

Effets d'un ajout de fibres végétales au régime alimentaire des cochettes sur le comportement, le rythme cardiaque et les concentrations sanguines de glucose et d'insuline au moment du repas

Suzanne ROBERT, J. RUSHEN, Chantal FARMER

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de Recherche et de Développement sur le Bovin Laitier et le Porc
2 000 Route 108 est, Lennoxville, Québec, J1M 1Z3, Canada

avec la collaboration technique de C. Corriveau, S. Provencher et L. Thibault

Effets d'un ajout de fibres végétales au régime alimentaire des cochettes sur le comportement, le rythme cardiaque et les concentrations sanguines de glucose et d'insuline au moment du repas.

Cette étude visait à déterminer si les régimes fibreux réduisent la faim et la motivation alimentaire des cochettes. Trente cochettes ont été nourries avec l'un des trois régimes suivants: maïs-soya (RC); son de blé (RF1); écailles d'avoine (RF2). Les régimes étaient isoprotéiques et isoénergétiques sur une base quotidienne. Le temps d'alimentation était plus long et la vitesse d'ingestion plus lente chez les cochettes RF1 et RF2 que chez les cochettes RC. La durée des stéréotypies était réduite par le régime RF2 avant et après le repas, avec une tendance pour le même effet avec le régime RF1 après le repas. L'analyse de régression multiple a démontré que seule la durée du repas permettait de prédire la durée des stéréotypies, le régime n'ayant aucun effet indépendant. Le rythme cardiaque de base était le même dans les trois traitements, mais l'augmentation associée à l'arrivée de la nourriture était plus marquée avec le régime RC qu'avec les régimes fibreux. Après le début du repas, les cochettes RC avaient un rythme cardiaque plus élevé que les cochettes RF2, mais semblable à celui des cochettes RF1. Les concentrations de glucose et d'insuline 40 et 60 minutes après le début du repas étaient plus élevées chez les cochettes RC que chez les cochettes RF1 et RF2. Les régimes fibreux réduisent donc la faim et la motivation alimentaire des cochettes. Ces effets positifs augmentent avec le pourcentage d'incorporation de fibres végétales et sont étroitement liés à l'allongement du temps d'alimentation.

Stereotypic behaviour, heart rate and hormonal profiles of gilts fed concentrate or high-fibre diets

This study was undertaken to determine if high-fibre diets reduce hunger and feed motivation of gilts by measuring behaviour, heart rate and hormonal variations at mealtime. Thirty gilts were fed either a concentrate diet (RC), a wheat bran diet (RF1) or an oat hulls diet (RF2). Daily intake of energy and protein was the same for the three diets. Duration of eating was increased and rate of ingestion decreased by RF1 and RF2 as compared with RC. Before the meal, the total duration of stereotypies was lower for gilts fed RF2 vs RC, but not RF1. The same difference was obtained after the meal, with a tendency for a significant difference between RC and RF1. The multiple regression analysis performed to predict the duration of stereotypies after a meal showed an effect of eating time but no independent effect of the diet. Heart rate before mealtime was the same for the three treatments, but the increase at the arrival of feed was higher in RC gilts than in RF1 and RF2 gilts. Finally, concentrations of glucose and insulin 40 and 60 minutes after feed distribution were higher in gilts fed RC than in gilts fed high-fibre diets. In conclusion, bulky diets reduce hunger and feed motivation of gilts. The positive effects increase with the percentage of fibre in the diet and are closely related to the increase in time spent eating.

INTRODUCTION

La restriction alimentaire imposée aux truies en gestation a des répercussions importantes sur le comportement et le confort qui se manifestent par le développement de comportements anormaux appelés stéréotypies. La manifestation de ces activités répétitives est le reflet d'un problème de bien-être, attribué chez la truie en gestation à la faim et à une persistance de motivation alimentaire (LAWRENCE et TERLOUW, 1993; RUSHEN et al, 1993). Plusieurs auteurs ont observé que les stéréotypies sont concentrées à l'heure des repas (RUSHEN, 1984; TERLOUW et al, 1991) et que leur expression peut être déclenchée par l'ingestion de très faibles quantités d'aliments (TERLOUW et al, 1993b). La fréquence des comportements oraux non alimentaires peut être réduite en augmentant le niveau d'alimentation des truies ou en offrant des régimes dilués par l'ajout de fibres végétales (APPLEBY et LAWRENCE, 1987; TERLOUW et al, 1991; ROBERT et al, 1993; BROUNS et al, 1994; SPOOLDER et al, 1995; RAMONET et al, 1997). Les travaux sur le sujet n'ont cependant pas permis d'établir si cet effet est dû à la réplétion gastrique entraînant la satiété via une action sur le contrôle de l'appétit (TOATES, 1980). Une autre explication possible serait l'augmentation de la durée d'ingestion du repas qui permettrait d'éviter que les truies ne terminent leur repas avant que les pics de glucose et d'insuline post-prandiaux impliqués dans la satiété n'aient été atteints. La motivation alimentaire est également influencée par l'apport quotidien en énergie comme en témoignent les résultats de LAWRENCE et al (1989) et de ROBERT et al (1996) démontrant que l'incorporation de matières fibreuses à un régime qui ne comble pas les besoins physiologiques des truies ne permet pas de réduire la motivation alimentaire et les stéréotypies à long terme.

Le but de notre étude était donc de comparer le comportement, le rythme cardiaque et les concentrations hormonales d'insuline et de glucose de cochettes nourries avec des régimes concentrés ou à haute teneur en fibres offrant le même apport énergétique quotidien, mais un volume d'aliment différent.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux et logement

Trente cochettes pubères (F1 Yorkshire x Landrace) ont été réparties en fonction de leur poids corporel ($X \pm S.E.$: 115,9 \pm 7,6 kg) en cinq blocs de six animaux chacun. Les trois traitements alimentaires ont été distribués aléatoirement au sein de chaque bloc, à raison de deux cochettes par traitement. Dès l'attribution de leur traitement, les cochettes ont été mises en cages individuelles (0,6 x 2,10 m) sur un sol de ciment latté à l'arrière. Dans chacune des cages était suspendue une chaîne de 0,9 m que les cochettes pouvaient manipuler avec leur groin et mâcher à leur guise. Une semaine avant le début des mesures, un cathéter jugulaire était fixé à chaque truie sous anesthésie générale. Toutes les mesures rapportées dans ce texte ont été prises avant la saillie des cochettes, en dehors des périodes d'oestrus.

1.2. Régimes expérimentaux

Les trois régimes expérimentaux étaient les mêmes que ceux utilisés par ROBERT et al (1993) dans une première expérience et dont la composition détaillée a déjà été publiée (MATTE et al, 1993), à l'exception du régime à base d'écaillés d'avoine auquel du gras animal a été ajouté. Nous avons donc un régime concentré (RC: 2 kg/j, 7160 kcal), un premier régime fibreux à base de son de blé (RF1: 2,9 kg/j, 7160 kcal) et un deuxième régime fibreux à base d'écaillés d'avoine (RF2: 3,6 kg/j, 7160 kcal). Les valeurs d'ADF (g/kg), de NDF (g/kg) et de fibre brute (%) étaient respectivement de 38,5 ; 87,5 et 2,2 pour RC, 100 ; 238,5 et 10,1 pour RF1 et enfin 232,5 ; 388 et 20,4 pour RF2. La ration quotidienne était servie en deux repas inégaux à 09:00 h (60% de la ration quotidienne) et à 15:30 h (40% de la ration quotidienne).

1.3. Mesures

1.3.1. Le comportement

Le comportement de toutes les cochettes était enregistré de façon ininterrompue pendant 60 minutes avant (08:00-09:00 h) et 150 minutes après (09:00-11:30 h) un repas du matin. La durée totale et le nombre d'épisodes de chacun des comportements suivants étaient calculés: mange, boit, couchée, debout sans activité, assise sans activité, mord ou manipule la chaîne, mord les barreaux de la cage. Ces deux derniers comportements sont des activités orales non alimentaires de nature stéréotypique (FRASER, 1975; RUSHEN, 1985). La durée du repas et le nombre de changements de posture étaient également mesurés au cours de l'observation.

1.3.2. Les hormones

Des prélèvements sanguins en série étaient faits pendant 45 minutes avant (-45, -25 et -5 minutes) et deux heures après (0, 2, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 et 120 minutes) un repas du matin. Pendant les quarante premières minutes de prélèvement, les lumières de la porcherie étaient éteintes et les activités réduites au minimum pour éviter que les cochettes ne s'excitent en associant l'ouverture des lumières à l'arrivée du repas. Cinq minutes avant l'heure du repas, les lumières étaient allumées et le chariot de moulée amené dans la salle afin de mesurer l'effet de l'excitation et de l'anticipation du repas sur les concentrations hormonales. Le glucose a été dosé à l'aide d'une méthode colorimétrique enzymatique (GOD/PAP) et l'insuline par radioimmuno dosage (DUBREUIL et al, 1990).

1.3.3. Le rythme cardiaque

Le rythme cardiaque était mesuré à l'aide du système Polar (Polar Vantage XL) au cours d'un repas du matin. Les ceintures thoraciques étaient fixées le soir précédant les mesures afin d'éviter toute excitation inhabituelle des animaux le jour de l'enregistrement. La fréquence des battements cardiaques était enregistrée aux cinq secondes pendant 30 minutes

avant l'ouverture des lumières, pendant 5 minutes après l'entrée du chariot de moulée dans la salle et pendant 120 minutes après la distribution de l'aliment. Cinq cochettes ont été éliminées de l'analyse car leur enregistrement contenait plus de 60 % de données manquantes.

1.4. Statistiques

Le comportement des cochettes avant et après le repas a été analysé séparément. Les mesures analysées étaient la durée totale de chaque comportement, le nombre d'épisodes et la durée moyenne des épisodes. À cause de la distribution anormale des données, des analyses non-paramétriques ont été choisies. Des comparaisons paires entre le régime concentré et chaque régime fibreux ont donc été faites à l'aide du test de Kruskal-Wallis. Le comportement ayant été observé pendant une période de temps fixe après le début du repas, il est possible que les changements dans la durée des activités comportementales après le repas aient résulté d'un changement dans le temps requis pour ingérer le repas. Afin de corriger cet effet éventuel, nous avons soustrait la durée d'ingestion du temps total d'observation et calculé la durée des activités comportementales post-prandiales en pourcentage de temps restant. De plus, l'effet du régime sur les stéréotypies après le repas a été testé à l'aide d'une analyse de régression multiple (procédure Stepwise de SAS, 1985) en incluant le régime et la durée d'ingestion dans le modèle. Le rythme cardiaque et les concentrations de glucose et d'insuline ont été analysés par GLM (SAS, 1985) avec le régime comme facteur principal. Le facteur de mesures répétées était la période (base, arrivée du chariot et repas) pour l'analyse du rythme cardiaque et chaque temps de prélèvement pour les hormones. Des contrastes ont également été faits entre le régime concentré et chacun des deux régimes fibreux.

2. RÉSULTATS

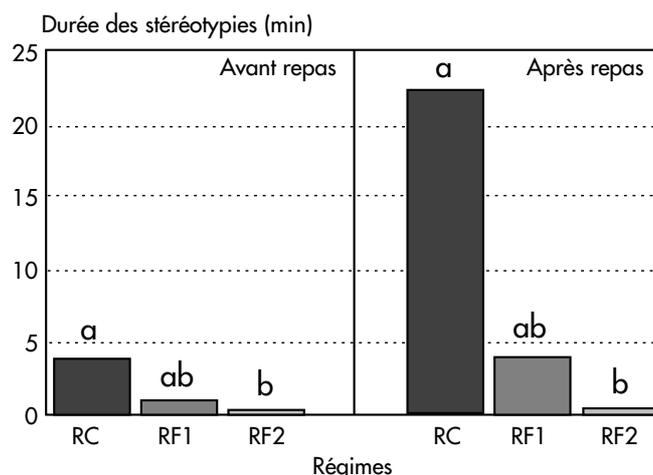
2.1. Comportement

Le temps d'alimentation était significativement plus long chez les cochettes nourries avec les rations à haute teneur en fibres que chez les cochettes témoins ($P < 0,05$), les valeurs moyennes étant de 21 minutes pour RC, 43 minutes pour RF1 et 81 minutes pour RF2. Cette augmentation se reflétait par des épisodes d'alimentation plus longs, sans que soit affecté le nombre d'épisodes. La vitesse d'ingestion avec le régime concentré (95,2 g/min) était plus de deux fois supérieure à celle mesurée avec l'aliment RF2 (44,4 g/min) et près d'une fois et demi plus élevée qu'avec l'aliment RF1 (67,4 g/min). Avant le repas, la durée totale des activités orales de nature stéréotypique était réduite par la ration RF2 ($P < 0,05$), mais il n'y avait pas de différence significative entre le régime concentré et le régime RF1 ($P > 0,1$) (figure 1). Après le repas, les cochettes nourries avec le régime RF2 manifestaient moins de stéréotypies ($P < 0,05$) que les cochettes témoins, avec une tendance pour le même effet ($P < 0,1$) avec le régime RF1 (figure 1). La réduction du temps passé à manipuler la chaîne chez les

cochettes RF1 et RF2 était due à une diminution de la fréquence et de la durée des épisodes. Lorsque le temps supplémentaire requis pour consommer les rations fibreuses était soustrait du temps total d'observation, le pourcentage de temps restant à exprimer des comportements stéréotypés était toujours significativement plus faible chez les cochettes RF2 que chez les cochettes RC ($P < 0,05$), mais l'effet était disparu chez les cochettes RF1. L'analyse de régression multiple a par ailleurs démontré que seule la durée du repas permettait de prédire la durée des comportements stéréotypés après le repas ($\beta = 0,45$; $P < 0,01$). Les régimes n'avaient donc aucun effet indépendant sur la durée des activités orales non alimentaires ($P > 0,1$) une fois que l'effet de la durée du repas était enlevé du modèle.

Les régimes à haute teneur en fibres n'ont eu aucun effet significatif sur le temps de repos avant et après le repas, non plus que sur l'activité à l'abreuvoir des cochettes ($P > 0,1$).

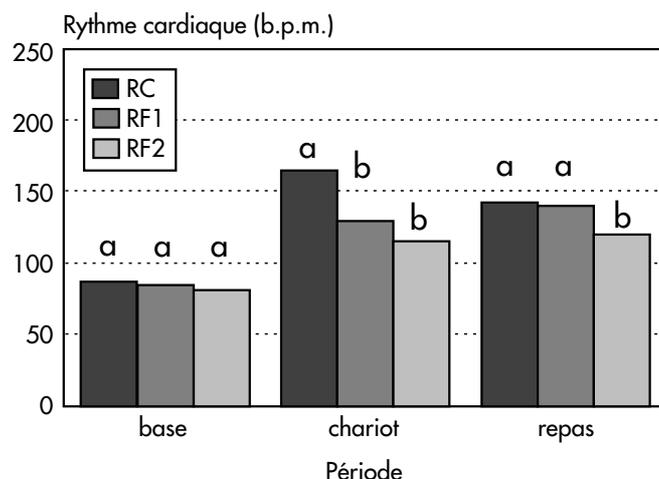
Figure 1 - Durée des stéréotypies avant et après le repas en fonction de leur régime alimentaire



2.2. Rythme cardiaque

Les variations de rythme cardiaque associées à l'entrée du chariot de nourriture et au début du repas sont présentées dans la figure 2. Alors que le nombre de battements cardiaques pendant la période de calme précédant l'entrée du chariot n'était pas différente entre les trois groupes de cochettes (moyenne de 84,3 battements/minute; $P > 0,05$), le pic associé à l'ouverture des lumières et à l'arrivée de la nourriture était significativement plus élevé chez les cochettes nourries avec le régime concentré que chez les cochettes recevant les régimes RF1 et RF2 ($P < 0,05$). En effet, il représentait une augmentation de 90 % chez RC, comparativement à 54 % chez RF1 et 43 % chez RF2. Enfin, pendant les deux heures après la distribution du repas, le rythme cardiaque se maintenait plus élevé que le niveau de base jusqu'au moment où les cochettes terminaient leur repas et se couchaient. Pendant cette période de deux heures, les cochettes nourries avec le régime concentré

Figure 2 - Rythme cardiaque des cochettes avant et après le repas en fonction de leur régime alimentaire



avaient un rythme cardiaque plus élevé que les cochettes RF2 ($P < 0,05$), alors qu'il n'y avait pas de différence significative entre les cochettes RF1 et les témoins ($P > 0,1$).

2.3. Hormones

L'évolution des concentrations sanguines de glucose et d'insuline au moment du repas est présentée dans les figures 3 et 4. Les concentrations de glucose et d'insuline 40 et 60 minutes après le début du repas étaient significativement plus élevées chez les cochettes nourries avec le régime concentré que chez les cochettes nourries avec les régimes fibreux ($P < 0,05$). Ces comparaisons entre traitements étaient faites après avoir corrigé les concentrations pour le niveau de base (valeur moyenne des trois échantillons avant le repas). Par ailleurs, la courbe de glucose des cochettes RF se maintenait toujours sous celle des cochettes RC, bien que ces différences n'aient été significatives que pour les deux temps mentionnés plus haut. Les résultats préliminaires sur l'effet de l'anticipation du repas suggèrent que les concentrations de glucose ne sont pas affectées par la vue de l'aliment,

Figure 3 - Variations des concentrations de glucose au moment du repas en fonction du régime alimentaire

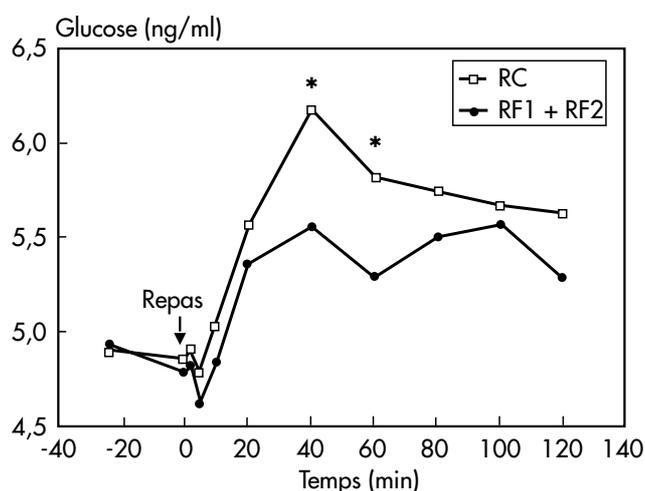


Figure 4 - Variations des concentrations d'insuline au moment du repas en fonction du régime alimentaire

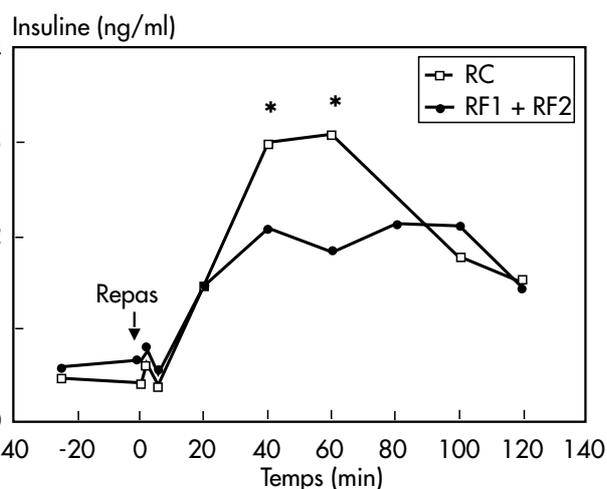


Figure 5 - Variations des concentrations de glucose avant le repas et à l'arrivée de l'aliment

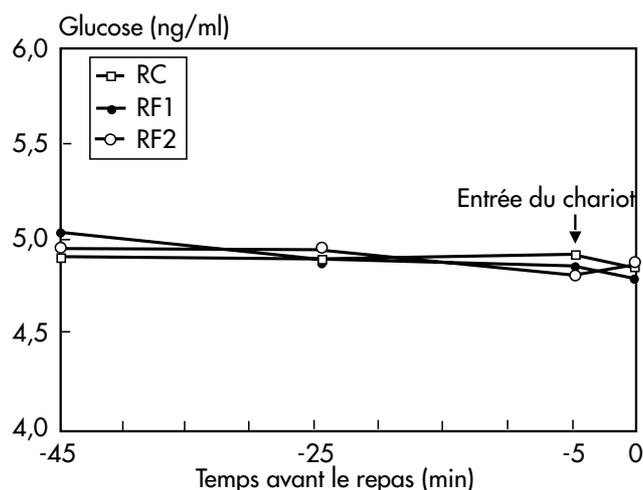
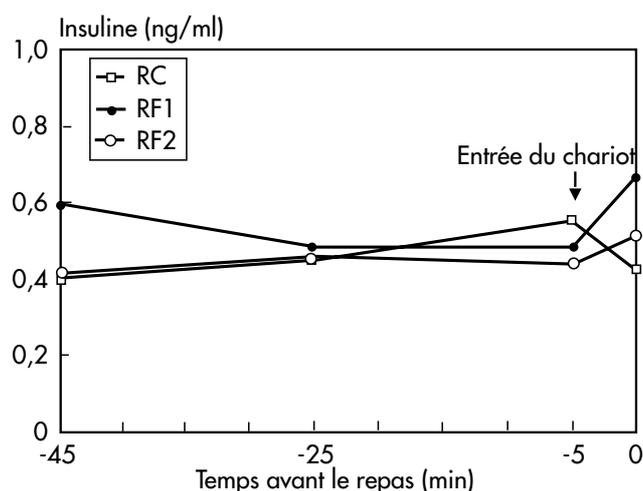


Figure 6 - Variations des concentrations d'insuline avant le repas et à l'arrivée de l'aliment



quel que soit le régime alimentaire des cochettes (figure 5). Bien que les concentrations d'insuline semblent augmenter chez les truies RF et diminuer chez les truies RC, ces variations sont toutes inférieures à 0,2 ng/ml et des analyses statistiques devront être complétées avant de pouvoir conclure quant à leur signification (figure 6).

3. DISCUSSION

Les régimes à haute teneur en fibres ont diminué la motivation alimentaire des cochettes comme en témoigne la réduction des activités orales non alimentaires et du rythme cardiaque. Les comportements stéréotypés avant et après le repas étaient moins fréquents chez les cochettes nourries avec les rations fibreuses que chez celles recevant le concentré, confirmant ainsi les travaux antérieurs (ROBERT et al, 1993; BROUNS et al, 1994; RAMONET et al, 1997). Cet effet positif était beaucoup plus marqué chez les cochettes recevant l'aliment le plus fibreux (RF2) que chez celles nourries avec le régime intermédiaire (RF1), reflétant ainsi les résultats de l'analyse de régression à l'effet que c'est la durée de la période d'ingestion qui influence la fréquence des comportements stéréotypés. Cette relation entre le volume de l'aliment fibreux et ses effets positifs sur la motivation alimentaire a d'ailleurs été également observée par RAMONET et al, (1997) dans une étude récente. L'effet positif de l'allongement du repas peut être interprété de deux façons. D'une part, l'évolution des concentrations hormonales illustre clairement que chez les cochettes recevant le régime concentré, le pic post-prandial de glucose et d'insuline n'est pas encore atteint à la fin de l'alimentation, ce qui suggère que leur motivation à manger n'a probablement pas encore commencé à décroître. Il en est autrement des cochettes nourries avec les régimes fibreux qui terminent leur repas au moment du pic hormonal ou après. D'autre part, la forte motivation alimentaire des cochettes RC après le repas pourrait être engendrée par un besoin comportemental d'exprimer un minimum d'activités liées à l'alimentation. L'allongement de la durée du repas permettrait donc de combler ce besoin. Le rythme cardiaque élevé des cochettes RC pendant cette période reflète d'ailleurs le niveau élevé d'agitation des animaux s'exprimant par une fréquence élevée de stéréotypies. Ce résultat confirme les observations de SCHOUTEN et al (1991) démontrant que les truies manifestant le plus de stéréotypies sont aussi celles qui ont le rythme cardiaque le plus élevé au moment du repas.

L'effet positif des rations fibreuses ne se limitait pas à la période post-prandiale comme en témoignent la faible occurrence d'activités orales non alimentaires et l'augmentation modérée du rythme cardiaque des cochettes RF2 avant le repas. L'effet positif des fibres végétales sur la motivation à manger des cochettes s'est donc poursuivi pendant près de 18 heures, ce qui nous indique que l'effet des fibres n'est pas simplement dû à la réplétion gastrique. Nos observations comportementales ayant été limitées à la période du repas, elles ne permettent cependant pas de confirmer les observations du précédent projet (ROBERT et al, 1992; 1993) et d'autres études (FRASER, 1975; BROOM et POT-

TER, 1984; MROZ et al, 1986, BROUNS et al, 1991; RAMONET et al, 1997), à propos de l'effet positif des fibres sur le temps de repos des truies. Quant à l'absence d'effet des régimes RF1 et RF2 sur la durée d'abreuvement, elle est probablement attribuable au nombre réduit d'animaux et à la grande variation individuelle dans la prise hydrique des truies rapportée dans la littérature (KLOPFENSTEIN et al, 1996).

Les variations de glucose et d'insuline au moment du repas concordent avec les résultats de HOUPTE et al (1983) obtenus avec des porcs en croissance mis au jeûne pour une période variant de cinq à 17 heures, à savoir un premier pic de glucose et d'insuline tout de suite après le début du repas, suivi d'un deuxième pic plus marqué 20 à 30 minutes plus tard. Ces variations ne sont pas observées chez les porcs nourris à volonté qui ne démontrent qu'un faible pic dans les 10 premières minutes après le début de l'alimentation. Le premier pic d'insuline qui précède l'absorption des nutriments a été attribué à une stimulation du nerf vague au niveau de la gueule (LEMAGNEN, 1985) et son rôle serait de stimuler la consommation d'aliment. Chez certaines espèces, cette augmentation d'insuline apparaît même avant le début du repas et serait déclenchée par la vue et l'odeur de la nourriture (SJOSTROM et al, 1980). Cet effet pourrait peut-être expliquer l'augmentation d'insuline à l'entrée du chariot de moulée observée chez les cochettes recevant les régimes fibreux. Quant à l'augmentation post-absorptive plus marquée de glucose et d'insuline chez les cochettes recevant le régime concentré que chez les cochettes recevant les régimes fibreux, elle pourrait être attribuée à la nature différente des ingrédients composant les régimes ou être reliée à la fréquence élevée d'activités orales (manipulation de la chaîne) chez les cochettes RC, bien que TERLOUW et al (1993a) n'aient trouvé aucune corrélation entre les concentrations de glucose des truies et leur propension à manifester des stéréotypies. Cependant, les résultats de HOUPTE et al (1983) suggèrent une autre explication. En effet, ces auteurs ont démontré que les concentrations post-prandiales de glucose et d'insuline augmentent à mesure que le temps écoulé depuis le dernier repas s'allonge, ce qui suggère qu'il y aurait un lien entre le degré de faim des porcs et l'augmentation post-absorptive de glucose et d'insuline. Nos résultats sur le comportement et le rythme cardiaque des cochettes RC dans la période précédant l'alimentation sont en accord avec cette hypothèse. Des travaux supplémentaires seront cependant nécessaires pour clarifier les liens entre le comportement des truies et leurs fonctions digestives.

CONCLUSION

Les régimes à haute teneur en fibres ont permis de réduire la motivation alimentaire des cochettes et d'améliorer ainsi leur confort. Les effets positifs augmentent avec le pourcentage de fibres végétales et donc le volume d'aliment servi, ce qui suggère que le régime idéal devrait se situer au niveau d'incorporation maximal rentable sur le plan économique. Des études se poursuivent pour atteindre cet objectif.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- APPLEBY M.C., LAWRENCE A.B., 1987. *Anim. Prod.* 45,103-110.
- BROOM D.M., POTTER M.J., 1984. In "Proceedings of the international congress on applied ethology in farm animals". 229-231. F.R.G. éd., Kiel.
- BROUNS F., EDWARDS S.A., ENGLISH P.R., TAYLOR A.G., 1991. In "Applied animal behaviour: past, present and future. Proceedings of the international congress of the Society for veterinary ethology". 143-144. Edinburgh.
- BROUNS F., EDWARDS S.A., ENGLISH P.R., 1994. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39, 215-223.
- FRASER D., 1975. *Anim. Prod.* 21, 59-68.
- DUBREUIL P., PETITCLERC D., PELLETIER G., GAUDREAU P., FARMER C., MOWLES T.F., BRAZEAU P., 1990. *J. Anim. Sci.* 68, 1254-1268.
- KLOPFENSTEIN C., BIGRAS-POULIN M., MARTINEAU G.P., 1996. *Journées Rech. Porcine en France* 28, 319-324.
- HOUPTE K.A., BALDWIN B.A., HOUPTE R., HILLS F., 1983. *Am. J. Physiol.* 244, R279-R284.
- LAWRENCE A.B., APPLEBY M.C., ILLIUS A.W., MACLEOD H.A., 1989. *Anim. Prod.* 48, 213-220.
- LAWRENCE A.B., TERLOUW E.M.C., 1993. *J. Anim. Sci.* 71, 2815-2825.
- LEMAGNEN J., 1985. *Problems in the behavioural sciences: Hunger.* Cambridge University Press éd., Cambridge.
- MATTE J.J., ROBERT S., GIRARD C.L., FARMER C., MARTINEAU G.P., 1993. *Journées Rech. Porcine en France* 25, 203-208.
- MROZ Z., PARTRIDGE I.G., MITCHELL G., KEAL H.D., 1986. *J. Sci. Food Agric.* 37, 239-247.
- RAMONET Y., MEUNIER-SALAÜN M.C., DOURMAD J.Y., 1997. *Journées Rech. Porcine en France*, 29, 167-174.
- ROBERT S., MATTE J.J., GIRARD C.L., FARMER C., MARTINEAU G.P. 1992. *Journées Rech. Porcine en France* 24, 201-206.
- ROBERT S., MATTE J.J., FARMER C., GIRARD C.L., MARTINEAU G.P., 1993. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37, 297-309.
- ROBERT S., RUSHEN J., FARMER C., 1996. In "Proceedings of the 30th International Congress of the International Society for Applied Ethology". 62. Centre for the Study of Animal Welfare éd., Guelph.
- RUSHEN J., 1984. *Anim. Behav.* 32, 1059-1067.
- RUSHEN J., 1985. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 14, 137-147.
- RUSHEN J., LAWRENCE A.B., TERLOUW E.M.C., 1993. In "Stereotypic Animal Behaviour: Fundamentals and Applications to Welfare". CAB International éd., Wallingford.
- SAS INSTITUTE INC., 1985. *SAS User's Guide: statistics, version 5 edition.* SAS Institute Inc. Éd., Cary, NC, 956p.
- SCHOUTEN W., RUSHEN J., DE PASSILLÉ A.M.B., 1991. *Physiol. Behav.* 50, 617-624.
- SJOSTROM L., GARELLICK G., KROTKIESKI M., LUYCKX A., 1980. *Metabolism* 29, 901-909.
- SPOOLDER H.A.M., BURBIDGE J.A., EDWARDS S.A., SIMMINS P.H., LAWRENCE A.L., 1995. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 43, 249-262.
- TERLOUW E.M.C., LAWRENCE A.B., ILLIUS A.W., 1991. *Anim. Behav.* 42, 981-991.
- TERLOUW E.M.C., LAWRENCE A.B., KOOLHAAS J.M., COCKRAM M., 1993a. *Physiol. Behav.* 54, 189-193.
- TERLOUW E.M.C., WIERSMA A., LAWRENCE A.B., MACLEOD H.A., 1993b. *Anim. Behav.* 46, 939-950.
- TOATES F.M., 1980. *Animal behaviour: a systems approach.* John Wiley éd., NY.