

Effet de la granulométrie des céréales dans l'aliment de lactation sur les performances des truies et des porcelets

Yan MARTEL KENNES, Isabelle CORMIER, Don GREEN, David GUILLOU, Roy E. HALL, Brad JAMES, John MOORE, Mike NASH, John NIVER, Marquis ROY

Cooperative Research Farms, 1919 Huguenot Road, Suite 200, Richmond, Virginie 23235, États-Unis

kennesy@co-op.ca

Effet de la granulométrie des céréales dans l'aliment de lactation sur les performances des truies et des porcelets

Au total, 304 truies de race pure ont été utilisées dans cette expérimentation. Quatre aliments expérimentaux ont été conçus pour cet essai, 2 sources de céréales (maïs : CerM ou blé et orge : CerBO) et 2 granulométries différentes (500 µm : Gr500 et 1000 µm : Gr1000). Ces aliments ont été alloués aux truies pendant la période de lactation. Le suivi de la consommation alimentaire, de la composition corporelle et le retour en oestrus des truies et des performances de croissance des portées et des porcelets ont été les paramètres évalués. La prise alimentaire des truies du traitement Gr500 a été inférieure à celle des truies du traitement Gr1000 ($P < 0,05$). La croissance des porcelets n'a pas été améliorée par la réduction de la granulométrie des grains (maïs ou combinaison de blé/orge) dans l'aliment lactation. Aussi, les truies du traitement Gr500 ont perdu plus de protéines corporelles durant la lactation ($P < 0,05$) que les truies du traitement Gr1000. Enfin, l'effet de la granulométrie des céréales sur les performances des truies et des porcelets n'est pas différent selon la nature des céréales évaluées. En conclusion, il n'apparaît donc pas nécessaire de réduire la taille des particules des céréales en dessous de 1 mm compte tenu des effets observés sur les performances des truies et des porcelets et sur l'évolution de la composition corporelle des truies.

Effect of grain particle size in lactation diets on the performance of sows and litter

A total of 304 multiparous purebred sows were used in this trial. Four dietary treatments consisting of 2 grain sources (corn: CerM or wheat/barley combination: CerBO) with each ground to 2 particle sizes (500 µm: Gr500 or 1000 µm: Gr1000) were fed throughout the lactation period (average of 21 days). Feed intake, body composition and return to estrus of sows and litter and piglet growth performances were evaluated during this trial. A decrease of daily feed intake was observed for sows fed with Gr500 diets compared to Gr1000 diets ($P < 0.05$). Sow and piglet performance was not improved by reducing grain particle size in lactation diets. Also, sows fed Gr500 diets lost more body proteins ($P < 0.05$) during lactation than sows fed Gr1000 diets. There is no difference concerning the effect of grain particle size on sow and piglet performances with the two grain sources. In conclusion, based on these results, grain for sow lactation diets does not need to be ground finer than a 1 mm average particle size.

INTRODUCTION

L'évaluation de différentes stratégies alimentaires chez la truie en lactation consiste généralement à identifier celles qui permettent d'augmenter l'ingestion et la digestibilité des nutriments afin de réduire les pertes corporelles et de maximiser la croissance des porcelets. Quelques travaux ont démontré l'effet favorable de la réduction de la granulométrie des aliments sur la digestibilité et les performances zootechniques chez le porcelet et le porc (Wondra et al., 1995ab ; Albar et al., 2000 ; Guillou et Landeau, 2000 ; Mavromichalis et al., 2000). Les informations disponibles concernant l'effet de la granulométrie des céréales sur les performances zootechniques des truies en lactation sont toutefois plus rares. Des études suggèrent que la digestibilité de certains nutriments et que les performances des truies sont améliorées lorsque la granulométrie moyenne des grains est réduite (Wondra et al., 1995 ; Baudon et al., 2003). Néanmoins, la réduction de la taille des grains demande de l'énergie, diminue l'efficacité de production et augmente le coût de fabrication des aliments. Ainsi, l'objectif de cet essai est de déterminer l'influence de la granulométrie de deux différentes sources de céréales dans l'aliment de lactation sur les performances des truies et des porcelets.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Schéma expérimental et animaux

L'essai a été mené à la station de recherche CRF sur la truie située à Frampton au Québec. Cet essai a été conduit selon un dispositif factoriel en blocs complets aléatoires. Ce dispositif comporte 76 blocs de 4 truies. Quatre aliments expérimentaux ont été utilisés dans cet essai, 2 sources de céréales et 2 granulométries différentes. Les truies ont reçu un de ces 4 traitements alimentaires durant toute la période de lactation (en moyenne 21 jours). Au total, 304 truies de race pure ont été utilisées (144 Landrace et 160 Yorkshire). Le rang de portée des truies variait de 1 à 8. Les blocs étaient constitués en fonction du numéro de portée (portée 1 ou plus), de la lignée génétique (Landrace ou Yorkshire) et du poids des truies à l'entrée en maternité. Les traitements ont été distribués aléatoirement aux truies d'un même bloc. Cet essai s'est déroulé sur une période de 16 semaines, d'octobre 2001 à janvier 2002.

1.2. Aliments expérimentaux et conduite expérimentale

Des granulométries de 500 μm et de 1000 μm (Gr500 et Gr1000) ont été réalisées sur deux sources de céréales, soit du maïs (CerM) ou du blé et de l'orge (CerBO). En croisant la nature des céréales et le broyage, nous avons donc obtenu quatre traitements alimentaires. Les aliments à base de maïs ainsi que de blé et d'orge ont été formulés isoénergétiques et isoprotéiques. La comparaison de ces 2 types d'aliments ne se limite donc pas à la source des céréales mais également aux valeurs nutritionnelles différentes, telles que les niveaux d'acides aminés, de matières grasses et de cellulose. La composition, l'analyse calculée ainsi que les caractéris-

tiques analysées des 4 aliments expérimentaux sont présentées dans les tableaux 1 et 2. Le maïs, l'orge et le blé ont été réduits à l'aide d'un broyeur à marteaux afin d'obtenir la granulométrie visée de 500 μm et avec un broyeur à rouleaux pour la granulométrie visée de 1000 μm . Le broyeur à marteaux était équipé d'un moteur d'une puissance de 125 chevaux, avait une vitesse de 3500 tours/minute et avait un tamis de 3,175 mm. Le broyeur à rouleaux avait un moteur d'une puissance de 50 chevaux avec des rouleaux de 2,29 x 914 cm. Ces rouleaux étaient pourvus de 4 à 5 cannelures/ 25,4 mm (premiers rouleaux) et de 10 à 12 cannelures/ 25,4 mm (derniers rouleaux). La détermination de la granulométrie moyenne des céréales et de l'écart-type a été effectuée par la méthode de référence américaine ASAE S319.2. En pratique, la granulométrie des grains a été un peu plus élevée que les valeurs visées pour le maïs (512 et 1100 μm), le blé (607 et 1049 μm) et l'orge (679 et 1113 μm). Toutefois, ces valeurs permettent de différencier les deux niveaux de granulométrie.

Les aliments expérimentaux ont été présentés sous forme de farine, sans addition d'eau. Un de ces 4 traitements alimentaires était alloué aux truies durant toute la période de lactation (en moyenne 21 jours). La première journée après la mise bas (jour 1 de lactation), les truies recevaient 1,8 kg d'aliment expérimental en 2 repas (0,9 kg/repas). Pour les 4 jours suivants, la quantité d'aliments allouée à chaque truie a été augmentée de 0,9 kg par jour. Ensuite, les truies ont été nourries (2 fois par jour) à volonté jusqu'à la fin des 21 jours de lactation. Chaque matin, les aliments qui n'ont pas été consommés la journée précédente ont été pesés et éliminés. Chaque jour, l'eau était disponible à volonté à partir d'une suce située à l'extérieure de la trémie.

Les adoptions des porcelets entre les portées ont été réalisées à l'intérieur de 48 heures suivant la mise bas et les portées ont été égalisées à 10 ou 11 porcelets. Aucun aliment destiné aux porcelets n'a été offert durant la période de lactation. La taille des dents, l'injection de fer, la coupe des queues, la castration et l'administration de médicaments chez le porcelet ont été faites au jour 1 de lactation.

1.3. Mesures et observations

Les truies ont été pesées à leur entrée dans la maternité, après la mise bas (12 à 24 heures suivant l'heure de la mise bas) et au sevrage. L'épaisseur de lard dorsal (ELD) des truies a été mesurée à l'aide d'un échographe (Ultrascan-50 d'Alliance Medical) à 65 mm de la ligne médiane au niveau de la dernière côte (site P2). L'ELD a été mesurée à l'entrée dans la maternité ainsi qu'au sevrage. Les porcelets de chacune des portées ont été pesés individuellement à la naissance, après les adoptions et au sevrage. La taille de portée et la mortalité des porcelets ont été enregistrées pour chacune des truies.

1.4. Calculs et analyses statistiques

Le poids corporel (vif et vide) et l'épaisseur de lard dorsal ont été utilisés pour prédire le contenu en protéines et en

Tableau 1 - Composition (%) et analyses calculées des aliments expérimentaux

Ingrédient	Source de céréales	
	CerM	CerBO
Maïs	71,10	-
Blé tendre	-	28,50
Orge	-	44,90
Tourteau de soya, 48%	22,50	16,30
Carbonate de calcium	1,66	1,74
Phosphate bicalcique	1,10	1,00
Sel	0,50	0,50
Choline-60	0,20	0,20
Graisse animale et végétale	0,75	4,65
Vitamines et minéraux	1,20	1,20
Acide propionique ^a	1,00	1,00
Analyse calculée ^b		
Lysine digestible (iléale apparente), %	0,92	0,84
Matières grasses brutes, %	3,75	6,15
Celluloses brutes, %	2,87	4,16
Energie digestible, kcal/kg	3398	3397

^a L'acide propionique est utilisé comme inhibiteur de moisissures

^b À partir des tables des valeurs nutritionnelles de La Coop fédérée (adapté du NRC, 1998)

Tableau 2 - Caractéristiques analysées des aliments expérimentaux

	CerM Gr500	CerM Gr1000	CerBO Gr500	CerBO Gr1000
Diamètre médian des particules, µm				
Aliment complet	700	1100	745	950
Maïs	512	1132	-	-
Blé tendre	-	-	607	1049
Orge	-	-	679	1113
Écart-type logarithmique	2,13	1,97	2,01	1,79
Protéines brutes, %	18,0	18,3	18,4	18,3
Calcium, %	0,90	1,02	0,99	1,11
Phosphore total, %	0,56	0,57	0,64	0,65

lipides corporels avec les équations de Dourmad et al. (1997). Les données ont été analysées selon un dispositif expérimental factoriel en blocs complets aléatoires en utilisant la procédure « GLM » de SAS. Le modèle statistique a inclus le bloc de truie, la granulométrie des céréales (Gr), la source de céréales (Cer) et l'interaction GrxCer comme effets principaux. Seule la variable de l'intervalle sevrage-oestrus (ISO) a été analysée à l'aide d'un test de Chi-2 car la distribution des valeurs était asymétrique.

2. RÉSULTATS

Les résultats des performances des truies et des porcelets sont présentés dans les tableaux 3 et 4. Aucune différence n'a été observée au niveau de la durée de la lactation, du poids et du lard dorsal avant la mise bas ainsi que du nombre de porcelets adoptés chez les truies du groupe Gr500 comparativement au groupe Gr1000 et de même chez les truies du groupe CerM comparativement au groupe CerBO. De plus,

seuls les effets principaux ont été traités car aucun effet d'interaction n'est significatif.

2.1. Consommation alimentaire

La granulométrie des ingrédients a affecté la prise alimentaire des truies durant la lactation. Les truies nourries avec les aliments à granulométrie de 500 µm ont eu une consommation alimentaire moins élevée que les truies sur les aliments à 1000 µm (5,23 vs 5,45 kg/j, P=0,01). La source de céréale a aussi eu un effet sur la consommation des truies. Les truies recevant les aliments CerBO ont eu une consommation significativement plus élevée que les truies alimentées à partir des aliments CerM (5,44 vs 5,24 kg/j, P=0,02).

2.2. Performances des truies et des portées

Les performances de croissance des porcelets et des portées, le taux de mortalité des porcelets et le nombre de porcelets

sevrés par portée n'ont pas été affectés par la granulométrie réelle des ingrédients ($P > 0,1$) dans cet essai. La source de céréales a affecté la croissance des portées et des porcelets. En effet, les taux de croissance des portées et des porcelets ont été supérieurs chez les truies nourries avec les aliments CerBO comparativement aux truies alimentées avec les aliments CerM (portée : 2,49 vs 2,37 kg/j, $P=0,01$; porcelet : 262 vs 252 g/j, $P=0,02$). Aussi, les poids moyens des portées et des porcelets au sevrage ont été plus élevés chez les truies alimentées avec les aliments CerBO que les aliments CerM (portée : 69,02 vs 65,66 kg, $P=0,00$; porcelet : 7,28 vs 6,96 kg, $P=0,01$). Concernant l'intervalle sevrage-oestrus (ISO) des truies, il n'y a pas eu de différence attribuable à la granulométrie ou à la source de céréales pour le pourcentage de truies qui ont eu un ISO plus petit ou égal à 10 jours ou supérieur à 10 jours.

2.3. Évolution de la composition corporelle des truies durant la lactation

Ni la granulométrie, ni la nature des céréales n'ont eu un impact sur la variation de poids entre la mise bas et le sevrage. En revanche, la source de céréales a eu un effet sur la

variation de l'ELD durant la lactation. Les truies nourries avec les aliments CerBO ont perdu en moyenne 3,3 mm tandis que celles alimentées avec les rations CerM ont perdu 2.7 mm ($P = 0,05$).

3. DISCUSSION

3.1. Effet de la granulométrie des céréales

L'effet observé concernant la réduction de la prise alimentaire de 4 % des truies recevant les rations Gr500 comparativement aux rations Gr1000 n'est pas en accord avec les résultats d'essais antérieurs. En effet, l'essai de Wondra et al. (1995a) rapporte une augmentation de la prise alimentaire de 6 % lorsque la granulométrie du maïs est réduite de 1200 à 400 μm pour une lactation de 21 jours chez des truies primipares. Aussi, Baudon et al. (2003) ont observé une augmentation de la prise alimentaire lors de la réduction de la granulométrie des particules de maïs (de 1500 à 600 μm) chez des truies primipares et multipares.

Il a déjà été rapporté que la faible granulométrie du blé peut causer des problèmes de palatabilité (Goodband et

Tableau 3 - Influence de la granulométrie et de la nature des céréales dans l'aliment de lactation sur les performances des truies

	Gr500		Gr1000		ETR ^a	Statistiques ^b
	CerM	CerBO	CerM	CerBO		
Nombre de truies	76	76	76	76		
Parité moyenne	2,4	2,2	2,4	2,4		
Jours en lactation	21,10	21,12	20,96	21,41	1,80	
Nombre de porcelets/portée						
Nés vivants	10,79	10,01	10,46	10,32	2,88	
Après adoption	10,07	10,23	10,11	10,13	0,94	
Sevrés	9,46	9,59	9,44	9,42	1,05	
Prise alimentaire, kg/j	5,12	5,33	5,35	5,54	0,81	Gr*, Cer*
Poids des truies, kg						
Avant la mise bas	256,3	255,0	255,3	254,6	15,2	
Après la mise bas	234,0	232,7	234,2	234,3	16,5	
Au sevrage	220,4	220,4	224,6	224,4	17,8	
Variation en lactation	-12,7	-13,1	-9,4	-9,9	9,3	
Lard dorsal, mm						
Avant la mise bas	18,7	19,6	17,7	19,4	4,6	
Au sevrage	15,9	15,9	14,9	16,4	4,2	
Variation en lactation	-2,7	-3,7	-2,8	-3,0	2,4	Cer*
Protéines corporelles, kg						
Après la mise bas	36,91	36,22	37,17	36,53	3,20	
Au sevrage	35,32	35,34	36,39	35,87	3,17	Gr [†]
Variation en lactation	-1,28	-1,11	-0,74	-0,77	1,48	Gr*
Lipides corporels, kg						
Après la mise bas	48,91	50,02	47,69	49,98	7,38	
Au sevrage	42,40	42,31	41,96	43,86	7,44	
Variation en lactation	-6,48	-7,87	-5,75	-6,15	4,40	

^a Écart-type résiduel

^b Effet granulométrie des céréales (Gr), source de céréales (Cer) ; niveau de signification : * $P < 0,05$; [†] $P < 0,10$

Tableau 4 - Influence de la granulométrie et de la nature des céréales dans l'aliment de lactation sur les performances des truies et des porcelets

	Gr500		Gr1000		ETR ^a	Statistiques ^b
	CerM	CerBO	CerM	CerBO		
Mortalité entre adoption et sevrage, %	5,8	5,8	6,4	6,7	8,1	
ISO, % de truies avec ISO < ou = à 10 jours	88,9	90,7	86,1	92,1		Chi-2, NS
ISO, j	5,3	5,4	5,7	5,0	2,3	
Poids moyen des portées, kg						
À la naissance	17,44	16,88	17,14	16,82	4,32	
Après adoption	16,6	17,58	16,82	16,91	2,57	
Au sevrage	65,56	69,46	65,77	68,59	10,65	Cer*
Poids moyen des porcelets, kg						
À la naissance	1,66	1,71	1,68	1,66	0,25	
Après adoption	1,66	1,73	1,67	1,68	0,26	
Au sevrage	6,93	7,26	6,99	7,30	1,02	Cer*
Taux de croissance						
Portée (kg/j)	2,36	2,51	2,39	2,46	0,40	Cer*
Porcelets (g/j)	250	262	253	262	39	Cer*

^a Écart-type résiduel

^b Effet granulométrie des céréales (Gr), source de céréales (Cer) ; niveau de signification : *P<0,05 ; †P<0,10

al., 2002). Ceci pourrait expliquer en partie la prise alimentaire moins élevée des truies recevant l'aliment à base de blé et d'orge à granulométrie fine. Il a aussi été démontré que la faible granulométrie des grains est liée à une augmentation de l'incidence d'ulcération et de kératinisation de la muqueuse stomacale (Wondra et al., 1995ab). Les truies affectées de ces types de lésions (ulcères et irritations) pourraient donc être portées à réduire leur consommation alimentaire. De plus, Wondra et al. (1995ab) ont observé une prévalence d'ulcération stomacale de 30 % chez les truies primipares alimentées avec une ration à base de maïs à 400 µm alors que cette prévalence augmente à 80 % chez les truies de seconde parité. Il semble donc que les truies multipares soient plus susceptibles aux ulcères de l'estomac que les truies primipares. La consommation alimentaire plus élevée chez ces truies multipares peut aussi être un facteur augmentant l'incidence des ulcérations de l'estomac des truies nourries avec une granulométrie fine.

Dans cet essai, aucun effet de la granulométrie des céréales sur la croissance des porcelets et des portées n'a été observé. Ces résultats sont en accord avec les résultats de Wondra et al. (1995b) et de Baudon et al. (2003) qui ne rapportent aucune amélioration des performances de croissance des porcelets et des portées par la réduction de la taille des particules chez les truies multipares. Toutefois, dans l'essai de Wondra et al. (1995a) portant sur des truies primipares, la réduction de la taille des particules de maïs a mené à une augmentation du poids de portée au sevrage.

Concernant la composition corporelle des truies, l'absence d'effet de la réduction de la taille des grains sur la variation de poids et d'ELD est en accord avec les essais de Wondra et al. (1995ab) et Baudon et al. (2003) qui ne rapportent aucun effet de la granulométrie du maïs sur la perte de poids et de lard dorsal. En revanche, le calcul de la composition chimique corporelle des truies montre une tendance vers une quantité moins importante de protéines corporelles au sevrage chez les truies nourries avec les aliments Gr500 que celles alimentées avec les aliments Gr1000 (35,33 vs 36,12 kg, P=0,09). De plus, ces calculs montrent que durant la période de lactation, les truies alimentées avec les rations Gr500 perdent plus de protéines comparativement aux truies sur les rations Gr1000 (-1,20 vs -0,75 kg, P = 0,02). Cette différence peut être liée à la consommation alimentaire plus faible des truies alimentées avec les rations Gr500. La granulométrie des grains et la source de céréales n'a cependant pas eu d'effet sur la variation de lipides corporels des truies durant la lactation.

L'effet limité de la granulométrie des céréales sur la composition corporelle des truies durant la période de lactation explique l'absence d'effet sur le retour en chaleur des truies. En effet, selon Dourmad et al. (1998), il semble y avoir un seuil critique de déplétion des réserves corporelles pendant la lactation pour nuire aux performances ultérieures de reproduction, et ce particulièrement suite à la première lactation.

Par ailleurs, il est possible que la taille des particules évaluée par le diamètre médian décrive imparfaitement les

effets des broyages réalisés. En particulier, les broyages fins ont été réalisés avec un broyeur à marteaux et les broyages grossiers avec un broyeur à cylindre. Le diamètre médian rend compte imparfaitement des autres modifications (Melcion, 2000).

3.2. Effet de la source de céréales

La source de céréales a eu un effet significatif sur la consommation alimentaire des truies et l'effet favorable des aliments CerBO peut s'expliquer en partie par une différence d'appétence liée aux ingrédients. En effet, les aliments CerBO contiennent davantage de matières grasses, un facteur positif sur l'appétence des aliments de lactation (Quiniou et al., 2001). De plus, plusieurs études ont démontré la relation entre le niveau de matières grasses dans les aliments de lactation et le contenu en matières grasses du lait ainsi que l'effet sur la survie et la croissance des porcelets (Babinsky, 1998). Ainsi, dans notre étude, l'augmentation du poids moyen des portées et des porcelets au sevrage, de même que l'augmentation du taux de croissance des portées et des porcelets issus des truies nourries avec les aliments CerBO peuvent être reliées à une exportation plus importante de lipides dans le lait. Aussi, la mobilisation plus importante d'ELD des truies nourries avec les aliments CerBO peut s'expliquer par un bilan énergétique réduit dû à cette exportation de lipides dans le lait.

CONCLUSION

Lors de cette étude, la réduction de la taille des particules des céréales (ration à base de maïs et d'une combinaison de blé et d'orge) n'a pas permis d'augmenter les performances de croissance des porcelets et des portées et n'a pas réussi à limiter les pertes de poids et de gras corporel. Au contraire, les truies nourries avec les aliments à granulométrie fine ont réduit leur consommation alimentaire d'environ 4 % comparativement aux truies nourries avec les aliments à granulométrie grossière. Si la digestibilité de la matière sèche, de l'énergie et de la protéine des aliments a été améliorée lorsque la granulométrie était réduite, cela ne s'est pas traduit par un avantage zootechnique. De plus, l'effet de la granulométrie des céréales sur les performances des truies et des porcelets n'est pas différent selon la nature des céréales évaluées.

Il n'apparaît donc pas nécessaire de réduire la taille des particules des céréales en dessous de 1 mm compte tenu des effets observés sur les performances des truies et des porcelets et sur l'évolution de la composition corporelle des truies. De plus, il faut considérer les problèmes de lésions stomacales (ulcération et kératinisation), l'écoulement plus difficile des aliments, la baisse de productivité du broyeur et l'augmentation du coût énergétique du broyage, qui sont aussi en faveur des aliments plus grossiers.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albar J., Skiba F., Royer É., Granier R., 2000. Incidence de la granulométrie sur les performances en post-sevrage et la digestibilité de quatre aliments à base d'orge, de blé, de maïs et de pois. *Journées Rech. Porcine en France*, 32, 193-200.
- Babinszky L., 1998. Dietary fat and milk production. In : M.W.A. Verstegen, P.J. Moughan and S.W. Schrama (Eds), *The lactating sow*, 143-155. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Baudon E.C., Hancock J.D., Tokach M.D., Gabarrou J.F., 2003. Effects of reducing particle size of corn in lactation diets on performance and nutrient utilization in multiparous sows. *J. Anim. Sci.* 81(suppl.1), 17.
- Dourmad J.Y., Étienne M., Noblet J., Causeur D., 1997. Prédiction de la composition chimique des truies reproductrices à partir du poids vif et de l'épaisseur de gras dorsal. Application à la définition des besoins énergétiques. *Journées Rech. Porcine en France*, 29, 255-262.
- Dourmad J.Y., Étienne M., Noblet J., 1998. Alimentation et gestion des réserves corporelles de la truie : conséquences sur sa longévité. *INRA Prod. Anim.*, 11(3), 245-247.
- Goodband R.D., Tokach M.D., Nelssen J.L., 2002. The effect of diet particle size on animal performance. Kansas State University
- Guillou D., Landeau E., 2000. Granulométrie et production porcine. *INRA Prod. Anim.* 13(2), 137-145.
- Mavromichalis I., Hancock J.D., Senne B.W., Gugle T.L., Kennedy G.A., Hines R.H., Wyatt C.L., 2000. Enzyme supplementation and particle size of wheat in diet for nursery and finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 78, 3086-3095.
- Melcion J.P., 2000. La granulométrie de l'aliment : principe, mesure et obtention. *INRA Prod. Anim.*, 13(2), 81-97.
- Quiniou N., Gaudré D., Guillou D., 2001. Influence de la température ambiante et de la concentration en nutriments de l'aliment sur les performances de lactation des truies selon le rang de portée. *Journées Rech. Porcine en France*, 33, 173-180.
- Wondra K.J., Hancock J.D., Kennedy G.A., Hines, R.H., Behnke, K.C. 1995a. Reducing particle size of corn in lactation diets from 1 200 to 400 micrometers improves sow and litter performance. *J. Anim. Sci.* 73, 421-426.
- Wondra K.J., Hancock J.D., Kennedy G.A., Behnke K.C., Wondra K.R., 1995b. Effect of reducing particle size of corn in lactation diets on energy and nitrogen metabolism in second-parity sows. *J. Anim. Sci.* 73, 427-43.