
EFFET DU RATIONNEMENT ALIMENTAIRE SUR L'ÉPAISSEUR DU GRAS DORSAL CHEZ LA TRUIE

EFFECT OF FEED RESTRICTION ON SOW'S BACKFAT THICKNESS

***Jean F. Bernier, Henri Guimont, Mélanie Lachance Cloutier, Line Belleau
et Renée Bergeron***

***Département des sciences animales, Université Laval
Québec (Québec) G1K 7P4 Canada***

RÉSUMÉ

Plusieurs travaux de recherche ont démontré que des problèmes de reproduction sont présents chez les truies trop maigres ou trop grasses à la fin de la gestation. Ces observations justifient de contrôler individuellement la quantité d'aliment offerte aux truies en gestation de façon à obtenir des réserves d'énergie corporelle homogènes dans le troupeau. Nous avons donc étudié, à cette fin, le modèle factoriel de calcul des besoins énergétiques des truies en gestation proposé par l'INRA dans une maternité commerciale du Québec. Le modèle a prédit adéquatement les besoins en énergie digestible (DE) des truies puisqu'en moyenne l'énergie résiduelle (ingestion DE – besoins DE) s'approchait de zéro (+1.2 et – 0.3 MJ DE/j pour les phases I et II). Cependant, l'énergie résiduelle variait beaucoup d'un individu à l'autre allant de - 8.5 à 13.2 MJ DE/j dans la phase I. Cette variation provenait à la fois des erreurs de prédiction des équations de régression et des erreurs de mesure des variables utilisées dans ces équations. La variation de l'énergie résiduelle était plus étroitement liée à la variation des besoins totaux ($r = 0.91$) qu'à celle de l'énergie ingérée ($r = 0.23$). Parmi les composantes des besoins, l'énergie pour le gain maternel était la plus importante, soulignant l'importance d'évaluer précisément le poids et l'épaisseur du gras dorsal des truies. Les erreurs de mesure de ces deux paramètres expliquaient environ 25% de la plage de variation de l'énergie résiduelle. L'alimentation individualisée des truies est donc possible, mais son application à la ferme demande un travail additionnel minutieux (calibration du système d'alimentation, pesée des truies et détermination de l'épaisseur du gras dorsal) qui génère des résultats variables. Afin de réduire cette variation, la correction des apports alimentaires en fonction de mesures répétées de l'épaisseur du gras dorsal durant la gestation est présentement sous étude.

ABSTRACT

Numerous research have shown that reproductive problems arise in sows that are too thin or too fat at farrowing. This justifies the control the feed allowance of each sow in order to achieve homogenous energy reserves in the herd by the end of pregnancy. To achieve this goal, INRA's factorial model of energy requirements in pregnant sows was studied on a commercial farm in Quebec. Energy requirements were predicted accurately, given that the average residual energy (DE intake – DE requirements) was close to zero (+1.2 et - 0.3 MJ DE/d for trial 1 and 2). However, individual variation in residual energy was important, ranging from - 8.5 to 13.2 MJ DE/d. This variation arose from prediction errors of the regression equations and from measurement errors of the variables used in these equations. Residual energy was more closely related to energy requirements ($r = 0.91$) than to energy intake ($r = 0.23$). Maternal gain requirements was a major component of energy requirements, indicating that weight and backfat thickness measurements are critical. Measurement errors of these two items explained approximately 25% of the variation in residual energy. These results suggest that individual feeding of sows is indeed possible, but requires additional and careful work (feed delivery system calibration, sow weighing and backfat thickness measurements), which currently yields variable results. Ongoing research is trying to decrease this variation by adjustments in feed allowance as a function of intermediate determinations of backfat thickness.

Avant-propos

Dourmad et al. (2000) ont présenté au 21^e colloque sur la production porcine du CRAAQ un texte intitulé : « Intérêt de la mesure de l'épaisseur de gras dorsal dans la définition des programmes alimentaires pour les truies reproductrices ». Une version modifiée de ce texte a été subséquemment publiée en France (Dourmad et al., 2001). Nous n'avons pas l'intention de reprendre en détail l'information présentée dans ces excellents textes que le lecteur intéressé devrait consulter. Notre objectif est plutôt de présenter un rapport d'avancement de nos travaux visant à appliquer, dans un élevage québécois, le système d'alimentation énergétique des truies en gestation proposé par ces auteurs. Ces travaux étant encore en cours, il s'agit donc d'une analyse partielle des résultats qui seront présentés dans les mémoires d'Henri Guimont et de Mélanie Lachance Cloutier, inscrits au programme de maîtrise en sciences animales de l'Université Laval.

Introduction

La truie accumule durant la gestation des réserves corporelles qui pourront être utilisées durant la lactation. Toutefois, de nombreux travaux de recherche ont démontré que des problèmes de reproduction sont présents chez les truies trop maigres ou trop grasses à la fin de la gestation (voir revues de Whittemore, 1996 et de Dourmad et al., 2001). Ces résultats ont été confirmés dans des élevages français par une diminution du nombre de porcelets nés par truie lorsque l'épaisseur du gras dorsal de la truie au sevrage, un indicateur des réserves corporelles, est inférieure à 14 mm ou supérieure à 17 mm (Châtillon, 1999). Cependant, l'épaisseur du gras dorsal entraînant les meilleures performances de reproduction chez la truie varie d'une étude à l'autre (Dourmad et al., 2001). Cette variation entre les études pourrait être en partie expliquée par le progrès génétique qui a produit des animaux reproducteurs de plus en plus maigres (CDPQ, 1999) ce qui pourrait entraîner une diminution de l'optimum à atteindre. À l'échelle du troupeau, le maintien d'un état de chair le plus homogène possible serait souhaitable et pourrait augmenter la productivité du troupeau (NAC, 1982 ; Dourmad et al., 2001). On devrait donc idéalement contrôler la quantité d'aliment ingérée par chaque truie en gestation de façon à ce qu'elle accumule une quantité précise d'énergie corporelle. L'atteinte de cet objectif passe par le calcul des besoins énergétiques et de la quantité d'énergie ingérée par chaque truie.

Les besoins énergétiques des truies en gestation et en lactation ont été étudiés de façon exhaustive par les chercheurs de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) au cours des dernières années en France. Ces travaux ont été résumés et combinés dans le modèle factoriel présenté par Dourmad et al. (2001). Selon ce modèle, les besoins totaux de la truie en gestation correspondent à la somme des besoins pour l'entretien, pour le dépôt des tissus maternels et pour le dépôt des contenus utérins incluant les porcelets. Ce modèle déterministe présente plusieurs facteurs moyens, mais des ajustements individuels des besoins pourraient être nécessaires (Dourmad et al., 2001). Le calcul du bilan énergétique demande aussi une estimation précise de la quantité d'énergie ingérée par chaque truie. Celle-ci nécessite la mesure de la prise alimentaire des truies et de la teneur en énergie des aliments. Ces mesures réalisées de routine en station de recherche sont plus complexes à compléter dans un élevage commercial et sont aussi sujettes à des erreurs de mesure qui peuvent nuire à l'application de cette méthode.

Objectifs

L'objectif général de notre travail était de développer un programme d'alimentation individualisé pour les truies qui permettrait de contrôler le dépôt de leurs réserves énergétiques durant la gestation.

Pour atteindre cet objectif, nous avons vérifié dans un premier temps si la quantité d'énergie digestible ingérée par une truie correspond à ses besoins énergétiques tels qu'estimés par le modèle factoriel de l'INRA. Dans un deuxième temps, nous avons alimenté des truies gestantes en fonction des besoins énergétiques calculés avec le modèle factoriel de l'INRA et déterminé si les performances des truies correspondaient aux objectifs fixés.

Méthodologie

Ce projet de transfert technologique a été réalisé dans une ferme porcine familiale, soit la ferme Bellther Inc. située à Saint-Narcisse-de-Beaurivage. Cette maternité avait une capacité initiale de 300 truies hybrides Yorkshire-Landrace. La capacité de la ferme est passée à 500 truies durant la première phase du projet et les porcelets étaient sevrés à un âge moyen de 17 j sur une pouponnière hors site. Les truies en gestation sont logées en cages individuelles disposées en rangées et pourvues d'une auge commune. Un système d'alimentation automatisé avec un soigneur volumétrique pour chaque truie a été utilisé. Pour les fins du projet, les auges communes ont été divisées par des séparations métalliques fixées à l'avant des cages et légèrement ajourées afin de limiter la consommation d'aliment destiné à une truie par ses voisines tout en permettant à l'eau de circuler dans l'auge. Afin d'éviter que l'aliment de gestation ne se sépare dans le système d'alimentation, nous avons utilisé un aliment commercial mis en comprimés (cubé). Selon la régie normale de cette ferme, l'aliment était servi le matin en deux repas consécutifs séparés d'environ 30 à 60 minutes. La quantité d'aliment offerte aux truies était déterminée par les producteurs en fonction de l'état de chair visuel, les données d'ultrasons ne leur étant pas transmises. L'eau était distribuée dans la même auge que l'aliment peu de temps après le deuxième repas.

Phase I

Au cours des huit premières semaines de l'expérience qui a débuté en février 2001, nous avons formé nos groupes et pris des mesures initiales sur 163 truies. En raison des retours en chaleur et autres problèmes (avortement, mortalité, problèmes de membres, données manquantes, ...), l'analyse des données porte sur 109 truies qui se répartissent ainsi (nombre/rang de portée) : 27/1, 22/2, 20/3, 11/4, 15/5, 7/6, 3/7, 3/8 et 1/10.

Le poids des truies a été déterminé à la saillie fécondante (± 4 j), au transfert dans la section de gestation (27 ± 3 j), au transfert dans la salle de mise bas (112 ± 2 j) ainsi qu'au sevrage (18 ± 2 j). Le poids total de la portée à la naissance a été mesuré. L'épaisseur du gras dorsal a été déterminée avec un appareil à ultrasons en mode bidirectionnel (Ultrascan 50, Alliance Médicale Inc., Montréal, QC) avec une sonde linéaire de 120 mm. Elle a été mesurée de façon bilatérale au site P2 (65 mm de la ligne médiane au niveau de la dernière côte) avec répétition de la détermination si les observations des côtés gauche et droit différaient de plus d'un mm. Ces mesures ont été réalisées à la saillie, puis à environ 27, 61, 82, 102 et 112 jours de gestation, ainsi qu'au sevrage. Afin de respecter la biosécurité de la ferme et pour simplifier le travail, les mesures d'ultrasons étaient prises une seule fois par semaine, à ± 3 jours du stade visé. L'activité des truies a été estimée par observation directe («scan sampling») pendant deux heures après le 1^{er} repas, deux journées consécutives à 33, 68 et 103 ± 2 j de gestation. De façon instantanée, à toutes les deux minutes, la posture de chaque truie (debout, assise ou couchée) ainsi que son activité (e.g. immobile, mange, lèche, mâche à vide, etc.) ont été notées. Nous avons ainsi pu déterminer la proportion du temps d'observation où la truie était assise ou debout ainsi que la proportion du temps où elle était active. La quantité d'énergie digestible (DE) ingérée était estimée par étalonnage répété de chacun des soigneurs (7 étalonnages en moyenne durant la gestation) et par une analyse chimique (matière sèche (MS), protéine brute (PB), matières grasses (MG), fibres détergentes acide (ADF), fibres détergentes neutre (NDF) et matières minérales (MM)) hebdomadaire des aliments échantillonnés quotidiennement. Lorsque des refus étaient présents, leur quantité était évaluée visuellement.

Les besoins en énergie des truies ont été évalués avec le modèle de l'INRA (Dourmad et al., 2001) Les besoins pour le dépôt des contenus utérins (B_U) ont été calculés à partir du poids total de la portée à la naissance avec l'équation suivante (Dourmad et al., 2001) :

$$(1) B_U \text{ (MJ ME)} = \text{Poids total portée (kg)} \times 5.4 \text{ (MJ RE/kg)} / 0.48 \text{ (MJ RE/MJ ME)}$$

Les besoins pour le dépôt des tissus maternels (B_M) ont été obtenus à partir du poids vif à la saillie (PV ; kg), du poids net à la mise bas (PN ; kg) et de l'épaisseur du gras dorsal (P2 ; mm) des truies en début et en fin de gestation selon les équations suivantes (Dourmad et al., 2001) :

$$(2) B_M \text{ (MJ ME)} = (\text{Énergie truie mise bas (MJ RE)} - \text{Énergie truie saillie (MJ RE)}) / 0.77 \text{ (MJ RE/MJ ME)}$$

$$(3) \text{Énergie truie (MJ RE)} = 13.65 \times (0.912 \times PV^{1.013}) + 45.9 \times P2 - 1074 \quad [\text{à la mise bas, remplacer PV par PN}]$$

$$(4) \text{Poids net mise bas (kg)} = PV - \text{Contenus utérins}$$

$$(5) \text{ Contenus utérins (kg)} = 0.3 + 1.329 \times \text{poids total portée (kg)}$$

Les besoins pour l'entretien (B_E) ont été calculés à partir du poids vif moyen de la truie durant la gestation selon l'équation suivante (Dourmad et al., 2001) :

$$(6) B_E \text{ (MJ ME)} = 0.440 \times [(PV_{\text{saillie}} + PV_{\text{mise bas}}) / 2]^{0.75} \times \text{durée gestation}$$

Les besoins totaux ont été calculés en additionnant les équations (1), (2) et (6). Ils peuvent être ramenés sur une base quotidienne en les divisant par la durée de la gestation. Ces besoins sont exprimés en énergie métabolisable, mais ils ont été convertis en énergie digestible (DE) en supposant que $ME/DE = 0.96$. La quantité d'énergie digestible ingérée est calculée en déduisant de la quantité d'aliment offerte celle qui a été refusée puis en multipliant le résultat par la teneur en énergie digestible de l'aliment. La teneur en énergie digestible de l'aliment a été calculée avec l'équation (21) de Le Goff et Noblet (2001) qui est spécifique pour les truies et qui utilise l'analyse chimique de l'aliment.

$$(7) DE \text{ (MJ DE/kg MS)} = 17.26 - 0.0401 \times MM + 0.0093 \times PB + 0.0162 \times MG - 0.0080 \times NDF$$

où les analyses sont exprimées en g/kg de matière sèche.

Pour chaque truie, on peut soustraire les besoins énergétiques totaux de la quantité d'énergie digestible ingérée pour obtenir la quantité résiduelle d'énergie digestible (RES) ou plus simplement le résidu qui est le principal paramètre interprété. L'analyse des relations entre les résidus et les paramètres utilisés pour leurs calculs (poids truie, poids portée, etc.) et l'activité physique des truies nous a permis de déterminer les principaux facteurs affectant la quantité résiduelle d'énergie digestible.

Phase II

Au cours des six premières semaines de l'expérience qui a débuté en février 2002, nous avons formé nos groupes et pris des mesures initiales sur 121 truies. Pour les mêmes raisons que dans la phase I, l'analyse des données porte sur 92 truies qui se répartissent ainsi (nombre/rang de portée) : 23/1, 15/2, 21/3, 11/4, 7/5, 7/6, 3/7, 2/8, 2/9 et 1/10.

La méthodologie et les mesures utilisées dans cette phase étaient similaires à celles utilisées dans la phase I. Cependant, la quantité d'aliment offerte à chacune des truies a été calculée avec le modèle factoriel de l'INRA à partir du poids et de l'épaisseur de gras dorsal à la saillie en visant un objectif de 21 mm de gras dorsal à la mise bas. L'objectif de poids à la mise bas a été calculé à partir des valeurs observées dans la phase I. Le poids à la mise bas espéré est calculé en ajoutant au poids à la saillie le poids des contenus utérins et le gain de poids net (saillie actuelle à la saillie de la parité suivante) auquel la perte de poids en lactation est ajoutée. Le poids moyen des contenus utérins estimé avec l'équation (5) était de 22.4 et 26.6 kg pour les primipares et les multipares, respectivement. La perte de poids moyenne en lactation était de 22 et 14 kg pour les primipares et les multipares, respectivement. Le gain de poids net a été calculé à partir de la partie ascendante d'une courbe quadratique reliant le poids à la saillie au rang de portée (Figure 1).

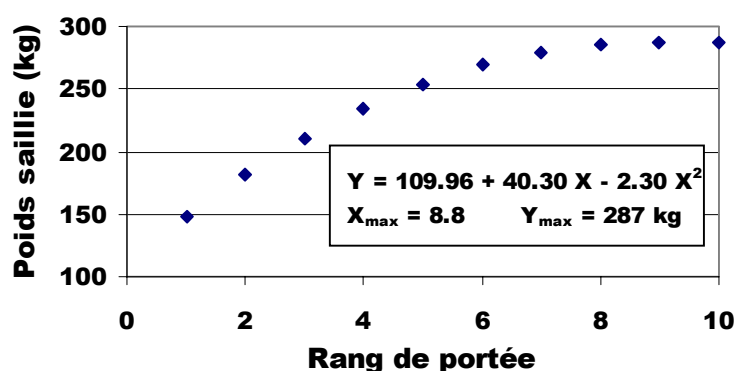


Figure 1. Poids à la saillie (kg) en fonction du rang de portée

Cette courbe était utilisée en établissant un rang de portée théorique selon le poids observé à la saillie, puis en calculant le poids au début du prochain cycle en ajoutant 1 au rang de portée théorique. Lorsque le poids de la truie à la saillie excédait le poids maximal de la courbe de croissance (287 kg) le gain net était fixé à zéro et seul le gain associé aux contenus utérins et à la perte de poids en lactation était considéré. Le niveau d'activité des truies a été déterminée de la même façon que dans la phase I, mais pour une seule période, sur deux jours consécutifs et à environ 70 jours de gestation. En plus des mesures bilatérales au site P2, l'épaisseur du gras dorsal à la pointe du muscle *Gluteus medius* (site G2) a aussi été mesurée du côté droit de chaque truie.

Résultats et discussion :

Durant la phase I, le poids des truies et l'épaisseur du gras dorsal à la saillie étaient en moyenne de 228.4 ± 42.6 kg et 18.5 ± 3.6 mm, respectivement. Ces même valeurs étaient 289.4 ± 34.8 kg et 21.4 ± 4.4 mm à la mise bas et de 247.0 ± 38.3 kg et 18.7 ± 4.2 mm au sevrage. Bien que les valeurs moyennes d'épaisseur du gras dorsal de ce groupe de truies correspondent assez bien aux objectifs proposés par Dourmad et al. (2000), il faut cependant noter qu'il existe une variation importante entre les individus qui n'est pas souhaitable.

Durant la gestation, les truies ont ingéré en moyenne 39.9 ± 1.6 MJ DE/j, leurs besoins estimés étaient de 38.7 ± 3.9 MJ DE/j et l'énergie résiduelle était donc de 1.2 ± 3.9 MJ DE/j. Cette dernière valeur est significativement différente de zéro et représente 3% de l'énergie ingérée. Ceci indique qu'en moyenne l'énergie digestible est légèrement surestimée ou que les besoins sont sous-estimés. Nous avons aussi observé une variation importante de l'énergie résiduelle entre les individus, cette valeur allant de -8.5 à 13.2 MJ DE/j pour une plage de variation de 21.7 MJ DE/j. L'importance de cette variation est plus facile à saisir lorsqu'on la rapporte en terme de prise alimentaire où elle passe de -0.61 à 0.95 kg d'aliment par jour pour une prise alimentaire moyenne de 2.87 kg/j. Pour la valeur la plus faible, les besoins calculés excèdent la prise alimentaire ; selon le modèle factoriel, cette truie aurait dû manger 0.61 kg de plus par jour pour réaliser les performances observées. Pour la valeur la plus élevée, la prise alimentaire excède les besoins ; dans cette situation la truie aurait dû déposer plus de gras dorsal, ce qu'elle n'a visiblement pas fait. C'est comme si cette truie n'avait pas utilisé 0.95 kg d'aliment par jour, ce qui nous semble peu probable, justifiant une analyse détaillée de l'énergie résiduelle et des facteurs qui servent à la calculer.

L'énergie résiduelle est calculée en soustrayant les besoins totaux en énergie de l'énergie ingérée. Chacun de ces termes peut ensuite être décomposé et ramené aux mesures qui ont été prises sur les animaux (voir 1^{re} colonne du tableau 1 et la section sur la méthodologie). Ainsi, nous avons constaté qu'en moyenne les besoins en énergie digestible pour l'entretien, le gain maternel et le contenu utérin représentent respectivement en moyenne 77, 18 et 5% des besoins totaux en énergie. Nous avons ensuite examiné les corrélations entre l'énergie résiduelle et ses composantes (Tableau 1).

Énergie digestible ingérée

L'énergie résiduelle est faiblement corrélée ($r = 0.23$) avec l'énergie ingérée et la prise alimentaire qui sert à la calculer (Tableau 1). On ne peut toutefois pas exclure qu'une partie de la variation de l'énergie résiduelle soit liée en partie à une évaluation imprécise de la quantité d'aliment ou d'énergie ingérée.

L'utilisation de la restriction alimentaire et la faible fréquence des refus d'aliment chez les truies en gestation facilite la mesure de la prise alimentaire. Cependant, l'utilisation de soigneurs volumétriques, la longue distance parcourue par la chaîne de distribution de l'aliment, l'alimentation en deux repas et la présence d'auges communes amènent des erreurs dans les quantités estimées. Ainsi, des observations réalisées avant le début du projet ont montré qu'avec un aliment moulu, des problèmes de séparation (« démélange ») de l'aliment étaient présents dans le système d'entreposage et de distribution de l'aliment. La quantité d'aliment servie variait selon la position des soigneurs sur la chaîne à pastilles ainsi que le type de soigneur volumétrique utilisé (rectangulaire ou cylindrique). Elle variait aussi d'une journée à l'autre, particulièrement lorsque la quantité d'aliment dans le silo diminuait (Figure 2). Ces problèmes ont été minimisés par la mise en comprimés de l'aliment et l'utilisation de soigneurs cylindriques qui donnaient des résultats plus répétables que les soigneurs rectangulaires utilisés dans certaines sections de la ferme (Figure 3).

Tableau 1. Coefficients de corrélation (r) entre l'énergie digestible résiduelle (MJ DE/j) et ses principales composantes.

	Énergie résiduelle (MJ DE/j)
Énergie ingérée (MJ DE/j)	0.23 [*]
Prise alimentaire (kg/j)	0.23 [*]
Besoins totaux en énergie (MJ DE/j)	-0.91 ^{***}
Énergie pour contenu utérin (MJ DE/j)	-0.01 ^{NS}
Contenu utérin (kg)	-0.02 ^{NS}
Poids portée à la naissance (kg)	-0.02 ^{NS}
Énergie pour l'entretien (MJ DE/j)	-0.37 ^{***}
Poids vif moyen (kg)	-0.36 ^{***}
Temps debout (%)	0.12 ^{NS}
Temps couché (%)	-0.17 [†]
Énergie pour gain maternel (MJ DE/j)	-0.61 ^{***}
Gain de poids net de la truie (kg)	-0.45 ^{***}
Poids à la saillie (kg)	-0.22 [*]
Poids net à la mise bas (kg)	-0.53 ^{***}
Gain de gras dorsal au site P2 (mm)	-0.67 ^{***}
P2 à la saillie (mm)	-0.06 ^{NS}
P2 à la mise bas (mm)	-0.47 ^{***}

^{NS} = non significatif; [†] = P<0,10; ^{*} = P<0,05; ^{**} = P<0,01; ^{***} = P<0,001.

Durant la phase II, la quantité d'aliment offerte par deux soigneurs situés dans des sections différentes de la porcherie a été mesurée plusieurs fois par semaine afin de vérifier la répétabilité du système d'alimentation. Chacun de ces soigneurs a distribué en moyenne 1232 ± 53 et 1436 ± 64 g par repas durant l'expérience. Cette relative constance a été assurée par une faible variation de la composition chimique de l'aliment (87.9 ± 1.0 %MS, 6.0 ± 0.5 %MM, 5.6 ± 0.5 %MG, 16.5 ± 0.6 %PB et 18.2 ± 1.3 %NDF sur une base de MS) et de sa densité apparente (673 ± 14 g/l) qui ont été mesurées hebdomadairement. Avec un écart-type moyen de 60 g/repas, on peut estimer un intervalle de confiance de 240 g/repas (± 2 écarts-type) ou de 480 g/jour (2 repas) qui correspond à 6.68 MJ DE/j ou 31% de la plage de variation de l'énergie résiduelle (21.7 MJ DE/j).

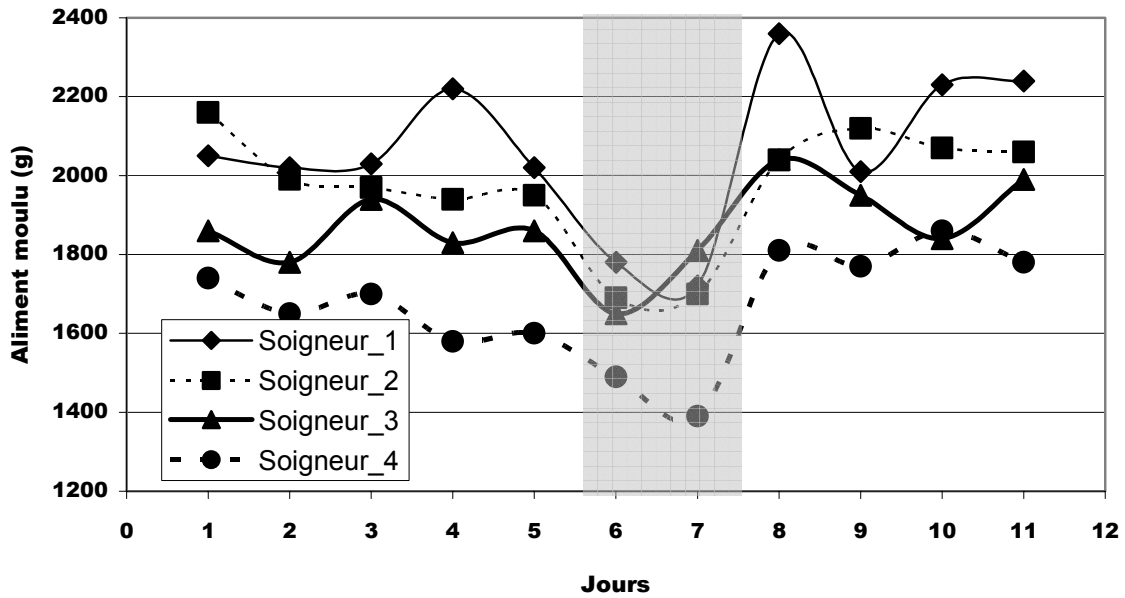


Figure 2. Variation quotidienne de la quantité d'aliment moulu distribuée par quelques soigneurs rectangulaires à la ferme Bellther Inc. à l'été 2000. La zone ombragée correspond à une période où la quantité d'aliment dans le silo était faible.

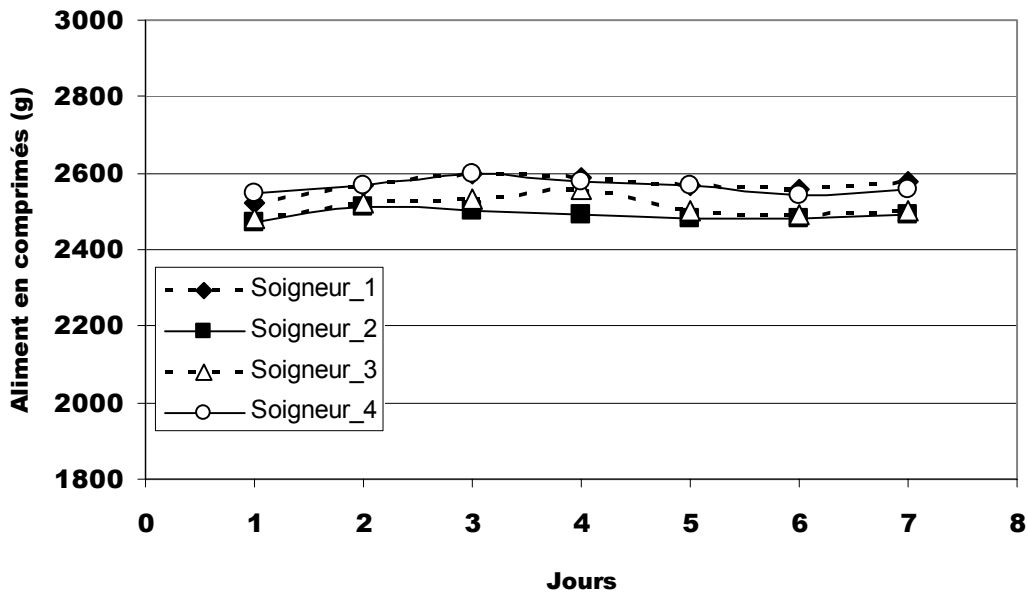


Figure 3. Variation quotidienne de la quantité d'aliment en comprimés distribuée par quelques soigneurs cylindriques à la ferme Bellther Inc. à l'été 2000.

La détermination directe de l'énergie digestible avec une collecte totale des fèces est trop complexe et coûteuse pour être réalisée de façon routinière. Les nutritionnistes utilisent généralement des valeurs moyennes de tables (ex.: NRC, 1998) ou des équations de prédiction de la valeur énergétique à partir de la composition chimique de l'aliment. L'origine des valeurs moyennes des tables est souvent inconnue ou mal définie (NRC, 1998). Les valeurs d'énergie des tables sont fréquemment obtenues avec des porcs en croissance qui digèrent moins bien les aliments que les truies adultes (Le Goff et Noblet, 2001). De plus, les tables ne permettent pas de considérer la variation de la teneur en énergie en fonction du changement de la composition chimique des matières premières. Un autre avantage des équations sur les tables est qu'en milieu commercial, il n'est pas nécessaire, pour utiliser les premières, de connaître la composition en matières premières des aliments utilisés. En utilisant la composition chimique moyenne de l'aliment et l'équation (7) on obtient une teneur de 15.84 MJ DE/kg MS ou 13.92 MJ DE/ kg TQS. En raison de l'erreur de prédiction, il est possible que dans notre expérience cette équation ait légèrement surévalué la teneur en énergie digestible de l'aliment, expliquant qu'en moyenne l'énergie résiduelle était significativement supérieure à zéro. En effet, l'équation (7) possède un écart-type résiduel de 0.32 MJ/kg MS (Le Goff et Noblet, 2001) qui correspond à 2% de la valeur énergétique calculée ($0.32 \times 100 / 15.84$).

L'estimation sur une base individuelle de l'énergie digestible ingérée par les truies sur une ferme commerciale se fait donc en plusieurs étapes comportant des simplifications ou approximations. Chacune de ces étapes comporte des erreurs de mesure ou de prédiction qui peuvent s'additionner et contribuer à l'énergie résiduelle ou à l'imprécision du système. Nos travaux suggèrent qu'une attention particulière doit être portée à la texture de l'aliment, à son système de distribution et à sa calibration. Nous n'avons pas cependant été en mesure d'identifier de biais ou d'erreurs systématiques dans l'approche utilisée qui pourraient être corrigés dans des études subséquentes.

Besoins totaux en énergie

Une corrélation négative élevée ($r = -0,91$) est observée entre l'énergie résiduelle et les besoins totaux en énergie (Tableau 1). La figure 4 montre qu'un biais semble être présent lors de l'estimation des besoins puisque les truies avec des besoins faibles ont une énergie résiduelle positive et qu'à l'inverse, les truies avec des besoins élevés ont une énergie résiduelle négative.

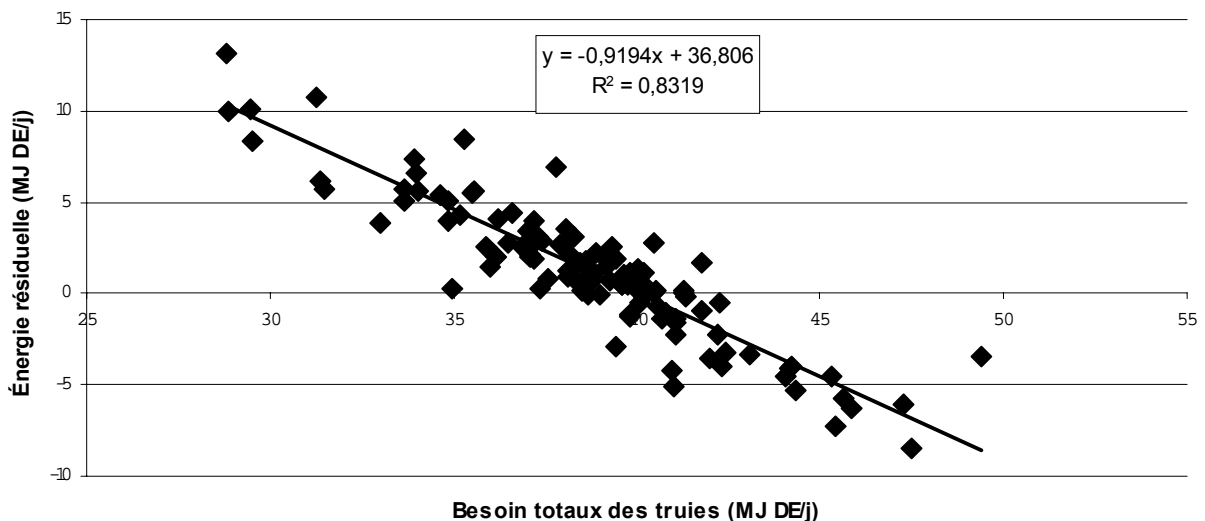


Figure 4. Régression de l'énergie résiduelle en fonction des besoins totaux en énergie digestible chez les truies en gestation.

Besoins pour le dépôt des contenus utérins

Parmi les trois composantes des besoins, l'énergie requise pour le dépôt des contenus utérins et les variables utilisées pour son calcul ne sont pas significativement corrélées avec l'énergie résiduelle (Tableau 1). Ceci pourrait être lié en partie au fait que le gain utérin ne représente que 5% des besoins totaux.

Ces résultats suggèrent donc qu'en pratique, le calcul des besoins énergétiques pour le dépôt des contenus utérins ne devrait pas nous préoccuper beaucoup. L'utilisation d'une valeur moyenne du poids de la portée à la naissance pour l'estimation des besoins individuels des truies ne devrait donc pas avoir une influence majeure sur la prédiction des besoins totaux.

Besoins d'entretien

Les besoins d'entretien représentent 77% des besoins énergétiques totaux des truies, mais n'expliquent que 14% ($r = -0.37$ ou $r^2 = 0.14$) de la variation totale de l'énergie résiduelle. Le biais est dans le même sens que pour les besoins totaux, c.-à-d. que l'énergie résiduelle diminue avec l'augmentation des besoins d'entretien ou du poids vif moyen qui sert à les calculer (corrélation négative ; Tableau 1). En supposant que l'énergie digestible ingérée par chaque truie a été estimée correctement, ces résultats suggèrent d'augmenter les besoins d'entretien des truies légères et de diminuer ceux des truies lourdes. En pratique, ceci serait difficile à réaliser, à justifier et ne pourrait ultimement diminuer la variation de l'énergie résiduelle que de 14%. Les besoins d'entretien sont généralement calculés avec une relation allométrique (voir équation 6) où la valeur multipliant le poids métabolique est maintenue constante ($0.44 \text{ MJ ME} \cdot \text{kg}^{-0.75} \cdot \text{j}^{-1}$). Le calcul des besoins d'entretien en fonction de la masse protéique plutôt que du poids vif (Whittemore et Morgan, 1990) pourrait diminuer en partie le biais observé si les truies lourdes contenaient proportionnellement moins de protéines et plus de gras que les truies légères. Cependant, ce n'est pas nécessairement le cas puisque nous n'avons pas observé de relation entre l'épaisseur du gras dorsal et le poids net des truies à la mise bas (Figure 5). Cette approche demanderait aussi la prédiction de la masse protéique des truies ce qui amènerait une erreur de prédiction additionnelle qui pourrait faire disparaître l'avantage théorique de remplacer le poids vif par la masse protéique.

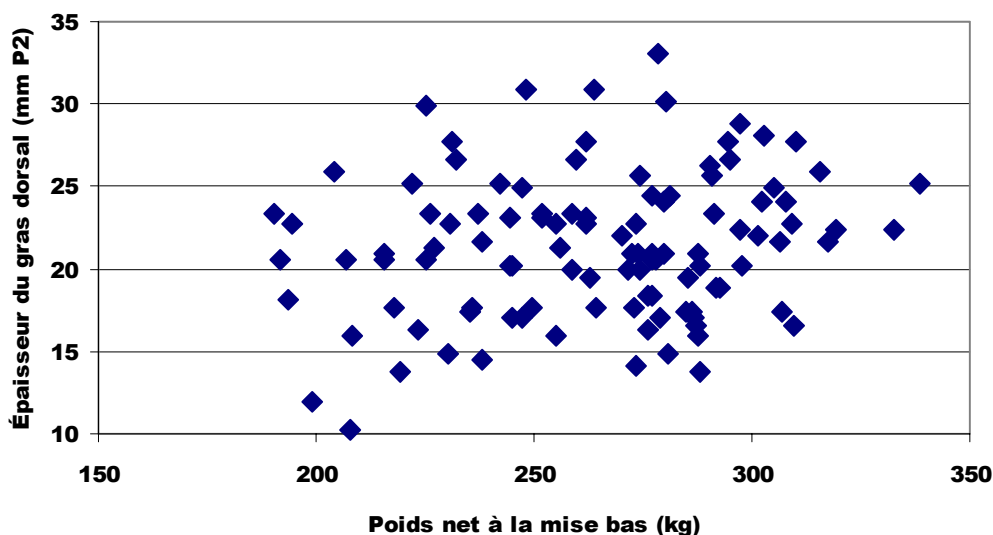


Figure 5. Épaisseur du gras dorsal au site P2 en fonction du poids net des truies à la mise bas.

Une interprétation alternative, est qu'une partie de la variation de l'énergie résiduelle pourrait être liée à des erreurs dans la détermination du poids moyen des truies entraînant une mauvaise évaluation des besoins d'entretien et des besoins pour le gain maternel. Dans l'élevage porcin que nous avons suivi, le déplacement et la pesée des truies est subordonnée à plusieurs autres activités prioritaires telles que la

détection des chaleurs, les saillies, etc. La pesée des truies a donc lieu une fois que les activités principales ont été réalisées, au moment de la journée qui convient le mieux et qui peut varier d'une journée ou d'une période à l'autre selon les contraintes. D'autre part, il a été observé que les truies perdent du poids dans la semaine qui suit leur sevrage après 37 j de lactation, mais que cette perte de poids était très variable selon les individus (-2.0 ± 6.7 kg ; Shurson et al. 1991). La quantité et le type d'aliment ingéré durant la lactation, ainsi que l'utilisation ou non d'une période de jeûne avant la pesée ont modifié la perte de poids observée dans la semaine qui a suivi un sevrage à 49 j (Zoiopoulos et al., 1983). La pesée des truies à jeun avant le repas du matin, telle que pratiquée fréquemment en station de recherche, était incompatible avec l'organisation du travail sur notre ferme. Nous avons tout de même pesé dix truies alimentées entre 6 :00 et 7 :00 à trois reprises durant la journée (Tableau 2).

Tableau 2. Statistiques descriptives de trois mesures du poids vif (kg) de dix truies répétées la même journée.

	T1*	T2	T3	T2 – T1	T3 – T2
Moyenne	272.6	264.2	262.7	8.4	1.5
Écart-type	26.1	26.2	27.0	4.1	1.8
Minimum	237.0	228.0	224.0	3.0	-1.0
Maximum	308.0	301.0	300.0	16.0	5.0

* T1, T2 et T3 correspondent au poids déterminé à 09 :00, 13 :00 et 16 :30 ; T2 – T1 et T3 – T2 correspondent au changement de poids entre les mesures prises à ces deux temps.

Le poids des truies a diminué de 8.4 ± 4.1 kg entre 9 :00 et 13 :00, mais ce changement de poids a varié de 3 à 16 kg selon les truies (Tableau 2). Une diminution additionnelle de 1.5 ± 1.8 kg était observée entre 13 :00 et 16 :30 avec une variation individuelle plus faible (Tableau 2). Une erreur d'estimation du poids moyen de 10 kg (T3 – T1) chez des truies de 150 et 300 kg entraînerait une erreur d'estimation des besoins d'entretien de 1.0 et 0.8 MJ/j. Cette erreur expliquerait moins de 5% de la plage de variation de l'énergie résiduelle (21.7 MJ/j de -8.5 à 13.2 MJ/j).

Les besoins d'entretien augmentent avec l'activité physique chez les truies (Noblet et al., 1990). Plusieurs truies gardées dans les élevages modernes sont agitées (Robert et al., 1993) et développent des comportements anormaux et répétitifs appelés stéréotypies (Stolba et al., 1983). Ces stéréotypies, en raison du coût énergétique élevé de l'activité physique (Noblet et al., 1990) et de la grande variation individuelle dans leur fréquence (Cronin et Wiepkema, 1984), pourraient expliquer une partie de l'énergie résiduelle. Ainsi, nous avons observé que les truies étaient $47.4 \pm 16.3\%$ du temps debout en moyenne durant nos trois périodes d'observation avec des valeurs minimales et maximales de 10 et 87%. Cependant, nos mesures d'activité moyenne (% du temps debout ou couché durant les deux heures qui suivent le repas) sont peu corrélées avec l'énergie résiduelle (Tableau 1). Ceci suggère que notre évaluation de l'activité était inadéquate, en raison des périodes de mesure trop courtes ou trop peu fréquentes. Il est aussi possible que l'impact de l'activité sur les besoins énergétiques était plus faible que celui des autres variables mesurées. Dans ces deux cas, nos observations ne permettent pas d'expliquer la variation de l'énergie résiduelle.

Les besoins d'entretien des truies vont aussi augmenter si la température ambiante diminue ou augmente au-delà de la zone de neutralité thermique (Noblet et al., 1990). Cependant, dans cette expérience les truies étaient toutes logées dans le même bâtiment et exposées à une température ambiante similaire. Nous n'avons pas noté de stress thermique important durant l'expérience. Le cas échéant, ce stress aurait augmenté les besoins d'entretien de toutes les truies et ne pourrait pas expliquer la variation de l'énergie résiduelle.

En résumé, le fait de peser les truies multipares après un nombre de jours variable suivant le sevrage et de peser les autres truies (primipares et retours de chaleur) à une période où le changement de poids post-sevrage est absent ou stabilisé, introduit une variation du poids et de l'estimation des besoins d'entretien. De la même façon, la pesée des truies à différentes périodes de la journée contribue aussi à la variation de l'énergie résiduelle. Cependant, nous estimons que l'erreur d'estimation du poids et des besoins d'entretien représenterait moins de 5% de la plage de variation de l'énergie résiduelle. Il n'y a pas d'évidence que les besoins pour la thermorégulation aient pu contribuer à l'énergie résiduelle. Nous

n'avons pas observé de lien entre l'activité physique des truies et l'énergie résiduelle, mais notre estimation de l'activité demeure assez grossière.

Gain maternel

Parmi les 3 composantes des besoins totaux en énergie, l'énergie pour le gain maternel ne représentait que 18% des besoins totaux, mais elle était la plus fortement corrélée ($r = -0.61$) avec l'énergie résiduelle (Tableau 1). Le biais observé était dans la même direction que pour les besoins totaux (Figures 4 et 5). L'énergie résiduelle était surtout affectée par les données récoltées sur les truies à la mise bas (poids net et épaisseur du gras dorsal au site P2), suggérant que ces valeurs sont les plus critiques à mesurer ou prédire précisément (Tableau 1). Dans cette base de données, le modèle de l'INRA sous-estime les besoins des truies avec les besoins les plus faibles (RES positif) et surestime ceux des truies avec les besoins les plus élevés (RES négatif; Figure 6). Ceci pourrait cependant être lié au fait que dans cette expérience, l'énergie digestible ingérée par les truies était assez uniforme (39.9 ± 1.6 MJ/j avec MIN = 35.2 MJ/j et MAX = 46.0 MJ/j) tandis que les besoins des truies étaient plus variables (38.7 ± 3.9 MJ DE/j avec MIN = 28.8 MJ/j et MAX = 49.4 MJ/j). Une estimation précise des besoins et plus particulièrement du gain maternel apparaît donc critique pour appliquer avec succès le modèle factoriel de l'INRA.

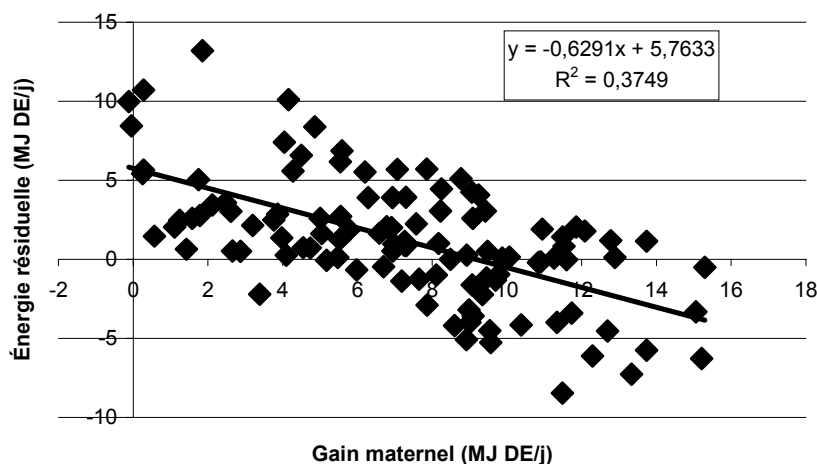


Figure 6. Régression de l'énergie résiduelle en fonction du gain maternel chez les truies en gestation.

Dans les élevages commerciaux, les réserves énergétiques des truies peuvent être évaluées visuellement avec des cotes de chair ou de façon plus objective par la détermination de l'épaisseur du gras dorsal avec les ultrasons. La première approche est surtout qualitative et il a été démontré qu'on observe une grande variation de l'épaisseur de gras dorsal pour une même cote de chair (Charette, 1995). Un portrait des truies du troupeau de la ferme Bellther Inc. réalisé avant le début de nos expériences a ainsi confirmé que l'épaisseur du gras dorsal au site P2 augmente avec la cote de chair visuelle (Figure 7). Toutefois, la cote de chair n'expliquait que 35% de la variation de l'épaisseur du gras dorsal mesuré avec les ultrasons. Pour une cote de chair de 3.5, l'épaisseur moyenne du gras dorsal était de 19.9 mm, mais l'intervalle de confiance à 95% allait de 12.7 à 27.1 mm, soit un écart de plus de 14 mm pour une même cote de chair (Figure 7). Une étude similaire, réalisée dans un autre troupeau de 512 truies a produit un intervalle de confiance de 20 mm pour une même cote de chair (Huard, communication personnelle). Il faut mettre en parallèle l'imprécision des cotes de chair avec les objectifs d'épaisseurs du gras dorsal au sevrage et en fin de gestation qui sont de 17 et 21 mm, respectivement, pour un gain de 4 mm durant toute la gestation (ITP, 2000). Il apparaît donc impossible de vérifier l'atteinte d'un gain de 4 mm avec la méthode des cotes de chair qui comporte une erreur de mesure de plus de 14 mm.

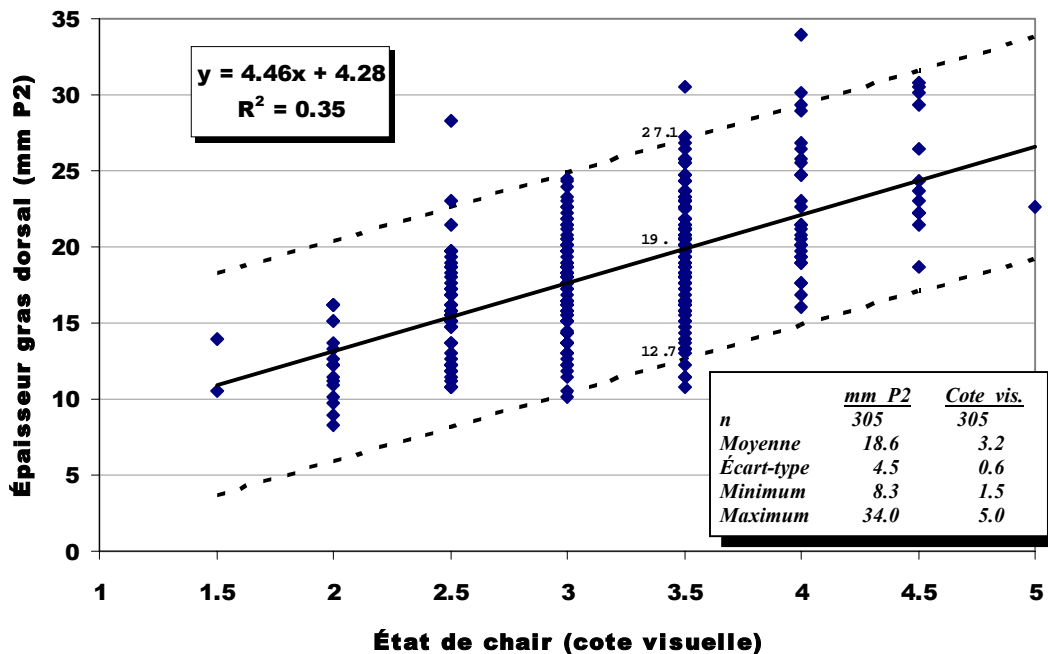


Figure 7. Régression entre l'épaisseur du gras dorsal au site P2 (mm) et l'état de chair mesuré par une cote visuelle (échelle de 1 à 5) chez les truies de la ferme Bellther Inc. en août 2000. La ligne pleine est la droite de régression et les lignes pointillées correspondent à l'intervalle de confiance à 95%.

La composition corporelle de la truie peut être prédite à partir de son poids et de l'épaisseur du gras dorsal déterminée *in vivo* avec un appareil à ultrasons (Dourmad et al., 1997). La précision des mesures d'épaisseur du gras dorsal avec les ultrasons dépend du type d'appareil utilisé (unidirectionnel ou bidirectionnel) et de l'identification exacte du site de mesure (Sather et al., 1986; Greer et al., 1987). Tel qu'indiqué précédemment, des mesures bilatérales au site P2 ont été réalisées afin d'améliorer la précision de nos mesures. Nous avons aussi comparé les observations réalisées par deux observateurs expérimentés sur les mêmes truies pour quatre lots d'environ 25 animaux. Pour l'épaisseur du gras dorsal au site P2 du côté droit des truies, les valeurs obtenues par un observateur permettaient d'expliquer 93% de la variation des mesures prises au même site sur les mêmes animaux par un autre observateur (Figure 8). La figure 8 nous montre que pour une valeur de P2 de 20 mm enregistrée par l'observateur 1, nous avons 95% des chances que l'observateur 2 obtienne une valeur entre 17.3 et 22.9 mm. Cet écart de 5.6 mm reste important, mais est moins de la moitié de celui obtenu avec les cotes de chair. Des observations similaires réalisées sur 128 truies durant la phase I montraient un intervalle de confiance du P2 droit de 3.8 mm.

Selon les équations (2) et (3) le dépôt de 1 mm de gras dorsal nécessite 62.1 MJ d'énergie digestible ($45.9 / (0.77 \times 0.96)$). Une erreur de 4 ou 6 mm de gras répartie sur 115 j de gestation correspond donc à une variation des besoins de 2.2 ou 3.2 MJ DE/j, respectivement. Cette erreur expliquerait de 10 à 15% de la plage de variation de l'énergie résiduelle (21.7 MJ/j). Nous avons vu précédemment qu'une erreur de mesure du poids vif va entraîner une erreur dans l'estimation des besoins d'entretien, mais selon l'équation (3) elle va aussi entraîner une erreur dans l'estimation des besoins pour le gain maternel. Le besoin énergétique pour le gain de poids est de $16.84 \text{ MJ DE/kg}^{1.013} [(13.65 \times 0.912) / (0.77 \times 0.96)]$. Une erreur d'estimation du gain de poids de 10 kg (ou de $10.9 \text{ kg}^{1.013}$ à 300 kg) correspond donc à une variation des besoins de 1.6 MJ DE/j ou à 8% de la plage de variation de l'énergie résiduelle.

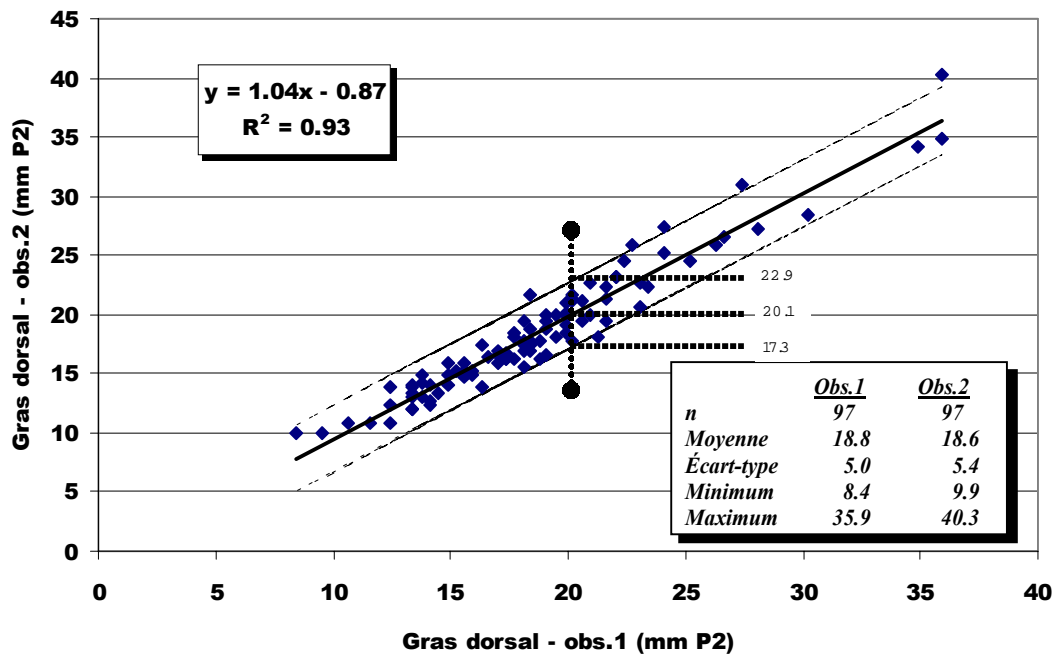


Figure 8. Relation entre l'épaisseur du gras dorsal au site P2 mesurée par deux observateurs différents (obs. 1 et obs. 2) chez des truies gestantes durant la phase II. La ligne épaisse au centre correspond à la droite de régression tandis que les deux lignes minces de chaque côté correspondent à l'intervalle de confiance à 95%.

Il a été proposé que la détermination de l'épaisseur du gras dorsal à la pointe du muscle *Gluteus medius* (site G2) pourrait être plus répétable qu'au site P2, parce que ce site est plus facile à localiser. Cependant, l'équation (3) utilise l'épaisseur au site P2 qui devrait alors être prédite à partir de celle au site G2. Cette approche est possible puisque l'épaisseur du gras dorsal à ces deux sites est étroitement reliée (Figure 9). L'épaisseur du gras dorsal au site G2 peut être calculée en ajoutant 4.5 mm à celle mesurée au site P2 (Figure 9). Toutefois, l'intervalle de confiance de la prédiction du G2 est de 9.2 mm (28.8 – 19.6 mm ; Figure 9) ce qui pourrait augmenter l'incertitude d'estimation des besoins pour le gain maternel. De plus, les observations prises par deux observateurs expérimentés présentaient un intervalle de confiance aussi important au site G2 (7.0 mm ; Figure 10) qu'au site P2 (5.6 mm ; Figure 8). Bien que la situation pourrait être différente avec des observateurs inexpérimentés, nos résultats montrent que les mesures au site G2 seraient désavantageuses par rapport à celles au site P2.

Il faut aussi mentionner que l'équation (3) a été obtenue par Dourmad et al. (1997) en mesurant l'épaisseur du gras dorsal par endoscopie sur les carcasses des truies. L'utilisation de l'épaisseur du gras dorsal déterminée avec les ultrasons dans l'équation (3) pourrait donc entraîner une erreur additionnelle dans le calcul du bilan énergétique puisque la valeur de P2 mesurée par ultrasons (USP2) explique 85% de la variation des mesures prises par endoscopie (P2) ($P2 = 0.09 + 1.22 USP2$; Dourmad et al., 1997).

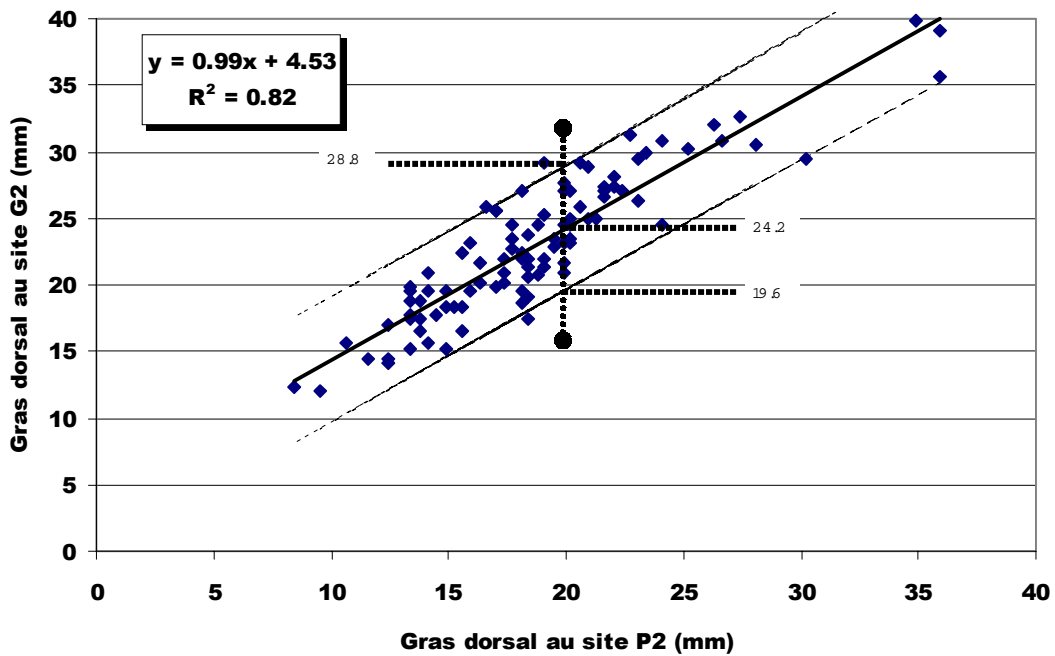


Figure 9. Relation entre l'épaisseur du gras dorsal au site G2 et au site P2 chez des truies gestantes durant la phase II.

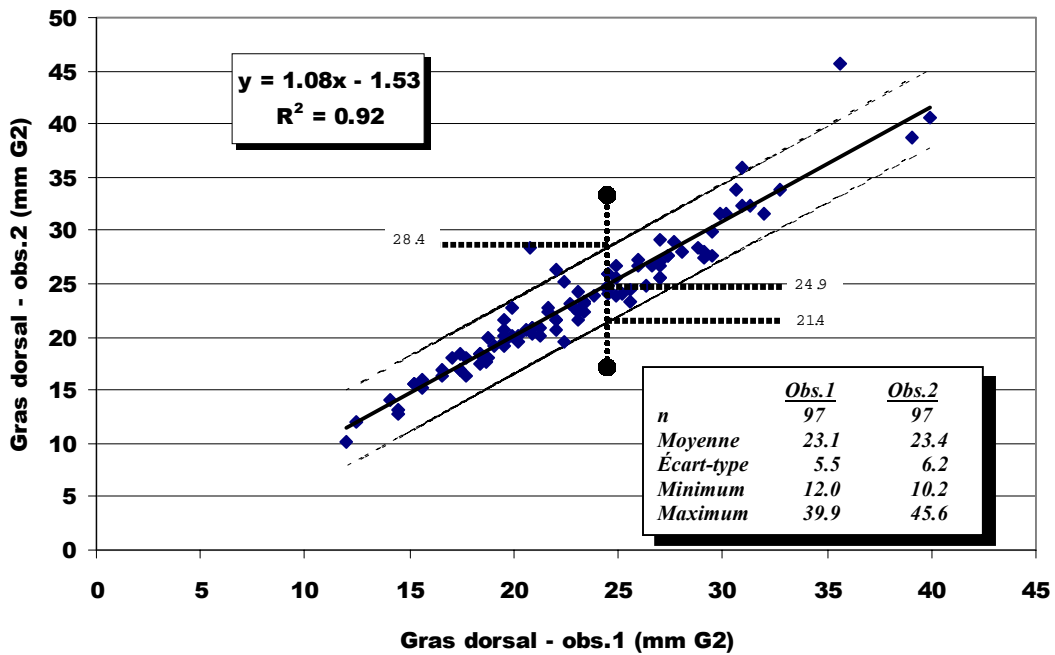


Figure 10. Relation entre l'épaisseur du gras dorsal au site G2 mesurée par deux observateurs différents (obs. 1 et obs. 2) chez des truies gestantes durant la phase II.

Phase II

Durant la phase II, le poids des truies et l'épaisseur du gras dorsal à la saillie étaient en moyenne de 227.0 ± 52.6 kg et 16.9 ± 4.5 mm, respectivement. Ces mêmes valeurs étaient 290.5 ± 44.7 kg et 20.3 ± 4.9 mm à la mise bas avec un objectif d'épaisseur du gras dorsal à la mise bas de 21 mm. Durant la gestation, les truies ont ingéré en moyenne 38.9 ± 2.0 MJ DE/j, leurs besoins estimés étaient de 39.2 ± 4.5 MJ DE/j et l'énergie résiduelle était donc de -0.3 ± 4.4 MJ DE/j. Ces valeurs sont similaires à celles observées durant la phase I et ne supportent pas de modifications à l'interprétation qui précède. Même lorsque la quantité d'aliment offerte aux truies est calculée avec le modèle factoriel de l'INRA, une variation importante est observée entre les truies.

La même approche appliquée en France à quinze truies logées à l'intérieur et alimentées par groupe de cinq a permis d'atteindre une épaisseur de gras dorsal moyenne de 21,7 mm à la fin de la gestation pour un objectif de 21 mm (Berger et al., 2000). Toutefois, on notait aussi un écart-type (S) de 3.1 mm qui, selon un intervalle de confiance de 95% (moy \pm 2S), montre que les valeurs individuelles devaient varier entre 15.5 et 27.9 mm. Ceci indique que la méthode fonctionne, mais que la compétition entre les animaux logés en groupe produit des résultats indésirables. La même méthode appliquée à des truies logées à l'extérieur en France a permis d'atteindre une épaisseur de gras de 17.6 mm avec un écart-type de 6.4 mm pour un objectif de 21 mm (Berger et al., 2000). La différence entre la valeur réelle et l'objectif ainsi que la plus grande variabilité seraient liées à un mauvais ajustement des besoins pour l'activité physique et la température ambiante ainsi qu'à une augmentation du gaspillage d'aliment. Ces résultats suggèrent que cette technique possède un bon potentiel d'application, mais qu'elle doit être calibrée correctement.

Conclusion

Nous disposons actuellement d'un ensemble d'équations permettant de calculer le bilan énergétique individuel des truies en gestation. En moyenne, ces équations fonctionnent bien puisque l'énergie résiduelle était très proche de zéro dans les phases I et II. Cependant, ces équations de régression comportent toutes des erreurs de prédiction qui peuvent s'additionner et contribuer à une variation importante de l'énergie résiduelle. La prédiction des besoins est aussi basée sur plusieurs facteurs ou efficacités moyens qui peuvent varier d'un animal à l'autre. Il faut finalement ajouter aux erreurs de prédiction, les erreurs de mesure des variables utilisées dans les équations de prédiction. Pour toutes ces raisons, l'énergie résiduelle des truies a varié de façon importante entre les individus.

Parmi les facteurs qui pourraient expliquer en partie la plage de variation de l'énergie résiduelle (Δ RES), les plus importants seraient la variation de la quantité d'aliment servie par les soigneurs (31% de Δ RES), les erreurs de détermination du poids vif (13% de Δ RES en considérant l'entretien et le gain maternel) et les erreurs de détermination de l'épaisseur du gras dorsal (10 à 15% de Δ RES). En raison des corrélations élevées entre les deux derniers paramètres et l'énergie résiduelle, l'amélioration des mesures du poids et du gras dorsal possède le plus grand potentiel pour réduire la plage de variation de l'énergie résiduelle.

Perspectives

Nous utilisons présentement dans la 3^e et dernière phase de ce projet un appareil à Ultrasons avec une version révisée du logiciel qui permet une détermination automatisée de l'épaisseur du gras dorsal, Ceci pourrait contribuer à diminuer la variation des mesures. Nous utilisons aussi une équation modifiée pour prédire le poids des truies à la mise bas au moment de la saillie. Cette équation pourrait nous permettre de mieux définir la quantité d'aliment à offrir à chaque truie. Il faut toutefois réaliser que nous avons été incapables d'expliquer plus de la moitié de la plage de variation de l'énergie résiduelle dans les phases précédentes. Pour cette raison, nous évaluons aussi l'application d'une correction des apports alimentaires des truies en fonction de mesures intermédiaires du gras dorsal prises à toutes les deux semaines durant la gestation. Le cas échéant, cette approche permettrait de diminuer les apports alimentaires des individus dont les besoins sont inférieurs à la moyenne et d'augmenter ceux des truies avec des besoins supérieurs à la moyenne. Bien qu'en théorie ceci devrait permettre d'uniformiser les réserves énergétiques des truies à la mise bas, cela reste à confirmer.

Remerciements

Les auteurs veulent remercier René Therrien et les employés et stagiaires de la Ferme Bellther Inc. sans qui ce projet n'aurait pas pu être réalisé. Nous voulons aussi remercier le Centre de développement du porc du Québec (CDPQ) Inc. pour le congé d'études accordé à Henri Guimont ainsi que pour la participation de Jean-Paul Daigle et Robert Fillion à cette recherche. Nous avons apprécié l'attention portée au contrôle de la qualité des aliments utilisés dans cette recherche par le personnel de la Coopérative La Seigneurie et de la Coopérative Fédérée de Québec. Nous voulons remercier Simon Huard, d'Agri-marché, pour les discussions et échanges d'informations en lien avec ce projet. Nous voulons finalement exprimer notre gratitude au Programme d'aide à la recherche du Conseil de recherche en pêche et agroalimentaire du Québec (CORPAQ) et à la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ) qui ont supporté financièrement ce projet.

Liste des ouvrages cités:

- Berger, F., Bellanger, D. et Dourmad, J.Y. 2000. Évaluation des besoins énergétiques des truies en gestation élevées en plein air. *Journées Rech. Porcine en France* 32:247-252.
- CDPQ. 1999. La production porcine au Québec. Coup d'œil 1999.
- Charette, R. 1995. Les conditions de la chair de la truie : une nouvelle dimension. *Cahier des conférences. Expo-Congrès du porc du Québec.* p.1-8.
- Châtillon, G. 1999. Méfiez-vous des truies grasses ! *Porc Magazine* 323 (juin 1999): 34-40.
- Cronin, G.M. et Wiepkema, P.R. 1984. An analysis of stereotyped behaviour in tethered sows. *Ann. Rech. Vet.* 15 :263-270.
- Dourmad, J.Y., Étienne, M., Noblet, J. et Causeur, D. 1997. Prédiction de la composition chimique des truies reproductrices à partir du poids vif et de l'épaisseur de lard dorsal. Application à la définition des besoins énergétiques. *Journées Rech. Porcine en France* 29:255-261.
- Dourmad, J.Y., Étienne, M. et Noblet, J. 2000 Intérêt de la mesure de l'épaisseur de gras dorsal dans la définition des programmes alimentaires pour les truies reproductrices. Au carrefour des connaissances ... Le 21^e colloque sur la production porcine. Une production qui bouge bien. *CRAAQ.* p.21-31.
- Dourmad, J.Y., Étienne, M. et Noblet, J. 2001 Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. *INRA Prod. Anim.* 14(1):41-50.
- Greer, E.B., Mort, P.C., Lowe, T.W. et Giles, L.R. 1987. Accuracy of ultrasonic backfat testers in predicting carcass P2 fat depth from live pig measurement and the effect on accuracy of mislocating the P2 site on the live pig. *Aust. J. Exp. Agric.* 27:27-34.
- ITP. 2000. Mémento de l'éleveur de porc. Institut Technique du porc. Paris.
- Le Goff, G. et Noblet, J. 2001. Utilisation digestive comparée de l'énergie des aliments chez le porc en croissance et la truie adulte. *Journées Rech. Porcine en France* 33:211-220.
- National Agricultural Centre (NAC). 1982. Sow feeding, condition and performance. *Bulletin RASE/5m/4-82/JMH.*
- National Research Council (NRC). 1998. Nutrient requirements of swine. 10th revised edition. National Academy Press.
- Noblet, J., Dourmad, J.Y. et Étienne, M. 1990. Energy utilization in pregnant and lactating sows : modeling of energy requirements. *J. Anim. Sci.* 68:562-572.
- Robert, S., Matte, J.J., Farmer, C., Girard, C.L. et Martineau, G.P. 1993. High-fibre diets for sows : effects on stereotypes and adjunctive drinking. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37 :297-309.
- Sather, A.P., Tong, A.K.W. et Harbison, D.S. 1986. A study of ultrasonic probing techniques for swine. I. The effect of operator, machine and site. *Can. J. Anim. Sci.* 66:591-598.

Shurson, G.C., Isler, G.A., Irvin, K.M. et Peterson, G.A. 1991. Traits affecting postweaning weight gain and feed intake of primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 69:3487-3493.

Stolba, A., Baker, N. et Wood-Gush, D.G.M. 1983. The characterisation of stereotyped behaviour in stalled sows by informational redundancy. *Behaviour* 87 :157-182.

Whittemore, C.T. 1996. Nutrition reproduction interactions in primiparous sows. *Livestock Prod. Sci.* 46:65-83.

Whittemore et Morgan, 1990. Model components for the determination of energy and protein requirements for breeding sows: A review. *Livestock Prod. Sci.* 26:1-37.

Zoiopoulos, P.E., Topps, J.H. et English, P.R. 1983. Losses in weight and body water in sows after weaning. *Brit. J. Nutr.* 50:163-172.