl de sang) appartenant aux polynucléaires neutrophiles, éosinophiles et basophiles, aux lymphocytes et aux monocytes.

Statistiques

Le logiciel SAS (v9.4, SAS Inst. Inc., Cary, NC) est utilisé. La case constitue l'unité expérimentale pour toutes les mesures. Dans l'essai 1, les performances des régimes sont comparées par régression linéaire (procédure REG). Dans l'essai 2, une analyse de variance (procédure GLM) est appliquée à chaque bande. Le modèle d'analyse de variance inclut les effets du régime et du bloc. Les moyennes de performances obtenues par régime sont comparées à l'aide d'un test de tukey.

Résultats

Les résultats de l'essai 1 sont présentés dans le tableau 5. Le ratio lysine/énergie de l'aliment 1^{er} âge est sans effet sur la consommation d'aliment journalière en phases de 1^{er} âge et de 2^{ème} âge. En 1^{er} âge, la vitesse de croissance et l'indice de consommation s'améliorent significativement de, respectivement, 20 g/j et 0,09 kg/kg, lorsque le ratio lysine/énergie de l'aliment augmente de 0,1 g/MJ EN. Le poids des porcs

Tableau 5 : Performances zootechniques selon le ratio lysine/énergie de l'aliment 1^{er} âge

| Ratio lysine/énergie | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | Effet linéaire ¹ |
|---------------------------------------|------|------|------|------|-----------------------------|
| Poids sevrage, kg | 8,6 | | | | ns |
| Période 1^{er} âge | | | | | |
| Gain moyen quotidien, g/j | 375 | 362 | 338 | 317 | * |
| Consommation moyenne journalière, g/j | 450 | 440 | 458 | 450 | ns |
| Indice de consommation, kg/kg | 1,21 | 1,22 | 1,37 | 1,45 | ** |
| Poids fin 1 ^{er} âge, kg | 13,8 | 13,7 | 13,3 | 13,0 | * |
| Période 2^{ème} âge | | | | | |
| Gain moyen quotidien, g/j | 640 | 632 | 647 | 669 | ** |
| Consommation moyenne journalière, g/j | 1186 | 1184 | 1191 | 1197 | ns |
| Indice de consommation, kg/kg | 1,79 | 1,81 | 1,77 | 1,73 | * |
| Poids fin 2 ^{ème} âge, kg | 31,8 | 31,4 | 31,4 | 31,8 | ns |
| Période totale | | | | | |
| Gain moyen quotidien, g/j | 552 | 543 | 544 | 552 | ns |
| Consommation moyenne journalière, g/j | 934 | 932 | 942 | 942 | ns |
| Indice de consommation, kg/kg | 1,65 | 1,67 | 1,69 | 1,67 | ns |

¹ : Effet linéaire du ratio lysine/énergie de l'aliment 1^{er} âge ; ns= non significatif, * = significatif au seuil de 5 %, **= significatif au seuil de 1 %

² : consommation moyenne journalière

en fin de 1^{er} âge est augmenté significativement de 0,3 kg pour une même évolution du ratio lysine/énergie. L'effet linéaire du ratio lysine/énergie de l'aliment 1^{er} âge est également significatif pour la vitesse de croissance et l'indice de consommation en période de 2^{ème} âge, mais en sens opposé par rapport à la période de 1^{er} âge ; la vitesse de croissance diminue de 10 g/j et l'indice de consommation s'élève de 0,02 kg/kg en 2^{ème} âge, lorsque le ratio lysine/énergie de l'aliment 1^{er} âge augmente de 0,1 g/MJ EN, révélant ainsi une phase de compensation des performances lorsque tous les porcs reçoivent le même aliment. Au final, il n'y a aucun écart lorsque les performances sont observées sur l'ensemble de la présence en post-sevrage (41 jours pour des animaux sevrés à 4 semaines).

Les tableaux 6 et 7 présentent les résultats de l'essai 2 réalisé respectivement en conditions normales et dégradées

d'élevage. Quelles que soient les conditions d'élevage, la vitesse de croissance et la consommation d'aliment ne sont pas affectées par les régimes que ce soit en période de 1^{er} âge ou de 2^{ème} âge. Le régime affecte significativement l'indice de consommation en 1^{er} âge et en 2^{ème} âge lors de la 1^{ère} bande de l'essai réalisée en conditions normales d'élevages, et ne le modifie pas lors de la 2^{ème} bande réalisée en conditions dégradées d'élevages. En conditions normales d'élevage, l'indice de consommation en période de 1^{er} âge du régime TEM19 est significativement inférieur (P=4 %) à celui du régime TEM17 (-6,7 %). Une tendance (P=6 %) est observée entre les régimes TEM19 et VEG17 ; le régime TEM19 présentant un indice de consommation inférieur de 6,2 % avec celui du régime VEG17. L'écart entre les indices de consommation 1^{er} âge des régimes TEM19 et ANI17 (-5,6 %) n'est pas significatif (P=11 %). L'effet du régime distribué en 1^{er} âge est très significatif en période

Tableau 6 : Performances zootechniques selon l'aliment 1^{er} âge en conditions normales d'élevages

| | Régimes | | | | Statistiques ¹ | |
|--|---------|--------|--------|--------|---------------------------|------|
| | TEM19 | TEM17 | VEG17 | ANI17 | Effet | ETR |
| Effectif par régime | 60 | | | | | |
| Poids sevrage, kg | 9,4 | | | | B** | 0,0 |
| Période 1^{er} âge² | | | | | | |
| Gain moyen quotidien, g/j | 314 | 300 | 305 | 309 | - | 29 |
| Consommation moyenne journalière, g/j | 400 | 407 | 403 | 408 | B* | 26 |
| Indice de consommation, kg/kg | 1,28a | 1,37b | 1,36ab | 1,35ab | R*, B** | 0,05 |
| Poids fin 1 ^{er} âge, kg | 13,8 | 13,7 | 13,6 | 13,7 | B** | 0,4 |
| Période 2^{ème} âge² | | | | | | |
| Gain moyen quotidien, g/j | 636 | 645 | 662 | 636 | B** | 25 |
| Consommation moyenne journalière, g/j | 1073 | 1054 | 1068 | 1032 | B** | 37 |
| Indice de consommation, kg/kg | 1,68b | 1,64ab | 1,61a | 1,62a | R**, B ^t | 0,03 |
| Poids fin 2 ^{ème} âge, kg | 30,3 | 30,3 | 30,8 | 30,2 | B** | 0,7 |
| Période totale² | | | | | | |
| Gain moyen quotidien, g/j | 524 | 524 | 537 | 522 | B** | 17 |
| Consommation moyenne journalière, g/j | 833 | 827 | 824 | 809 | B** | 23 |
| Indice de consommation, kg/kg | 1,60 | 1,58 | 1,56 | 1,56 | B** | 0,03 |
| Notations et prélèvements² | | | | | | |
| Griffures | 5,9 | 5,1 | 5,3 | 3,7 | | 2,1 |
| Plaies | 2,0 | 0,6 | 3,6 | 1,6 | | 2,4 |
| Matière sèche des fèces après 1 semaine, % | 25,0a | 26,1a | 31,1b | 30,5b | R** | 2,6 |
| Matière sèche des fèces après 2 semaines, % | 26,2ab | 23,5a | 31,5bc | 29,5bc | R** | 3,4 |
| Globules rouges, milliers/μl | 6321 | 6493 | 6329 | 6058 | B** | 360 |
| Hémoglobine, g/l | 110,0 | 102,8 | 104,3 | 102,5 | R ^t | 5,1 |
| Hématocrite, % | 35,4 | 33,6 | 33,5 | 32,8 | R ^t , B* | 1,7 |
| Volume globulaire, μm ³ | 56,2c | 51,8a | 53,2ab | 54,3bc | R**, B** | 1,3 |
| Globules blancs, milliers/μl | 17,8 | 16,7 | 19,3 | 15,8 | | 3,4 |
| Polynucléaires neutrophiles, milliers/μl | 10,3 | 9,8 | 9,0 | 8,6 | | 3,3 |
| Polynucléaires éosinophiles, milliers/μl | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | | 0,2 |
| Polynucléaires basophiles, milliers/μl | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | B* | 0,03 |
| Lymphocytes, milliers/μl | 6,7 | 6,4 | 9,6 | 6,7 | | 3,2 |
| Monocytes, milliers/μl | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | | 0,4 |

¹ A partir de l'analyse de variance qui prend compte les effets du régime et du bloc ; ETR = écart-type résiduel, R = effet régime, B = effet bloc ; niveaux de signification : t : P<0,10, * : P<0,05, ** : P<0,01. Données présentées correspondant aux moyennes ajustées.

² a,b : des lettres différentes pour un même critère indiquent que les moyennes sont significativement différentes selon le test de Tukey (P<0,05).

Tableau 7 : Performances zootechniques selon l'aliment 1^{er} âge en conditions dégradées d'élevages

| | Régimes | | | | Statistiques ¹ | |
|--|---------|-------|--------|-------|---------------------------|------|
| | TEM19 | TEM17 | VEG17 | ANI17 | Effet | ETR |
| Effectif par régime | 60 | | | | - | - |
| Poids sevrage, kg | 8,8 | | | | B** | 0,0 |
| Période 1^{er} âge² | | | | | | |
| Gain moyen quotidien, g/j | 272 | 229 | 246 | 273 | | 36 |
| Consommation moyenne journalière, g/j | 358 | 329 | 348 | 380 | B* | 39 |
| Indice de consommation, kg/kg | 1,32 | 1,44 | 1,42 | 1,40 | B* | 0,09 |
| Poids fin 1 ^{er} âge, kg | 12,6 | 12,0 | 12,2 | 12,6 | B** | 0,5 |
| Période 2^{ème} âge² | | | | | | |
| Gain moyen quotidien, g/j | 602 | 576 | 579 | 590 | B** | 25 |
| Consommation moyenne journalière, g/j | 982 | 950 | 934 | 957 | B** | 48 |
| Indice de consommation, kg/kg | 1,63 | 1,65 | 1,61 | 1,62 | | 0,05 |
| Poids fin 2 ^{ème} âge, kg | 28,3 | 27,0 | 27,3 | 28,0 | B** | 1,0 |
| Période totale² | | | | | | |
| Gain moyen quotidien, g/j | 487 | 454 | 462 | 479 | B** | 25 |
| Consommation moyenne journalière, g/j | 764 | 733 | 729 | 755 | B** | 42 |
| Indice de consommation, kg/kg | 1,57 | 1,61 | 1,57 | 1,58 | B* | 0,04 |
| Notations et prélèvements² | | | | | | |
| Griffures | 5,6 | 5,1 | 8,0 | 5,8 | | 2,9 |
| Plaies | 1,3 | 0,3 | 2,0 | 1,1 | | 1,4 |
| Matière sèche des fèces 1 semaine post-sevrage, % | 24,5 | 24,7 | 27,4 | 27,0 | R ^t | 2,1 |
| Matière sèche des fèces 2 semaines post-sevrage, % | 25,7 | 26,3 | 25,6 | 28,0 | B* | 1,8 |
| Globules rouges, milliers/ μ l | 6524ab | 6763b | 6438ab | 6214a | R ^t | 323 |
| Hémoglobine, g/l | 102 | 101 | 100 | 99 | | 5,0 |
| Hématocrite, % | 33,0 | 32,8 | 32,5 | 31,8 | | 1,6 |
| Volume globulaire, μ m ³ | 50,7 | 48,7 | 50,7 | 51,1 | | 2,1 |
| Globules blancs, milliers/ μ l | 18,8 | 18,1 | 17,8 | 17,6 | | 2,7 |
| Polynucléaires neutrophiles, | 8,8 | 7,8 | 7,5 | 7,7 | | 2,3 |
| Polynucléaires éosinophiles | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | | 0,2 |
| Polynucléaires basophiles | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | | 0,09 |
| Lymphocytes | 8,7 | 8,9 | 9,1 | 8,6 | | 1,2 |
| Monocytes | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | | 0,3 |

¹ A partir de l'analyse de variance qui prend compte les effets du régime et du bloc ; ETR = écart-type résiduel, R = effet régime, B = effet bloc ; niveaux de signification : t : P<0,10, * : P<0,05, ** : P<0,01. Données présentées correspondant aux moyennes ajustées.

² a, b : des lettres différentes pour un même critère indiquent que les moyennes sont significativement différentes selon le test de Tukey (P<0,05).

de 2^{ème} âge. Le régime TEM19 présente, contrairement à la période de 1^{er} âge, un indice de consommation significativement supérieur à celui des régimes VEG17 et ANI17 (respectivement, +2,2 % (P<1 %) et +1,9 % (P=2 %)). Une tendance (P=8 %) est observée entre régimes TEM19 et TEM17 (+0,9 %). L'effet du régime distribué en 1^{er} âge sur l'indice de consommation mesuré sur l'ensemble du post-sevrage n'est pas significatif.

Les griffures et plaies, le nombre de globules blancs et leur répartition dans les différentes catégories ne sont significativement pas modifiés par le régime dans les 2 bandes. En conditions normales d'élevage, la teneur en matière sèche des fèces après 1 semaine de post-sevrage, est significativement augmentée pour les régimes VEG17 et ANI17 comparativement aux régimes TEM19 et TEM17. Après

2 semaines de post-sevrage, les porcs du régime TEM17 continuent de présenter une teneur en matière sèche de leurs fèces significativement inférieure aux régimes VEG17 et ANI17. Une tendance (P=7 %) est observée pour ce critère entre porcs des régimes TEM19 et VEG17, qui n'est pas significative entre régimes TEM19 et ANI17. En conditions dégradées d'élevage, une tendance (P=6 %) à l'effet du régime sur la teneur en matière sèche des fèces après 1 semaine de post-sevrage est constatée, mais les comparaisons entre régimes sont non significatives. Après 14 jours de sevrage, aucun effet du régime n'apparaît pour la teneur en matière sèche des fèces.

En conditions normales d'élevage, le nombre de globules rouges n'est pas statistiquement différent selon les régimes. En conditions dégradées d'élevage, une tendance (P=7 %) est observée pour ce critère entre porcs des régimes TEM19 et VEG17, qui n'est pas significative entre régimes TEM19 et ANI17.

de l'effet du régime est observée. Le test de comparaison des moyennes 2 à 2 indique dans ce cas, une différence significative entre régimes TEM17 et ANI17. En conditions normales d'élevage, une tendance à l'effet du régime est observée pour la teneur en hémoglobine et l'hématocrite (P=8 %). Pour ces 2 critères, le test de comparaison des moyennes 2 à 2 indiquent une tendance entre régimes TEM19 et ANI17 (respectivement pour l'hémoglobine et l'hématocrite, P=9 % et P=6 %). Le volume globulaire est très significativement affecté par les régimes en conditions normales d'élevage ; d'une part, le régime TEM19 présente un volume globulaire significativement supérieur à ceux des régimes TEM17 et VEG17, d'autre part, le régime ANI17 présente un volume globulaire significativement supérieur à celui du régime TEM17. La teneur en hémoglobine, l'hématocrite et le volume globulaire ne sont pas affectés par les régimes en conditions dégradées d'élevage.

Discussion

L'ensemble des résultats indique que les performances, lorsqu'elles sont considérées sur la totalité de post-sevrage, ne sont pas affectées par la nature des régimes distribués en période de 1^{er} âge. Cela tient sans doute en grande partie à la durée de la période de 1^{er} âge, qui ne représente que le tiers de la durée totale de post-sevrage, et au fait que les écarts de performances attribuables à cette période se retrouvent finalement dilués dans celles de 2^{ème} âge. A titre d'exemple, 20 g/j de vitesse de croissance obtenue en période de 1^{er} âge, soit un gain de poids moyen de 13,5 kg, ne représente que 1 % du poids en fin de post-sevrage (280 g au bout de 40 jours pour un poids moyen de 31 kg) où l'équivalent de 7 g/j de vitesse de croissance sur l'ensemble du post-sevrage (280 g obtenus après 40 kg de post-sevrage). De même, une amélioration de l'indice de consommation de 0,1 kg/kg en période de 1^{er} âge représente l'équivalent de 0,03 kg/kg de l'indice de consommation à l'échelle de l'ensemble du post-sevrage. Pour que la nature des régimes distribués en période de 1^{er} âge ait une incidence significative sur les performances de la période complète de post-sevrage, il faudrait que l'amélioration de la vitesse de croissance et de l'efficacité alimentaire obtenue à l'issue de cette 1^{ère} phase, se maintienne par la suite, les animaux continuant de bénéficier d'un avantage acquis précédemment. Or, nos résultats ne montrent pas cela.

Ainsi, à 2 reprises, une compensation des moindres performances obtenues en période de 1^{er} âge est observée en période de 2^{ème} âge. Dans l'essai 1, la compensation se fait à la fois pour la vitesse de croissance et l'indice de consommation. Dans l'essai 2 en conditions normales d'élevage, elle concerne l'indice de consommation uniquement, car il n'y

a pas d'écart de vitesse de croissance en période de 1^{er} âge. L'amélioration de l'indice de consommation observée lors de la phase de compensation peut être expliquée par des différences de poids vif et donc de besoins nutritionnels des animaux plus légers. Ce type de résultat a déjà été observé dans nos propres essais (Gaudré, 2011) au cours desquels une réduction de la vitesse de croissance en fin de post-sevrage s'est traduite par une amélioration significative de l'indice de consommation en début d'engraissement. Dans ce cas, la prise en compte de la différence de poids moyen au cours de la période explique, pour moitié environ, l'amélioration de l'indice de consommation constatée. Cependant cette valeur d'entretien est calculée sur la base de porcs logés individuellement en cage à métabolisme. Noblet *et al.* (1999) considèrent que le niveau d'activité est sans doute plus faible dans ces conditions et que le besoin d'entretien ainsi calculé, sous estime celui de porcs élevés en conditions courantes. Les besoins d'entretien peuvent être affectés par l'augmentation de la masse viscérale surtout qu'elle contribue trois fois plus aux besoins d'entretien que la masse musculaire (Noblet *et al.*, 1999), or les aliments riches en acides aminés augmentent la taille des viscères (Chiba, 1994). D'autres hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette amélioration de l'efficacité alimentaire. Ainsi elle peut être due à un moindre dépôt de gras relativement au dépôt de maigre, à une meilleure digestion des nutriments ou à une meilleure utilisation de l'azote (Donker *et al.*, 1986). De Greef *et al.* (1992) montrent un accroissement du dépôt musculaire relativement au dépôt lipidique, après une période de restriction protéique, peu intéressante car au final, cette amélioration ne permet pas de compenser en totalité, la perte de dépôt musculaire initiale induite par la restriction. Il est possible que dans notre étude cette compensation des performances observées soit le résultat d'une meilleure digestion et aussi d'une meilleure utilisation métabolique des acides aminés pour les animaux ayant reçu un aliment limitant en acides aminés en 1^{er} âge, puis normalement pourvu en 2^{ème} âge. En effet, dans les 2 essais le ratio lysine/énergie de l'aliment 2^{ème} âge est intermédiaire de ceux comparés en 1^{er} âge (respectivement, 1,15 et 1,10 g de lysine digestible par MJ EN). Ainsi, en période de 1^{er} âge, les animaux s'habituent à cet apport limitant et adaptent leurs mécanismes d'utilisation des nutriments de façon proportionnelle. Lorsque les conditions d'alimentation deviennent non limitantes, les performances des animaux profitent de cette adaptation.

Les teneurs obtenues en hémoglobine et en taux d'hématocrite, sont du même ordre de grandeur que celles relevées par Jolliff et Mahan (2011) sur des porcs de même âge (38 jours) et ayant reçu du fer sous forme injectable à la naissance ; respectivement 113 g/l et 34,3 %. Ces auteurs constatent que la teneur en hémoglobine et le taux d'hématocrite au sevrage diminuent significativement lorsque le

pois des animaux augmente ; à 17 jours d'âge, les porcs de poids inférieur à 4,9 kg ont une teneur en hémoglobine moyenne de 114 g/l et un taux d'hématocrite moyen de 37,5 %, alors que les porcs de poids supérieur à 7,0 kg, présentent des valeurs moyennes réduites, 103 g/l et 34,5 % respectivement. Le nombre de globules blancs relevé dans cette étude est similaire à celui déjà mesuré sur le site de l'essai 2 pour des animaux au sevrage (Machet, 2014) : $18,89 \pm 5,59$ milliers par mm^3 . Le nombre de globules blancs augmente au cours du post-sevrage comme le montrent les données de Morrow-Tesch et Andersson (1994) ; respectivement au sevrage à 5 semaines d'âge, puis après 1 et 3 semaines de post-sevrage, 12,8, 13,4 et 17,1 milliers de mm^3 . Les mesures de Machet (2014) indiquent cependant à partir d'une étude réalisée dans 2 élevages que l'on ne retrouve cette progression que dans 1 des 2 élevages.

Les notations et prélèvements effectués pour comparer l'effet des régimes alimentaires indiquent des différences selon les conditions d'élevages. Les conditions dégradées d'élevage réduisent les écarts observés en conditions normales d'élevage en ce qui concerne le taux de matière sèche des fèces. L'augmentation de la teneur en matière sèche des fèces observée pour les 2 régimes de composition complexe (ANI17 et VEG17) en conditions normales n'est plus constatée en conditions dégradées d'élevages. Il en est de même en ce qui concerne les critères relatifs aux globules rouges. En conditions normales, le volume globulaire est significativement modifié par les régimes et des tendances sont observées pour le taux d'hémoglobine et l'hématocrite. En conditions dégradées d'élevages, il est seulement constaté une tendance à l'effet du régime pour le nombre de globules rouges. Sur le plan des performances zootechniques, un effet significatif du régime sur l'indice de consommation est noté en conditions normales d'élevage mais n'apparaît pas en conditions dégradées d'élevage. Ces résultats semblent indiquer que les conditions d'élevage prédominent sur la réponse des animaux aux différents régimes, dans la limite des valeurs nutritionnelles des aliments testées dans cette étude. Dans cette logique, l'amélioration de la qualité nutritionnelle de l'aliment obtenue en diversifiant les matières premières de nature protéique et en recherchant à incorporer celles de plus grande qualité protéique, ne serait pas valorisée au fur et à mesure de la dégradation des conditions d'élevages.

Conclusion

La réduction de la teneur en protéines des aliments en période de 1^{er} âge dans le but de réduire l'usage de l'antibiothérapie est possible. Elle se traduit par une baisse d'efficacité alimentaire accompagnée ou pas de celle de la vitesse de croissance selon les teneurs en protéines visées et le ratio lysine/énergie retenu dans l'aliment. Ces dimi-

nutions de performances sont cependant amoindries, voire annulées, lorsqu'on les considère à l'échelle de la totalité du post-sevrage, des compensations de performances pouvant même apparaître après la période de 1^{er} âge. Cependant, notre étude a sans doute encouragé cette compensation de performances, puisque les animaux recevant un aliment limitant en acides aminés en 1^{er} âge, ont alors reçu un aliment 2^{ème} âge plus concentré en acides aminés. L'organisme a pu, dans un premier temps, s'adapter à cet apport restreint, en renforçant ses propres mécanismes d'utilisation des nutriments, tant au niveau de la digestion que du métabolisme protéique. Lorsque l'apport alimentaire est devenu plus important, ce potentiel d'utilisation des nutriments a pu s'exprimer et engendrer une meilleure efficacité alimentaire. Ces compensations de performances sont largement relatées dans la bibliographie. D'autre part, il faut rappeler que cette étude n'a pas mesuré l'évolution de la composition corporelle des animaux qui permettrait d'apporter un éclairage supplémentaire aux performances constatées.

A ce jour, dans les conditions de disponibilité des matières premières actuelles, un taux de protéines de l'aliment 1^{er} âge de 17 % est envisageable à la condition de retenir un ratio lysine/énergie inférieur à 1,1 g de lysine digestible par MJ EN. Pour mémoire, les recommandations nutritionnelles de l'IFIP sont de 1,3 g de lysine digestible par MJ EN dans le cadre d'un sevrage à 21-28 jours d'âge. Il faut également tenir compte des valeurs nutritionnelles de l'aliment 2^{ème} âge pour que cette réduction de la teneur en protéines de l'aliment 1^{er} âge soit réalisable. Après avoir franchi, la phase d'adaptation consécutive au sevrage, il faut mettre les animaux dans des conditions de production non limitantes tant en termes de conduite d'élevage que de conduite alimentaire.

Sur le plan de la composition des aliments, l'incorporation de matières protéiques de qualité paraît à raisonner selon les conditions d'élevage. Ainsi dans des conditions dégradées d'élevage, le coût supplémentaire lié à leur incorporation ne paraît pas valorisé. Il semble que de mauvaises conditions d'élevage limitent l'intérêt pour ce type d'aliments, le renforcement des mesures d'hygiène et des procédures de nettoyage-désinfection sont sans doute prioritaires par rapport à la recherche d'alternatives nutritionnelles.

Remerciement

Cette étude a été réalisée grâce au soutien financier du Programme National de Développement Agricole et Rural, de INAPORC, de FranceAgriMer, du Ministère en charge de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire.

ANNEXES

Composition et caractéristiques nutritionnelles des aliments de sevrage

Essai 1

| Ratio lysine/énergie | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Composition, % | | | | |
| Maïs | 30,0 | | | |
| Blé | 26,7 | 30,5 | 34,5 | 37,7 |
| Tourteau de soja | 18,6 | 15,0 | 11,0 | 8,0 |
| Lactosérum | 10,0 | | | |
| Protéines de soja | 3,0 | | | |
| Graine de soja ext. | 3,0 | | | |
| Prot. pomme de t. | 1,0 | | | |
| Corn Gluten meal | 1,0 | | | |
| Huile de soja | 2,7 | 2,5 | 2,5 | 2,4 |
| Carbonate de Ca | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| Phosphate Bic. | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| COV | 0,6 | | | |
| Sel | 0,4 | | | |
| Lysine HCl | 0,61 | 0,58 | 0,56 | 0,51 |
| DL-Méthionine | 0,26 | 0,22 | 0,19 | 0,15 |
| L-Thréonine | 0,25 | 0,23 | 0,21 | 0,18 |
| L-Tryptophane | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,05 |
| L-Valine | 0,16 | 0,14 | 0,14 | 0,10 |
| Natuphos | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Caractéristiques nutritionnelles | | | | |
| Matière sèche, % | 88,9 | 88,8 | 88,8 | 88,7 |
| Protéines, % | 20,3 | 19,0 | 17,5 | 16,4 |
| Mat. Grasses, % | 5,4 | 5,2 | 5,2 | 5,1 |
| Mat. minérales, % | 5,8 | 5,8 | 5,7 | 5,6 |
| Cellulose brute, % | 2,6 | 2,5 | 2,4 | 2,2 |
| Amidon, % | 35,6 | 37,9 | 40,3 | 42,3 |
| EN, MJ/kg | 10,6 | 10,6 | 10,7 | 10,8 |
| Calcium, g/kg | 8,9 | 9,3 | 9,5 | 9,6 |
| Phosphore, g/kg | 5,8 | 5,7 | 5,6 | 5,5 |
| Lysine, g/kg | 14,9 | 13,8 | 12,6 | 11,5 |
| Lysine dig., g/kg | 13,8 | 12,7 | 11,7 | 10,6 |
| En % de lysine digestible | | | | |
| Méthionine | 39 | 38 | 37 | 36 |
| Méth. + Cyst. | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Thréonine | 65 | 65 | 65 | 65 |
| Tryptophane | 19 | 19 | 19 | 19 |
| Valine | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Isoleucine | 55 | 55 | 55 | 56 |
| Leucine | 106 | 108 | 110 | 115 |
| Phénylalanine | 63 | 63 | 63 | 65 |
| Tyrosine | 44 | 45 | 45 | 47 |
| Histidine | 32 | 32 | 32 | 33 |
| Arginine dig. | 80 | 79 | 77 | 77 |

Essai 2

| Régimes | TEM19 | TEM17 | VEG17 | ANI17 |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Composition, % | | | | |
| Blé | 27,5 | 33,2 | 36,8 | 36,6 |
| Maïs | 15,0 | | | |
| Orge | 15,0 | | | |
| Lactosérum | 10,0 | | | |
| Tourteau de Soja | 16,0 | 11,5 | 1,1 | 0,7 |
| Graine soja extr. | 5,0 | 4,5 | 5,5 | 1,5 |
| Protéines de soja | 2,8 | 2,0 | 6,0 | 2,0 |
| Prot. pomme de t. | 1,5 | 1,5 | 2,0 | |
| Gluten de blé | | | 1,5 | 3,0 |
| Prot. lactosérum | | | | 8,2 |
| Poudre de lait écr. | | | | 13,8 |
| Huile | 3,3 | 3,4 | 3,2 | 3,7 |
| COV | 0,5 | | | |
| Sel | 0,4 | | | |
| Carbonate de Ca | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,5 |
| Phosphate bic. | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,2 |
| L-Lysine HCl | 0,47 | 0,46 | 0,50 | 0,31 |
| DL-Méthionine | 0,22 | 0,18 | 0,15 | 0,11 |
| Thréonine | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,13 |
| Tryptophane | 0,45 | 0,45 | 0,4 | 0,3 |
| Valine | 0,05 | 0,04 | 0,03 | |
| Phytase | 0,015 | | | |
| Caractéristiques nutritionnelles | | | | |
| Matière sèche, % | 89,0 | 88,9 | 89,2 | 89,5 |
| Protéines, % | 19,0 | 16,7 | 17,1 | 16,5 |
| Cellulose brute, % | 2,9 | 2,7 | 2,4 | 2,0 |
| Mat. Grasses, % | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Cendres, % | 6,2 | 6,0 | 5,6 | 5,4 |
| Amidon, % | 34,1 | 37,5 | 39,9 | 39,6 |
| Ca, g/kg | 10,2 | 10,3 | 10,1 | 10,3 |
| Phosphore, g/kg | 5,8 | 5,6 | 5,5 | 4,7 |
| P dig., g/kg | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Na, g/kg | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| EN, MJ/kg | 10,5 | 10,6 | 10,8 | 11,2 |
| Lactose, % | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 10,7 |
| Lysine, g/kg | 13,7 | 12,1 | 12,1 | 12,0 |
| Lysine dig., g/kg | 12,5 | 11,0 | 11,0 | 11,0 |
| En % de lysine digestible | | | | |
| Méthionine | 38 | 37 | 35 | 37 |
| Méth + Cystine | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Thréonine | 65 | 65 | 65 | 65 |
| Tryptophane | 19 | 19 | 19 | 19 |
| Valine | 65 | 65 | 65 | 67 |
| Isoleucine | 57 | 56 | 57 | 60 |
| Leucine | 101 | 101 | 106 | 116 |
| Phénylalanine | 65 | 64 | 67 | 62 |
| Tyrosine | 44 | 44 | 47 | 47 |
| Histidine | 33 | 32 | 32 | 32 |

Aminogrammes (essai 2)

| Régimes ¹ | TEM19 | | | TEM17 | | | VEG17 | | | ANI17 | | |
|----------------------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| Matière sèche, % | 89,0 | 89,9 | 90,1 | 88,9 | 90,0 | 90,0 | 89,2 | 90,0 | 90,1 | 89,5 | 90,4 | 90,2 |
| Protéines, % | 19,0 | 19,2 | 19,4 | 16,7 | 17,0 | 17,6 | 17,1 | 17,5 | 17,6 | 16,5 | 16,4 | 16,4 |

Acides aminés, g/kg

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Lysine | 13,7 | 13,7 | 13,7 | 12,1 | 12,3 | 12,4 | 12,1 | 12,1 | 12,3 | 12,0 | 11,4 | 11,7 |
| Méthionine | 5,0 | 4,6 | 4,8 | 4,3 | 3,9 | 4,1 | 4,2 | 3,8 | 3,9 | 4,3 | 3,6 | 4,1 |
| Cystine | 3,2 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,7 | 2,7 | 3,2 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 2,5 | 2,5 |
| Thréonine | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 8,1 | 8,2 | 8,3 | 8,2 | 8,1 | 8,0 | 8,1 | 7,5 | 7,5 |
| Tryptophane | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| Isoleucine | 8,1 | 7,8 | 8,0 | 7,0 | 6,9 | 7,1 | 7,2 | 7,0 | 7,2 | 7,6 | 7,1 | 7,1 |
| Valine | 9,3 | 9,1 | 9,3 | 8,2 | 8,1 | 8,4 | 8,2 | 8,2 | 8,4 | 8,5 | 8,3 | 8,3 |
| Leucine | 14,2 | 14,2 | 14,3 | 12,5 | 12,5 | 12,9 | 13,0 | 12,9 | 13,2 | 13,9 | 13,5 | 13,4 |
| Phénylalanine | 9,0 | 8,9 | 9,1 | 7,8 | 7,9 | 8,1 | 8,2 | 8,1 | 8,3 | 7,4 | 7,3 | 7,3 |
| Tyrosine | 6,2 | 6,2 | 6,3 | 5,4 | 5,4 | 5,6 | 5,8 | 5,5 | 5,7 | 5,7 | 5,6 | 5,6 |
| Histidine | 4,6 | 4,2 | 4,3 | 4,0 | 3,7 | 3,8 | 4,0 | 3,7 | 3,7 | 3,9 | 3,7 | 3,6 |

Taux de recouvrement des acides aminés, exprimé en % de la teneur attendue

| | | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Lysine | 100 | 100 | 102 | 102 | 100 | 102 | 95 | 98 |
| Méthionine | 92 | 96 | 91 | 95 | 90 | 93 | 84 | 95 |
| Cystine | 91 | 91 | 93 | 93 | 88 | 91 | 86 | 86 |
| Thréonine | 100 | 100 | 101 | 102 | 99 | 98 | 93 | 93 |
| Tryptophane | 100 | 100 | 104 | 104 | 104 | 104 | 100 | 100 |
| Isoleucine | 96 | 99 | 99 | 101 | 97 | 100 | 93 | 93 |
| Valine | 98 | 100 | 99 | 102 | 100 | 102 | 98 | 98 |
| Leucine | 100 | 101 | 100 | 103 | 99 | 102 | 97 | 96 |
| Phénylalanine | 99 | 101 | 101 | 104 | 99 | 101 | 99 | 99 |
| Tyrosine | 100 | 102 | 100 | 104 | 95 | 98 | 98 | 98 |
| Histidine | 91 | 93 | 93 | 95 | 93 | 93 | 95 | 92 |

¹ : pour chaque régime, la 1ère colonne correspond à la teneur attendue, la 2^{ème} et la 3^{ème} colonnes aux teneurs analysées respectivement pour les bandes 1 et 2

Références bibliographiques

- Chiba L.I. 1994. Effects of dietary amino acid content between 20 and 50 kg and 50 and 100 kg live weight on the subsequent and overall performance of pigs. *Livestock Production Science*, 39, 213-221
- De Greef K.H., Kemp B., Verstegen M.W.A. 1992. Performance and body composition of fattening pigs of two strains during protein deficiency and subsequent realimentation. *Livestock Production Science*, 30, 141-153.
- Donker R.A., Den Hartog L.A., Brascamp E.W., Merks J.W.M., Noordewier G.J., Buiting G.A.J. 1986. Restriction of feed intake to optimize the overall performance and composition of pigs. *Livestock Production Science*, 15, 353-365.
- Gaudré, D., Royer E., Ernadorena V., Granier R., Le Floc'h N., 2007. Mise au point d'un modèle d'études des alternatives à l'usage des antibiotiques à visée digestive en post-sevrage. *Journées de la Recherche Porcine*, 39, 133-138.
- Gaudré D., 2011. Incidence des conditions d'élevage et d'alimentation en post-sevrage sur les performances en engraissement. *Techniporc*, vol. 34, N°1.
- Jolliff J.S., Mahan D.C., 2011. Effect of injected and dietary iron in young pigs on blood hematology and postnatal pig growth performance. *Journal of Animal Science*, 89, 12, 4068-4080.
- Machet A., 2014. Etude et évaluation des indicateurs de santé chez le porcelet sevré. Thèse de docteur vétérinaire. TOU 3-4062.
- Morrow-Tesch J., Andersson, G., 1994. Immunological and hematological characterizations of the wasting pig syndrome. *Journal of Animal Science*, 72: 976-983.
- Noblet J., Karege C., Dubois S., van Milgen J. 1999. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: effects of sex and genotype. *Journal of Animal Science*, 77, 1208-1216.

Référence bibliographique de cet article

- Gaudré D., 2017. La réduction de la teneur en protéines des aliments de sevrage en tant qu'alternative à l'usage des antibiotiques. *Les Cahiers de l'IFIP*, 4(1), 19-28.