

Impact de la réduction des niveaux alimentaires en matière azotée totale, en phosphore, en cuivre et en zinc sur les performances et les rejets des porcs charcutiers

F. PABOEUF (1), Catherine CALVAR (2), Brigitte LANDRAIN (3), H. ROY (4)

(1) Chambre d'Agriculture des Côtes d'Armor, Service Recherche et Production - B.P. 540, 22195 Plérin Cedex

(2) Établissement Départemental de l'Élevage du Morbihan - B.P. 77, 56002 Vannes Cedex

(3) Chambre d'Agriculture du Finistère, Établissement Départemental de l'Élevage - B.P. 504, 29322 Quimper Cedex

(4) Chambre d'Agriculture d'Ille et Vilaine, Établissement Départemental de l'Élevage - C.S. 14226, 35042 Rennes Cedex

Avec la collaboration technique de J. Le Pan (1), M. Gautier (1), D. Lesaichere (1)

Impact de la réduction des niveaux alimentaires en matière azotée totale, en phosphore, en cuivre et en zinc sur les performances et les rejets des porcs charcutiers

La réduction des niveaux alimentaires en matière azotée totale, en phosphore, en cuivre et en zinc sur les performances et les rejets des porcs charcutiers a été étudiée à l'aide de 3 régimes. Le premier traitement (Uniq) est un régime unique pour les matières azotées totales (16,5 % de MAT), le phosphore (0,52 % de phosphore total), le cuivre et le zinc (supplémentation de 80 mg de cuivre et 97,5 mg de zinc/kg). Le second (BiNP) est de type biphasé. Le passage de l'aliment croissance à l'aliment finition a lieu autour de 60 kg de poids vif. Il respecte les recommandations du Corpen pour les matières azotées totales et le phosphore (16,5 % et 15,0 % de MAT, 0,52 % et 0,45 % de phosphore total respectivement en croissance et en finition) et présente des niveaux en cuivre et en zinc faibles (supplémentation de 10 mg de cuivre et 50 mg de zinc/kg). Enfin, le dernier régime (Opti) est analogue au second sauf pour le phosphore. La supplémentation minérale en phosphore est supprimée et de la phytase microbienne est apportée à raison de 500 Unité Phytasique (UP)/kg d'aliment en croissance et en finition. Aucun effet significatif du facteur régime n'est observé sur les performances de croissance et de carcasse des porcs charcutiers. Les quantités d'azote présentent dans les effluents des animaux des régimes BiNP et Opti sont proches (2,65 kg par porc) et inférieures de 14 % aux quantités mesurées dans le lisier des porcs recevant le régime Uniq. Les quantités de phosphore des effluents des animaux du régime Opti sont inférieures de 54 % au régime Uniq. La valeur obtenue par le lisier des porcs du régime BiNP est intermédiaire aux deux précédents régimes. Les quantités de cuivre et de zinc des effluents des animaux du régime Opti sont respectivement inférieures de 73 et 38 % aux quantités mesurées dans les lisiers des porcs charcutiers du régime Uniq. La valeur obtenue pour le lisier des porcs du régime BiNP est également intermédiaire à celle des régimes Uniq et Opti. L'ensemble de ces résultats montre qu'il est possible de réduire les niveaux de matière azotée totale, de phosphore, de cuivre et de zinc de l'aliment. Les performances se maintiennent et les rejets diminuent.

A study of the effects of a reduction in dietary protein, phosphorus, copper and zinc on performance and excretion of growing/finishing pigs

The effects of a reduction in dietary protein, phosphorus, copper and zinc on growth performance and excretion were studied in 108 crossbred pigs (60 castrated males and 60 females) between the weights 26 to 60 kg and 60 to 104 kg. The pigs were allocated to one of 3 groups (Uniq, BiNP, Opti). Uniq contained 16.5 % protein, 0.52 % phosphorus, 88 mg copper and 97.5 mg zinc. BiNP was a two-phase diet (Corpen recommendations for protein and phosphorus) and contained 16.5 % protein, 0.52 % phosphorus, 10 mg copper, 50 mg zinc during the growing period and 15 % protein, 0.45 % phosphorus, 10 mg copper, 50 mg zinc during the finishing period. The diets were changed at 60 kg. Opti was identical to BiNP for protein, copper and zinc but was not supplemented with phosphorus (total P content : 0.36 %) and contained 500 UI phytase/kg. The pigs were slaughtered at approximately 105 kg and the following parameters were measured : average daily gain (ADG), feed conversion ratio (F/G), carcass traits (lean meat %), backfat thickness (G1/G2), loin muscle thickness (M2) and the amount of nitrogen, phosphorus, copper and zinc excretion in slurry. No differences were observed between diets for ADG, F/G and carcass traits. Nitrogen excretion was similar in BiNP and Opti (2.65 kg/pig), and lower than Uniq (-14 %). Phosphorus excretion was lower in Opti than Uniq (-54 %). Copper and zinc excretion were lower in Opti than Uniq (respectively -73% and -38%). The amounts of phosphorus, copper and zinc excreted were intermediate for the BiNP diet compared to other diets. The results show that reducing the level of dietary protein, phosphorus, copper and zinc does not affect animal performance, while it does have a beneficial effect by reducing nitrogen, phosphorus, copper and zinc excretion.

INTRODUCTION

L'amélioration de l'indice de consommation, la prise en compte des caractéristiques nutritionnelles propres à chaque matière première et l'ajustement des apports aux besoins des animaux permettent de réduire l'excrétion en azote, en phosphore et en métaux lourds sans dégrader les performances des porcs charcutiers.

L'utilisation de régimes à teneurs modérées en protéines permet de réduire les rejets en azote (LENIS, 1989 ; DOURMAD et al., 1992 ; QUINIOU et al., 1993). Ceci peut être obtenu par une meilleure adéquation des apports aux besoins des animaux, mais également en améliorant le profil en acides aminés des protéines (HENRY et BOURDON, 1993). Le phosphore phytique des graines peut être valorisé grâce aux phytases végétale et microbienne (SAUVEUR, 1984 ; POINTILLART et al., 1987 ; EECKHOUT et DEPAEPE, 1992). La réduction de la supplémentation minérale ainsi permise diminue l'excrétion en phosphore (CASADO et al., 1993). En utilisant des matières premières présentant une forte activité phytasique, on peut supprimer la supplémentation minérale en phosphore (POINTILLART et al., 1993 ; PABOEUF et al., 1999). L'incorporation de phytase microbienne améliore également l'utilisation par l'animal du phosphore phytique en particulier lorsque les matières premières végétales sont dépourvues de phytase (LATIMIER et al., 1994 ; CHAUVEL et al., 1997). Enfin, le cuivre est apporté en supplémentation dans l'aliment du porc charcutier à un niveau supérieur aux recommandations (5 à 10 mg par kg d'aliment ; PALAUFF, 1996). Cet élément est connu depuis longtemps pour son impact positif sur les performances de croissance (BOWLER et al., 1955 ; HAGEN et al., 1987). En grande quantité dans l'aliment, le zinc permet de réduire le taux de mortalité ainsi que la fréquence d'apparition des diarrhées chez les porcelets durant les deux premières semaines après le sevrage (POULSEN, 1995). La digestibilité des sels inorganiques apportés en supplémentation dans l'alimentation étant limitée (ADEOLA et al., 1995), les teneurs en cuivre et en zinc sont importantes dans les déjections (COPPENET et al., 1992). Des mesures préventives alimentaires sont proposées pour limiter leurs concentrations dans les déjections notamment en ajustant les apports aux besoins au cours des phases d'élevage (LATIMIER et PABOEUF, 1997 ; PABOEUF et al., 2000).

L'objectif de ce travail est double : d'une part, évaluer l'impact de la réduction des niveaux alimentaires de matière azotée totale, de phosphore, de cuivre et de zinc sur les performances zootechniques des porcs charcutiers ; d'autre part, apprécier l'effet de la réduction de ces éléments sur leurs concentrations respectives dans les déjections.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Schéma expérimental

Trois régimes ont été mis en comparaison à la station expérimentale des Chambres d'agriculture de Bretagne située à Crécom (22) suivant un dispositif en blocs équilibrés. Les teneurs en matière azotée totale, en phosphore, en cuivre et en zinc de ces régimes ont été établies d'après les recom-

mandations proposées par l'INRA et les résultats d'essais antérieurs conduits à la station. Le premier traitement est un régime unique. Les deux seconds sont de type biphase caractérisés par l'utilisation d'un régime « croissance » de 26 à 60 kg de poids vif, d'un régime « finition » de 60 à 105 kg de poids vif :

- Uniq : régime présentant une teneur en matière azotée totale de 16,5 %, 0,52 % de phosphore total et une supplémentation de 80 mg de cuivre et 97,5 mg de zinc/kg d'aliment.
- BiNP : les teneurs en matière azotée totale sont de 16,5 % en croissance et de 15 % en finition. Concernant le phosphore total, les niveaux sont de 0,52 % et 0,45 % respectivement en croissance et en finition. Enfin, il renferme une supplémentation minérale de 10 mg de cuivre et 50 mg de zinc/kg d'aliment durant toute la période d'engraissement.
- Opti : les teneurs en matière azotée totale sont de 16,5 % en croissance et de 15 % en finition. Ce régime ne renferme pas de supplémentation minérale en phosphore (0,36 % de phosphore total/kg d'aliment) mais il est supplémenté en phytase microbienne (500 UP/kg d'aliment de phytase microbienne) en croissance et en finition. Les niveaux de supplémentation en cuivre et en zinc sont analogues au régime BiNP.

La composition des régimes et leurs caractéristiques analytiques sont rapportées dans les tableaux 1 et 2. Les apports en cuivre et en zinc du régime finition BiNP se révèlent supérieurs à nos attentes et intermédiaires au régime Uniq et Opti.

1.2. Animaux et logement

Cent huit porcelets issus de 17 truies croisées Large White x Landrace inséminées ou saillies par des verrats croisés Large White x Piétrain ont permis la constitution des lots. La durée moyenne d'allaitement est de 28 jours. Au sevrage, les animaux sont tatoués puis séjournent 35 jours en post-sevrage.

Les animaux ont été mis en lots au début du mois de décembre 1999. La constitution des blocs et l'affectation des animaux dans des loges de 6 sont réalisées en tenant compte du poids, du sexe, de l'âge, de l'origine.

Chacun des 3 lots est élevé en bâtiment fermé, sur caillebotis intégral et placé sur une fosse à lisier préalablement vidée, lavée et désinfectée. La température ambiante contrôlée à la hauteur des animaux est régulée autour de 23,5°C durant toute la période d'engraissement. La ventilation est de type dynamique. La surface disponible et la longueur d'auge par porc sont respectivement de 0,66 m² et 0,31 m.

1.3. Conduite alimentaire

Les aliments sont distribués en granulés et humidifiés à raison de 2,75 litres d'eau/kg dans une auge munie d'un volet obturateur. La ration est apportée en 2 repas selon un plan d'alimentation établi en énergie nette. Le passage de l'aliment croissance à l'aliment finition a lieu 42 jours après la mise en lots, sans transition et à un poids moyen de 60 kg vif.

Tableau 1 - Composition des régimes étudiés

	Aliment croissance			Aliment finition		
	Uniq	BiNP	Opti	Uniq	BiNP	Opti
Matières premières (% brut)						
Maïs	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Blé	43,60	43,60	43,60	43,60	43,60	43,60
Soja Brésil 48	17,60	17,60	17,95	17,60	13,47	13,70
Pois de printemps	3,40	3,40	3,40	3,40	3,65	3,65
Mélasse de canne	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
L, Lysine	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18	0,17
Méthionine DL	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Thréonine	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Carbonate de calcium	0,89	0,89	1,91	0,89	0,57	1,94
Phosphate bicalcique	1,35	1,35	-	1,35	1,57	-
Sel	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
COV 0,5%	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Phytase microbienne	-	-	0,01	-	-	0,01
Valeurs prévues (Brut)						
Matière sèche %	86,44	86,44	86,42	86,44	86,35	86,33
M.A.T. %	16,33	16,33	16,47	16,33	14,90	14,90
Lysine totale %	9,19	9,19	9,19	9,19	8,12	8,13
Lysine digestible %	8,30	8,30	8,30	8,30	7,32	7,32
Méthionine g/kg	2,91	2,91	2,91	2,52	2,52	2,52
Méthionine + Cystine g/kg	5,79	5,79	5,81	5,79	5,30	5,33
Thréonine g/kg	6,31	6,31	6,32	6,31	5,59	5,60
Tryptophane g/kg	1,87	1,87	1,90	1,87	1,68	1,69
Calcium g/kg	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25
Phosphore total g/kg	5,20	5,20	3,66	5,20	4,50	3,51
Phosphore disponible g/kg	2,94	2,94	1,38	2,94	2,33	1,33
Supplémentation en cuivre mg/kg	80,00	10,00	10,00	80,00	10,00	10,00
Supplémentation en zinc mg/kg	97,50	50,00	50,00	97,50	50,00	50,00
Énergie digestible E.D. Kcal	3228	3228	3239	3228	3256	3228
Énergie nette E.N. Kcal	2342	2342	2348	2342	2382	2367

Tableau 2 - Caractéristiques analytiques des régimes étudiés

	Aliment croissance			Aliment finition		
	Uniq	BiNP	Opti	Uniq	BiNP	Opti
Valeurs à l'analyse (Brut)						
Matière sèche %	85,95	84,96	85,05	86,75	86,86	84,65
M.A.T. %	16,70	16,70	16,80	16,70	14,70	15,20
Lysine totale g/kg	8,80	8,80	8,80	8,10	7,70	7,90
Calcium g/kg	9,70	8,90	8,30	9,70	9,30	9,40
Phosphore total g/kg	5,30	4,90	3,50	5,30	4,30	3,60
Cuivre total mg/kg	91,00	26,00	17,00	91,00	40,00	26,00
Zinc total mg/kg	148,00	95,00	91,00	148,00	102,00	92,00
Énergie digestible Kcal	3289	3257	3278	3347	3341	3313
Énergie nette Kcal	2385	2356	2373	2452	2454	2433

1.4. Variables mesurées

- Aux 3 fabrications, des échantillons d'aliment des régimes sont prélevés afin de déterminer leurs caractéristiques nutritionnelles. Le cuivre et le zinc ont fait l'objet d'une extraction totale.
- Les animaux sont pesés individuellement tous les 14 jours et la veille du départ à l'abattoir. Ils jeûnent 16 heures avant la tuerie. Les consommations d'aliment sont connues par loges.

- Les caractéristiques individuelles de carcasse sont exploitées : mesures des épaisseurs de lard dorsal (valeurs G1 et G2), de muscle (valeur M2), de la teneur en viande maigre (TVM) et du poids de carcasse.
- La production d'effluents est mesurée tous les 14 jours à l'aide d'une règle graduée. Des échantillons de lisier propres à chaque régime sont prélevés au terme de l'essai par carottage. Les caractéristiques physiques et chimiques sont recherchées.

1.5. Analyse des données

Les données sont traitées par analyse de variance suivant un modèle mixte hiérarchisé par les logiciels STATITCF et SPAD.

2. RÉSULTATS

2.1. Poids et consommation

- A la mise en lot, les castrats pèsent 25,3 kg et les femelles 25,9 kg. Les poids moyens des animaux au changement d'aliment en engraissement et à l'abattage sont respectivement de 60,2 kg et 104,3 kg pour les deux sexes. Aucune différence significative n'est observée entre les animaux des divers régimes pour ces deux variables.
- Les consommations alimentaires au cours de chaque période d'engraissement sont similaires pour les 4 régimes étudiés (1,7 kg/j en croissance, 2,5 kg/j en finition et 2,1 kg/j sur l'ensemble de la période d'engraissement). La consommation des femelles durant toute la phase d'engraissement est proche de celle des castrats et inférieure aux prévisions du plan d'alimentation (2,1 kg/j contre 2,3 kg/j).

2.2. Gain moyen quotidien et indice de consommation (tableau 3)

- Aucun effet significatif des régimes n'est observé sur les Gain Moyens Quotidiens (GMQ) des porcs charcutiers durant la période de croissance (GMQ moyen de 736 g,

écart maximum NS de 1,7 % en faveur du régime Uniq par rapport au régime Opti), même si le GMQ des femelles du régime Opti est très légèrement inférieur à celui des régimes Uniq et BiNP (écart moyen NS de 1,3 %).

Il n'y a pas eu d'effet significatif des régimes sur l'Indice de Consommation (IC) durant cette phase (IC moyen de 2,34 ; écart maximum NS de 1,7 % en faveur du régime Uniq par rapport au régime Opti). L'IC des femelles du régime Opti est légèrement supérieur à celui des régimes Uniq et BiNP (écart moyen NS de 3,5 %). Cette observation est en accord avec celle concernant les GMQ rapportée précédemment pour cette même période.

- Au cours de la phase de finition, les différences de GMQ entre les régimes sont restées non significatives (GMQ moyen de 843 g, écart maximum NS de 2,3 % en faveur du régime Opti par rapport au régime BiNP). Comparativement aux femelles, les castrats enregistrent les GMQ les plus élevés (écart maximum NS de 6,6 %).

De même qu'en période de croissance, il n'y a pas d'effet significatif des régimes sur l'IC en finition (IC moyen de 3,02, écart maximum NS de 1,9 % en faveur du régime Opti par rapport au régime Uniq).

- Enfin, pour toute la période d'essai, les écarts de GMQ entre les régimes ne sont pas significatifs (GMQ moyen de 792 g, écart maximum NS de 1,6 % en faveur du régime Uniq par rapport au régime BiNP). Il en est de même pour

Tableau 3 - Performances de croissance et efficacité alimentaire

	Uniq	BiNP	Opti	CV résiduel (1) (%)	Effet régime (2)	Effet sexe (2)
G.M.Q. 0 - 42 j (g/j)						
Mâles	740	732	741			
Femelles	746	741	719		NS	NS
Sexes confondus	743	736	730	9,9	(0,75)	(0,85)
G.M.Q. 42 j - vente (g/i)						
Mâles	890	850	878			
Femelles	806	813	823		NS	S
Sexes confondus	848	831	850	12,2	(0,69)	(0,00)
G.M.Q. 0 - vente (g/j)						
Mâles	815	792	812			
Femelles	781	778	774		NS	S
Sexes confondus	798	785	793	8,7	(0,73)	(0,03)
I.C. 0 - 42 j						
Mâles	2,33	2,35	2,33			
Femelles	2,31	2,32	2,40		NS	NS
Sexes confondus	2,32	2,34	2,36	2,3	(0,35)	(0,79)
I.C. 42 j - vente						
Mâles	2,88	3,02	2,90			
Femelles	3,18	3,07	3,08		NS	S
Sexes confondus	3,03	3,05	2,99	2,7	(0,46)	(0,00)
I.C. 0 - vente						
Mâles	2,64	2,73	2,65			
Femelles	2,78	2,74	2,78		NS	S
Sexes confondus	2,71	2,73	2,72	2,2	(0,80)	(0,00)

(1) CV : Coefficient de variation résiduel

(2) Probabilité sous H0. Risque $\alpha = 0,05$. NS : non significatif ; S : significatif ($P < 0,05$).

les IC calculés sur toute la période d'engraissement (IC moyen de 2,72 points, écart maximum NS de 0,7 % en faveur du régime Uniq par rapport au régime BiNP). Il y a un effet significatif du sexe sur les IC.

2.3. Caractéristiques de carcasses (tableau 4)

- Les épaisseurs de lard des porcs charcutiers (valeurs moyennes de 16,06 mm et 13,28 mm respectivement pour les variables G1 et G2) ne sont pas différentes d'un régime à l'autre.
- Les valeurs moyennes M2 ne sont pas significativement différentes entre les régimes (valeur moyenne de 55,44 mm, écart maximum NS de 1,3 % en faveur du régime Uniq par rapport au régime BiNP) et cela tant pour les castrats que pour les femelles.
- La teneur en viande maigre ne varie pas significativement d'un régime à l'autre (valeur moyenne de 61,7 points, écart maximum NS de 0,7 % en faveur du régime Uniq par rapport au régime BiNP). Les écarts de TVM entre les 2 sexes sont significatifs, en défaveur des castrats (écart moyen S de 3,3 %).

2.4. Teneurs en éléments fertilisants des lisiers (tableau 5)

Les quantités d'azote contenues dans les effluents des animaux des régimes BiNP et Opti sont proches (autour de 2,65 kg par porc charcutier) et inférieures de 14 % aux quantités mesurées dans le lisier des porcs charcutiers du régime Uniq. Les quantités d'azote retenues ramenées à celles ingérées sont voisines de 50 %.

Tableau 5 - Caractéristiques des lisiers (par porc charcutier)

	Uniq	BiNP	Opti
Azote total			
Ingéré (kg)	5,75	5,27	5,37
Rejeté (kg)	3,09	2,72	2,60
Retenu/ingéré (%)	46	48	51
Phosphore			
Ingéré (kg)	1,14	0,96	0,75
Rejeté (kg)	0,56	0,43	0,26
Retenu/ingéré (%)	50	55	65
Cuivre			
Ingéré (g)	19,60	7,39	4,80
Rejeté (g)	15,69	8,26	4,13
Retenu/ingéré (%)	20	- 11	14
Zinc			
ingéré (g)	31,88	21,17	19,48
Rejeté (g)	24,98	19,00	14,87
Retenu/ingéré (%)	21	10	23

Les quantités de phosphore des effluents des animaux du régime Opti sont inférieures de 54 % au régime Uniq. Les valeurs obtenues par les lisiers des porcs du régime BiNP sont intermédiaires aux deux précédents régimes. Le rapport entre le phosphore retenu rapporté au phosphore ingéré est plus important avec le régime Opti comparativement aux régimes Uniq et BiNP (respectivement + 15 et + 10 %).

Les quantités de cuivre et de zinc des effluents des animaux du régime Opti sont respectivement inférieures de 73 et 38 % aux quantités mesurées dans les lisiers des porcs charcutiers du régime Uniq. Les valeurs obtenues par les animaux du régime BiNP sont intermédiaires à celles des régimes Uniq et Opti. Le rapport entre le cuivre retenu rap-

Tableau 4 - Caractéristiques de carcasse

	Uniq	BiNP	Opti	CV résiduel (1) (%)	Effet régime (2)	Effet sexe (2)
Rendement chaud (%)						
Mâles	80,1	80,2	80,7			
Femelles	80,2	80,6	79,6		NS	NS
Sexes confondus	80,1	80,1	80,1	1,5	(0,49)	(0,14)
Teneur en viande maigre						
Mâles	60,8	60,3	60,8			
Femelles	62,9	62,6	62,7		NS	S
Sexes confondus	61,9	61,5	61,8	2,6	(0,53)	(0,00)
Épaisseur G1 (mm)						
Mâles	16,4	17,1	16,6			
Femelles	15,4	15,7	15,1		NS	S
Sexes confondus	15,9	16,4	15,9	15,0	(0,59)	(0,00)
Épaisseur G2 (mm)						
Mâles	14,2	14,8	14,7			
Femelles	11,7	12,4	11,8		NS	S
Sexes confondus	12,9	13,6	13,3	16,2	(0,39)	(0,00)
Épaisseur M2 (mm)						
Mâles	55,0	54,3	55,5			
Femelles	56,8	56,0	55,0		NS	NS
Sexes confondus	55,9	55,1	55,2	7,3	(0,69)	(0,19)

(1) CV : Coefficient de variation résiduel

(2) Probabilité sous H0. Risque $\alpha = 0,05$. NS : non significatif ; S : significatif ($P < 0,05$).

porté au minéral ingéré est plus élevé avec le régime Uniq. La valeur se révèle négative pour le régime BiNP. Pour le zinc, les rapports des régimes Uniq et Opti sont voisins et deux fois plus élevés que le régime BiNP.

3. DISCUSSION

3.1. Performances zootechniques

La réduction de la teneur en protéines des régimes ne modifie pas les performances de croissance des porcs charcutiers. Ces résultats corroborent ceux de NOBLET et HENRY (1977), NOBLET et al. (1987), CROMWELL et al. (1988), LATIMIER et CHATELIER (1992). Cependant, les performances de croissance ont été inférieures à nos prévisions. Ce constat est surtout vrai pour les femelles. L'apport en lysine a probablement limité l'expression des performances de croissance des animaux. Le rapport lysine total/énergie digestible (ED) est proche de 2,7 pour les 3 régimes en croissance et 2,3 pour les régimes BiNP et Opti en finition. Or, les recommandations alimentaires de l'INRA et de l'ITP fixent ce rapport à 3,0 en croissance et 2,6 en finition. BOURDON et HENRY (1988) montrent que le taux optimum d'apport de lysine est plus élevé chez les femelles que chez les castrats. Dans le cas d'un régime de type blé-soya à 3200 kcal d'énergie digestible/kg d'aliment, ce taux peut être fixé à 0,80 % chez les femelles (2,5 g/1000 kcal d'ED) et 0,70 % chez les castrats (2,2 g/1000 kcal d'ED) dans une conduite alimentaire libérale entre 50 et 100 kg de poids vif. La différence dans les besoins en lysine entre les femelles et les castrats s'explique par un potentiel de dépôt de tissus maigres plus élevé chez les premières. Enfin, le niveau du besoin en lysine est également dépendant de l'importance de l'apport alimentaire. BADOLO (1980), BATTERHAM et al. (1985), GILLES et al. (1986) cités par BOURDON et HENRY (1988) montrent que le taux optimum d'apport de lysine pour la croissance est plus élevé chez les animaux soumis à une restriction alimentaire.

La composition corporelle à l'abattage n'est pas affectée par la teneur en protéines des régimes. Par contre, NOBLET et HENRY (1977), HENRY et PÉREZ (1986), NOBLET et al. (1987), CROMWELL et al. (1988) montrent une augmentation de la teneur en gras des carcasses lorsque la quantité de protéine du régime augmente. Dans la plupart de ces études, les régimes sont formulés en énergie digestible. Or, la teneur en énergie nette est plus faible dans les régimes bien pourvus en protéines.

Les performances de croissance ne sont pas affectées par la teneur différente de phosphore des régimes et par l'ajout de phytase microbienne. Ce résultat est en accord avec ceux d'essais antérieurs. Un niveau d'apport de phosphore total respectant les recommandations du Corpen (0,52 % en croissance et 0,45 % en finition) permet d'obtenir de bonnes performances zootechniques lorsque l'apport en phosphore digestible est suffisant (PABOEUF et al., 1999). Par ailleurs, LATIMIER et al. (1994), PABOEUF et al. (1999) montrent que l'ajout de 500 à 1000 UP de phytase microbienne/kg d'aliment en remplacement de la supplémentation en phosphore minéral assurent de bonnes performances de croissance.

D'après LIU et al. (1997), le besoin en phosphore du porc en croissance et en finition pourrait être couvert avec des teneurs comprises entre 0,30 et 0,32 % de phosphore total lorsque le régime est correctement pourvu en phytase naturel ou microbienne et ce dès le poids de 20 kg.

L'effet favorable rapporté par PABOEUF et al. (1999) de la supplémentation en phosphore minéral ou l'ajout de phytase microbienne sur la valeur M2 servant au calcul de la teneur en viande maigre des porcs charcutiers n'est pas vérifié dans cette expérimentation. Eeckhout et DE PAEPE (1992), MROZ et al. (1994), NASI et al. (1995) observent que l'addition de phytase microbienne dans les régimes a un impact positif sur la digestibilité de l'azote et de la lysine, pouvant ainsi conditionner les caractéristiques de carcasse.

Les niveaux de supplémentation en cuivre et en zinc des régimes sont sans effet sur les performances zootechniques des porcs. Ces résultats confirment ceux de WRAD et al (1991), LATIMIER et PABOEUF (1997), PABOEUF et al. (2000). Les résultats rapportés par certains auteurs montrent un effet certain du niveau de supplémentation en cuivre et en zinc sur la croissance des animaux mais avec des niveaux d'apport dépassant largement ceux de cet essai. Cet effet est d'autant plus marqué que les porcs sont jeunes et en situation de stress. Ainsi, BUNCK et al (1963) montrent qu'une supplémentation de 240 mg de cuivre/kg d'aliment améliore le GMQ et l'IC des porcs charcutiers. BRAUDE (1975) note également une amélioration significative de 9,1 % du GMQ et de 7,4 % de l'IC avec des niveaux de supplémentation de 250 mg de cuivre/kg d'aliment. CROMWELL et al (1978) obtiennent une amélioration de 3 % du GMQ et de l'IC lorsque la supplémentation en cuivre passe de 125 à 250 mg/kg d'aliment. Enfin, POULSEN (1995) montre qu'une supplémentation en zinc de 2500 mg/kg dans l'alimentation du porcelet permet de réduire d'une façon significative le taux de mortalité ainsi que la fréquence des diarrhées deux semaines après le sevrage. Ces résultats sont à considérer avec précaution. En effet, la législation interdit d'utiliser en routine des aliments renfermant plus de 100 mg de cuivre et 250 mg de zinc/kg entre 17 et 24 semaines de vie de l'animal.

Les caractéristiques de carcasse ne sont pas affectées par les niveaux de cuivre et de zinc des régimes. Ce résultat confirme ceux rapportés par de nombreux auteurs (BRAUDE, 1975 ; CROMWELL et al, 1978 ; MADSEN et MORTENSEN, 1982 ; LATIMIER et PABOEUF, 1997 ; PABOEUF et al. 2000).

3.2. Rejets

Dans cet essai, une diminution de 11 % de la quantité d'azote ingérée par l'animal se traduit par une réduction des rejets de cet élément de 14 % entre les régimes Uniq et BiNP-Opti. Ce résultat est en accord avec ceux d'essais antérieurs. QUINIOU et al. (1994) observent, avec des régimes plus différenciés en protéine que ceux de notre essai, qu'une réduction de 20 à 25 % de la quantité d'azote ingérée engendre une diminution de 20 à 35 % des rejets de cet élément. De même, CHAUVEL et GRANIER (1994) montrent qu'une diminution moyenne de l'ingestion en azote de 14 % conduit à

une réduction des rejets azotés de 18 à 28 %. LATIMIER et CHATELIER (1992) observent également une diminution de l'excrétion d'azote de 7,6 et 22,6 % lorsque l'ingestion diminue respectivement de 6,1 et 16 %. Selon HENRY et DOURMAD (1992) cités par QUINIOU et al. (1993), avec un apport de protéines parfaitement équilibré en acides aminés et très disponible, l'excrétion azotée du porc en croissance-finition pourrait être de 40 % de l'ingéré.

La diminution de la supplémentation minérale en phosphore en finition (BiNP) et l'ajout de phytase microbienne (Opti) permettent de réduire les rejets de cet élément respectivement de 23 et 53 % comparativement au régime Uniq. L'ajustement des apports en phosphore aux besoins des animaux permet ainsi de réduire les rejets des porcs charcutiers. LATIMIER et POINTILLART (1993) observent également une réduction de 33 % des rejets en phosphore lorsque les animaux sont alimentés avec un régime non supplémenté en phosphore minéral mais renfermant 1000 UP de phytase microbienne/kg d'aliment comparativement à un régime unique supplémenté en phosphore minéral. PABOEUF et al. (1999) obtiennent une réduction moindre des rejets de cet élément (17 %) avec un régime à base de blé renfermant 500 UP de phytase microbienne comparativement à une alimentation de type biphasé proche des recommandations du Corpen. Ces résultats montrent que l'utilisation de phosphore phytique est améliorée par l'apport d'enzyme microbienne.

Comparativement au régime Uniq, la diminution de l'excrétion de cuivre est comprise entre 47 et 73 % respectivement pour les régimes BiNP et Opti. Des niveaux et des écarts analogues de rejets suivant différents niveaux de supplémentation de l'aliment sont rapportés par MADSEN et MORTENSEN (1982), JONGBLOED et LENIS (1993), LATIMIER et PABOEUF (1997), PABOEUF et al. (2000). Pour le zinc, l'excrétion diminue de 24 % entre le régime Uniq et BiNP, 40 % entre les régimes Uniq et Opti. Des résultats moins marqués sont observés par LATIMIER et PABOEUF (1997), PABOEUF

et al. (2000). Ces différences de niveau de rejets en cuivre et en zinc reflètent directement les écarts entre les quantités ingérées qui sont de 62 à 75 % pour le cuivre et seulement 33 à 38 % pour le zinc. Le pourcentage du cuivre et du zinc retenu par rapport à l'ingéré est négatif pour régime BiNP. LATIMIER et PABOEUF (1997), PABOEUF et al. (2000) observent également une excrétion de cuivre plus importante que les quantités ingérées lorsque le niveau de supplémentation de l'aliment de cet oligo-élément est faible. Dans un essai conduit sur des porcs charcutiers de 25 à 106 kg de poids vif, avec une conduite alimentaire de type triphasé, JONGBLOED et LENIS (1993) observent également des rejets en cuivre supérieurs aux quantités ingérées.

CONCLUSION

L'ajustement des apports en protéine, en phosphore, en cuivre et en zinc aux besoins des porcs charcutiers permet de réduire les rejets de chacun de ces éléments. Dans cet essai, les performances zootechniques des porcs sont équivalentes quel que soit les niveaux d'apports étudiés. Par conséquent, les animaux de toutes les porcheries d'engraissement de la station régionale de Crécom ont reçu en routine au cours du premier semestre de l'année 2000 des aliments dont les teneurs en phosphore total, en cuivre et en zinc ont été revues à la baisse (0,42 % de phosphore et 500 UP de phytase microbienne/kg d'aliment, supplémentation de 10 mg de cuivre et 50 mg de zinc/kg d'aliment). Le gain moyen quotidien calculé entre 27 et 108 kg s'établit à 820 g, et reste d'un niveau équivalent aux périodes précédentes.

REMERCIEMENTS

Qu'il nous soit permis de remercier le Conseil Régional de Bretagne pour sa contribution financière, l'établissement LE MEN pour les soins apportés à la fabrication des aliments expérimentaux. Enfin, tous nos remerciements à l'abattoir OLYMPIG.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADEOLA O., 1995. *Can. J. Anim. Sci.* 75, 603-610.
- BOWLER R., BRAUDE R., CAMPBELL R., CRADDOCK-TURNBULL J., 1955. *Brit. J. Nutr.*, 9, 358.
- BOURDON D., HENRY., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 409-414.
- BRAUDE R., 1975. Copper as performance promoter in pigs. Copper in farming symposium, Royal Zoological Soc. Copper Development Ass.
- BUNCK R.J., SPEER V.C., HAYS V.W., McCALL J.T., 1963. *J. Anim. Sci.* 22-56.
- CASADO P., BARRIER-GUILLOT B., MAUPETIT P. et al., 1993. *Journée Valicentre*, 21, 29-40.
- CHAUVEL J., GRANIER R., 1994. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 97-106.
- CHAUVEL J., GRANIER R., JONDREVILLE C., WILLIATE I., 1997. *Journées Rech. Porcine en France*, 29, 277-284.
- COPPENET M., GOLVEN J., SIMON J.C., et al., 1992. *Elsevier/INRA. Agronomie*, 13, 77-83.
- CROMWELL G.L., HAYS V.W., CLARK T.L., 1978. *J. Anim. Sci.*, 3, 692-698.
- CROMWELL G.L., CLINE T.R., CRENSHAW J.D. et al., 1988. *J. Anim. Sci.*, 66 (Supp. 1), 143 (Abstract).
- DOURMAD J.Y., GUILLOU D., NOBLET J., 1992. *Livest. Prod. Sci.*, 31, 95-107.
- EECKHOUT W., DEPaepe M., 1992. *Rev. Agric.*, 45, 183-193.
- HAGEN C.D., CORNELIUS S.G., MOJER R.L., et al. 1987. *Nutrition Reports International*, 35, 1083-1091.
- HENRY Y., PÉREZ J.M., 1986. *Journées Rech. Porcine en France*, 18, 57-66.
- HENRY Y., BOURDON D., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 263-272.
- JONGBLOED A.W., LENIS N.P., 1993. Excretion of nitrogen and some minerals by livestock. In : *Proceedings of the 1st international symposium on nitrogen flow in pig production and environmental consequences*, EAAP Publication, 69.

- LATIMIER P., CHATELIER C., 1992. Journées Rech. Porcine en France, 24, 227-236.
- LATIMIER P., POINTILLART A., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 277-286.
- LATIMIER P., POINTILLART A., CORLOUËR A., LACROIX C., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 26, 107-116.
- LATIMIER P., PABOEUF F., 1997. EDE-CA de Bretagne, 28pages.
- LENIS, 1989. Netherland J. Agric. Sci., 37, 61-70.
- LIU J., BOLLINGER D.W., LEDOUX D.R., et al., 1997. J. Anim. Sci., 75, 1292-1298.
- MADSEN A., MORTENSEN H.P., 1982. (Copper sulfate for bacon pigs), N.I.A.S., Copenhagen, Denmark, 529, 2-24.
- MROZ Z., JONGBLOED A.W. KEMME P.A., 1994. J. Anim. Sci., 72, 126-132.
- NASI J.M., HELENDER E.H., PARTANEN K.H., 1995. Anim. Feed Sci. Technol., 56, 83-98.
- NOBLET J., HENRY Y., 1977. Ann. Zootech., 26, 379-394.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. J. Anim. Sci., 65, 717-726.
- PALLAUF J., 1996. Requirements of trace elements for pigs. In : Proceedings of the European Association for animal production, Lillehammer, commission for Animal Nutrition, session III.
- PABOEUF F., POINTILLART A., CORLOUËR A., et al., 1999. Journées Rech. Porcine en France, 31, 61-72.
- PABOEUF F., NYS Y., CORLOUËR A., 2000. Journées Rech. Porcine en France, 32, 59-66.
- POINTILLART A., FOURDIN A., FONTAINE N., 1987. J. Nutr., 117, 907-913.
- POINTILLART A., COLIN C., LACROIX C., RADISSON J., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 233-238.
- POULSEN H.D., 1995. Acta Agric. Scand., sect. A., Animal Sci., 45, 159-167.
- QUINIOU N., NOBLET J., DOURMAD J.Y., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 287-294.
- QUINIOU N., DOURMAD J.Y., HENRY Y., et al., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 26, 91-96.
- SAUVEUR B., 1984. Nutr. Rep. Int., 29, 911-919.
- WRAD T.L., WATKINS K.L., SOUTHERN L.L., et al., 1991. J. Anim. Sci., 69, 726-733.