

Réduction du taux protéique alimentaire combinée avec différents rapports méthionine/lysine

Effet sur le bilan azoté du porc maigre en croissance et en finition

H. MONGÉ (1), P.H. SIMMINS (2), J. WEIGEL (3)

(1) Rhône-Poulenc Animal Nutrition, Centre d'Évaluation et de Recherche en Nutrition - 03600 Commentry

(2) Rhône-Poulenc Animal Nutrition - 42, rue Aristide Briand, B.P. 100, 92164 Antony Cédex

(3) ADM - 4666 Faries Parkway, Box 1470, Decatur, Illinois 62525, U.S.A.

Réduction du taux protéique alimentaire combinée avec différents rapports méthionine/lysine : Effet sur le bilan azoté du porc maigre en croissance et en finition

L'objectif de cette étude est de mesurer sur des porcs à haut potentiel de croissance maigre l'effet de la réduction de la teneur en protéines vers des taux très bas (12,7% en croissance et 11,6% en finition) ainsi que des déséquilibres du profil idéal en acides aminés sur le bilan azoté.

Trois essais en bilan azoté ont été conduits successivement sur des porcs pesant respectivement entre 24 et 32 kg, 44 et 61 kg, 100 et 115 kg. Dans chaque essai, 2 niveaux de protéines (respectivement 15,3 et 12,7% - 15,6 et 12,6% - 15,5 et 11,6% pour les essais 1, 2 et 3) et 3 rapports méthionine /lysine (28, 37 et 44 % pour les essais 1 et 2 ; 28, 34 et 40% pour l'essai 3) ont été testés sur six porcs pendant trois semaines. Les aliments ont été formulés sur la base de l'énergie nette et de la digestibilité iléale vraie des acides aminés. Le profil protéique idéal des aliments a pu être obtenu par l'ajout d'acides aminés de synthèse.

La réduction de l'apport protéique alimentaire permet de limiter l'excrétion azotée jusqu'à -11% par point de teneur en protéines en moins ($p < 0,01$), en améliorant le rendement d'utilisation de l'azote protéique (de 10 à 20%) sans changer la rétention azotée des animaux. La modification de l'équilibre Met/Lys pour des porcs de 44 à 61 kg permet de diminuer l'excrétion azotée de 18% ($p < 0,01$) tout en améliorant l'efficacité de l'utilisation de l'azote protéique de 12% ($p = 0,08$).

Les résultats confirment qu'une formulation précise des régimes à taux protéique bas permet de garder le même niveau de rétention tout en réduisant l'excrétion azotée de façon très importante.

Reduction of dietary protein level combined with different ratios of methionine to lysine. Effect on nitrogen balance of lean genotype pigs in growing and finishing phases.

The main objective of this study was to measure the effect of reducing dietary protein to very low levels (12.7% for growing and 11.6% for finishing pigs) and imbalances in the amino acids profile on nitrogen balance for the modern lean genotype pigs.

Three nitrogen balance studies were done on pigs between 24-32 kg, 44-61 kg and 100-115 kg live weight respectively. In each experiment, 2 levels of dietary protein (15.3 and 12.7 %, 15.6 and 12.6%, 15.5 and 11.6% for trials 1,2,3 respectively) and three Methionine to Lysine ratios (28, 37, 44% for trials 1 and 2, 28, 34, 40% for trial 3) were studied using six pigs for three weeks. Diets were formulated using true digestible values for amino acids and net energy levels of the feed ingredients. The ideal protein profile of the feed was obtained by the addition of synthetic amino acids.

Reduction of dietary protein level decreased nitrogen excretion (11% per % reduction in dietary protein, $p < 0.01$) by increasing the efficiency of nitrogen utilisation (from 10 to 20%) without changing nitrogen retention of the pigs. Changing Met/Lys ratio from 0.28 to 0.37 for 44 to 61 kg live weight pigs resulted in a reduction of nitrogen excretion up to 18% ($p < 0.01$) and increased the efficiency of nitrogen utilisation by 12 % ($p = 0.08$).

The results confirmed that an accurate formulation of low protein diets maintained nitrogen retention but reduced dramatically nitrogen excretion.

INTRODUCTION

La production porcine est largement connue pour être un des vecteurs de pollution azotée de l'eau et de l'air. Dans un contexte de production très intensive dans certaines zones qui connaissent aujourd'hui des problèmes environnementaux, la réduction de la pollution par la voie alimentaire reste une des solutions les plus intéressantes.

Deux stratégies permettent de réduire l'excrétion azotée des porcs. La première, l'alimentation multiphase, permet de la réduire de 9% (CHAUVÉL et GRANIER, 1995) à 23% (LATIMIER et DOURMAD, 1993). La seconde consiste en la réduction du taux protéique alimentaire qui permet une réduction des rejets. Le passage de 26,5 à 18,1 points de protéines permet de réduire l'excrétion de 40 % (LEE et al, 1995). Cependant, les mêmes auteurs rapportent une diminution de la rétention azotée des porcs. En effet, l'utilisation de la formulation sur la base des acides aminés totaux n'a pas permis de garder un profil protéique idéal. De meilleurs résultats sont observés par JONDREVILLE et al (1995) avec des régimes formulés sur la base des acides aminés digestibles, qui ont permis de limiter la baisse de la rétention azotée mesurée en bilan à 8% pour l'ensemble de la croissance/finition.

L'objectif principal de l'étude est d'évaluer, sur des porcs à haut potentiel de croissance protéique, l'effet de la réduction du niveau de protéines alimentaires vers des taux très bas sur le bilan azoté. Afin d'évaluer la sensibilité des animaux au profil protéique sur l'excrétion et la rétention azotée, différents rapports méthionine/lysine (=Mét/Lys) ont été testés. Pour y parvenir, la formulation des aliments s'est fondée sur les systèmes d'énergie nette (NOBLET et al, 1989) et de digestibilité iléale vraie des acides aminés. Un niveau minimum pour chaque acide aminé essentiel a été assuré en sui-

vant les recommandations décrites dans le Rhodimet Nutrition Guide (Rhône-Poulenc Animal Nutrition 1993).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental

Trois essais successifs ont été conduits à la station expérimentale de Rhône-Poulenc Nutrition Animale de Commentry (03) sur des porcs pesant respectivement entre 24 et 32 kg, 44 et 61 kg, 100 et 115 kg. Pour chaque essai, 6 aliments ont été testés (2 niveaux de protéines x 3 rapports Mét/Lys) sur 6 porcs pendant 3 semaines selon un carré latin incomplet.

1.2. Animaux

Six porcs mâles castrés de Pig Improvement Company (Mâles L16 x Femelles Camborough) ont été sélectionnés suivant leur poids vif afin de former des groupes homogènes. Trois séries d'animaux différentes ont été mises en expérience, une par essai.

1.3. Logement

Les animaux sont placés dans des cages métaboliques permettant une récolte exhaustive et séparée des fèces et des urines excrétées. Les cages sont placées dans un bâtiment où la température ambiante est maintenue à 20°C.

1.4. Aliments

Pour les trois expérimentations, des aliments de type Orge/Manioc/Pois sont utilisés. Deux niveaux de protéines (L ou H) sont croisés avec 3 rapports Mét/Lys (tableau 1).

Tableau 1 - Caractéristiques principales des aliments testés

| Régime | Exp 1 : 24-32 kg | | Exp 2 : 44-61 kg | | Exp 3 : 100-115 kg | |
|--------------------------------------|------------------|------------|------------------|------------|--------------------|------------|
| | L | H | L | H | L | H |
| Taux de protéines (1) | 12,7 | 15,3 | 12,6 | 15,6 | 11,6 | 15,5 |
| Rapport Mét/Lys (%) (2) | 28, 37, 44 | 28, 37, 44 | 28, 37, 44 | 28, 37, 44 | 28, 34, 40 | 28, 34, 40 |
| Énergie nette (kcal/kg) (2) | 2400 | | 2300 | | 2300 | |
| Lysine dig (%) (2) | 0,86 sup | 0,86 sup | 0,80sup | 0,80 sup | 0,75 sup | 0,75 sup |
| Cystine dig (%) (2) | 0,22 sup | 0,22 sup | 0,24 sup | 0,24 sup | 0,26 sup | 0,26 sup |
| Thréonine dig (%) (2) | 0,58 sup | 0,58 sup | 0,56 sup | 0,56 sup | 0,53 sup | 0,53 sup |
| Tryptophane dig (%) (2) | 0,16 sup | 0,16 sup | 0,17 sup | 0,17 sup | 0,17 sup | 0,17 sup |
| Isoleucine dig (%) (2) | 0,46 | 0,59 | 0,43 sup | 0,55 | 0,41 sup | 0,48 |
| Valine dig (%) (2) | 0,58 sup | 0,67 | 0,44 sup | 0,63 | 0,51 sup | 0,59 |
| Leucine dig (%) (2) | 0,86 sup | 1,05 | 0,80 sup | 0,96 | 0,75 sup | 0,86 |
| Phénylalanine + Tyrosine dig (%) (2) | 0,93 | 1,20 | 0,79 sup | 0,98 | 0,74 sup | 1,01 |
| Arginine dig (%) (2) | 0,88 | 1,11 | 0,75 | 1,02 | 0,62 | 0,92 |
| Histidine dig (%) (2) | 0,31 | 0,39 | 0,29 sup | 0,28 | 0,27 sup | 0,28 |

^{sup} Niveau ayant nécessité une supplémentation avec l'acide aminé synthétique correspondant.

(1) Valeur mesurées

(2) Valeurs calculées

Pour obtenir les profils en acides aminés requis, une supplémentation en acides aminés de synthèse a été nécessaire. Les régimes H ont été supplémentés avec les 5 premiers acides aminés limitants. Les régimes L l'ont été plus largement (tableau 1).

Des mesures de digestibilité ont permis de valider les valeurs calculées en terme d'acides aminés digestibles.

1.5. Déroulement des expériences

La méthode utilisée est basée sur celle décrite en détail par KIES et al (1992). Après leur mise en cage, les animaux restent en période d'adaptation pendant 10 jours avant de débiter leur première période expérimentale. Chaque période expérimentale se déroule sur 7 jours, 5 jours d'adaptation suivis de 2 jours de collecte. Le rationnement des animaux se fait suivant leur poids métabolique, déterminé chaque semaine et correspondant à 85% de leur niveau ad libitum. L'alimentation est donnée en soupe au cours de deux repas, à 8h00 et 15h30. La distribution de l'eau est rationnée afin d'éviter les gaspillages et une dilution des urines. Le niveau de rationnement correspond à 2,5 kg d'eau par kg d'aliment sec.

Pendant la collecte, les excréta sont collectés deux fois par jour et stockés à 4°C. Les urines sont collectées dans de l'acide sulfurique 4N afin d'éviter les pertes d'ammoniac.

1.6. Analyses de laboratoire et analyses statistiques

Les excréta sont homogénéisés et échantillonnés immédiatement à la fin de chaque période de collecte. Leur contenu en azote est évalué par la méthode de Kjeldhal.

Les résultats de chaque expérience sont soumis à une analyse de variance dans la procédure GLM du logiciel SAS en suivant le modèle :

$$Y = \alpha \text{ Niveau de Protéines} + \beta \text{ Mét/Lys} + \chi \text{ Interaction} + \varepsilon.$$

2. RÉSULTATS

Au cours de l'expérience 1, un animal est mort accidentellement à la fin de la période d'adaptation et a été remplacé, entraînant la perte d'une valeur pour la première semaine expérimentale. Aucune autre pathologie particulière n'a été observée pendant les trois essais.

2.1. Effet du niveau de protéines

L'effet de la réduction du taux protéique de 2,6 - 3 et 2,9 % entraîne une réduction statistiquement significative de l'excrétion azotée urinaire de respectivement 48, 42 et 32% pour les 3 périodes expérimentales (tableau 2, p.296). L'azote excrété dans les fèces est beaucoup moins affecté. L'azote excrété apparent est donc significativement réduit avec la réduction du taux de protéines, la baisse étant de respectivement 29, 34 et 25% pour les trois périodes.

L'azote retenu apparent n'est pas significativement changé pour les jeunes animaux. Pour les animaux plus lourds, la rétention observée est supérieure de 10% pour le régime L comparé au régime H.

L'effet sur l'utilisation de l'azote est toujours significatif avec une efficacité d'utilisation plus importante pour les régimes L, de respectivement 14, 20 et 11% pour les trois essais. (tableau 2)

2.2. Effet de l'équilibre en acides aminés

2.2.1. Interaction Niveau de protéines x Mét/Lys

L'étude de l'interaction dans le modèle d'analyse de variance n'a pas permis de dégager de différences significatives. Les résultats de l'interaction sont reproduits en annexe, p.298.

2.2.2. Rapport Mét/Lys

Les résultats de l'effet Mét/Lys sont présentés en indice, l'indice 100 correspondant systématiquement au niveau Mét/Lys de 28%. L'azote urinaire excrété est réduit de 20 et 11% pour les essais 2 et 3. De la même façon, les valeurs d'azote excrété total sont réduites de 18 et 4 % pour les essais 2 et 3, mais ces différences restent non significatives. Les rendements d'utilisation de l'azote sont eux aussi améliorés de 12 et 5 % pour les essais 2 et 3. Les résultats pour l'essai 1 ne suivent pas les mêmes tendances. (tableau 3, p.296).

3. DISCUSSION

La baisse du niveau de protéines alimentaires pour des animaux à haut potentiel génétique se traduit par une baisse très importante de l'excrétion azotée. Dans cet essai, chaque point de protéine en moins permet de baisser l'excrétion azotée de 11% pour les animaux de moins de 60 kg, et de 8,5 % pour les animaux plus lourds. Cette réduction est plus importante que celle observée auparavant par LEE et al (1995), qui, dans le même type d'expérience avaient trouvé une réduction de l'ordre de 4% d'excrétion par point de protéines. Ils sont en outre en accord avec ceux publiés par JONDREVILLE et al (1995) qui ont aussi utilisé un système de formulation basé sur les acides aminés digestibles.

La mise en évidence d'une réduction de l'excrétion azotée liée à l'équilibre méthionine/lysine a été rendue difficile par la construction même des expériences. Les mêmes rapports Mét/Lys étant étudiés sur deux taux protéiques très différents, l'effet ratio Mét/Lys n'a pu être étudié qu'à partir de deux populations distinctes entraînant ainsi une trop grande variabilité. Toutefois, des différences tendanciennes importantes ont pu être montrées dans les essais 2 et 3. Des essais nouveaux impliquant un seul niveau de protéines permettront peut être de valider ces tendances. Les résultats de l'essai 1 en terme de rapport Mét/Lys doivent être interprétés avec prudence, du fait de la perte d'une valeur suite à la mort d'un animal.

Les coefficients d'efficacité de l'utilisation azotée sont élevés

Tableau 2 - Influence du niveau de protéines alimentaires sur le bilan azoté

| Expérience 1 : 24-32 kg | | | | |
|--|-------------|-------------|---------------|-------------------------|
| Taux de protéines (%) (2) | 12,7 | 15,3 | CV (%) | Signif. Stat.(1) |
| Azote ingéré | 2,135 | 2,327 | 3,45 | ns |
| Azote urinaire | 0,287 | 0,548 | 10,89 | ** |
| Azote fèces | 0,352 | 0,352 | 8,53 | ns |
| Azote excrété apparent | 0,640 | 0,900 | 7,38 | ** |
| Azote retenu apparent | 1,496 | 1,426 | 5,29 | ns |
| Efficacité d'utilisation de l'N (%) | 69,8 | 61,1 | 3,75 | * |
| Expérience 2 : 44-61 kg | | | | |
| Taux de protéines (%)2 | 12,6 | 15,6 | CV (%) | Signif. Stat.(1) |
| Azote ingéré | 1,763 | 1,957 | 3,42 | * |
| Azote urinaire | 0,337 | 0,582 | 5,65 | *** |
| Azote fèces | 0,183 | 0,215 | 5,01 | * |
| Azote excrété apparent | 0,520 | 0,797 | 3,20 | *** |
| Azote retenu apparent | 1,243 | 1,159 | 5,35 | ns |
| Efficacité d'utilisation de l'N (%) | 70,5 | 58,8 | 2,67 | *** |
| Expérience 3 : 100-115 kg | | | | |
| Taux de protéines (%)2 | 11,6 | 14,5 | CV (%) | Signif. Stat.(1) |
| Azote ingéré | 1,634 | 2,025 | 0,64 | *** |
| Azote urinaire | 0,617 | 0,906 | 3,64 | *** |
| Azote fèces | 0,323 | 0,349 | 5,68 | ns |
| Azote excrété apparent | 0,940 | 1,255 | 1,82 | *** |
| Azote retenu apparent | 0,694 | 0,770 | 1,91 | ** |
| Efficacité d'utilisation de l'N (%) | 42,4 | 38,1 | 2,16 | ** |

Tous les chiffres sont des moyennes ajustées données en g/jr/kg PV^{0,75}.

(1) Signification Statistique. * : p<0,05 ; ** : p<0,01 ; *** p<0,001 ; ns = différence non significative

(2) Valeurs analysées

Tableau 3 - Influence du rapport Met/Lys sur le bilan azoté

| Expérience 1 : 24-32 kg | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-------------------------|
| Mét/Lys (%) | 28 | 37 | 44 | Signif. Stat.(1) |
| Azote ingéré | 100 | 88 | 92 | ns |
| Azote urinaire | 100 | 102 | 88 | ns |
| Azote fèces | 100 | 121 | 97 | ns |
| Azote excrété apparent | 100 | 109 | 91 | ns |
| Azote retenu apparent | 100 | 79 | 93 | 0.07 |
| Efficacité de l'utilisation. de l'N (%) | 100 | 89 | 101 | 0.13 |
| Expérience 2 : 44-61 kg | | | | |
| Mét/Lys (%) | 28 | 37 | 44 | Signif. Stat.(1) |
| Azote ingéré | 100 | 100 | 100 | ns |
| Azote urinaire | 100 | 80 | 90 | ns |
| Azote fèces | 100 | 90 | 90 | ns |
| Azote excrété apparent | 100 | 82 | 89 | 0.01 |
| Azote retenu apparent | 100 | 111 | 108 | ns |
| Efficacité de l'utilisation. de l'N (%) | 100 | 112 | 107 | 0.08 |
| Expérience 3 : 100-115 kg | | | | |
| Mét/Lys (%) | 28 | 34 | 40 | Signif. Stat.(1) |
| Azote ingéré | 100 | 100 | 99 | ns |
| Azote urinaire | 100 | 89 | 89 | ns |
| Azote fèces | 100 | 121 | 128 | ns |
| Azote excrété apparent | 100 | 96 | 98 | ns |
| Azote retenu apparent | 100 | 104 | 100 | ns |
| Efficacité de l'utilisation. de l'N (%) | 100 | 105 | 101 | ns |

Les chiffres sont donnés en indice, l'indice 100 correspondant à la moyenne pour Met/Lys = 28%

(1) Signification Statistique. ns = différence non significative sinon p<F

pour les expériences 1 et 2 (de 60 à 70%) en comparaison avec ceux observés par JONGBLOED et LENIS (1993), et JONDREVILLE et al (1995). En effet les porcs utilisés ont un potentiel de dépôt protéique élevé (Pd=150 g/jour à 50 kg). De plus les régimes utilisés, notamment les régimes à taux protéique bas ont des profils en acides aminés qui sont très proches de la protéine idéale avec de larges suppléments en acides aminés synthétiques hautement digestibles.

Commercialement, seuls la lysine, la méthionine, le tryptophane et la thréonine sont disponibles à des prix permettant leur utilisation en alimentation porcine. Dans ce contexte, la réduction du taux de protéines dans les aliments industriels est limitée car elle doit respecter un profil protéique idéal pour les autres acides aminés limitants. De plus, les porcs à haut potentiel génétique utilisés aujourd'hui se caractérisent par des besoins en énergie et protéines à la fois élevés et spécifiques. Toutefois, ce travail a permis de démontrer que les recommandations actuelles permettent de garder le même niveau de rétention azotée, et par conséquent les mêmes performances dans les conditions limitantes décrites ci-dessus.

CONCLUSION

La réduction du niveau de protéines alimentaires dans des

limites très basses permet, en maîtrisant l'ensemble du profil protéique, de baisser de façon très importante l'excrétion azotée de l'ordre de 10% par point de teneur en protéines alimentaire, et ce, quel que soit l'âge des porcs étudiés, sans changer la croissance des tissus protéiques.

Cependant, il apparaît dans ces conditions que l'efficacité de la rétention azotée est très sensible aux petits déséquilibres du profil protéique montrés ici avec la méthionine. Cela indique qu'une meilleure connaissance des besoins en acides aminés ainsi que de leur disponibilité dans les aliments est nécessaire pour fabriquer des aliments à taux protéique bas gardant la même efficacité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le personnel de la station expérimentale du secteur monogastriques, sous la responsabilité de Roland MAILLARD ainsi que le personnel du laboratoire de l'usine RPNA de Commeny. Un grand merci aussi à Janice BRAUND et Alex LAURIE pour leur collaboration dans les phases initiales de ce travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHAUVEL J., GRANIER R., 1996. Journées Rech. Porcine en France, 28, 249-256.
- JONDREVILLE C., GATEL F., GROSJEAN F., CALLU P., BRINET P., 1995. Journées Rech. Porcine en France, 27, 279-284.
- JONGBLOED W., LENIS N.P., 1993. Proceeding of the 1st International Symposium on Nitrogen Flow in pig production and environmental consequences, Wageningen. EAAP Publication n°69, 1993. pp 22-36.
- KIES A., AUGIER V., VENUAT M., GRIMALDI J-L, 1992. Journées Rech. Porcine en France, 24, 219-226.
- LATIMIER P., DOURMAD J.Y., 1993. Proceeding of the 1st International Symposium on Nitrogen Flow in pig production and environmental consequences, Wageningen. EAAP Publication n°69, 1993. pp 242-246.
- LEE P.A., KAY R.M., FULLARTON P.J., CULLIN A.W.R., JAGGER S., 1995. Animal Science. 60 p519. (Abstr.)
- NOBLET J., FORTUNE H., DUBOIS S., HENRY Y., 1989. Nouvelles bases d'estimations des teneurs en énergie digestibles, métabolisables et nettes des aliments pour le porc. INRA, éd. Paris, 106 pp.
- Rhône-Poulenc Animal Nutrition. 1993. The Rhodimet Nutrition Guide, Formulation des aliments en acide aminés digestibles. RPAN Antony. Annexe

Annexe - Résultats de l'interaction Niveau de protéines x ratio Met/Lys

| Expérience 1 : 24-32 kg | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Protéines (%) | 12,7 | | | 15,7 | | | P<F |
| Mét/Lys (%) | 28 | 37 | 44 | 28 | 37 | 44 | |
| Azote ingéré (1) | 2,38 | 1,99 | 2,07 | 2,41 | 2,25 | 2,33 | 0,64 |
| Azote urinaire (1) | 0,276 | 0,336 | 0,241 | 0,583 | 0,549 | 0,512 | 0,84 |
| Azote Fèces (1) | 0,377 | 0,374 | 0,318 | 0,306 | 0,428 | 0,322 | 0,52 |
| Azote Excrété apparent (1) | 0,654 | 0,710 | 0,560 | 0,890 | 0,977 | 0,834 | 0,98 |
| Azote Retenu apparent (1) | 1,726 | 1,280 | 1,509 | 1,516 | 1,271 | 1,492 | 0,72 |
| Efficacité de l'utilisation de l'N (%) | 72,6 | 64 | 72,9 | 62,9 | 56,5 | 64,1 | 0,96 |
| Expérience 2 : 44-61 kg | | | | | | | |
| Protéines (%) | 12,6 | | | 15,6 | | | p<F |
| Mét/Lys (%) | 28 | 37 | 44 | 28 | 37 | 44 | |
| Azote ingéré (1) | 1,82 | 1,66 | 1,81 | 1,91 | 2,05 | 1,91 | 0,32 |
| Azote urinaire (1) | 0,388 | 0,274 | 0,349 | 0,638 | 0,554 | 0,555 | 0,71 |
| Azote Fèces (1) | 0,200 | 0,168 | 0,179 | 0,229 | 0,204 | 0,211 | 0,97 |
| Azote Excrété apparent (1) | 0,588 | 0,442 | 0,529 | 0,867 | 0,759 | 0,766 | 0,57 |
| Azote Retenu apparent (1) | 1,230 | 1,215 | 1,285 | 1,040 | 1,293 | 1,145 | 0,46 |
| Efficacité de l'utilisation de l'N (%) | 67,6 | 73,3 | 70,6 | 53,7 | 63,0 | 59,6 | 0,81 |
| Expérience 3 : 100-115 kg | | | | | | | |
| Protéines (%) | 11,6 | | | 14,5 | | | p<F |
| Mét/Lys (%) | 28 | 34 | 40 | 28 | 34 | 40 | |
| Azote ingéré (1) | 1,61 | 1,65 | 1,64 | 2,05 | 2,01 | 2,01 | 0,12 |
| Azote urinaire (1) | 0,661 | 0,596 | 0,596 | 0,987 | 0,859 | 0,871 | 0,79 |
| Azote Fèces (1) | 0,266 | 0,337 | 0,367 | 0,321 | 0,361 | 0,365 | 0,70 |
| Azote Excrété apparent (1) | 0,926 | 0,933 | 0,962 | 1,308 | 1,221 | 1,235 | 0,27 |
| Azote Retenu apparent (1) | 0,686 | 0,720 | 0,676 | 0,748 | 0,790 | 0,773 | 0,76 |
| Efficacité de l'utilisation de l'N (%) | 42,6 | 43,5 | 41,2 | 36,4 | 36,3 | 38,5 | 0,54 |

(1) Tous les chiffres sont des moyennes ajustées données en g/jr/kg PV^{0,75}.