

ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS SÉRIQUES DE NUTRIMENTS MINEURS CHEZ DES TRUIES REPRODUCTRICES SOUMISES À DES RÉGIMES À HAUTE TENEUR EN FIBRES.

Christiane GIRARD (1), J.J. MATTE (1), Suzanne ROBERT (1), C. FARMER (1), G.-P. MARTINEAU (2)

(1) Agriculture Canada-Station de Recherches, C.P. 90, 2000 Route 108 Est, Lennoxville, Québec, Canada, J1M 1Z3.

(2) Université de Montréal-Faculté de Médecine Vétérinaire, C.P. 5000, St-Hyacinthe, Québec, Canada, J2S 7C6.

L'objectif du présent travail était de mesurer les effets de régimes à haute teneur en fibres offerts pendant la gestation sur le statut minéral et vitaminique de la truie et ce, au cours des deux premiers cycles de reproduction. Cent cochettes ont été réparties entre les trois régimes expérimentaux suivants : (1) témoin, (2) à base de son de blé et (3) à base d'écaillés d'avoine. L'apport journalier total de nutriments majeurs et de minéraux et vitamines étudiés était semblable entre les régimes. Lors de la première gestation, les régimes 2 et 3 ont provoqué une baisse des concentrations sériques de calcium, de phosphore et de cuivre. Le régime 2 a causé une baisse du fer sérique et le régime 3, une diminution du zinc sérique. Il n'y a eu aucun effet résiduel des régimes expérimentaux de gestation pendant la lactation sauf pour le fer sérique. Les concentrations sériques de fer des truies ingérant le régime 1 étaient alors inférieures à celles des animaux recevant les régimes 2 et 3. Au cours des deux parités, l'évolution des concentrations sériques de folates et de vitamine B₁₂ n'a pas été modifiée par les régimes expérimentaux administrés pendant la gestation. Donc, l'utilisation de régimes à haute teneur en fibres affectant le statut minéral des truies, un ajustement de la composition des prémélanges minéraux pourrait alors s'imposer.

Effects of high fiber regimens given to sows during gestation on serum concentrations of micronutrients.

The objective of the present work was to evaluate the effects of high fiber regimens given to sows during two consecutive gestations on evolution of serum concentrations of micronutrients. One hundred gilts were distributed among the three following experimental regimens : (1) control, (2) based on wheat bran and (3) based on oat hulls. The total daily intake of macronutrients and of studied minerals and vitamins was similar among treatments. During the first gestation, regimens 2 and 3 decreased serum concentrations of calcium, phosphorus and copper. Regimen 2 also decreased serum iron, while serum zinc diminished in sows fed regimen 3. There was no residual effect of gestation regimens during lactation, except for serum iron which was lower in sows fed regimen 1 than in those fed regimens 2 or 3. Experimental regimens given to sows during two consecutive gestations did not affect serum concentrations of folates or vitamin B₁₂. In conclusion, as the use of high fiber regimens during gestation had a negative effect on mineral status of sows, changes in composition of mineral premix could therefore be necessary to maintain optimal mineral status.

INTRODUCTION

Lors d'études antérieures sur l'utilisation de régimes à haute teneur en fibres chez la truie gravide, on s'est préoccupé principalement des besoins en macronutriments. Peu de travaux font état de l'effet de la fibre sur l'absorption des micronutriments comme les minéraux (LOW, 1985) et les vitamines. On sait, par exemple que, chez le porc en croissance, la disponibilité du calcium et du phosphore est peu influencée par l'inclusion de fibres dans le régime alimentaire (PARTRIDGE, 1978; MOSER et al., 1982) mais que celle du zinc est nettement diminuée (NEWTON et al., 1983). En ce qui a trait aux vitamines, MISIR et BLAIR (1984) ont démontré, également chez le porc en croissance, que la fibre alimentaire peut interférer avec l'absorption de la biotine. L'observation chez d'autres espèces, principalement l'humain et le rat,

d'effets tantôt positifs tantôt négatifs de l'utilisation de différentes sources de fibres sur le statut métabolique en minéraux et vitamines limite toute tentative d'extrapolation à la truie gravide. Les difficultés d'extrapolation inter-espèce ainsi que la grande diversité de caractéristiques physico-chimiques qui se cachent derrière le terme «fibre» rendent nécessaire l'étude des conséquences de l'utilisation de régimes à haute teneur en fibres pendant la gestation chez la truie sur le statut de ces animaux en vitamines et minéraux.

L'objectif de ce travail était donc de déterminer l'effet de régimes à haute teneur en fibres offerts pendant la gestation sur le statut minéral et vitaminique de la truie au cours des deux premiers cycles de reproduction. De plus, deux types de fibres couramment disponibles pour l'alimentation animale, soit le son de blé et les écaillés d'avoine, ont été comparés.

Tableau 1 - Composition centésimale, composition chimique calculée et rationnement quotidien des régimes de gestation et du régime unique de lactation.

Ingrédients	Régimes de gestation			Régime de lactation
	1	2	3	
Composition centésimale				
Maïs	69,30	—	—	47,95
Orge	—	—	—	27,70
Avoine	—	—	41,48	—
Son de blé	—	43,30	—	—
Ecaillés d'avoine	—	—	53,20	—
Maïs sur épi	—	53,30	—	—
Tourteau de Soya (47.5%)	18,30	—	—	18,00
Gras animal	6,50	—	—	2,00
Farine de poisson	—	—	2,70	—
L-Lysine HCl	—	0,20	0,05	—
Chaux	0,90	2,00	0,30	1,50
Phosphate dical.	3,60	0,30	1,50	2,00
Sel	0,95	0,60	0,50	0,50
Prémélanges (1)				
- minéral	0,13	0,08	0,08	0,10
- vitaminique	0,32	0,22	0,19	0,25
Composition chimique calculée (2)				
Energie				
métabolisable (Mcal/kg)	3,40	2,33	2,00	3,14
Protéine brute (%)	14,90	10,40	8,80	16,20
Lysine (%)	0,75	0,51	0,44	0,80
Fibre brute (%)	2,23	10,07	20,41	3,17
Ca (%)	1,31	0,93	0,78	1,08
P (%)	0,96	0,69	0,58	0,72
Rationnement quotidien (kg)				
Parité 1	2,0	2,9	3,4	Libéral
Parité 2	2,2	3,2	3,7	Libéral

(1) Apport par kg de pré-mélange minéral ou vitaminique pour les régimes 1, 2, 3, et de lactation respectivement 288,46, 323,28, 275,74 et 30,00 mg de Co, I et Se, 3,22, 1,20, 4,18 et 1,20 g de pyridoxine ainsi que, pour tous les régimes, 4000000 UI de vitamine A, 800000 UI de vitamine D, 14000 UI de vitamine E, 880 mg de ménadione, 800 mg de thiamine, 2 g de riboflavine, 10 g de niacine, 8 g d'acide pantothénique, 10 mg de biotine et 120 g de choline.

(2) Selon NRC (1988) et Allen, (1990). Les proportions des différents ingrédients et la composition des prémélanges vitaminiques et minéraux ont été calculées pour fournir le même apport journalier de nutriments majeurs (sauf la fibre brute) ainsi que des minéraux et vitamines étudiés.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES.

1.1. Les animaux.

Cent cochettes (F1 Yorkshire x Landrace) d'environ 110 kg et ayant exhibé au moins un oestrus ont été accouplées en vue d'obtenir un minimum de 78 truies gravides. L'un des trois régimes expérimentaux suivants a été attribué à chacune des truies en fonction de sa date d'accouplement: (1) régime témoin (2) régime à base de son de blé et (3) régime à base d'écaillés d'avoine (3). Les truies ont été nourries avec le même régime expérimental au cours de la deuxième gestation.

1.2. Les régimes

Trois régimes dont la composition est décrite au tableau 1 ont été comparés. Le régime témoin ne contenait aucune source supplémentaire de fibre autre que celle provenant de la céréale et du supplément protéique. Le rationnement journalier et les proportions des différents ingrédients ont été calculés pour fournir le même apport quotidien total, soit, respectivement pour la parité 1 et 2, 6800 et 7500 kcal d'énergie métabolisable, 300 et 325 g de protéine brute, 15 et 16,5 g de lysine, 26 et 29 g de calcium ainsi que 19,2 et 21,5 g de phosphore. La composition des prémélanges minéraux et vitaminiques a été calculée pour fournir également le même apport journalier total en zinc, fer, cuivre, acide folique et vitamine B₁₂.

Ces régimes distribués sous forme de farine ont été offerts aux cochettes dès leur transfert en cage individuelle après l'accouplement et ce, jusqu'au deuxième jour après la parturition. La ration totale quotidienne a été divisée en deux parts inégales de telle sorte que les animaux en recevaient 60% au repas du matin (07h00) et 40% à celui du début d'après-midi (13h00). Une quantité connue d'eau était ajoutée au régime à base d'écaillés d'avoine afin d'en faciliter la consommation. De plus, les animaux disposaient d'eau à volonté. Les truies ont été nourries avec le même régime expérimental au cours de la deuxième gestation. Le régime de lactation était offert à volonté.

1.3. Les prélèvements sanguins et les analyses biochimiques.

1.3.1. Les prélèvements sanguins.

Des échantillons sanguins ont été prélevés au niveau de la veine jugulaire lors de l'accouplement, à 35, 70 et 105 jours de gestation ainsi que le lendemain de la parturition et 28 jours plus tard, lors du sevrage des porcelets. Les échantillons destinés à la détermination des minéraux ont été prélevés dans des tubes sous vide destinés spécifiquement à cet usage (Vacutainer for trace elements determination®). Le sang a été conservé à 4° à l'obscurité pendant 18 h. Le sérum a ensuite été séparé par une centrifugation à 1854 x g pendant 10 minutes, transféré dans des tubes de polypropylène puis conservé à -20°.

1.3.2. Les analyses biochimiques.

Avant la détermination des minéraux, 1 ml de sérum a été mélangé à 15 µl de HCl 3.0 N, chauffé à 100° pendant 1 h, puis à 550° pendant 5 h. Après cette incinération, 3 ml de HCl 3.0 N ont été ajoutés aux cendres. Le calcium, le phosphore, le cuivre, le zinc et le fer ont ensuite été déterminés en duplicata par spectrométrie d'émission (inductively coupled plasma-emission spectrometry; ICP/6500 XR, Perkin-Elmer Corp., Norwalk, Conn., USA).

Les concentrations sériques de folates et de vitamine B₁₂ ont été mesurées en duplicata grâce à des trousseaux commerciales de dosage radioisotopique (Quantaphase Folate et Quantaphase B₁₂, Bio-Rad Laboratories (Canada) Ltd., Mississauga, ON) dont l'utilisation pour le sérum de porc a été validée lors de travaux précédents (TREMBLAY et al., 1986; BILODEAU et al., 1989).

1.4. Les analyses statistiques.

Les variations sériques des variables étudiées pendant la gestation, soit entre l'accouplement et le lendemain de la parturition, ont été analysées en comparant les surfaces sous la courbe, après correction pour les niveaux de départ. Les analyses ont été effectuées selon les modèles suivants:

$$1) Y_{ij} = u + B_i + R_j + e_{ij}, \text{ lorsqu'une seule parité a été étudiée}$$

et

$$2) Y_{ijk} = u + B_i + R_j + BR_{ij} + P_k + RP_{jk} + BP_{ik} + BRP_{ijk} + e_{ijk}, \text{ lorsque les deux parités ont été étudiées.}$$

Les variations sériques des variables pendant la lactation, soit entre le prélèvement effectué le lendemain de la parturition et lors du sevrage des porcelets (effet résiduel des régimes expérimentaux) ont été analysées selon les modèles suivants :

$$3) Y_{ijk} = u + B_i + R_j + BR_{ij} + T_k + RT_{jk} + BT_{ik} + BRT_{ijk} + e_{ijk}, \text{ lorsqu'une seule parité a été étudiée et}$$

$$4) Y_{ijkl} = u + B_i + R_j + BR_{ij} + P_k + RP_{jk} + BP_{ik} + BRP_{ijk} + T_l + RT_{jl} + PT_{kl} + RPT_{jkl} + BT_{il} + BRT_{ijl} + BPT_{ikl} + BRPT_{ijkl} + e_{ijkl}, \text{ lorsque les deux parités ont été étudiées.}$$

Dans ces quatre modèles, Y représente la variable dépendante, calcium, phosphore, cuivre, zinc, fer, folates et vitamine B₁₂ sériques. La moyenne globale est u, B_i représente l'effet des blocs (définis selon la date de l'accouplement), R_j, l'effet des régimes expérimentaux, P_k et T_l, lorsque appropriés, représentent respectivement les effets de la parité et du temps. Les termes d'erreurs sont e_{ij} pour le modèle 1; BR_{ij}, BP_{ik} + BRP_{ijk} et e_{ijk} pour le modèle 2; BR_{ij}, BT_{ik} + BRT_{ijk} et e_{ijk} pour le modèle 3 et BR_{ij}, BP_{ik} + BRP_{ijk} et BT_{il} + BRT_{ijl} + BPT_{ikl} + BRPT_{ijkl} et e_{ijkl} pour le modèle 4.

2. RÉSULTATS

2.1. Minéraux

Lors de la première gestation, l'évolution des concentrations sériques de tous les minéraux étudiés a été modifiée par l'utilisation de régimes à haute teneur en fibres (P ≤ 0,05). La réponse du calcium, du phosphore et du cuivre aux régimes expérimentaux a été semblable: les surfaces sous la courbe des deux régimes à haute teneur en fibres (régimes 2 et 3) n'étaient pas différentes entre elles (P ≥ 0,05) mais étaient inférieures à celle observée avec le régime 1 (P ≥ 0,05; figures 1, 2 et 3). Les surfaces sous la courbe du fer sérique étaient semblables pour les truies recevant les régimes 1 et 3 (P ≥ 0,05); elle était cependant inférieure chez les truies recevant le régime 2 (P ≤ 0,05; figure 4). Les truies recevant les régimes 1 et 2 ont eu des surfaces sous la courbe similaires pour le zinc sérique (P = 0,05); cette surface était cependant inférieure chez les truies nourries avec le régime 3 (P ≤ 0,05; figure 5). Il n'y a pas eu d'effet résiduel pendant la lactation des régimes

alimentaires reçus pendant la gestation sur les concentrations sériques de calcium, phosphore, cuivre et zinc. Cependant, les concentrations sériques de fer pendant cette période ont été influencées par le régime de gestation ($P \leq 0,05$). En effet, chez les truies du groupe témoin (régime 1), les concentrations sériques de fer étaient inférieures à celles des régimes à haute teneur en fibres (régimes 2 et 3 ; $P \leq 0,05$), ces derniers ne différaient cependant pas entre eux ($P \geq 0,05$).

Figure 1 - Évolution de la concentration sérique de calcium selon le stade de la gestation.

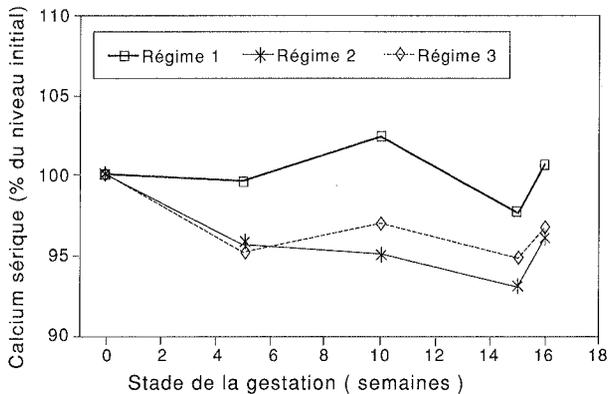


Figure 2 - Évolution de la concentration sérique de phosphore selon le stade de la gestation.

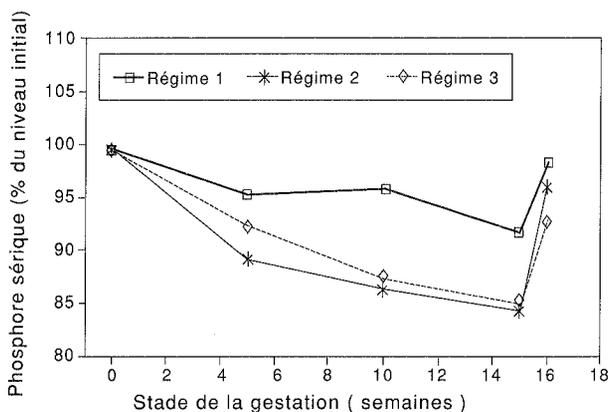


Figure 3 - Évolution de la concentration sérique de cuivre selon le stade de la gestation.

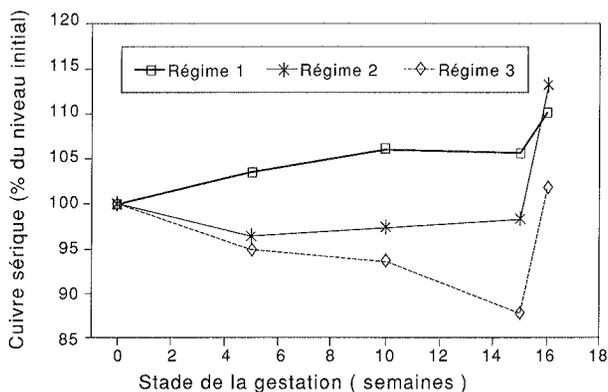


Figure 4 - Évolution de la concentration sérique de fer selon le stade de la gestation.

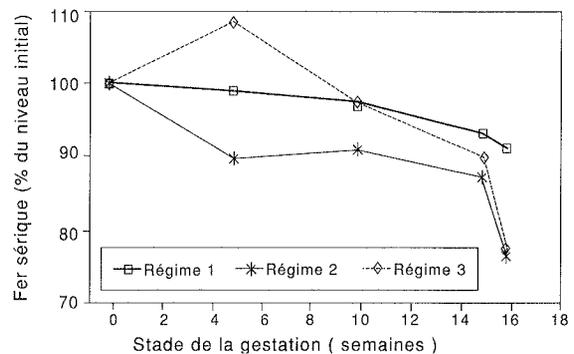
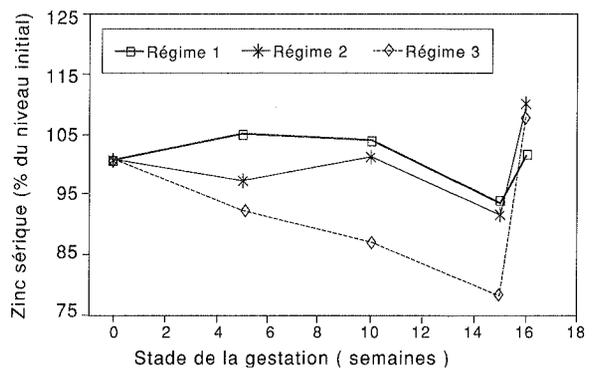


Figure 5 - Évolution de la concentration sérique de zinc selon le stade de la gestation.



2.2. Folates et vitamine B₁₂

L'évolution des concentrations sériques de folates et de vitamine B₁₂ n'a pas été modifiée par les régimes administrés pendant la période de gestation ($P \geq 0,05$). Aucun effet résiduel des régimes de gestation n'est apparu non plus pendant la lactation ($P \geq 0,05$). Cependant, quel que soit le régime ingéré, il y a eu une différence marquée entre les deux parités, et ce pour les deux vitamines étudiées ($P = 0,0001$; tableau 2). Les surfaces sous la courbe pendant la gestation étaient supérieures en deuxième parité et ce, tant pour les folates que pour la vitamine B₁₂. Pendant la lactation cependant, les folates sériques étaient plus élevés chez les truies de première parité ($P = 0,0001$) alors que les concentrations sériques de vitamine B₁₂ n'étaient pas influencées par le nombre de parités ($P \geq 0,05$).

3. DISCUSSION

Tableau 2 - Concentrations sériques de folates et de vitamine B₁₂ pendant la gestation et la lactation de truies nullipares et primipares (moyenne \pm erreur standard).

		Folates (ng/ml)	Vitamine B ₁₂ (pg/ml)
Gestation	parité 1	44,78 \pm 0,74	169,53 \pm 4,70
	parité 2	48,26 \pm 0,82	723,78 \pm 63,82
	P	0,0001	0,0001
Lactation	parité 1	63,03 \pm 1,62	204,27 \pm 10,55
	parité 2	55,66 \pm 2,06	237,12 \pm 39,25
	P	0,0001	0,35

3.1. Minéraux

Les régimes à haute teneur en fibres utilisés dans la présente expérience ont influencé à la baisse les concentrations sériques de calcium, de phosphore et de cuivre chez la truie gravide. Chez le porc en croissance, par contre, l'addition de divers types de fibres dans le régime alimentaire a peu d'effet sur la disponibilité du calcium (cellulose, PARTRIDGE, 1978; écaillés d'avoine, MOSER et al., 1982; son de blé, NEWTON et al., 1983; paille, DEN HARTOG et al., 1988, MÜNCHOW, 1989). La disponibilité du phosphore serait cependant influencée différemment selon le type de fibres ingérées. MÜNCHOW (1989) observe une diminution des taux sériques de phosphore lorsque de la paille est ajoutée au régime des porcelets après le sevrage. Cependant, d'autres études ne rapportent aucun effet lors de l'addition de paille (DEN HARTOG et al., 1988), de cellulose (PARTRIDGE, 1978) ou d'écaillés d'avoine (MOSER et al., 1982) dans le régime alimentaire des porcs en croissance. NEWTON et al. (1983), quant à eux, observent une augmentation de la rétention du phosphore lors de l'incorporation de son de blé dans le régime de porcs en croissance. Les mêmes auteurs notent une diminution de la rétention du cuivre liée à l'incorporation du son de blé. Contrairement à ce qui a été observé lors de la gestation pendant la présente expérience, NEWTON et al. (1983) observent une augmentation de la rétention du fer et une diminution de celle du zinc lorsque du son de blé est ajouté dans le régime des porcs en croissance. Ces résultats sont semblables à ceux observés dans la présente expérience pendant la lactation. De même, une étude menée chez le porcelet dès le sevrage n'a démontré aucune différence entre la disponibilité du fer fourni dans un régime conventionnel sous forme de sulfate ferreux et celle du fer contenu dans le son de blé (FROLICH, 1982).

Les effets des divers types de fibres d'origine alimentaire sur la disponibilité des minéraux varient en fonction de leur capacité d'échange cationique, de leur capacité à accélérer le transit intestinal et de leur résistance à la dégradation dans le gros intestin (DREHER, 1987). La comparaison des résultats de recherches visant à établir une relation entre le contenu en fibres du régime et la disponibilité des minéraux s'avère complexe puisque le type et la proportion de fibres utilisés varient ainsi que l'espèce animale étudiée. Règle générale cependant, on considère que l'incorporation de fibres dans le régime alimentaire diminue la disponibilité des minéraux selon trois principaux modes d'action : 1) les fibres augmentent le volume fécal et la motilité, réduisant ainsi le temps disponible pour l'absorption ou l'accès aux sites d'absorption; 2) les fibres affectent directement ou indirectement les mécanismes de transport muqueuse-séreuse; 3) la formation de complexes «fibre-minéraux» stables et non absorbables diminue la proportion des minéraux disponibles (LASZLO, 1989).

3.2. Folates et vitamine B₁₂

Les concentrations sériques de folates et de vitamine B₁₂ observées dans la présente expérience sont semblables à celles rapportées par MATTE et al. (1984) et FREDERICK et BRISSON (1961). Cependant, l'observation des données de THALER et al. (1989) et FREDERICK et BRISSON (1961) portant respectivement sur les concentrations sériques des folates et de la vitamine B₁₂ ne permet pas de déceler de différences entre deux parités successives. Dans la présente expérience, ni l'inclusion de son de blé ni celle d'écaillés d'avoine n'a modifié le statut des truies gravides en folates ou en vitamine B₁₂. Il existe très peu d'information sur les conséquences de l'inclusion de fibres dans les régimes sur la disponibilité des vitamines hydrosolubles. Cependant, règle générale, tant chez l'humain que chez le rat, l'inclusion de divers types de fibres dans le régime alimentaire a peu d'influence sur la disponibilité des folates mais diminue celle de la vitamine B₁₂ (KASPER, 1982; DREHER, 1987; KELSAY, 1990).

CONCLUSION

Bien qu'encore partiels, les résultats de cette étude multidisciplinaire visant à évaluer les conséquences de l'utilisation de régimes à haute teneur en fibres sur le statut nutritionnel, les performances zootechniques, la santé et le bien-être des truies nullipares et primipares démontrent que le statut en folates et en vitamine B₁₂ n'a pas été affecté par l'inclusion de son de blé ou d'écaillés d'avoine dans le régime de gestation et ce, pendant deux parités consécutives. Par contre, le statut minéral a été plus fortement affecté. Les concentrations sériques de calcium, de phosphore et de cuivre ont été diminuées par les deux régimes à haute teneur en fibres alors que celles de fer l'ont été lors de l'inclusion du son de blé et celles du zinc, par l'inclusion des écaillés d'avoine. Ces réponses variables selon le type de fibres ingérées sont probablement liées à leurs propriétés physico-chimiques respectives. Si, dans la présente expérience, l'inclusion de fibres dans les régimes s'avère bénéfique sur les plans zootechnique, sanitaire et comportemental, les effets négatifs observés pourront éventuellement être corrigés par un ajustement de la composition des prémélanges minéraux.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la Fédération des producteurs de porcs du Québec pour le soutien financier donné à cette étude multidisciplinaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN R.D. 1990. Feedstuffs: 1990 Reference Issue. 61, 24-31.
- BILODEAU R., MATTE J.J., de PASSILLÉ A.M.B., GIRARD C.L., BRISSON G.J. 1989. Can. J. Anim. Sci. 69, 779-788.
- DEN HARTOG L.A., HUISMAN J., THIELEN W.J.G., VAN SCHAYK G.H.A., BOER H., VAN WEERDEN E.J. 1988. Livest. Prod. Sci. 18, 157-170.
- DREHER M.L. 1987. Handbook of dietary fiber. An applied approach. Marcel Dekker Inc. New York.
- FREDERICK G.L., BRISSON G.J. 1961. Can. J. Anim. Sci. 41, 212-219.
- FROLICH W. 1982. In : G. Wallace and L. Bell (Eds.) Fibre in human and animal nutrition. Bull. 20. Royal Soc. New Zealand. Wellington : 189-194.
- KASPER H. 1982. In: G. Wallace and L. Bell (Eds.) Fibre in human and animal nutrition. Bull. 20. Royal Soc. New Zealand. Wellington : 195-200.
- KELSAY J.L. 1990. In : D. Kritchevsky, C. Bonfield and J.W. Anderson (Eds.) Dietary fiber. Chemistry, physiology, and health effects. Plenum Press. New York : 129-135.
- LASZLO J.A. 1989. In : F.R. Dintzis and J.A. Laszlo (Eds.) Mineral

- absorption in the monogastric gastrointestinal tract. Plenum Press. New York : 133-145
- LOW A.G. 1985. In : A. Just, H. Jorgensen and J.A. Fernandez (Eds.) Proc. 3th International Seminar on «Digestive Physiology in Pig». Copenhagen : 157-180.
 - MATTE J.J., GIRARD C.L., BRISSON G.J. 1984. J. Anim. Sci. 59, 158-163.
 - MISIR R., BLAIR R. 1984. Poultr. Sci. 63 (Suppl. 1), 152.
 - MOSER R.L., PEO E.R., MOSER B.D., LEWIS A.J. 1982. J. Anim. Sci. 54, 800-805.
 - MÜNCHOW H. 1989. Arch. Anim. Nutr. (Berlin) 10, 833-842.
 - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1988. Nutrient requirements of swine (9th ed.). National Academy Press, Washington, D.C.
 - NEWTON G.L., HOLE O.M., PLANK C.O. 1983. Can. J. Anim. Sci. 63, 399-408.
 - PARTRIDGE I.G. 1978. Br. J. Nutr. 39, 539-545.
 - THALER R.C., NELSEN J.L., GOODBAND R.D., ALLEE G.L. 1989. J. Anim. Sci. 67 : 3360-3369.
 - TREMBLAY, G.F., MATTE J.J., LEMIEUX L., BRISSON G.J. 1986. J. Anim. Sci. 63, 1173-1178.