

Conséquences des apports réduits en protéines du sevrage à l'abattage

Arnaud SAMSON, David GUILLOU, Claire LAUNAY*

INZO° SAS, rue de l'Eglise, BP 50 019, F-02407 Chierry

asamson@inzo-net.com

Avec la collaboration de Fanny VIARD-PEERS, Nathalie LEBAS et Christian MINETTE

Conséquences des apports réduits en protéines du sevrage à l'abattage

Un essai zootechnique a été conduit afin de mesurer l'influence d'une réduction des apports de protéines en dessous des recommandations du CORPEN (2003) depuis la phase de post-sevrage (deuxième âge) et jusqu'à la fin de l'engraissement. Le schéma expérimental était construit sur trois périodes consécutives (post-sevrage, croissance, finition) en croisant 2 niveaux de protéines (« Haut » : H et « Bas » : B) afin d'obtenir 8 programmes alimentaires. Les aliments B étaient formulés pour obtenir des niveaux de protéines inférieurs de 2 points aux recommandations (H), en maintenant à l'identique les niveaux de 4 acides aminés indispensables (lysine, thréonine, méthionine et cystine) et en contrôlant les apports en tryptophane, exprimés en teneurs digestibles standardisées. 256 porcelets ont été affectés à l'essai, dont 112 suivis ensuite individuellement jusqu'à l'abattage sur les critères de performances : croissance, indice de consommation, classement des carcasses. L'excrétion azotée était calculée à partir des performances et des résultats d'analyse des aliments. La réduction des teneurs en protéines des aliments en deçà des recommandations « basse pollution » en vigueur a permis de réduire encore l'excrétion azotée des porcs de 5 à 17%. Toutefois, ces réductions s'accompagnaient d'une dégradation significative des indices technico-économiques : durée d'engraissement allongée, indice de consommation augmenté, carcasses plus grasses. Imposer une réduction supplémentaire des teneurs en protéines des aliments des porcs aurait donc pour conséquence une augmentation du coût de production de la viande de porc en l'état actuel des moyens techniques disponibles.

Consequences of reduced protein supply from weaning to slaughter

The reduction of protein levels from weaning till slaughter, in keeping with the current French recommendations to reduce pollution (CORPEN, 2003), was evaluated in a feeding trial. The experiment was designed as a split-split-plot with 3 consecutive periods (post-weaning, growing, finishing) and 2 protein levels ('High' and 'Low') in each period. 'Low' protein diets were formulated with 2 percentage points less protein than 'High' protein diets, the latter corresponding to the current 'low pollution' recommendations, while maintaining constant the levels of the top 4 limiting essential amino acids (lysine, threonine, methionine and cystine) and controlling the tryptophane level, expressed in standardized ileal digestible values. The trial started with 256 piglets, 112 of which were selected for individual follow-up in the grow-finish phase with measurements recorded on: growth rate, feed conversion ratio, and carcass grade. Nitrogen excretion was calculated using actual performance data and feed analysis data. Reducing the feed protein content below the current 'low pollution' recommendations succeeded in further reducing the nitrogen excretion by 5 to 17%, depending on the feed sequence. However, significant production losses were associated with the reduction of protein content: increased duration to reach market-weight, increased feed conversion ratio, and increased carcass fatness. Imposing further reductions in swine feed protein content would increase the cost of producing pork in current production systems.

INTRODUCTION

En France, les teneurs maximales en protéines sont partiellement réglementées depuis 1993 (Décret d'Application de la Directive Nitrates de l'Union Européenne de 1991) dans la mesure où les autorisations d'exploiter imposent aux éleveurs de suivre les recommandations émises par le CORPEN s'ils ne disposent pas de suffisamment de terres pour valoriser l'azote des déjections animales. Alors que la mise en application de ces règlements a été efficace lors de la première décennie, depuis 2002 elle n'a pas permis de baisser la teneur en nitrates des eaux superficielles en Bretagne en dessous de la « valeur guide » de 25 mg/L (DIREN Bretagne, 2008). Il est donc question de baisser encore les teneurs en protéines maximales autorisées, pour intégrer aussi les pertes d'ammoniac. Ainsi, Bonneau *et al.* (2008a et b) rapportaient des résultats obtenus dans le cadre du programme « Porcherie Verte » : ils indiquaient que pour une même quantité d'azote corporel retenu, un régime titrant 12% de protéines permettait de diminuer sensiblement les quantités d'azote arrivant jusqu'au sol et volatilisées dans l'atmosphère.

En se référant aux travaux originaux de Portejoie *et al.* (2002), il apparaît que les données ont été obtenues sur des porcs de 55 à 60 kg de poids vif, sur une durée de 21 jours.

Par ailleurs, les performances (gain moyen quotidien : GMQ ; indice de consommation : IC) des porcs recevant le régime à 12% de protéines étaient dégradées de 7% (non significatif) par rapport à un régime à 16% de protéines.

Un essai zootechnique a donc été mis en place afin de mesurer l'influence d'une réduction des apports de protéines en dessous des recommandations du CORPEN « en vigueur » (CORPEN, 2003) depuis la phase de post-sevrage (deuxième âge) et jusqu'à la fin de l'engraissement.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux et logement

L'essai s'est déroulé au Centre de Recherches Zootechniques Appliquées (Montfaucon, Aisne). Les porcelets, issus de deux bandes de truies de l'élevage, étaient mis en lots le jour du sevrage (28 jours) sur la base de leur sexe, de leur poids vif et de l'origine maternelle, afin de constituer 8 blocs de 8 cases similaires, chacune logeant 4 porcelets (256 porcelets en essai) pendant 6 semaines. Les salles de post-sevrage sont gérées en « tout plein, tout vide » : les porcelets issus d'une même bande étaient logés dans une même salle.

Les deux salles, de 32 cases chacune, sont conçues à l'identique, avec des caillebotis relevables, en acier moulé de plastique, sur fosse collective de 50 cm de profondeur (évacuation quotidienne des déjections par flushing).

Chaque case était équipée d'un abreuvoir et d'un nourrisseur biplace, autorisant un abreusement et une alimentation *ad libitum*. L'ambiance était régulée par la ventilation, l'entrée d'air se faisant par la gaine centrale grâce à des volets autorégulateurs, avec extraction haute et régulation du débit. La consigne de température, fixée à 28 °C la première semaine et diminuant d'1 °C chaque semaine suivante, a été globalement respectée dans les deux salles (écarts des valeurs minimales et maximales journalières à la température de consigne compris entre -1 et +3°C respectivement).

Pour le suivi en engraissement, une réduction du nombre d'animaux en essai était imposée par le nombre de places

disponibles dans les deux salles. Par ailleurs, il était primordial de ne pas « gommer » d'éventuels effets du traitement appliqué en post-sevrage sur les performances.

La sélection s'est alors opérée sur des blocs de cases réalisés au sevrage, sur la base du poids de sortie des porcelets, en retenant les plus représentatifs de l'effet du traitement (pour chaque bande 1 bloc complet et 1 bloc incomplet, 3 porcs sur 4 de chaque case, ont été retenus). En salle d'engraissement, les porcs étaient logés individuellement dans des cases de 1,6 m², munies d'un nourrisseur et d'un abreuvoir automatique. Ces cases reposaient sur un caillebotis béton intégral, au dessus d'une pré-fosse vidangée une fois par semaine. La fin de l'essai correspondait au départ à l'abattoir.

1.2. Alimentation

1.2.1. Schéma expérimental

Les deux semaines suivant le sevrage correspondaient à une période pré-expérimentale, tous les porcs recevant le même aliment. L'essai débutait à partir de la distribution de l'aliment de deuxième âge. Le schéma expérimental était construit sur trois périodes consécutives en croisant les traitements, avec 2 niveaux de protéines pour les porcelets en deuxième âge, puis 2 niveaux en croissance, et encore 2 niveaux en finition. A chaque stade, les deux niveaux sont nommés « Haut » (H) et « Bas » (B) en fonction du niveau de protéines dans l'aliment. Les aliments H étaient formulés de manière à respecter les recommandations du CORPEN (2003) en protéines et en phosphore. Les aliments B ont été formulés pour obtenir des niveaux de protéines inférieurs de 2 points aux recommandations du CORPEN, en maintenant à l'identique les niveaux de 5 acides aminés indispensables (lysine, thréonine, tryptophane, méthionine et cystine) exprimés en teneurs digestibles standardisées. Le Tableau 1 récapitule les teneurs en protéines des 7 aliments utilisés.

Tableau 1 - Teneurs en protéines des aliments de l'essai

Période	Age des porcs (j)		Teneur en protéines (%)	
	début	fin	« Haut »	« Bas »
Premier âge	28	42	20,5	
Deuxième âge PS	43	69	18,0	16,0
Croissance CRO	70	105	16,5	14,6
Finition FIN	106	abattages	15,0	13,0

Aliments distribués selon un schéma en split-split-plot

1.2.2. Formulation

L'aliment premier âge était un aliment commercial non-médicamenteux de la gamme INZO.

Tous les aliments expérimentaux étaient formulés à base de blé tendre, orge, maïs, tourteau de soja 48, minéraux et acides aminés ; les aliments croissance et finition incorporent aussi du son fin de blé. Une phytase microbienne était incorporée à chaque aliment (750 FYT/kg).

Les régimes étaient calculés iso-nutritionnels pour chaque période, pour leurs teneurs en énergie nette, lysine digestible (Lys), méthionine digestible (Met), méthionine digestible+cystine digestible (Met+Cys), thréonine digestible (Thr), et phosphore digestible. Exprimés en rapport à la lysine, les apports des acides aminés indispensables contrôlés étaient les mêmes aux 3 périodes : 30% pour Met/Lys, 65% pour (Met+Cys)/Lys, 62,5% pour Thr/Lys. En post-sevrage, le ratio

tryptophane (Trp)/Lys était maintenu constant aux deux niveaux de protéines (19%). En croissance et finition, en raison de l'application d'un plan de rationnement, le ratio Trp/Lys passait de 22 à 18% quand la teneur en protéines était réduite. Les teneurs en énergie nette, lysine digestible et phosphore digestible étaient respectivement : 9,60 MJ/kg, 0,72% et 0,38% en deuxième âge ; 9,55 MJ/kg, 0,82% et 0,24% en croissance ; 9,60 MJ/kg, 0,72% et 0,22% en finition.

1.2.3. Fabrication et contrôles

Tous les aliments expérimentaux étaient produits à l'atelier expérimental d'INZO à Chierry (Aisne). Ils étaient présentés en granulés de 2,5 mm de diamètre en deuxième âge et de 5 mm de diamètre en engraissement. Des échantillons étaient récupérés au CRZA selon la méthode du repas fictif puis envoyés au laboratoire INZO de Chierry pour y analyser : humidité, protéines, lysine, calcium, phosphore et sodium. Les teneurs dans les aliments étaient conformes aux valeurs attendues.

1.2.4. Distribution des aliments

En post-sevrage, les aliments étaient offerts *ad libitum*. Chaque distribution d'aliment dans un nourrisseur était pesée manuellement, les refus étant récupérés chaque semaine, pesés et écartés. Le passage de l'aliment de premier âge à l'aliment de deuxième âge était réalisé sans transition après la pesée des refus de la deuxième semaine.

En engraissement, les porcs étaient nourris selon un plan de rationnement : 1,35 kg le premier jour, une progression de 35 g par jour jusqu'à un plafond de 2,54 kg qui était maintenu jusqu'au départ à l'abattoir. Les quantités pour une semaine étaient préparées individuellement à l'avance, puis distribuées manuellement deux fois par jour. Les refus éventuels étaient récupérés hebdomadairement et pesés.

1.3. Mesures, calculs et analyse statistique

Les porcs étaient pesés individuellement selon le calendrier suivant : sevrage (S), S+14 (début de l'essai), S+28, S+41 (sortie de post-sevrage), S+55, S+76 (changement d'aliment entre croissance et finition), S+90, S+111 (dernière pesée commune), départ à l'abattoir. Afin de faciliter le traitement des données, les salles d'engraissement étaient vidées en deux départs chacune. Les porcs étaient abattus à l'abattoir de Saint-Pol-sur-Ternoise (Pas-de-Calais).

Les porcs étant tatoués d'un numéro individuel sur le flanc, la correspondance avec l'ordre d'abattage était possible et les données individuelles de classement étaient collectées (poids chaud, G1, G2, M2, TMP).

L'excrétion azotée des porcs sur la période sevrage vente a été calculée à partir des quantités d'aliments distribuées par porc, des teneurs analysées en protéines des aliments (Tableau 1) et de l'équation rapportée dans CORPEN (2003) pour la rétention azotée, en estimant la valeur TVM à partir de TMP (TVM=TMP+1,5).

En raison de la distribution collective d'aliment, en post-sevrage l'unité expérimentale était la case, alors qu'en engraissement les données individuelles de chaque porc étaient utilisables. Seules les données d'engraissement sont donc présentées. Elles étaient analysées selon un dispositif complet randomisé en *split-split-plot* (procédure GLM de SAS v8.2, 2001, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les traitements sont nommés à partir du croisement des niveaux H et B dans les aliments post-sevrage (PS), puis croissance (CRO) et enfin finition (FIN) : H×H×H, H×H×B, H×B×H, H×B×B, B×H×H, B×H×B, B×B×H et B×B×B.

2.1. Etat sanitaire, données manquantes

Trois porcs sont morts en cours d'essai : un premier présentant des symptômes de SDIP en période de croissance (B×H×H), un second présentant des symptômes de SDIP en finition (B×B×H) et un autre porc mort brutalement en finition (supposition d'un problème cardiaque, H×B×H). Par ailleurs, 6 porcs ont été soignés (anti-inflammatoires) pour des problèmes d'aplombs. Un porc du traitement H×B×H a présenté un retard de croissance à partir de l'entrée en engraissement et n'a jamais récupéré, présentant un poids de 82,1 kg à 179 jours (départ à l'abattoir). Il n'a toutefois pas été exclu du traitement des données. Quatre porcs sont morts pendant le transport à l'abattoir (panne du camion ayant entraîné un fort allongement de la durée du transport) et 2 carcasses présentaient des tatouages illisibles et n'ont pas pu être identifiées sur la chaîne de l'abattoir. Enfin, 2 carcasses ont été consignées en raison d'ecchymoses (B×H×H, B×H×B).

Tableau 2 - Influence de la réduction des teneurs en protéines en deçà des recommandations du CORPEN, et de la période d'application de cette réduction, sur les performances des porcs en croissance-finition

PS ¹ CRO ¹ FIN ¹	Haut Haut Haut	Haut Haut Bas	Haut Bas Haut	Haut Bas Bas	Bas Haut Haut	Bas Haut Bas	Bas Bas Haut	Bas Bas Bas	effets statistiques des aliments
n	14	14	13	14	13	14	13	14	
PV s ² kg	9,3	9,3	9,3	9,2	9,1	9,3	9,0	9,2	
PV s+41 ² kg	32,8	32,8	31,6	33,1	31,2	31,6	32,6	31,3	
PV ab ³ kg	115,1	111,9	110,6	113,0	111,8	113,2	112,8	115,2	
Durée Eng ⁴ j	95,0	95,0	95,5	99,5	93,8	98,0	92,2	99,5	FIN (0,0465)
GMQ CRO g/j	910	911	900	913	911	913	915	896	
GMQ FIN g/j	848	790	798	743	829	788	844	816	PS×CRO (0,0298), FIN (0,0013)
GMQ Eng ⁴ g/j	871	837	835	805	861	835	872	846	PS×CRO (0,0448), FIN (0,0063)
IC CRO kg/kg	2,10	2,14	2,12	2,11	2,08	2,11	2,09	2,11	
IC FIN kg/kg	2,96	3,15	3,10	3,35	2,99	3,13	2,96	3,02	CRO (0,0959), PS×CRO (0,0214), FIN (0,0030)
IC Eng ⁴ kg/kg	2,61	2,73	2,68	2,83	2,62	2,71	2,60	2,67	PS (0,0943), CRO (0,0825), PS×CRO (0,0169), FIN (0,0010)

¹ : PS, aliment distribué en phase de deuxième âge ; CRO, aliment distribué en période de croissance ; FIN, aliment distribué en période de finition (Tableau 1)

² : s, sevrage ; s+41, sevrage+41 jours. ³ : ab, départ à l'abattoir. ⁴ : Eng, engraissement

2.2. Performances zootechniques

Les performances zootechniques sont présentées au Tableau 2. C'est en période de finition (à partir de 76 jours après le sevrage soit 104 jours d'âge environ) que les performances ont été significativement affectées par les traitements expérimentaux.

La réduction de la teneur en protéines de l'aliment de deuxième âge (PS) présentait un effet résiduel sur les performances de finition et de l'engraissement global (GMQ et IC), le plus souvent en interaction avec la réduction de la teneur en protéines de l'aliment de croissance (CRO).

De même, l'effet de l'aliment CRO dépendait généralement de l'aliment PS. En revanche, l'effet de l'aliment de finition (FIN) était hautement significatif sur la durée d'engraissement, sur les GMQ et les IC, sans aucune interaction significative avec les traitements appliqués lors des périodes précédentes.

La réduction de la teneur en protéines de 15 à 13% en finition s'accompagnait donc d'une réduction de la vitesse de croissance et d'une augmentation de l'indice de consommation en finition (+7%), quels que soient les niveaux de protéines dans les aliments précédents.

Le niveau de performance de cette période dépendait aussi des apports de protéines dans les périodes précédentes : quand le niveau de protéines de l'aliment PS était de 18%, la réduction de la teneur en protéines de 16,5 à 14,6% dans l'aliment CRO avait un effet négatif sur les performances de finition ; en revanche, quand le niveau de protéines de

l'aliment PS était de 16%, la réduction de la teneur en protéines de CRO améliorait numériquement les performances de finition.

La réduction des apports de protéines en maintenant constantes les teneurs en lysine digestible, thréonine digestible et acides aminés soufrés digestibles s'accompagnait d'une réduction des niveaux d'autres aminés essentiels, tel le tryptophane, mais aussi la valine et l'isoleucine.

Un bilan de formules réalisé *a posteriori* sur ces deux derniers acides aminés ne permet pas de conclure à une carence (exprimés en digestible, par rapport à la lysine : 84% vs. 70% pour la valine, 73% vs. 57% pour l'isoleucine, dans les aliments H et B respectivement ; mêmes valeurs dans les aliments CRO et FIN). On ne peut donc exclure que le porc en finition ait réagi à la baisse de l'ensemble des acides aminés, indispensables ou non.

Les effets observés de l'interaction entre les niveaux de protéines en PS et CRO, sur les performances mesurées en finition pourraient trouver une origine dans une adaptation du métabolisme oxydatif des acides aminés, sensible aux niveaux des apports, comme le suggéraient Sève et Le Floc'h (1998). Ainsi, la réduction des apports de protéines à une période donnée pourrait avoir comme conséquence une plus grande efficacité des acides aminés ingérés lors de la période suivante en raison d'une oxydation réduite.

Toutefois, la persistance de cette adaptation n'est pas connue.

Tableau 3 - Influence de la réduction des teneurs en protéines en deçà des recommandations du CORPEN, et de la période d'application de cette réduction, sur le classement des carcasses

PS ¹	H	H	H	H	B	B	B	B	effets statistiques des aliments
CRO ¹	H	H	B	B	H	H	B	B	
FIN ¹	H	B	H	B	H	B	H	B	
n	12	13	12	13	12	14	12	14	
Poids chaud kg	89,5	88,2	86,6	87,8	87,0	89,1	87,9	90,1	
Rendement %	78,4	78,5	78,1	78,2	78,2	78,7	77,9	78,2	
G1 mm	14,5	16,2	13,7	15,2	14,3	16,9	15,5	16,1	FIN (0,0034)
G2 mm	13,1	13,2	11,2	13,5	12,8	13,5	13,2	13,6	FIN (0,0597)
M2 mm	59,7	57,2	55,2	55,1	59,1	57,1	56,5	58,1	CRO×FIN (0,0982)
TMP CGM 2008	61,4	60,4	61,8	60,3	61,5	60,0	60,5	60,4	FIN (0,0085)

¹ : PS, aliment distribué en phase de deuxième âge ; CRO, aliment distribué en période de croissance ; FIN, aliment distribué en période de finition (Tableau 1)

2.3. Classement des carcasses

Les données de classement des carcasses sont présentées au Tableau 3. A l'exception du porc du traitement H×B×H présentant un fort retard de croissance, aucune carcasse n'était hors-gamme de poids. La plus forte proportion de carcasses dans le cœur de gamme était obtenue avec le traitement H×H×H (83% vs. 75% pour l'ensemble des autres modalités). Toutefois, en raison du faible effectif par traitement, donc du poids statistique d'une donnée sur la répartition exprimée en %, l'analyse de la répartition dans la gamme n'a pas été approfondie.

Ni le poids de carcasse ni le rendement n'étaient affectés par la séquence d'apport en protéines du sevrage à la vente. Ces résultats étaient obtenus en faisant varier significativement la durée d'engraissement (donc sevrage-vente, Tableau 2).

La réduction de la teneur en protéines pendant la période de finition augmentait significativement les épaisseurs de gras G1 et G2 des carcasses, ce qui semble indiquer un excès d'énergie nette relatif aux apports d'acides aminés, qui limiteraient donc

la croissance musculaire. En revanche, l'effet sur l'épaisseur de la longe (M2) tendait à dépendre ($P < 0,10$) de la teneur en protéines de l'aliment de croissance : après un aliment de croissance conforme aux recommandations du CORPEN, la réduction supplémentaire en finition baissait la valeur de M2 ; en revanche, après un aliment CRO présentant des apports plus réduits en protéines, l'effet de la réduction supplémentaire en finition ne se ferait pas sentir.

La valorisation du kg de carcasse, représentée par le $TMP_{CGM 2008}$, était significativement réduite lorsque les apports de protéines étaient réduits en finition.

2.4. Rejets azotés

En relation avec des poids de carcasses similaires, la rétention d'azote par les porcs des différents traitements restait très semblable, conformément aux résultats du programme Porcherie Verte (Bonneau *et al.*, 2008a).

Pour les porcs recevant le traitement H×H×H, c'est-à-dire conforme aux recommandations du CORPEN (2003), l'excrétion azotée calculée sur la période sevrage-vente était

de 3,96 kg, c'est-à-dire réduite de 20% par rapport à la situation moyenne décrite par Dourmad et Henry (1994).

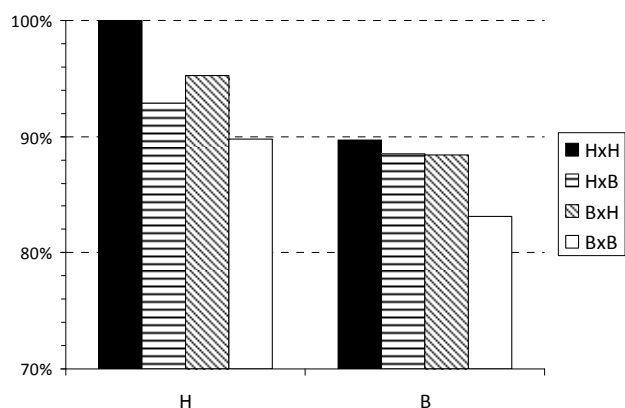


Figure 1 - Effet de la réduction de la teneur en protéines de l'aliment de finition en deçà des recommandations du CORPEN sur l'excrétion azotée totale sur la période sevrage-vente, selon les apports de protéines des périodes antérieures (stratégie CORPEN 2003=base 100)

Comme l'indiquent les résultats présentés à la Figure 1, la réduction supplémentaire des apports de protéines (2 points, soit -12 à -14%) permettait aussi une réduction supplémentaire de l'excrétion azotée de 5 à 17% selon les programmes alimentaires.

La réduction de la teneur en protéines sur la période de finition avait un impact majeur, mais la combinaison des niveaux en PS et CRO pouvait aboutir à une réduction équivalente. Toutefois, c'est sur la même période que les indices technico-économiques étaient le plus dégradés.

L'impact sur le coût des aliments d'une telle réduction des teneurs en protéines, en maintenant élevés le niveau des acides aminés indispensables, serait très sensible aux conditions de marchés : niveau de l'offre des acides aminés d'origine industrielle, cours mondial des matières premières, parité Euro/Dollar US, etc...

Par ailleurs, on peut s'inquiéter de la contradiction apparente entre la volonté de valoriser des co-produits agro-industriels tels que les drêches de blé, à la fois riches en protéines mais pauvres en acides aminés digestibles (Cozannet *et al.*, 2009) dans un contexte de limitation supplémentaire et forfaitaire des teneurs en protéines des aliments.

Enfin, la question reste entière dans le cas de l'élevage de porcs mâles entiers, qui présentent des besoins plus élevés en acides aminés (Moore *et al.*, 2009).

L'élevage de ces animaux, avec ou sans vaccination contre l'androsténone, est en effet une alternative possible à la castration (Hémonic *et al.*, 2009).

CONCLUSION

La réduction des teneurs en protéines des aliments en deçà des recommandations en vigueur du CORPEN (2003), a permis de réduire encore l'excrétion azotée des porcs.

Toutefois, ces réductions s'accompagnaient d'une dégradation des indices technico-économiques : durée d'engraissement allongée, indice de consommation augmenté, engraissement des carcasses.

Imposer une réduction supplémentaire des teneurs en protéines des aliments des porcs aurait donc pour conséquence une augmentation du coût de production de la viande de porc en l'état actuel des moyens techniques disponibles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bonneau M., Beline F., Dourmad J.Y., Hassouna M., Jondreville C., Loyon L., Morvan T., Paillat J.M., Ramonet Y., Robin P., 2008a. Connaissance du devenir des éléments à risques dans les différentes filières de gestion des effluents porcins. *INRA Prod. Anim.*, 21, 325-344.
- Bonneau M., Dourmad J.Y., Germon J.C., Hassouna M., Lebreton B., Loyon L., Paillat J.M., Ramonet Y., Robin P., 2008b. Connaissance des émissions gazeuses dans les différentes filières de gestion des effluents porcins. *INRA Prod. Anim.*, 21, 345-360.
- CORPEN, 2003. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. Corpen (Eds), Paris, France, 41p.
- Cozannet P., Primot Y., Métayer J.P., Gady C., Lessire M., Geraert P.A., Le Tutour L., Skiba F., Noblet J., 2009. L'utilisation des drêches de blé en alimentation porcine. *INRA Prod. Anim.*, 22, 11-16.
- DIREN Bretagne, 2008. L'eau en Bretagne : bilan 2008. Direction Régionale de l'Environnement de Bretagne, Rennes, France, 24 p.
- Dourmad J.Y., Henry Y., 1994. Influence de l'alimentation et des performances sur les rejets azotés des porcs. *INRA Prod. Anim.*, 7, 263-274.
- Hémonic A., Courboulay V., Kuhn G., McLaughlin C.L., Martin V.A., Brock F.C., Pearce M.C., 2009. Evaluation of the safety, efficacy and production benefits of vaccination against boar taint in male pigs raised under commercial field conditions in France. *Revue Méd. Vét.*, 160, 383-393.
- Moore K.L., Campbell R.G., Nicholls R.R., Mullan B.P., 2009. Entire male and female pigs have different available lysine:energy requirements from 20 to 50 kg liveweight. In: R.J. van Barneveld (Ed). *Manipulating Pig Production XII*, 76, Australasian Pig science Association: Werribee, Australie.
- Portejoie S., Dourmad J.Y., Martinez J., Lebreton Y., 2002. Effet de la réduction du taux protéique de l'aliment sur la volatilisation ammoniacale des effluents porcins. *Journées Rech. Porcine*, 34, 167-174.
- 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*, 30, 209-216.

