

## INFLUENCE DE DIÈTES À HAUTE TENEUR EN FIBRES SUR LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION DE TRUIES NULLIPARES ET PRIMIPARES

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

(1) Agriculture Canada, Station de Recherches - C. P. 90, 2000 Rte 108 est, Lennoxville, Québec, Canada, J1M 1Z3.  
(2) Université de Montréal, Faculté de Médecine Vétérinaire - C. P. 5000, St-Hyacinthe, Québec, Canada, J2S 7C6.

Avec la collaboration technique de M. GUILLETTE, I. BLANCHET, C. PLANTE, I. THIBAUT, L. DELORME  
et S. PROVENCHER et l'équipe d'animaliers sous la direction de M. MORISSETTE.

L'objectif de la présente étude visait à déterminer l'effet de diètes à basse teneur en fibres (maïs et tourteau de soya, # 1), à haute teneur en fibres (son de blé et maïs sur épi, # 2) et à très haute teneur en fibres (écailles d'avoine et avoine, # 3) sur les performances de reproduction des truies au cours de leurs deux premières gestations. La diète offerte pendant la lactation était la même pour les trois traitements. Le poids corporel et l'épaisseur de gras dorsal des truies recevant la diète 3 étaient inférieurs ( $P \leq 0,05$ ) à ceux des truies des deux autres traitements bien que les proportions des différents ingrédients des diètes aient été calculées pour fournir le même apport journalier en nutriments majeurs. Ces résultats semblent donc indiquer une surévaluation de la valeur nutritive calculée de la diète 3. La prise alimentaire des truies du traitement 3 était plus élevée ( $P \leq 0,05$ ) d'environ 5 % pendant la lactation comparativement aux truies des deux autres traitements; cet effet s'est maintenu au cours des deux parités. Il n'y avait pas d'effet de la diète de gestation sur l'évolution du poids total de la portée en première parité. En deuxième parité, les poids des portées dont les mères avaient reçu la diète 2 augmentaient ( $P \leq 0,01$ ) plus rapidement d'environ 20 % comparativement à ceux des deux autres traitements. Les diètes à haute teneur en fibres peuvent donc avoir des effets bénéfiques sur les performances de reproduction des truies à condition que l'on évalue bien la biodisponibilité des ingrédients fibreux qui y sont incorporés.

### **Effect of high fiber diets on reproductive performance of sows during the first two parities.**

The aim of the present study was to determine the effect of diets containing a low level of fiber (corn and soybean meal, # 1), a high level of fiber (wheat bran and corn cobs, # 2) and a very high level of fiber (oat hulls and oat, # 3) on reproductive performance of sows during their first two gestations. The diet offered during lactation was the same in all treatments. The bodyweight and backfat thickness of sows fed diet 3 were lower ( $P \leq 0.05$ ) than for sows fed the other diets although diets were formulated to provide the same daily intake of the major nutrients. These last results seem to indicate an overestimation of the calculated nutritive value of diet 3. In both parities, feed intake during lactation in sows fed diet 3 during gestation was 5 % higher ( $P \leq 0.05$ ) than for sows fed the other diets. No treatment effect was observed on the increase of total litter weight in first parity while, in the second parity, it was approximately 20 % higher ( $P \leq 0.01$ ) in sows from treatment 2 as compared to sows from the other treatments. Therefore, high fiber diets can have beneficial effects on reproductive performance of sows as far as the bioavailability of the fibrous feeds used are well known.

## INTRODUCTION

L'utilisation de diètes conventionnelles à base de céréales et de suppléments protéiques entraîne un rationnement alimentaire des truies gravides qui correspond à environ 50 à 60 % du niveau d'ingestion libéral (MROZ et TARKOWSKI, 1991). Une telle restriction sert à limiter le gain de poids corporel et le dépôt de gras en gestation. Elle est aussi reconnue comme une stratégie visant à maximiser l'appétit et l'efficacité alimentaire pour la production laitière tout en atténuant la perte de poids en lactation (POND et MANER, 1984). Cette sensation de faim perpétuelle en gestation provoque l'apparition de comportements stéréotypés, indicateurs d'un stress chronique chez ces animaux (ROBERT et al, 1992a).

Les besoins alimentaires relativement peu élevés des truies gravides rendent envisageable et économiquement attrayante l'utilisation de diètes diluées avec des ingrédients fibreux peu coûteux. Le rationnement en terme de nutriments peut alors être respecté tout en maintenant un niveau d'ingestion quasi-équivalent au niveau à volonté. L'effet de telles diètes sur l'évolution à long terme du comportement des truies est peu documenté (FRASER, 1975; BROOM et POTTER, 1984; BROUNS et al, 1991) et n'est pas discuté en regard de l'effet sur les performances de reproduction. A l'inverse, les effets positifs ou l'absence d'effet sur les performances de reproduction qu'entraîne l'incorporation d'ingrédients fibreux comme les fourrages (PLAGGE, 1989; cité par EVERTS, 1991) et les sous-produits des céréales (MROZ et al, 1986; CARTER et al, 1987; LOPEZ et al, 1988; MROZ et TARKOWSKI, 1991) ne sont pas traités en relation avec l'état de bien-être de ces

animaux. L'objectif de la présente étude visait à mesurer l'effet de diètes à basse teneur en fibres (maïs et tourteau de soya), à haute teneur en fibres (son de blé et maïs sur épi) et à très haute teneur en fibres (écaillés d'avoine et avoine) sur le comportement, les performances de reproduction, la santé, la biodisponibilité des minéraux de la diète et l'endocrinologie lors de la mise bas des truies au cours de leurs deux premières parités. L'effet sur le comportement et la biodisponibilité des minéraux de la diète ayant précédemment fait l'objet de rapports (GIRARD et al, 1992; ROBERT et al, 1992a), nous présentons ici les résultats obtenus sur les performances de reproduction.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Les animaux

Cent cochettes (F<sub>1</sub> Yorkshire x Landrace) d'environ 110 kg et ayant montré au moins un oestrus ont été achetées et 93 d'entre elles ont été accouplées. L'une des trois diètes expérimentales a été attribuée à chacune des truies en fonction de sa date d'accouplement afin de pouvoir isoler statistiquement un éventuel effet de saison sur les performances de reproduction, cette expérience se déroulant sur une période de plus d'un an. Les diètes étaient les suivantes: (1) diète à base de maïs et tourteau de soya (2) diète à base de son de blé et de maïs sur épi et (3) diète à base d'écaillés d'avoine et d'avoine. Cinq jours avant la date prévue de parturition, les truies ont été transférées dans des cages de mise bas. Dans les deux jours suivant la parturition, la taille des portées a été uniformisée à 9 ou 10 porcelets par l'adoption de porcelets qui ne se faisait qu'entre truies du même traitement de gestation.

**Tableau 1** - Composition centésimale, composition chimique calculée et rationnement quotidien des diètes de gestation et de la diète de lactation.

		COMPOSITION CENTÉSIMALE			
		Régime de gestation			Régime de lactation
		1	2	3	
<b>INGRÉDIENTS</b>	Maïs	69,30	—	—	47,95
	Orge	—	—	—	27,70
	Avoine	—	—	41,48	—
	Son de blé	—	43,30	—	—
	Écaillés 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 - vitaminique	0,13 0,32	0,08 0,22	0,08 0,19	0,10 0,25
<b>COMPOSITION CHIMIQUE CALCULÉE (2)</b>	Énergie 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	
<b>RATIONNEMENT QUOTIDIEN (kg)</b>	Parité 1	2,0	2,9	3,4	Libéral
	Parité 2	2,2	3,2	3,7	Libéral

(1) Apport par kg de prémélange minéral ou vitaminique pour les diètes 1, 2, 3, et de lactation respectivement 288,46, 323,28, 275,74 et 30,00 mg pour les trois éléments Co, I et Se ainsi que 3,22, 1,20, 4,18 et 1,20 g pour la pyridoxine. Apport par kg de prémélange vitaminique pour toutes les diètes, 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).

## 1.2. Les diètes

Trois diètes dont les compositions sont décrites au tableau 1 ont été comparées. La diète à basse teneur en fibres 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 de nutriments majeurs dans les trois diètes, soit, respectivement pour les parités 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 B<sub>12</sub>.

Ces diètes distribuées sous forme de farine ont été offertes 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 avaient libre accès à l'eau d'abreuvement. Les truies ont été nourries avec le même régime expérimental au cours de la deuxième gestation. Le régime unique de lactation (tableau 1) était offert à volonté à partir du deuxième jour suivant la mise bas jusqu'au sevrage, à 4 semaines de lactation.

## 1.3. Les mesures

Le poids corporel et l'épaisseur de gras dorsal des truies ont été déterminés au moment de la saillie, à la 15<sup>ème</sup> semaine de gestation, le jour suivant la parturition et au sevrage pour chacune des deux parités. La prise alimentaire des truies a été mesurée quotidiennement pendant les deux périodes de lactation. La quantité d'aliment ayant été rationnée quelques jours avant le sevrage, les données de la dernière semaine de lactation n'ont pas été traitées dans l'analyse statistique. La taille de la portée et le poids individuel des porcelets ont été déterminés à la naissance, après uniformisation de la taille de la portée et par la suite toutes les semaines jusqu'au sevrage ; les porcelets ont également été pesés à l'âge de 8 semaines. La durée de l'intervalle sevrage-oestrus a également été notée en première et deuxième parité.

## 1.4. Les analyses statistiques

Les données ont été analysées pour chaque parité en utilisant la procédure du modèle général linéaire (GLM) de SAS (1985). Un premier groupe de variables dépendantes ont été analysées selon un dispositif en blocs complets avec le traitement de gestation comme variable indépendante. Ces variables dépendantes étaient les suivantes: le poids corporel et l'épaisseur de gras dorsal des truies à chaque mesure ainsi que la taille de la portée à la naissance, après uniformisation et au sevrage. Un deuxième groupe de variables dépendantes dont la mesure était répétée à intervalle régulier pendant la lactation ont été analysées selon un dispositif en tiroirs (split-plot) avec le traitement de gestation comme effet principal (main-plot) et le stade de lactation comme sous-effet (sub-plot). Les termes d'erreur utilisés ont été répartis selon la méthode de ROWELL et WALTERS (1976). Les variables dépendantes étaient alors les suivantes: prise alimentaire hebdomadaire des truies en lactation et croissance des porcelets jusqu'à l'âge de 8 semaines.

## 2. RÉSULTATS

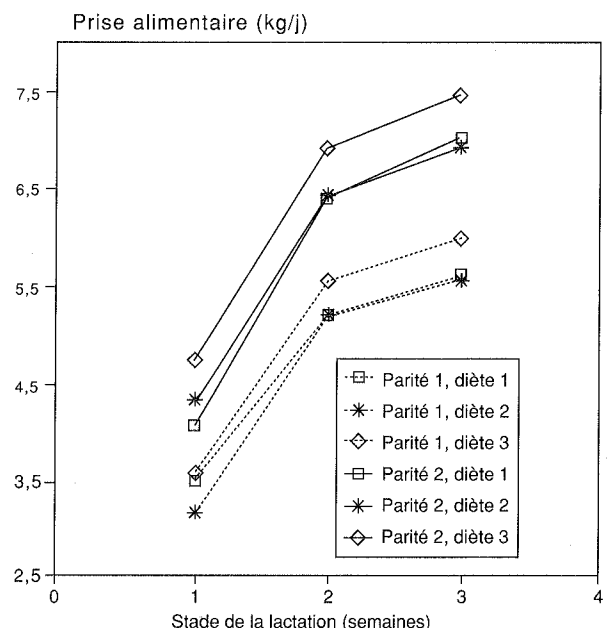
### 2.1. Poids corporel et épaisseur de gras dorsal des truies

Les variations de poids corporel et d'épaisseur de gras dorsal sont présentées au tableau 2. Après 15 semaines de gestation, les truies ayant reçu la diète 3 étaient moins lourdes que celles des deux autres traitements, ces dernières étant similaires entre elles. Cet effet a persisté à la parturition ainsi qu'au moment du sevrage et de la saillie de la deuxième parité. La différence entre les traitements s'est modifiée par la suite puisqu'à la fin de la deuxième parité, les truies recevant la diète 1 avaient un poids corporel intermédiaire entre celles des traitements 2 et 3. Au moment du deuxième sevrage cependant, l'effet initialement observé à la fin de la première parité s'est manifesté de nouveau. Quant à l'épaisseur de gras dorsal, elle était plus élevée à la fin de la première gestation chez les truies recevant la diète 2 alors qu'à la fin de la première lactation, celle des truies du traitement 3 était plus basse que celles observées dans les deux autres traitements. Au cours de la deuxième parité, l'épaisseur de gras dorsal à la saillie était plus élevée chez les truies recevant le traitement 2. Par la suite, et ce jusqu'à la fin de la période expérimentale, les valeurs observées chez les truies recevant la diète 1 étaient intermédiaires entre celles des traitements 2 et 3.

### 2.2. Prise alimentaire pendant la lactation

Les variations de la prise alimentaire au cours des deux lactations sont illustrées à la figure 1. Quelque soit la parité, un effet principal du traitement de gestation a été observé sur la prise alimentaire en lactation; les truies alimentées avec la diète 3 en gestation ont consommé environ 5 % plus d'aliment en lactation que les truies des deux autres traitements ( $P \leq 0,05$ ).

Figure 1 - Prise alimentaire des truies selon la parité et la diète de gestation



### 2.3. Performances de reproduction.

En première parité, les truies du traitement 3 avaient tendance ( $P \leq 0,11$ ) à être plus prolifiques (moyenne arithmétique

**Tableau 2** - Poids corporel et épaisseur de gras dorsal des truies au cours de la gestation et de la lactation selon les traitements et la parité (1)

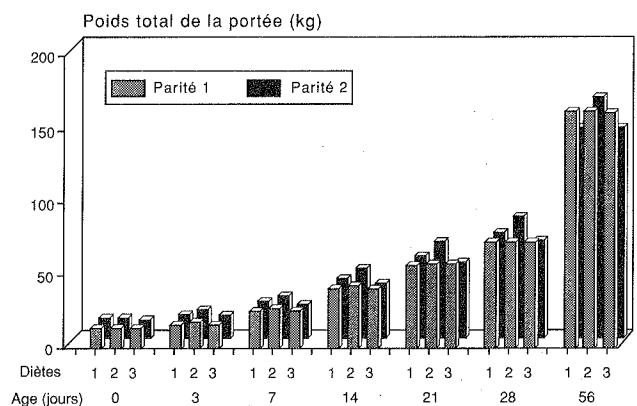
			PROBABILITÉ	DIÈTES		
				1	2	3
PARITÉ 1	Poids corporel	Saillie	0,97	115,8 ± 2,3 (30)	115,8 ± 2,0 (31)	114,3 ± 2,0 (32)
		Gestation 15ème semaine	0,01	173,4 ± 2,6a (30)	176,4 ± 1,6a (31)	165,3 ± 1,9b (32)
		Parturition	0,03	156,8 ± 2,0a (30)	158,9 ± 2,2a (31)	150,9 ± 1,9b (31)
		Sevrage	0,05	136,9 ± 1,9a (25)	135,9 ± 2,2a (26)	129,2 ± 2,6b (31)
	Gras dorsal	Saillie	0,39	17,4 ± 0,6	16,6 ± 0,6	17,7 ± 0,7
		Gestation 15èmesemaine	0,01	18,9 ± 0,8b	21,1 ± 0,8a	17,4 ± 0,6b
Sevrage		0,02	16,1 ± 0,7a	16,1 ± 0,5a	14,2 ± 0,5 b	
PARITÉ 2	Poids corporel	Saillie	0,07	135,0 ± 2,0a (25)	138,6 ± 2,6a (24)	128,8 ± 2,8b (27)
		Gestation 15ème semaine	0,01	169,6 ± 2,7b (23)	192,1 ± 2,3a (24)	155,8 ± 2,2c (23)
		Parturition	0,01	158,6 ± 2,5b (23)	181,3 ± 2,7a (24)	144,8 ± 2,3c (23)
		Sevrage	0,01	148,6 ± 2,1a (21)	155,1 ± 2,9a (21)	132,4 ± 2,5b (18)
	Gras dorsal	Saillie	0,01	15,0 ± 0,6b	17,3 ± 0,8a	13,4 ± 0,5b
		Gestation 15èmesemaine	0,01	13,2 ± 0,9b	18,7 ± 0,9a	10,3 ± 0,6c
Sevrage		0,01	12,9 ± 0,6b	14,7 ± 0,7a	9,9 ± 0,7c	

(1) Les nombres (moyennes arithmétiques ± erreur standard de la moyenne) suivis de lettres différentes sont significativement différents ( $P \leq 0,05$ ).  
 (2) Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre de truies par traitement.

que ± erreur standard de la moyenne de  $10,1 \pm 0,3$ ) à la parturition que les truies du traitement 2 ( $9,6 \pm 0,4$ ), ces dernières étant plus prolifiques que les truies du traitement 1 ( $8,9 \pm 0,5$ ). Cependant, cet effet n'a pas persisté jusqu'au sevrage ( $P \geq 0,36$ ), la valeur moyenne globale étant alors de  $9,0 \pm 0,1$ . Aucun effet de traitement n'a été noté sur la prolificité en deuxième parité, les valeurs globales à la parturition et au sevrage étant respectivement de  $9,3 \pm 0,3$  et  $8,9 \pm 0,2$ . En outre, aucun effet significatif de traitement n'a été observé sur la mortalité pré-sevrage. L'évolution du poids total de la portée entre la naissance et l'âge de 8 semaines en première et deuxième parité est illustré à la figure 2. En première parité, il n'y avait pas d'effet ( $P \geq 0,25$ ) de la diète de gestation sur l'évolution du poids total de la portée. Par contre, en deuxième parité, une interaction diète x âge ( $P \leq 0,01$ ) a été notée, les poids de portées des mères ayant reçu la diète 2 augmentant plus rapidement que ceux des deux autres traitements. Les intervalles sevrage-œstrus en première et deuxième parités n'ont pas été affectés par les diètes offertes en gestation; les valeurs moyennes globales

étaient respectivement de  $7,68 \pm 0,94$  et  $5,61 \pm 0,38$  jours.

**Figure 2** - Évolution du poids total de la portée selon la parité et la diète de gestation



### 3. DISCUSSION

En première parité, le poids corporel et l'épaisseur du gras dorsal des truies recevant la diète 3 en gestation étaient inférieurs à ceux des truies des deux autres traitements bien que la proportion des différents ingrédients des diètes ait été calculée pour fournir le même apport journalier en nutriments majeurs. Un effet aussi marqué est probablement dû à une surévaluation de la valeur nutritive de la diète 3. Un calcul factoriel, tel que proposé par HARRIS et al (1990) et POMAR et al (1991), qui estime, à partir du gain de poids corporel et de l'épaisseur du gras dorsal, l'énergie nette déposée par la truie pendant la gestation, nous a permis de déduire que le contenu en énergie métabolisable de la diète 3 serait environ 17 % plus bas que celui calculé à l'origine. Ce résultat pourrait être causé par une surévaluation de la valeur énergétique et protéique de l'écaille d'avoine qui constitue 50 % de cette diète. À partir de l'évaluation factorielle, la valeur énergétique de l'écaille d'avoine se situerait à environ 570 kcal/kg alors que la diète 3 avait été calculée à partir d'une valeur de 1650 kcal/kg. Quant au son de blé, la valeur énergétique estimée par l'approche factorielle était similaire à la valeur utilisée pour le calcul de la diète 2. Au cours de la deuxième parité, l'effet de la diète 3 sur les variations de poids corporel et d'épaisseur de gras dorsal s'est accentué alors que les truies recevant la diète 2 se sont alors démarquées de celles du traitement 1. Bien qu'il soit possible que cet effet soit dû à une biodisponibilité et/ou une utilisation métabolique de l'énergie différentes en deuxième parité (NOBLET et ÉTIENNE, 1987), cette différence entre parités pourrait aussi être une conséquence de l'effet marqué des diètes volumineuses sur le comportement de ces animaux. En effet, une augmentation du temps de repos de 12,8 % et une diminution des comportements stéréotypés d'au moins 50 % a été noté chez les truies du traitement 2 en deuxième parité (ROBERT et al, 1992b) ce qui pourrait avoir réduit le besoin énergétique d'entretien, laissant cette énergie disponible pour le dépôt lipidique et protéique. Une telle hypothèse avait d'ailleurs déjà été émise pour des truies gravides par NOBLET et al (1989).

L'augmentation de la prise alimentaire en lactation chez les truies du traitement 3 peut être due en partie à l'effet direct de l'ingestion continue d'une diète volumineuse en gestation sur la capacité d'ingestion en lactation. On ne peut cependant pas écarter la possibilité qu'elle soit aussi dépendante des différences de gain de poids observées chez ces animaux pendant la gestation. En effet, il est bien connu que le gain de poids en gestation peut influencer la consommation volontaire d'aliments pendant la lactation (POND et MANER, 1984).

Les effets de traitements sur les performances de reproduction, principalement sur le poids total de la portée, à l'instar des effets observés sur le comportement des truies (ROBERT et al, 1992b), sont particulièrement marqués en deuxième parité. Tel que mentionné plus tôt, il est possible qu'un des facteurs contribuant à l'effet positif du traitement 2 sur les performances de reproduction soit la réduction de la dépense énergétique d'entretien. Un autre facteur pourrait être l'effet direct de la

diminution du stress puisqu'il a été démontré qu'un stress chronique entraîne un catabolisme protéique et lipidique accru (BRUGÈRE et MORMEDE, 1988). Les effets de diètes volumineuses sur les performances de reproduction rapportés dans la littérature sont variables (MROZ et al, 1986; CARTER et al, 1987; LOPEZ et al, 1988; MROZ et TARKOWSKI, 1991). En général, dans ces travaux, les diètes utilisées n'étaient pas isoénergétiques et isoprotéiques sur une base de quantités totales journalières. Toutefois, EVERTS (1991), qui utilisait des diètes volumineuses et équilibrées pour fournir la même apport journalier en nutriments majeurs fait état d'effets mineurs sur les performances de reproduction. Dans ce cas, cependant, l'écart au niveau de la teneur en fibres brutes entre les diètes était considérablement inférieur (6 % vs 8,4 %) à celui utilisé dans la présente étude. Les résultats de notre expérience semblent démontrer que le fait d'alimenter les truies avec des diètes qui étaient d'une part, très différentes au niveau du volume et du pourcentage de fibres et d'autre part, isoénergétiques et isoprotéiques sur une base de quantités totales journalières soit important pour évaluer l'impact des diètes volumineuses à haute teneur en fibres sur les performances de reproduction. De plus, dans notre cas, les traitements étaient imposés sur plus d'une parité, ce qui peut également expliquer certaines différences avec d'autres études. En résumé, il semble que les effets de traitements que nous avons observés puissent être dus au fait que nous ayons respecté trois conditions importantes pour l'utilisation de diètes volumineuses chez la truie gravide; (1) l'utilisation de très hautes teneurs en fibres brutes (> 10 %) (2) un apport en nutriments majeurs semblable sur une base totale journalière et (3) des mesures sur plus d'une parité.

### CONCLUSION

La dilution de la diète de gestation par l'utilisation d'ingrédients fibreux au cours des deux premières parités a eu des effets marqués sur les variations de poids et d'épaisseur de gras dorsal des truies ainsi que sur les performances de reproduction. Dans le cas de la diète à base de son de blé et maïs sur épi, il est plausible de supposer que ces effets soient causés par une dépense énergétique moindre liée à la modification du comportement des truies ou par un effet direct de la diminution de stress observée chez ces animaux au cours des deux premières parités. Par contre, les résultats obtenus à la suite du traitement 3, à base d'écailles d'avoine, démontrent qu'il est essentiel de bien connaître la biodisponibilité des nutriments dans les ingrédients fibreux offerts aux truies car une alimentation non équilibrée peut compromettre les effets bénéfiques anticipés de diètes à haute teneur en fibres.

### REMERCIEMENTS

Nous remercions la Fédération des Producteurs de Porcs du Québec pour leur support financier et le Dr. Candido POMAR pour son aide précieuse dans l'évaluation factorielle de la valeur énergétique des diètes.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN, R.D., 1990. Feedstuffs: 1990 Reference Issue, 61,24-31.
- BROOM, R.D., POTTER, M.J., 1984. In: J. Unshelm, G. vanPutten and K. Zeeb (Eds.) Proceedings of the international Congress on Applied Ethology in Farm Animals FRG. Kiel, 229-231.
- BROUNS, F., EDWARDS, S.A., ENGLISH, P.R., TAYLOR, A.G. 1991. Summer meeting of Society for Veterinary Ethology.
- BRUGÈRE, H., MORMEDE, P., 1988. Rec. Méd. Vét. 164, 703-706.
- CARTER, D.I., CRENSHAW, J.D., SWANTEK, P.M., HARROLD, R.L., ZIMPRICH, R.C., 1987. J. Anim. Sci., 65 (Suppl. 1), 89.
- EVERTS, H., 1991. Anim. Prod., 52, 175-184.

- FRASER, D., 1975. Anim. Prod., 21, 59-68.
- GIRARD, C.L., MATTE, J.J., ROBERT, S., FARMER, C., MARTINEAU, G.-P., 1992. Journées Rech. Porcine en France, 24, 195-200.
- HARRIS, D.L., POMAR, C., POND, W.G., DICKERSON, G.E., JOHNSON, R.K., TESS, M.W., CLAVELAND, E.R., 1990. J. Anim. Sci., 68(Suppl. 1), 386.
- LOPEZ, F.D., WHITE, C.E., FRENCH, E.C., 1988. J. Anim. Sci., 66(Suppl. 1), 323.
- MROZ, Z., PARTRIDGE, I.A., MITCHELL, G., KEAL, H.D., 1986. J. Sci. Food Agric., 37, 239-247.
- MROZ, Z., TARKOWSKI, A., 1991. Livest. Prod. Sci., 27, 199-210.
- NOBLET, J., ETIENNE, M., 1987. Livest. Prod. Sci., 16, 243-257.
- NOBLET, J., DOORMAD, J.-Y., LE DIVIDICH, J., DUBOIS, S., 1989. Livest. Prod. Sci., 21, 309-324.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1988. Nutrient requirements of swine, (9th ed.), National Academy Press, Washington, D.C., U.S.A.
- PLAGGE, G.J., 1989. (en néerlandais) Practical Research Bulletin, 21-23.
- POMAR, C., HARRIS, D.L., MINVIELLE, F., 1991. J. Anim. Sci., 69(Suppl. 1), 1489.
- POND, W.G., MANER, J.H., 1984. In: Swine Production and Nutrition. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Ct, USA, 731 p.
- ROBERT, S., MATTE, J.J., GIRARD, C.L., FARMER, C., MARTINEAU, G.-P., 1992a. Journées Rech. porcine en France, 24, 201-206.
- ROBERT, S., MATTE J.J., GIRARD, C.L., FARMER, C., MARTINEAU, G.-P., 1992b. J. Anim. Sci., 70 (Suppl. 1), 158.
- ROWELL, J.G., WALTERS, D.E., 1976. J. Agric. Sci.(Camb.), 87,423-432.
- SAS (Statistical Analysis System), 1985. In: SAS User's Guide. Statistics, SAS Inst., Cary, NC, USA .