

Réduction des rejets en cuivre et en zinc chez le porc charcutier par la diminution de la supplémentation minérale

F. PABOEUF (1), Y. NYS (2), A. CORLOUËR (1)

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

(2) *I.N.R.A., Station de Recherches Avicoles - 37380 Nouzilly*

Avec la collaboration technique de J. Le Pan (1), M. Gautier (1), D. Lesaichere (1), J. Michel (2) et Christelle Le Maout ()*

Réduction des rejets en cuivre et en zinc chez le porc charcutier par la diminution de la supplémentation minérale

La réduction de la supplémentation minérale en cuivre et en zinc dans l'aliment en phase de croissance et de finition dans une conduite alimentaire de type biphase a été étudiée à l'aide de quatre régimes. Le premier régime (H) contenait une supplémentation de 82 mg de cuivre et 95 mg de zinc par kg d'aliment. Le second (HB) présentait une supplémentation minérale en cuivre et en zinc analogue au premier mais uniquement en croissance (de 28 kg à 60 kg de poids vif). En finition (de 60 kg à 107 kg de poids vif), la supplémentation était de 9 mg de cuivre et 42 mg de zinc par kg d'aliment. Le troisième régime (10/95B) renfermait une supplémentation de 10 mg de cuivre et 95 mg de zinc par kg d'aliment en croissance, 9 mg de cuivre et 42 mg zinc par kg d'aliment en finition. Enfin, les teneurs en cuivre et en zinc du dernier régime (B) étaient identiques aux niveaux présents dans l'aliment finition du second et du troisième régime. Aucun effet significatif du facteur régime n'a été observé sur les performances de croissance et de carcasse des porcs charcutiers. La quantité de cuivre présente dans les effluents des animaux des régimes 10/95B et B était proche (3,4 g par porc) et inférieure de 76% aux quantités mesurées dans le lisier des porcs recevant le régime H. La valeur obtenue pour le régime HB était intermédiaire. Pour le zinc, les quantités mesurées dans les déjections étaient voisines pour les régimes HB, 10/95B et B (16,9 g par porc) et 14% inférieures au régime H. Enfin, le pourcentage de cuivre et de zinc retenu rapporté au minéral ingéré était le plus élevé avec les régimes H et HB, les valeurs diminuant avec la réduction du niveau de la supplémentation. L'ensemble de ces résultats montrent qu'il est possible de réduire le niveau de la supplémentation minérale en cuivre et en zinc de l'aliment. Les performances se maintiennent et les rejets en zinc mais surtout en cuivre diminuent.

A study of the effects of a reduction in copper and zinc supplementation in growing/finishing pig diets on performance and excretion

The effects of a reduction in copper and zinc supplementation during the growing/finishing period (from 28 to 60 kg and from 60 to 107 kg) on growth performance and excretion were studied in 120 crossbred pigs (60 castrated males, 60 females). They were allocated to 4 groups (H, HB, 10/95B, B). H was supplemented with 82 mg copper and 95 mg zinc. HB was identical to diet H during the growing period and was supplemented with 9 mg copper and 42 mg zinc during the finishing period. The third diet 10/95B was supplemented with 10 mg copper and 95 mg zinc during the growing period, 9 mg copper and 42 mg zinc during the finishing period. B was supplemented with 9 mg copper and 42 mg zinc. The pigs were slaughtered at market body weight (approximately 107 kg) and the following parameters were measured : average daily gain (ADG), feed conversion ratio (F/G), carcass traits (lean meat % (TVM), backfat thickness (G1/G2) and loin muscle thickness (M2)) and the amount of copper and zinc excreted in slurry. Pigs in the H, HB, 10/95B and B groups had the same ADG, F/G and carcass traits. Copper excretion in slurry was similar (3.4 g) in 10/95B and B, and lower than that in H (-76%). Excretion of copper in HB was intermediate. Zinc excretion in HB, 10/95B and B was identical (16.9 mg) and lower than that of H (14%). Finally, the % of copper and zinc retained compared to the amount ingested was highest for H and HB, the levels decreased with a decrease in supplementation level. The results showed that the level of copper and zinc supplementation can be reduced in the diet without reducing animal performance. Zinc and copper excretion were reduced, with a particularly large reduction in copper excretion.

(*) *Stagiaire de l'École Supérieur d'Agriculture d'Angers*

INTRODUCTION

Le cuivre est supplémenté dans l'aliment du porc à un niveau largement supérieur aux recommandations (5 à 10 mg par kg d'aliment ; PALAUFF, 1996). En effet, cet élément est connu depuis longtemps pour son impact positif sur les performances de croissance des animaux (BOWLER et al, 1955 ; HAGEN et al, 1987). En grande quantité dans l'aliment, le zinc permet quant à lui 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). Dans des conditions extrêmes d'élevage, des niveaux de supplémentation élevés en zinc préviendraient également les troubles digestifs en engraissement. Les effets de ces deux oligo-éléments sur les performances zootechniques et l'état de santé sont d'autant plus marqués que les animaux sont jeunes et en situation de stress (LUO et DOVE, 1996).

Cependant, la digestibilité des sels inorganiques de cuivre et de zinc apportés en supplémentation dans l'alimentation est limitée, environ 10% pour une supplémentation de 120 mg de cuivre et 29 % pour une supplémentation de 100 mg de zinc par kg d'aliment (ADEOLA et al, 1995). Par conséquent, la teneur de ces deux oligo-éléments est élevée dans les déjections (COPPENET et al, 1992). Il en est de même en production avicole. 95% de l'apport alimentaire de cuivre et zinc est rejeté dans l'environnement et un ajustement des apports aux besoins donc une réduction des excès de supplémentation alimentaire peut réduire de plus de 50% leur concentration dans les rejets (MOHANNA et NYS, 1998, 1999). Cet excès de cuivre et de zinc dans les déjections avicoles et porcines pourrait provoquer une phytotoxicité des sols dans les régions à forte concentration d'élevage à l'échelle d'un siècle (COPPENET et al, 1992 ; MOHANNA et NYS, 1998). Des mesures préventives alimentaires ont été proposées pour limiter leurs concentrations dans les déjections chez le porc, notamment en ajustant les apports aux besoins des porcs charcutiers au cours des phases d'élevage (LATIMIER et PABOEUF, 1997).

L'objectif de ce travail était double : d'une part, évaluer l'impact de la réduction de la supplémentation minérale en cuivre et en zinc sur les performances zootechniques des porcs charcutiers ; d'autre part, apprécier les conséquences de cette réduction sur la concentration de ces deux éléments dans les déjections lors d'une conduite alimentaire de type biphasique (un aliment "croissance" de 28 à 60 kg de poids vif et un aliment "finition" de 60 kg de poids vif à l'abattage).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Schéma expérimental

Quatre régimes différents ont été étudiés à la station expérimentale des Chambres d'agriculture de Bretagne située à Crécom (22) suivant un dispositif en blocs équilibrés. Les niveaux de supplémentation en cuivre et en zinc des régimes ont été établis d'après les recommandations

proposées par l'I.N.R.A., les teneurs en cuivre et en zinc communément rencontrées dans l'aliment du commerce et les résultats d'un essai conduit par LATIMIER et PABOEUF (1997) :

- H : régime comportant une supplémentation minérale de 82 mg de cuivre et 95 mg de zinc par kg d'aliment en croissance et en finition.
- HB : régime avec une supplémentation minérale de 82 mg de cuivre et 95 mg de zinc par kg d'aliment en croissance et 9 mg de cuivre et 42 mg de zinc par kg d'aliment en finition.
- 10/95B : régime avec une supplémentation minérale de 10 mg de cuivre et 95 mg de zinc par kg d'aliment en croissance et 9 mg de cuivre et 42 mg de zinc par kg d'aliment en finition.
- B : régime avec une supplémentation minérale de 9 mg de cuivre et 42 mg de zinc par kg d'aliment en croissance et en finition.

La composition des régimes et leurs caractéristiques analytiques sont rapportées dans les tableaux 1 et 2.

1.2. Animaux et logement

Les portées de 17 truies croisées Large White x Landrace inséminées ou saillies par des verrats croisés Large White x Piétrain ont été utilisées pour constituer les lots. La durée moyenne d'allaitement a été de 28 jours. Au sevrage, les animaux ont été tatoués puis ont séjourné 35 jours en post-sevrage.

Cent vingt animaux de cette bande ont été mis en lots au début du mois d'avril 1999. La constitution des blocs et l'affectation des animaux dans des loges de 5 ont été réalisées en prenant en compte le poids, le sexe, l'âge à la mise en lots, les origines paternelle et maternelle, le rang de portée des mères et les performances de croissance durant la phase de post-sevrage.

Chacun des 4 lots a été élevé en bâtiment fermé, sur caillebotis intégral et placé sur une fosse à lisier préalablement vidée, lavée et désinfectée. La température ambiante à la hauteur des animaux a été contrôlée et maintenue autour de 23,5+/-2°C durant toute la période d'engraissement. La ventilation était de type dynamique. La surface disponible et la longueur d'auge par porc ont été respectivement de 0,79 m² et 0,37 m.

1.3. Conduite alimentaire

Les aliments ont été distribués en granulés et humidifiés à raison de 2,75 litres d'eau par kg dans une auge munie d'un volet obturateur. La ration était apportée en 2 repas suivant un plan d'alimentation établi en énergie nette (NOBLET et al, 1989). Le passage de l'aliment croissance à l'aliment finition a eu lieu 42 jours après la mise en lots, sans transition et à un poids moyen de 61 kg vif.

Tableau 1 - Composition des régimes étudiés

	Aliment croissance			Aliment finition	
	H-HB	10/95B	B	H	HB-10/95B-B
Matières premières (% brut)					
Blé	77,33	77,34	77,33	81,40	81,40
Soja Brésil 48	17,32	17,32	17,32	13,31	13,31
Mélasses de canne	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
Phosphate bicalcique	0,89	0,89	0,89	0,55	0,55
Carbonate de calcium	0,85	0,84	0,85	1,10	1,10
COV 0,5%	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Chlorure de sodium	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
L, Lysine	0,29	0,29	0,29	0,26	0,26
Thréonine	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
Méthionine DL	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03
Valeurs prévues (Brut)					
Matière sèche %	86,32	86,38	86,38	87,91	87,91
M.A.T. %	16,50	16,50	16,50	15,00	15,00
Cellulose Weende %	2,29	2,29	2,29	2,52	2,52
Matière grasse %	1,95	1,95	1,95	1,93	1,93
Lysine totale g/kg	9,70	9,70	9,70	8,40	8,40
Lysine digestible g/kg	8,85	8,85	8,85	7,49	7,49
Méthionine g/kg	2,91	2,91	2,91	2,52	2,52
Méthionine + Cystine g/kg	6,20	6,20	6,20	5,00	5,00
Thréonine g/kg	6,30	6,30	6,30	5,59	5,59
Tryptophane g/kg	2,06	2,06	2,06	1,87	1,87
Calcium g/kg	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25
Phosphore total g/kg	5,30	5,30	5,30	4,50	4,50
Phosphore disponible g/kg	3,25	3,25	3,25	2,43	2,43
Supplémentation. cuivre mg/kg	82,50	10,12	8,75	82,50	8,75
Supplémentation zinc mg/kg	95,60	95,00	42,18	95,60	42,18
Énergie digestible E.D. Kcal	3193	3193	3193	3256	3256
Énergie nette E.N. Kcal	2308	2308	2308	2382	2382

Tableau 2 - Caractéristiques analytiques des régimes étudiés

Valeurs à l'analyse (Brut)		Croissance H-HB	Croissance 10/95B	Croissance B	Finition H	Finition HB-10/95B-B
Matières sèche	%	86,7	86,8	86,8	87,3	87,4
M.A.T.	%	16,2	16,2	16,8	14,5	14,6
Cellulose Weende	%	3,1	2,9	3,1	2,9	3,0
Matières grasses	%	1,5	1,6	1,6	1,5	2,0
Lysine totale	g/kg	9,3	9,2	9,4	8,4	8,2
Calcium	g/kg	8,5	7,9	8,2	8,2	7,7
Phosphore total	g/kg	4,9	5,0	5,0	4,3	4,4
Cuivre total	mg/kg	92,0	17,0	18,0	92,0	15,0
Zinc total	mg/kg	126,0	120,0	95,0	123,0	90,0

1.4. Variables mesurées

À chaque fabrication, des échantillons d'aliment des régimes étaient prélevés afin de déterminer leurs caractéristiques nutritionnelles. Les analyses ont été effectuées par le Laboratoire de Développement et d'Analyse des Côtes d'Armor. Le cuivre et le zinc ont fait l'objet d'une extraction totale. Après calcination de l'aliment, les cendres ont été dissoutes dans une solution d'acide chlorhydrique et nitrique. Le dosage de ces deux oligo-éléments a été ensuite réalisé.

Les animaux ont été pesés individuellement tous les 14 jours afin d'adapter le plan d'alimentation à leurs besoins, ainsi que la veille du départ à l'abattoir après un jeûne de 16 heures. Les consommations d'aliment ont été mesurées par loges. Les pesées d'animaux et d'aliment ont permis de calculer individuellement des gains moyens quotidiens (G.M.Q.) et collectivement des indices de consommation (I.C.) par période.

Les caractéristiques individuelles de carcasse ont été exploitées : mesures des épaisseurs de lard dorsal (valeurs G1 et G2), de muscle (valeur M2) et de la teneur en viande maigre (T.V.M.). Les poids de carcasses et les poids vifs avant l'embarquement des porcs à l'abattoir ont servi à calculer le rendement de carcasse des animaux.

La production d'effluents a été mesurée tous les 14 jours à l'aide d'une réglette graduée. Des échantillons de lisier propres à chaque régime ont été prélevés au terme de l'essai par carottage et sur deux niveaux afin de tenir compte de la stratification du lisier (PABOEUF, 1999). Les caractéristiques physiques et chimiques ont été recherchées. La détermination des quantités de cuivre et de zinc des effluents a été effectuée suivant la même technique d'analyse que celle utilisée pour l'aliment.

1.5. Analyse des données

Les données ont été traitées par analyse de variance suivant un modèle mixte hiérarchisé à l'aide du logiciel STATITCF et SPAD.

2. RÉSULTATS

2.1. Poids et consommation

À la mise en lot, les castrats pesaient 29,0 kg et les femelles 28,5 kg. Les poids des animaux à 42 jours d'âge au changement d'aliment et à l'abattage étaient respectivement de 61,3 kg et 106,8 kg pour les deux sexes. Aucune différence significative n'a été observée entre les animaux des divers régimes pour ces deux variables.

Les consommations alimentaires au cours de chaque période d'engraissement ont été similaires pour les 4 régimes étudiés (1,7 kg par jour en croissance, 2,5 kg par jour en finition et 2,2 kg par jour sur l'ensemble de la période d'engraissement). La consommation des femelles sur toute la phase d'engraissement a été proche de celle des castrats conformément au plan d'alimentation.

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

Aucun effet statistiquement significatif des régimes n'a été observé sur les G.M.Q. des porcs charcutiers durant la période de croissance (G.M.Q. moyen de 774 g, écart maximum NS de 2,7 % en faveur du régime B par rapport au régime H). Les G.M.Q. des femelles des régimes H et HB étaient légèrement inférieurs à ceux des régimes 10/95B et B (écart moyen NS de 3,0%). Le G.M.Q. des castrats du régime 10/95B était également inférieur au 3 autres régimes (écart moyen NS de 3,0%). Il n'y a pas eu d'effet significatif des régimes sur l'I.C. (I.C. moyen de 2,26, écart maximum NS de 2,0 % en faveur du régime B par rapport au régime H). Les I.C. des castrats et des femelles des régimes H ont été légèrement supérieurs à ceux des 3 autres régimes (écart moyen NS de 2,4 %). Cette observation est en accord avec celle concernant les G.M.Q. rapportée précédemment pour cette même période.

Au cours de la phase de finition, les différences de G.M.Q. entre les régimes sont restées statistiquement non significatives (G.M.Q. moyen de 867 g, écart maximum NS de 3,1 % en faveur du régime B par rapport au régime H). Le G.M.Q. des castrats et des femelles des régimes H était légèrement inférieur aux régimes HB, 10/95B et B (écart moyen NS de 2,5 %). De même qu'en période de croissance, il n'y a pas eu d'effet significatif des régimes sur l'I.C. en finition (I.C. moyen de 2,97, écart maximum NS de 3,3 % en faveur du régime B par rapport au régime H). L'I.C. des animaux du régime H a été légèrement supérieur aux 3 autres régimes (écart moyen NS de 2,1 %).

Enfin, pour toute la période d'essai, les écarts de G.M.Q. entre les régimes n'étaient pas significatifs (G.M.Q. moyen de 825 g, écart maximum NS de 2,9 % en faveur du régime B par rapport au régime H). Il en était de même pour les I.C. (I.C. moyen de 2,67, écart maximum NS de 3,3 % en faveur du régime H par rapport au régime B). Il n'y a pas eu d'effet significatif du sexe sur les I.C.

2.3. Caractéristiques de carcasses (tableau 4)

Les épaisseurs de lard des porcs charcutiers n'étaient pas différentes d'un régime à l'autre (valeurs moyennes de 15,5 mm et 14,0 mm respectivement pour les variables G1 et G2, écart maximum NS de 5% en faveur du régime 10/95B par rapport au régime HB pour la valeur G1 et 3,0 % en faveur du régime B par rapport au régime HB pour la valeur G2).

Les valeurs moyennes M2 n'étaient pas significativement différentes entre les régimes (valeur moyenne de 54,5 mm, écart maximum NS de 2,5 % en faveur du régime 10/95B par rapport au régime HB) et cela tant pour les castrats que pour les femelles.

La teneur en viande maigre n'a pas varié significativement d'un régime à l'autre (valeur moyenne de 61,0%, écart maximum NS de 0,7 % en faveur du régime 10/95B par rapport au régime HB). Les écarts de T.V.M. entre les 2 sexes

Tableau 3 - Performances de croissance et efficacité alimentaire

	H 92/126 92/123	HB 92/126 15/90	10/95B 17/120 15/90	B 18/95 15/90	Effet régime	Puissance (Régime)	Effet sexe
Effectifs	30	30	30	30			
G.M.Q. 0 - 42 j (g/j)							
Castrats	760	768	745	776	NS	13	
Femelles	774	774	795	801	NS	19	
Sexes confondus	767	771	770	788	NS	16	NS
G.M.Q. 42 j - vente(g/j)							
Castrats	847	867	874	882	NS	19	
Femelles	854	875	863	873	NS	8	
Sexes confondus	850	871	869	878	NS	18	NS
G.M.Q. 0 - vente (g/j)							
Castrats	810	823	818	835	NS	15	
Femelles	817	829	833	840	NS	12	
Sexes confondus	813	826	826	838	NS	23	NS
I.C. 0 - 42 j							
Castrats	2,33	2,27	2,29	2,25	NS	12	
Femelles	2,26	2,26	2,23	2,19	NS	14	
Sexes confondus	2,30	2,27	2,26	2,22	NS	28	NS
I.C. 42 j - vente							
Castrats	3,00	2,93	2,91	2,93	NS	12	
Femelles	3,06	2,97	3,09	2,94	NS	12	
Sexes confondus	3,03	2,95	3,00	2,93	NS	16	NS
I.C. 0 - vente							
Castrats	2,72	2,66	2,65	2,64	NS	12	
Femelles	2,73	2,68	2,71	2,62	NS	14	
Sexes confondus	2,72	2,67	2,68	2,63	NS	27	NS

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

Tableau 4 - Caractéristiques de carcasse

	H 92/126 92/123	HB 92/126 15/90	10/95B 17/120 15/90	B 18/95 15/90	Effet régime	Puissance (Régime)	Effet sexe
Effectifs	30	30	30	30			
Rendement chaud (%)							
Castrats	79,0	78,8	78,8	79,5	NS	27	
Femelles	80,2	78,7	79,2	79,9	NS	56	
Sexes confondus	79,6	78,8	79,0	79,7	NS	44	*
Teneur en viande maigre (%)							
Castrats	60,4	60,3	60,3	59,7	NS	11	
Femelles	61,9	61,3	62,3	62,4	NS	28	
Sexes confondus	61,1	60,8	61,3	61,1	NS	9	*
Épaisseur G1 (mm)							
Castrats	17,5	17,6	16,4	17,8	NS	27	
Femelles	15,8	16,0	15,5	15,6	NS	7	
Sexes confondus	16,7	16,8	15,9	16,7	NS	19	*
Épaisseur G2 (mm)							
Castrats	14,7	14,7	14,9	14,9	NS	6	
Femelles	13,2	13,9	13,0	12,6	NS	16	
Sexes confondus	13,9	14,3	13,9	13,8	NS	8	*
Épaisseur M2 (mm)							
Castrats	54,8	54,6	54,8	53,2	NS	12	
Femelles	53,7	52,7	55,3	56,6	NS	69	
Sexes confondus	54,3	53,7	55,0	54,9	NS	16	NS

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

Tableau 5 - Ingérés et rejets en cuivre et en zinc

	H 92/126 92/123	HB 92/126 15/90	10/95B 17/120 15/90	B 18/95 15/90
Cuivre ingéré (g par porc)	19,50	8,74	3,24	3,32
Cuivre rejeté (g par porc)	14,56	6,99	3,35	3,42
Cuivre retenu/ingéré (%)	26	21	-3	-3
Zinc ingéré (g par porc)	26,30	21,41	20,80	19,02
Zinc rejeté (g par porc)	19,65	16,56	17,85	16,34
Zinc retenu/ingéré (%)	26	23	15	15

ont été significatifs en défaveur des castrats, ces écarts étant plus marqués pour les régimes 10/95B et B que pour le régime H et HB (2,4% en moyenne contre 1,2%).

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

Les quantités de cuivre des effluents des animaux des régimes 10/95B et B ont été très proches (autour de 3,4 g par porc charcutier) et inférieures de 76% aux quantités mesurées dans les lisiers des porcs charcutiers du régime H. La valeur obtenue pour le régime HB était intermédiaire à celle des régimes H et 10/95B, B. Pour le zinc, les quantités mesurées dans le lisier étaient voisines pour les régimes HB, 10/95B et B (autour de 16,9 g par porc charcutier) et 14% inférieures au zinc rejeté par les porcs du régime H. Cette réduction correspondait à une diminution de 19% à 27% de l'ingéré de zinc par porc.

Le pourcentage du cuivre et du zinc retenu rapporté au minéral ingéré était le plus élevé avec les régimes H et HB, les valeurs diminuant avec la réduction du niveau de la supplémentation. Elles sont même négatives dans le cas du cuivre avec les régimes à faible teneur en cuivre.

3. DISCUSSION

3.1. Performances zootechniques

Les performances de croissance n'ont pas été affectées par le niveau de supplémentation en cuivre et en zinc des régimes. Pour le premier élément, ces résultats confirment ceux de WARD et al (1991), LATIMIER et PABOEUF (1997). D'autres travaux rapportent des résultats différents mais avec des niveaux de supplémentation en cuivre et en zinc dépassant largement ceux de cet essai. BUNCH et al (1963) ont montré qu'une supplémentation de 240 mg de cuivre par kg d'aliment améliore le G.M.Q. et l'I.C. des porcs charcutiers. BRAUDE (1975) notait également une amélioration significative de 9,1 % du G.M.Q. et de 7,4 % de l'I.C. avec des niveaux de supplémentation de 250 mg de cuivre par kg d'aliment. CROMWELL et al (1978) obtenaient une amélioration de 3 % du G.M.Q. et de l'I.C. lorsque la supplémentation en cuivre passait de 125 à 250 mg par kg d'aliment. KORNEGAY et al, (1986) enregistraient une amélioration du G.M.Q. de 13 % avec des supplémentations

en cuivre de 200 mg par kg d'aliment. MADSEN et MORTENSEN (1982) notaient également une amélioration de 3 % du G.M.Q. et de l'I.C. mais uniquement entre 20 et 50 kg de poids vif lorsque les quantités de cuivre passent de 30 à 240 mg par kg d'aliment. Les conclusions de RÉRAT (1971) vont dans le même sens mais les effets étaient plus marqués sur le G.M.Q. et l'I.C. (respectivement + 20 % et + 11 %) et les performances de croissance modeste. Enfin, POULSEN (1995) montrait qu'une supplémentation en zinc de 2500 mg par kg d'aliment dans l'alimentation du porcelet permettait de réduire d'une façon significative le taux de mortalité ainsi que la fréquence d'apparition de diarrhées deux semaines après le sevrage. Les résultats de ces essais sont à considérer avec précautions. En effet, la législation interdit d'utiliser en routine des aliments renfermant plus de 100 mg de cuivre et 250 mg de zinc par kg entre 17 et 24 semaines de vie de l'animal.

Les rapports entre le cuivre et le zinc des régimes sont compris entre 0,73 et 0,14. La confrontation de ces valeurs aux performances de croissance montre que ces niveaux n'ont pas conditionné les G.M.Q. et les I.C. des porcs charcutiers. Par contre, RITCHIE et al (1963) ont montré la présence d'une interaction mais avec des niveaux de supplémentation élevés de ces deux oligo-éléments. L'excès de zinc de l'aliment limiterait l'efficacité du cuivre et altérerait les performances des animaux.

Les caractéristiques de carcasse ne sont pas affectées par les niveaux de cuivre et de zinc des régimes. Ce résultat est en accord avec ceux de nombreux essais (BRAUDE, 1975 ; CROMWELL et al, 1978 ; MADSEN et MORTENSEN, 1982). L'effet significatif observé par LATIMIER et PABOEUF (1997) d'un niveau faible en cuivre et élevé en zinc de l'aliment sur l'épaisseur de lard dorsal G2 et sur la teneur en viande maigre des castrats s'expliquait principalement par l'affectation des individus aux régimes lors de la mise en lots.

3.2. Teneurs en éléments fertilisants

Comparativement au régime à forte teneur en cuivre (H), la diminution de l'excrétion de cet élément est de 76 % lorsque le régime à faible teneur en cuivre est introduit en croissance en et en finition (B et 10/95B) et de 52 % lorsqu'il n'est introduit qu'en finition (HB). Des niveaux et des écarts analogues de rejets suivant différents niveaux de supplémen-

tation de l'aliment ont été rapportés par MADSEN et MORTENSEN (1982), JONGBLOED et LENIS (1993), LATIMIER et PABOEUF (1997). Pour le zinc, l'excrétion ne diminue que de 14% lorsque l'ingéré de zinc est réduit de 19% à 27%. Des résultats similaires ont été observés par LATIMIER et PABOEUF (1997) avec des niveaux d'excrétion plus élevés. Ces différences de niveau de rejets en cuivre et en zinc reflètent directement les écarts entre les quantités ingérées qui sont de 82% pour le cuivre et seulement 27% pour le zinc. Elles correspondent à des réductions de rejets de 76% pour le cuivre et seulement 20% pour le zinc. Comme pour l'azote et le phosphore, il existerait donc un lien entre les quantités de cuivre et de zinc ingérées et rejetées. Il en est de même en aviculture où l'excrétion de zinc est principalement dépendante de l'ingéré alimentaire et peut être réduite de plus de 50% par un meilleur ajustement des apports aux besoins (MOHANNA et NYS, 1999).

Le pourcentage du cuivre et du zinc retenu par rapport à l'ingéré est négatif lorsque l'apport alimentaire de cuivre est de 10 mg par kg. LATIMIER et PABOEUF (1997) observaient également une excrétion de cuivre mais également de zinc plus importante que les quantités ingérées lorsque le niveau de supplémentation de l'aliment en ces deux oligo-éléments était faible. LATIMIER et PABOEUF (1997) avançaient l'hypothèse d'un destockage de ces 2 éléments accumulés au cours de la période de post-sevrage lorsque les animaux recevaient des régimes comportant une supplémentation minérale en cuivre élevée. Dans un essai conduit sur des porcs charcutiers de 25 à 106 kg de poids vif et avec une conduite alimentaire de type triphase, JONGBLOED et LENIS (1993) observaient également des rejets en cuivre supérieurs aux quantités ingérées. Cette observation suggère chez le porc un rejet endogène notable. Enfin, la quantité de zinc ingérée ne conditionne pas le niveau des rejets en cuivre. Par contre, FAIRWEATHER-TAIT et HURELL (1996) montraient que l'absorption du cuivre diminuait lorsque la

quantité de zinc contenue dans l'aliment augmentait. Cependant, ces résultats ont été obtenus avec des niveaux de supplémentation en zinc supérieurs à 150 mg par kg d'aliment (TURNLUND, 1988).

CONCLUSION

L'addition de grande quantité de cuivre et de zinc dans l'alimentation des porcs charcutiers contribue à augmenter la concentration de ces deux éléments dans les déjections. Dans cet essai, les performances zootechniques des animaux sont bonnes et équivalentes quel que soit le niveau de la supplémentation de ces deux oligo-éléments, à un niveau en accord avec la législation européenne. La réduction par la voie alimentaire des rejets de cuivre et de zinc est donc possible chez le porc charcutier comme cela a été établi en aviculture. La réduction de rejet en cuivre est beaucoup plus importante que celle du zinc puisque la supplémentation en cet élément est actuellement très supérieure au besoin du porc.

REMERCIEMENTS

Qu'il nous soit permis de remercier le Conseil Régional de Bretagne pour sa contribution financière, la société MG2mix pour les nombreux échanges techniques et la fabrication des compléments oligo-vitaminiques, l'établissement LE MEN pour les soins apportés à la fabrication des aliments expérimentaux et l'abattoir OLYMPIG pour leur aide aux prélèvements des foies.

Nous remercions également C. CALVAR, B. LANDRAIN, A. LÉON, C. GUYOMARC'H, H. ROY, S. RIOU pour leurs contributions lors de l'abattage des animaux. Enfin, tous nos remerciements à M. LE BORGNE et J. Y. JEGOU pour leurs conseils avertis dans l'interprétation des résultats et la rédaction de ce compte rendu.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADEOLA O., 1995. *Can. J. Anim. Sci.* 75, 603-610.
- ADEOLA O., LAWRENCE B.W., SUTTON A.L., CLINE T.R., 1995. *J. Anim. Sci.*, 73, 3384-3391.
- BOWLER R., BRAUDE R., CAMPBELL R. et al, 1955., *Brit. J. Nutr.*, 9,358.
- BRAUDE R., 1975. Copper as performance promoter in pigs. Copper in farming symposium, Royal Zoological Soc. Copper Development Ass.
- BUNCH R.J., SPEER V.C., HAYS V.W., McCALL J.T., 1963., *J. Anim. Sci.*, 22,56,-60.
- COPPENET M., GOLVEN J., SIMON J.C., LE CORRE L., LE ROY M., 1992. Elsevier/INRA. *Agronomie*, 13, 77-83.
- CROMWELL G.L., HAYS V.W., CLARK T.L., 1978. *J. Anim. Sci.*, 3, 692-698.
- FAIRWEATHER S., HURRELL F., 1996. *Nutrition Research Reviews*, 9, 295-324.
- HAGEN C.D., CORNELIUS S.G., MOJER R.L., PETTIGREW J.E., MILLER K.P., 1987. *Nutrition Reports International*, 35, 1083-1091.
- JONGBLOED A.W., LENIS N.P., 1993. Excretion of nitrogen and some minerals by livestock. Proceedings of the 1st international symposium on nitrogen flow in pig production and environmental consequences, EAAP Publication, 69 p.
- KORNEGAY E.T., Van HEUGTEN P.H.G., LINDEMANN M.D., BLODGETT D.J., 1989. *J. Anim. Sci.*, 67, 1471-1477.
- LATIMIER P., PABOEUF F., 1997. Influence de la complémentation alimentaire en cuivre et en zinc sur les performances et les rejets des porcs charcutiers, EDE-CA de Bretagne, 28 p.

- LUO X.G., DOVE C.R., 1996. *J. Anim. Sci.*, 74, 1888-1896.
- MADSEN A., MORTENSEN H.P., 1982. (Copper sulphate for bacon pigs), N.I.A.S., Copenhagen, Denmark, 24 pp., 529, 2-24.
- MOHANNA C., NYS Y., 1998. *Brit. Poultry Sci.*, 39, 536-543.
- MOHANNA C., NYS Y., 1999. *Brit. Poultry Sci.* 40, 108-114.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible métabolisable et nette des aliments pour le porc, INRA Ed., Paris.
- PABOEUF F., 1999. Comparaison de deux méthodes d'échantillonnage de lisier. (Communication personnelle).
- PALLAUF J., 1996. Requirements of trace elements for pigs. In proceeding of the European Association for animal production, Lillehammer, commission for Animal Nutrition, session III.
- POULSEN H.D., 1995. *Acta Agric. Scand., sect. A., Animal Sci.*, 45, 159-167.
- RÉRAT A., 1971. Journées Rech. Porcine en France, 3, 167-172.
- RITCHIE H.D.R, LUECKE B.V., BALTZER B.V. et al, 1963. *J. Nutr.*, 79-117.
- TURNLUND J.. 1988. *Journal of the American Dietetic Association*, 88, 303-308
- WARD T.L., WATKINS K.L., SOUTHERN L.L., HOYT P.G., FRENCH D.D., 1991. *J. Anim. Sci.*, 69, 726-733.