

## Quelle réduction du rejet de zinc la 3-phytase microbienne permet-elle chez le porc à partir de 12 kg de poids vif ?

Didier GAUDRÉ (1), Virginie LARRÈRE (2), Robert GRANIER (2), Michel MAGNIN (3), Catherine JONDREVILLE (4),  
Frédéric PABOEUF (5)

(1) ITP, La Motte au Vicomte, BP3, 35650 Le Rheu

(2) ITP Station Expérimentale Porcine, 12200 Villefranche-de-Rouergue

(3) BASF Nutrition Animale, ZI de Bellitourne - Azé, 53200 Château-Gontier

(4) INRA, UMR-INRA Agrocampus Rennes SENAH, 35590 Saint-Gilles

(5) Chambres d'Agriculture de Bretagne, 22195 Plérin

*didier.gaudre@itp.asso.fr*

*avec la collaboration technique du personnel de la station de Villefranche-de-Rouergue et de Sandrine Hillion (4)*

### **Quelle réduction du rejet de zinc la 3-phytase microbienne permet-elle chez le porc à partir de 12 kg de poids vif ?**

L'incidence zootechnique et environnementale de la réduction du zinc alimentaire en relation avec l'apport de 3-phytase microbienne est étudiée sur 379 porcelets et 160 porcs charcutiers. Les teneurs en zinc des aliments sont déterminées en utilisant l'équivalence de 23, 32 et 40 mg de zinc sous forme de sulfate pour respectivement 280, 500 et 750 FTU établie sur le porcelet sevré. Cette équivalence est utilisée en engraissement en adoptant une marge de sécurité de 20 %. Entre 13 et 30 kg de poids vif, les quatre traitements expérimentaux correspondent à des teneurs alimentaires en zinc de respectivement 144, 96, 64 et 56 mg par kg d'aliment ; 500 et 750 FTU/kg sont apportées dans les deux derniers traitements. En croissance et en finition les quatre traitements apportent respectivement 93 et 92, 56 et 45, 51 et 40, 46 et 35 mg de zinc / kg d'aliment. La supplémentation en 3-phytase est de respectivement 0, 280, 500 et 750 FTU / kg d'aliment.

Les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et les caractéristiques de carcasse ne sont pas affectées par les traitements alimentaires.

Le rejet de zinc est évalué sur 40 porcelets et l'ensemble des porcs à l'engrais de l'essai. En post-sevrage il diminue de moitié (4,1 à 1,9 g par porcelet) lorsque la teneur de l'aliment varie de 144 à 96 ppm et est divisé par 4 (1,0 g par porcelet) avec 56 mg. En engraissement, le rejet est réduit de plus de la moitié (23,4 et 10,5 g par porc) entre les deux premiers régimes, puis diminuent encore de 20 % jusqu'au dernier régime (8,4 g par porc).

### **Evaluation of the sparing effect of microbial phytase on zinc excretion by pigs from weaning to slaughter**

The effects of reducing dietary zinc in relation to the supplementation of diets with 3-phytase on performance and zinc excretion was assessed using 379 piglets and 160 growing-finishing pigs. Four dietary treatments, only differing for dietary zinc and microbial phytase were compared. The zinc content in the phytase supplemented piglets' diets was reduced accounting for 23, 32 and 40 mg of zinc as sulfate for 280, 500 et 750 FTU, respectively. These equivalency values were reduced by 20% for fattening pigs. The zinc concentrations in the piglets' diets were 144, 96, 64 and 56 ppm, respectively. These diets were supplemented with 0, 0, 500 and 750 FTU / kg, respectively. In growing period, the dietary zinc concentrations were 93, 56, 51 and 40 ppm, respectively and 92, 45, 40 and 35 mg, respectively, in finishing period. In both periods the diets were supplemented with 0, 280, 500 and 750 FTU / kg, respectively. Growth performance and carcasses traits were independent of dietary zinc supply and microbial phytase supplementation. Reducing piglet's zinc dietary concentration from 144 to 96 ppm reduced zinc excreted from 4.1 to 1.9 g / piglet. For a dietary zinc content of 56 ppm, it was further reduced down to 1.0 g / piglet. Zinc excretion by fattening pigs was reduced by more than 50% from treatment 1 to treatment 2, and further reduced 20% when the diet contained 750 FTU / kg.

## INTRODUCTION

La rétention corporelle de zinc chez le porc est faible. Elle est estimée à 1,14 g par porc entre 25 et 105 kg de poids vif, (Jondreville et al, 2004) et ne représente que 4,1 % de la quantité ingérée lorsque la concentration de l'aliment est de 150 mg par kg, soit la limite maximale autorisée à ce jour (règlement CE N° 1334/2003 de la Commission du 25 juillet 2003). L'accumulation de zinc dans les sols cultivés représente un risque pour l'environnement, de sorte que toutes les possibilités de réduction de l'apport alimentaire de zinc doivent être prises en compte.

En dehors de l'estimation des besoins physiologiques des porcs qui permet de contribuer à la diminution des marges de sécurité classiquement adoptées lors de la constitution des aliments, il a été démontré que la phytase microbienne améliorerait la disponibilité du zinc contenu dans les matières premières (Pallau et al, 1992 et 1994, Lei et al 1993, Adeola 1995, Revy et al, 2004). Cette technique permet donc d'envisager une réduction de la supplémentation des aliments en zinc. Dans ce but, une équation a été établie par Jondreville et al (2005), qui estiment que 500 et 750 FTU apportées par la phytase microbienne (3-phytase obtenue à partir d'*Aspergillus niger*) sont équivalentes à respectivement 32 et 40 mg de zinc sous forme de sulfate pour le porcelet sevré.

L'essai présenté s'inscrit dans le prolongement de ces travaux, puisqu'il a pour objectif de démontrer, en conditions usuelles d'élevage, la possibilité de réduire l'apport alimentaire de zinc en post-sevrage et en engraissement, grâce à l'apport de phytase microbienne. Ainsi, les effets sur les performances zootechniques et le rejet de zinc de quatre régimes alimentaires sont évalués pour deux stades physiologiques : de 13 à 30 kg de poids vif et de 28 kg à l'abattage. Des régimes témoins contenant 150 mg de zinc par kg d'aliment (post-sevrage) et 100 mg par kg (post-sevrage et engraissement) sont comparés à des régimes contenant une quantité variable de phytase microbienne et dont la teneur en zinc est ajustée en réduisant l'incorporation de sulfate de zinc sur la base de l'équivalence déterminée pour le porcelet sevré. En l'absence de travaux identiques sur le porc charcutier, cette équivalence a été retenue pour la phase d'engraissement en adoptant une marge de sécurité d'environ 20 %. Les calculs aboutissent dans ce cas aux équivalences suivantes : 20, 25 et 30 mg de zinc sous forme de sulfate, pour respectivement 280, 500 et 750 FTU.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Cet essai a été réalisé à la station expérimentale de Villefranche de Rouergue (12) au cours du 1<sup>er</sup> semestre de l'année 2005. Les porcelets sont issus de croisements entre verrats de type génétique P76 et truies provenant du schéma de sélection PIC.

### 1.1. Schéma expérimental

339 porcelets (28 jours d'âge) de la même bande de sevrage sont répartis dans deux salles de post-sevrage équipées chacune de douze cases de 14 à 15 porcelets. Dans une

troisième salle, 40 porcelets supplémentaires sont répartis dans quatre cases équipées de caillebotis intégral en acier inoxydable et spécialement étudiées pour la récupération et l'échantillonnage des lisiers. A l'issue du post-sevrage d'une durée totale de 35 jours, 160 porcelets sont retenus pour l'étude de la phase d'engraissement. Ils sont répartis dans quatre salles d'engraissement en veillant à la répartition uniforme des traitements alimentaires précédents. Chaque salle comprend huit cases en caillebotis intégral béton et est équipée de deux caniveaux permettant la récupération complète des lisiers. Chaque traitement alimentaire est affecté à une seule salle d'engraissement.

Les porcs de sexes différents sont séparés en post-sevrage et en engraissement, à l'exception des quatre cases à bilan lisier du post-sevrage, qui contiennent chacune cinq mâles et cinq femelles. La conduite de l'ambiance est identique pour les trois salles de post-sevrage d'une part, et les quatre salles d'engraissement d'autre part, c'est à dire que les consignes de ventilation et de chauffage, la plage de variation du ventilateur et son débit minimal suivent les mêmes évolutions.

### 1.2. Aliments expérimentaux

L'essai n'inclut pas la phase de 1<sup>er</sup> âge : un même aliment du commerce est distribué à chaque case de post-sevrage selon une quantité fonction du poids moyen de la case au sevrage. Les aliments expérimentaux des stades 2<sup>ème</sup> âge, croissance et finition, sont réalisés par l'atelier de fabrication de la station et distribués en farine. Ils sont composés de maïs, de tourteau de soja et d'acides aminés de synthèse. Le choix de ces ingrédients a pour objectif de limiter l'apport de phytases d'origine végétale, afin de ne pas interférer dans l'essai avec l'effet propre de la phytase microbienne. Les concentrations énergétiques respectives des aliments 2<sup>ème</sup> âge, croissance et finition sont de 10,0, 10,1 et 10,3 MJ EN par kg d'aliment. Les teneurs en lysine digestible sont de 1,2 g par MJEN en 2<sup>ème</sup> âge, 0,89 en croissance et 0,78 en finition. Pour tous les aliments, les teneurs en acides aminés soufrés, thréonine et tryptophane digestibles correspondent respectivement à 60, 65 et 20 % de la teneur en lysine digestible. De même, la teneur en méthionine digestible est égale au minimum à 30 % de celle en lysine digestible.

Les teneurs en phosphore digestible sont de 3,5, 2,5 et 2,0 g par kg d'aliment, respectivement en 2<sup>ème</sup> âge, croissance et finition. Elles sont déterminées à partir des tables AFZ-INRA (2004). La contribution de la phytase microbienne à l'apport de phosphore digestible est prise en compte sur la base des équivalences suivantes : 0,55, 0,75 et 0,95 g de phosphore digestible pour respectivement 280, 500 et 750 FTU. Les teneurs en calcium sont déterminées en multipliant par 2,9 les teneurs en phosphore digestible, suivant en cela les recommandations de Jongbloed et al (1999) proposées pour le porc en croissance. Il est ensuite tenu compte de la contribution de la phytase microbienne à l'amélioration de la disponibilité du calcium, en réduisant le taux d'incorporation du carbonate de calcium selon les bases suivantes : 0,55, 1,00 et 1,25 g de calcium en moins pour respectivement, 280, 500 et 750 FTU.

**Tableau 1** - Composition et caractéristiques prévisionnelles des régimes expérimentaux

	Post-sevrage				Croissance				Finition			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
<b>Composition (kg/t)</b>												
Maïs <sup>(1)</sup>	642	642	647	648	728	732	733	735	773	776	778	779
Tourteau de soja	299				242				203			
Phosphate Bicalcique	21	21	14,5	12,8	12,9	8,0	6,3	4,5	9,0	4,1	2,4	0,7
Huile de soja	13				-				-			
Carbonate de Calcium	8,4	8,4	9,9	10,4	6,1	7,8	7,8	8,2	5,1	6,8	6,7	7,1
COV	5				3				3			
Sel	4				4				4			
Acides aminés	7,3				3,3				2,7			
<b>Sulfate de zinc (g/t)</b>	<b>350</b>	<b>210</b>	<b>115</b>	<b>90</b>	<b>200</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>60</b>	<b>200</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>30</b>
<b>Natuphos® (g/t)</b>	-	-	<b>100</b>	<b>150</b>	-	<b>56</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	-	<b>56</b>	<b>100</b>	<b>150</b>
<b>Caractéristiques (g/kg)</b>												
Matière sèche	883				869				867			
Cellulose brute	32				31				29			
Matières Grasses	42				32				33			
Protéines	200				165				150			
Cendres	61	61	56	55	48	45	43	42	42	38	36	35
Lysine digestible	12,0				9,0				8,0			
Méthionine digestible	4,2				2,9				2,4			
Méth.+Cystine digestibles	7,2				5,4				4,8			
Thréonine digestible	7,8				5,8				5,2			
Tryptophane digestible	2,4				1,8				1,6			
Energie Nette (MJ/kg)	10,0				10,1				10,3			
Calcium	10,0	10,0	9,0	8,8	7,3	6,7	6,3	6,0	5,8	5,3	4,8	4,5
Phosphore total	7,2	7,2	6,1	5,8	5,7	4,8	4,5	4,2	4,9	4	3,7	3,4
Phosphore digestible	3,5				2,5				2,0			
Ca/P digestible	2,9	2,9	2,6	2,5	2,9	2,7	2,5	2,4	2,9	2,6	2,4	2,3
<b>Act. phytasique (FTU/kg)</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>519</b>	<b>769</b>	<b>19</b>	<b>299</b>	<b>520</b>	<b>770</b>	<b>20</b>	<b>300</b>	<b>520</b>	<b>770</b>
<b>Zinc total (mg/kg) <sup>(2)</sup></b>	<b>144</b>	<b>96</b>	<b>64</b>	<b>56</b>	<b>93</b>	<b>56</b>	<b>51</b>	<b>46</b>	<b>92</b>	<b>45</b>	<b>40</b>	<b>35</b>
<b>Zinc ajouté (mg/kg)</b>	<b>119</b>	<b>71</b>	<b>39</b>	<b>31</b>	<b>68</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>68</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>
<b>Equiv. zinc-phytase (mg)</b>	-	-	<b>32</b>	<b>40</b>	-	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	-	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>

<sup>(1)</sup> valeur arrondie au kg

<sup>(2)</sup> en estimant que 25 mg de zinc par kg d'aliment sont apportés par les matières premières

Apports en oligo-éléments (mg/kg) : porcelet - Fe 100, Mn 40, Cu 140, I 0,6, Co 0,25, Se 0,3 ;

porc - Fe 80, Mn 40, Cu 10, I 0,2, Co 0,1, Se 0,2

Apports en vitamines (par kg) : porcelet - A 10000 UI, D3 2000 UI, E 20 UI, K3 1 mg, B1 (thiamine) 1 mg, B2 (riboflavine) 4 mg, B5 (panto-thénate de Ca) 10 mg, PP (niacine) 15 mg, B12 (cyanocobalamine) 0,03 mg, acide folique 0,5 mg, biotine 0,1 mg, Choline 800 mg ;

porc - A 6000 UI, D3 1000 UI, E 10 UI, K3 0,5 mg, B1 1 mg, B2 3 mg, B5 8 mg, PP 10 mg, B12 0,02 mg.

L'apport de zinc par les matières premières est estimé sur la base des tables AFZ-INRA (2004). Le sulfate de zinc (34 % de zinc) complète cet apport jusqu'à la teneur désirée de chacun des régimes. En post-sevrage, le régime témoin (T1) contient au total 144 mg de zinc par kg d'aliment, dont 119 mg sous forme de sulfate. Cet aliment est proche de la teneur

maximale autorisée de 150 mg par kg. Le régime T2, qui contient 96 mg de zinc par kg, dont 71 sous forme de sulfate, respecte la recommandation de l'INRA (1989) établie à 100 mg par kg. Les régimes T3 et T4 contiennent de la phytase microbienne aux taux respectifs de 500 et 750 FTU par kg d'aliment ce qui, en appliquant l'équivalence rapportée

**Tableau 2** - Teneurs analysées en zinc, phosphore et activité phytasique selon le régime expérimental

	Post-sevrage				Croissance				Finition			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
<b>Phosphore (g/kg)</b>												
Teneur attendue	7,2	7,2	6,1	5,8	5,7	4,8	4,5	4,2	4,9	4,0	3,7	3,4
Analyse	7,0	7,1	5,9	5,5	5,5	4,7	4,4	4,0	4,7	4,0	3,6	3,2
<b>Activité phytasique (FTU/kg)</b>												
Valeur attendue <sup>(1)</sup>	19	19	519	769	19	299	520	770	20	300	520	770
Valeur attendue <sup>(2)</sup>	19	19	614	912	19	352	614	912	20	353	615	913
Analyse	<100	<100	600	860	<100	350	600	900	<100	370	550	1160
<b>Zinc (mg/kg)</b>												
Teneur attendue	144	96	64	56	93	56	51	46	92	45	40	35
Analyse	159	109	82	64	94	65	50	45	87	54	36	34

<sup>(1)</sup> teneur estimée pour une concentration de 5000 FTU/g de Natuphos 5000 G

<sup>(2)</sup> teneur estimée pour une concentration réelle de 5950 FTU/g de Natuphos 5000 G

précédemment, permet de définir les teneurs en zinc à apporter sous forme de sulfate : 39 mg par kg pour le régime T3 et 31 mg par kg pour le régime T4. En engraissement, le régime témoin (T1) respecte également les recommandations de l'INRA (1989) de 100 mg par kg. Les aliments croissance et finition de T1 contiennent 93 mg par kg de zinc dont 68 mg sous forme de sulfate. Compte tenu des recommandations du NRC (1998), qui s'élèvent à 60 mg de zinc par kg d'aliment entre 20 et 50 kg de poids vif, puis à 50 mg au delà, nous avons retenu comme estimation des besoins des valeurs intermédiaires entre ces recommandations et celles de l'INRA (1989), soit 76 et 65 mg de zinc par kg d'aliment respectivement, en croissance et en finition. Les régimes T2, T3 et T4 contenant respectivement 280, 500 et 750 FTU par kg, la supplémentation sous forme de sulfate de zinc est déterminée selon l'équivalence établie chez le porcelet sevré en lui appliquant une marge de sécurité de 20 %. Le tableau 1 récapitule les principales caractéristiques des régimes expérimentaux.

En post-sevrage, les aliments sont distribués au nourrisseur à volonté. En engraissement, la conduite alimentaire a pour objectif de maintenir les animaux proches de leur capacité maximale d'ingestion, jusqu'à atteindre un plafond fixé à 3,2 kg par animal et par jour. Les quantités distribuées tout au long de l'engraissement sont identiques pour les porcs du même bloc. Le passage à l'aliment finition s'effectue lorsque la case a atteint le poids moyen de 65 kg.

L'analyse des aliments expérimentaux valide la conformité des fabrications. Les teneurs en zinc, phosphore et activité phytasique mesurées sont présentées au tableau 2. On note une très bonne correspondance entre teneurs attendue et analysée pour le phosphore. Les dosages d'activité phytasique confirment la hiérarchie prévue. Les valeurs attendues ont cependant été recalculées en tenant compte de la concentration réelle du produit utilisé, dont l'analyse a été effectuée après la fabrication des aliments. Dans ce cas, les teneurs attendues et analysées sont très proches, à l'except-

tion de l'aliment finition du régime T4, pour lequel un excès de 27 % est constaté. Les teneurs en zinc confirment également la hiérarchie attendue entre aliments expérimentaux. Les différences sont faibles ou nulles pour les régimes T1, T3 et T4 d'engraissement. Des excès de zinc supérieurs à 10 mg par kg d'aliment sont cependant observés pour les aliments T1, T2 et T3 de l'essai post-sevrage.

### 1.3. Concentrations plasmatiques du zinc

Des prises de sang sont effectuées sur huit porcs par sexe et par régime alimentaire aux trois stades suivants : fin de post-sevrage, périodes de croissance et de finition. Après centrifugation, les plasmas sont prélevés pour analyse de leur teneur en zinc par spectrométrie d'absorption atomique.

### 1.4. Caractérisation des lisiers

L'évaluation des rejets est effectuée en fin de bande, sur 10 porcelets par régime en post-sevrage et 40 porcs par régime en engraissement. En post-sevrage, la totalité du lisier produit est pesée. En engraissement, le volume global de lisier excrété par 20 porcs de même sexe et de même traitement, est mesuré par vidanges successives de la salle dans une cuve spécialement prévue à cet effet. Le poids total de lisier produit est déterminé en supposant que sa densité est de 1,04 kg/l. Pour chaque vidange, le lisier est brassé avant et pendant l'échantillonnage. Les échantillons collectés sont rassemblés puis de nouveau brassés pour le dernier prélèvement. Les teneurs en matière sèche, azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc de ces échantillons sont analysées.

### 1.5. Analyse statistique

Les traitements alimentaires sont comparés par analyse de variance. Les effets pris en compte pour tous les critères sont le traitement alimentaire, le bloc, le sexe et l'interaction entre traitement et sexe. En ce qui concerne les caractéristiques de carcasse, le poids de carcasse chaude est introduit en tant

que covariable, après vérification de son indépendance vis-à-vis des effets du sexe et du traitement alimentaire, également par analyse de variance.

## 2. RÉSULTATS

La mortalité en post-sevrage est faible (0,5 %). Aucune perte n'est constatée parmi les porcelets des cases destinées à la caractérisation du lisier. En engraissement, cinq porcs sont morts dont deux à la suite d'une prise de sang. D'autre part, un porc a été retiré en cours d'essai pour arthrite.

### 2.1. Performances de croissance

La vitesse de croissance ne diffère pas selon les traitements expérimentaux, quel que soit le stade physiologique. Ainsi,

en post-sevrage, les vitesses de croissance moyennes obtenues sont respectivement de, 682, 689, 691 et 695 g par jour pour les traitements T1, T2, T3 et T4 (Tableau 3). En engraissement, elles atteignent respectivement, 795, 805, 793 et 802 g/j. Aucune différence significative n'est observée entre traitements en phases de croissance et de finition. Le fait que la vitesse de croissance soit plus élevée en croissance qu'en finition est à attribuer à la période caniculaire du mois de juin 2005 à l'origine d'une réduction globale de la consommation des animaux.

### 2.2. Efficacité alimentaire

L'efficacité alimentaire est indépendante des traitements expérimentaux, en post-sevrage comme en engraissement. Les indices de consommation obtenus sont très proches avec,

**Tableau 3** - Performances zootechniques et teneurs en zinc plasmatique selon le régime expérimental

	T1	T2	T3	T4	Effets <sup>(1)</sup>	CVe <sup>(2)</sup>
<b>Post-sevrage</b>						
Poids initial (kg)	13,0					
Poids final (kg)	30,1	30,3	30,4	30,4	B**	10,1
GMQ (g/j)	682	689	691	695	B**	11,5
CMJ (kg/j)	1,08	1,09	1,07	1,09	B**	2,5
IC (kg/kg)	1,58	1,58	1,56	1,56	S**, B**	1,4
Zn plasmatique (mg/l)	1,15	1,13	1,18	1,11		17,6
<b>Croissance</b>						
Poids initial (kg)	28,2					
GMQ (g/j)	852	836	838	839		10,3
CMJ (kg/j)	1,85	1,86	1,86	1,86	S**, B**	0,6
IC (kg/kg)	2,20	2,23	2,22	2,22		3,0
Zn plasmatique (mg/l)	0,92b	1,05a	1,07a	1,00ab	T*, S*	14,4
<b>Finition</b>						
Poids d'abattage (kg)	111,7	112,2	111,2	112,9	B*	4,1
GMQ (g/j)	755	785	762	774		10,6
CMJ (kg/j)	2,52	2,52	2,52	2,52	S**, B**	0,6
IC (kg/kg)	3,35	3,23	3,32	3,31	S**	3,8
Zn plasmatique (mg/l)	0,95	1,04	1,04	0,95	S**, B*	14,1
<b>Croissance et Finition</b>						
GMQ (g/j)	795	805	793	802		7,8
CMJ (kg/j)	2,24	2,25	2,25	2,25	S**, B**	0,8
IC (kg/kg)	2,84	2,79	2,84	2,83	S**	2,6
<b>Caractéristiques de carcasse</b>						
Rendement chaud (%)	81,0	80,7	80,8	80,9	B**, Pc**	1,5
TVM (%)	60,5	60,4	60,1	60,1	S**	4,3
G1 (mm)	17,5	18,6	18,0	18,5	Pc**	18,1
G2 (mm)	15,6	15,8	15,8	16,4	S*, Pc**	19,9
M2 (mm)	57,0	57,2	56,1	57,7	S*, Pc**	8,2

<sup>(1)</sup> T : traitement, S : sexe, B : bloc, Pc : poids carcasse chaude, \* : p<0,05, \*\* : p<0,01

<sup>(2)</sup> Coefficient de variation résiduelle (%)



en post sevrage, 1,58 pour les traitements T1 et T2 et 1,56 pour les traitements T3 et T4, alors qu'en engraissement, les valeurs sont de 2,84, 2,79, 2,84 et 2,83 respectivement pour les traitements T1, T2, T3 et T4.

### 2.3. Caractéristiques de carcasse

Le rendement et les critères de composition corporelle des carcasses ne sont pas statistiquement différents selon les traitements expérimentaux. Le taux de viande maigre moyen observé par traitement atteint, respectivement, pour T1, T2, T3 et T4, 60,5, 60,4, 60,1 et 60,1 %. Les épaisseurs de gras et de maigre G2 et M2 sont en mm, pour T1, 15,6 et 57,0, T2, 15,8 et 57,2, T3, 15,8 et 56,1, T4, 16,4 et 57,7.

### 2.4. Teneurs plasmatiques en zinc

En post-sevrage et en phase de finition, il n'y a pas d'incidence significative des traitements expérimentaux sur les teneurs en zinc du plasma : 1,15, 1,13, 1,18 et 1,11 mg par litre, respectivement pour les traitements T1, T2, T3 et T4 de post-sevrage, 0,95 et 1,04 mg/l respectivement pour les traitements T1 et T4 d'une part, T2 et T3 d'autre part. En revanche, en phase de croissance, la teneur moyenne en zinc du plasma est significativement plus faible pour le traitement T1 (0,92 mg/l), comparativement aux régimes T2 et T3 (1,05 et 1,07 mg/l respectivement). Le régime T4 conduit à la teneur intermédiaire de 1,00 mg/l.

### 2.5. Composition des rejets

A chaque stade physiologique étudié, les rejets d'N, K et Cu, exprimés par porc (Tableau 4), sont proches pour les quatre traitements expérimentaux, conformément au protocole expérimental. Comme prévu également, les rejets de P et de

Zn diminuent avec la réduction de leur taux d'incorporation dans l'aliment. Ainsi en post-sevrage, les rejets de P par porcelet produit sont respectivement de 0,08 kg pour les traitements T1 et T2 et de 0,06 kg pour les traitements T3 et T4. Les rejets de Zn en post-sevrage diminuent de moitié entre T1 et T2 (4,1 et 1,9 g/porcelet) et sont divisés par 4 entre T1 et T4 (1,0 g/porcelet). Ces niveaux de rejets de Zn constatés pour les traitements T2, T3 et T4 sont inférieurs à l'estimation de l'excrétion déduite de l'équation de rétention proposée par le CORPEN (2003). Les écarts atteignent 30 % pour les traitements T3 et T4 (respectivement 1,2 et 1,0 g rejetés par porcelet pour des estimations de 1,7 et 1,3 g/porcelet). En engraissement, les teneurs en P des lisiers produits diminuent progressivement de T1 à T4, en passant de 0,53 à 0,39, 0,34 puis 0,27 kg/porc. Les rejets de Zn sont réduits de plus de moitié entre les traitements T1 et T2 (23,4 et 10,5 g/porc), puis diminuent de 20 % entre T2 et T4 (10,5 et 8,4 g/porc). L'estimation de l'excrétion selon les données de rétention corporelle de Zn (CORPEN, 2003) sont proches de nos résultats : respectivement pour T1, T2, T3 et T4, 19,1, 11,4, 7,7 et 7,0 g/porc.

## 3. DISCUSSION

Aucun porc n'a présenté au cours de cet essai de signe de déficience en zinc de type parakérotose. De même, les causes de mortalité ou les motifs de retrait des porcs de l'essai ne sont pas attribuables, a priori, à un quelconque effet des traitements alimentaires. Les performances zootechniques moyennes de tous les traitements alimentaires comparés dans cet essai sont identiques quel que soit le stade physiologique. L'absence de différence entre les traitements T1 et T2 en post-sevrage montre que la réglementation qui impose une teneur en zinc maximale de 150 mg par kg d'aliment introduit une marge de sécurité non négligeable par rapport

**Tableau 4** - Rejets d'azote, de phosphore, de potassium, de cuivre et de zinc par porc selon le stade physiologique et le régime expérimental. Comparaison à l'estimation du rejet de zinc (données entre parenthèses) pour une rétention corporelle de 21,8 mg par kg de poids vif (CORPEN, 2003)

	Caractéristiques des rejets en fin de bande			
	T1	T2	T3	T4
<b>Post-sevrage (13-30 kg)</b>				
N (kg)	0,33	0,31	0,31	0,32
P (kg)	0,08	0,08	0,06	0,06
K (kg)	0,17	0,16	0,17	0,16
Cu (g)	3,4	3,1	3,0	3,6
Zn (g)	<b>4,1</b> (3,9)	<b>1,9</b> (2,3)	<b>1,2</b> (1,7)	<b>1,0</b> (1,3)
<b>Engraissement (30-112 kg)</b>				
N (kg)	2,47	2,35	2,36	2,40
P (kg)	0,53	0,39	0,34	0,27
K (kg)	1,24	1,21	1,22	1,23
Cu (g)	3,3	2,8	2,7	2,5
Zn (g)	<b>23,4</b> (19,1)	<b>10,5</b> (11,4)	<b>9,0</b> (7,7)	<b>8,4</b> (7,0)

**Tableau 5** - Perspectives de diminution de la teneur en zinc des rejets du porc, par l'adéquation des apports aux besoins et l'utilisation de la 3-phytase microbienne

		Témoin	Besoins	Phytase bas	Phytase Haut
<b>Post-sevrage (13-30 kg)</b>					
Aliment (mg ou FTU/kg)	Zn	130	100	68	60
	3-Phytase	-	-	500	750
Zn (mg/kg MS)	Lisier	1249	930	590	505
	Fumier	407	303	192	165
<b>Engraissement (30-115 kg)</b>					
Aliment (mg ou FTU/kg)	Zn	130	75/65*	55/45*	50/40*
	3-Phytase	-	-	280	500
Zn (mg/kg MS)	Lisier	1003	504	340	299
	Fumier	440	221	149	131

(\*) Teneurs respectives en croissance et finition

Indices de consommation : 1,75 entre 13 et 30 kg, 2,9 entre 30-115 kg

Matière sèche lisier : 6,7 et 6,8 % respectivement en post-sevrage et engraissement

Matière sèche fumier : 33,4 et 30,8 % respectivement en post-sevrage et engraissement

aux besoins physiologiques des animaux. D'autre part, les résultats obtenus confirment la possibilité d'utiliser chez le porcelet l'équivalence fournie par Jondreville et al (2005), qui propose de réduire l'apport de zinc sous forme de sulfate de, respectivement, 32 et 40 mg, pour 500 et 750 FTU apportées par la phytase microbienne (3-phytase obtenue à partir d'*Aspergillus niger*). En l'absence de données spécifiques au porc en engraissement, nous avons choisi pour ce stade, d'utiliser la même équivalence en adoptant une marge de sécurité de 20 %, ce qui représente une réduction de la teneur en zinc sous forme de sulfate de, respectivement, 20, 25 et 30 mg pour 280, 500 et 750 FTU par kg d'aliment. L'absence de détérioration des performances zootechniques et des caractéristiques de carcasse confirme la possibilité de réduire les apports de zinc aux porcs en engraissement dans ces proportions. La diminution de la teneur en zinc du plasma des porcs ayant reçu l'aliment sans phytase ajoutée est difficilement imputable à un éventuel état de subcarence des animaux : la teneur en zinc de 96 mg par kg excédait largement le besoin de 60 mg par kg estimé par le NRC (1998) pour des porcs de ce poids.

Le tableau 5 présente l'impact de la réduction du zinc alimentaire et de l'utilisation de 3-phytase microbienne sur les concentrations en cet élément dans les rejets. Quatre conduites sont comparées. Le témoin représente un exemple de pratique actuelle, soit 130 mg par kg de zinc. Le niveau suivant se rapproche des besoins estimés pour le porc en post-sevrage et en engraissement. Enfin, deux taux d'introduction de la 3-phytase microbienne sont utilisés pour illustrer cette simulation. La réduction de zinc alimentaire permise est calculée selon les équivalences utilisées dans cet essai. La concentration en zinc des lisiers et des fumiers produits est comparée aux seuils de 600 et 300 mg par kg de matière

sèche, indiqués respectivement, dans le projet de norme NFU 44-051 relative à la normalisation des amendements organiques en vue de leur commercialisation et dans le cahier des charges du CERAFEL pour les zones légumières. Quelle que soit la conduite adoptée, les fumiers respectent le seuil de 600 mg. Dans le cas de l'élevage sur paille, le seuil de 300 mg est rapidement respecté lorsque les apports sont limités aux besoins estimés des porcs. Il pourra être éventuellement dépassé en raison de la concentration en matière sèche du fumier au cours de son stockage ou de son compostage. En ce qui concerne le lisier, le seuil de 600 mg est respecté avec l'utilisation de phytase microbienne en post-sevrage et dès la limitation des apports aux besoins pour la phase d'engraissement. L'utilisation en engraissement de la 3-phytase microbienne au taux de 500 FTU permet de réduire la concentration du lisier à 299 mg de zinc par kg de matière sèche. Cependant, le seuil de 300 mg serait plus nettement dépassé avec 750 FTU par kg d'aliment, ou en supposant que l'équivalence zinc-phytase établie pour le porcelet est valide pour le porc à l'engrais, c'est à dire sans qu'il soit utile d'adopter de marge de sécurité.

## CONCLUSION

L'absence de différence de performance zootechnique observée dans cet essai confirme la possibilité de réduire la teneur en zinc de l'aliment à partir de 12 kg de poids vif, proportionnellement à la présence de 3-phytase microbienne. Cette enzyme étant aujourd'hui d'utilisation courante, il pourrait être envisagé une réduction notable des rejets de zinc par les porcs sans introduire de coût alimentaire supplémentaire à leur production.

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'ADAR.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adeola O., 1995. Digestible utilization of minerals by weanling pigs fed copper and phytase supplemented diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 75, 603-610.
- INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. INRA Ed., Paris.
- INRA-AFZ, 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. D. Sauvant, J.-M. Pérez, G. Tran (eds), Seconde Edition révisée, INRA, Paris, 301 pp.
- Jonbloed A.W., Everts H., Kemme P.A., Mroz Z., 1999. Quantification of absorbability and requirements of macroelements. In : I.Kyriazakis (Ed.), *A quantitative biology of the pig*, 275-298. CAB International.
- Jondreville C., Revy P.S, Dourmad J.Y, Nys Y., Hillion S., Pontrucher F., Gonzalez J., Soler J., Lizardo R., Tibau J., 2004. Influence du sexe et du genotype sur la retention corporelle de calcium, phosphore, potassium, sodium, magnésium, fer, zinc et cuivre chez le porc de 25 à 135 kg de poids vif. *Journées Rech. Porcine* 36, 17-24.
- Jondreville C., Hayler R., Feuerstein D., 2005. Remplacement du sulfate de zinc par de la phytase microbienne dans les aliments pour porcelets sevrés. *Journées Rech. Porcine* 37, 17-24.
- Lei X.G, Ku P.K., Miller E.R., Ullrey D.E, Yokoyama M.T., 1993. Supplemental microbial phytase improves bioavailability of dietary zinc to weanling pigs. *Journal of Nutrition*, 123, 1117-1123.
- NRC, 1998. *Nutrient Requirements of swine*. National Academy Press, Washington.
- Pallauf J., Höhler D., Rimbach G., 1992. Effect of microbial phytase supplementation to a maize-soya-diet on the apparent absorption of Mg, Fe, Cu, Mn and Zn and parameters of Zn-status in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 68, 1-9.
- Pallauf J., Rimbach G., Pippig S., Schindler B., Moste E., 1994. Effect of phytase supplementation and to a phytate-rich diet based on wheat, barley and soya on the bioavailability of dietary phosphorus, calcium, zinc and protein in piglets. *Agribiol. Res.*, 47, 39-48
- Revy P.S, Jondreville C., Dourmad J.Y, Nys Y., 2004. Apports alimentaires de zinc nécessaires à la couverture du besoin du porcelet sevré recevant un aliment à base de maïs et de tourteau de soja additionné ou non de phytase microbienne. *Journées Rech. Porcine*, 36, 25-32.