

Système simplifié d'optimisation économique de l'engraissement porcin

P. JEAN DIT BAILLEUL (1, 2), J.F. BERNIER (2), C. POMAR (1)

*(1) Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Station de Recherches
CP 90, Lennoxville, Québec, Canada, J1M 1Z3*

*(2) Université Laval, Département des Sciences Animales
4318 Pavillon Paul-Comtois, Ste Foy, Québec, Canada, G1K 7P4*

Système simplifié d'optimisation économique de l'engraissement porcin

Le but de ce travail était de développer un système de détermination du programme alimentaire permettant de maximiser le revenu net de la production porcine et d'évaluer les principales modifications de programme alimentaire possibles pour répondre aux variations de l'environnement technico-économique de l'élevage. Pour évaluer ces possibilités, nous avons testé le modèle dans le contexte technico-économique du Québec pour l'année 1995. Les résultats indiquent que pour atteindre le maximum de rentabilité économique de l'engraissement des porcs, il faut distribuer une quantité de protéine équilibrée légèrement inférieure à celle nécessaire pour atteindre le maximum de croissance protéique. D'autre part, nos résultats indiquent que le programme alimentaire est assez peu sensible aux variations de prix de référence des carcasses et aux variations du prix des matières premières. En revanche, la présence de classes dans les grilles de paiement provoque de fortes discontinuités dans les courbes de réponse (variation de plus de 5 \$/place/an) pouvant affecter grandement le programme alimentaire permettant d'obtenir la meilleure rentabilité.

Simplified system to optimize economical return from piggeries

The objective of this work was to develop a system to determine the feeding management that maximize net return from piggeries to allow to evaluate the main modifications of the feeding program to answer to modification of the economical and / or technical environment of the production. To evaluate those possibilities, we have test the model in the Quebec s economical and technical context for the year 1995

Results show that it is not necessary to satisfy the animal requirements in protein to achieve the maximum economical return. In fact a reduction of 6 to 30 % allow to obtain better economical retruns. Results also indicate that feeding program are almost not affected by variation of carcass reference price and by variation of feedstuff prices. On the other hand, classes of the payment grid are causing discontinuities in the response curve (more than 5 \$/place/year) that affect grandly the feeding program for the maximal economical return.

INTRODUCTION

La production porcine est un secteur économique hautement concurrentiel. Dans ce contexte, la recherche de la meilleure efficacité économique constitue un objectif essentiel à atteindre. De plus, différentes études (MOUGHAN et al, 1995 ; De LANGE et SCHREUR, 1995) ont montré que l'atteinte de performances zootechniques maximales ne correspond pas forcément à une rentabilité économique maximale. En effet, une restriction alimentaire pendant une partie de la croissance des porcs permet de diminuer le coût de l'alimentation tout en n'augmentant que faiblement les autres charges et en ne diminuant que faiblement la valeur du produit. Déterminer la combinaison génotype - aliment - régime la plus rentable a toujours été un exercice difficile et particulièrement ces dernières années où les prix relatifs des céréales et du tourteau de soja ont varié dans un intervalle de 1 à 2,5 et de 1 à 1,7 respectivement (CHICAGO BOARD OF TRADE, 1997) et le prix de vente relatif du kg de porc a varié dans un intervalle de 1 à 2 (PORC QUÉBEC, 1997). Ceci a été encore plus important en Europe avec la diminution progressive des aides apportées aux éleveurs suite à la réforme de la Politique Agricole Commune.

Pour optimiser le système de production du point de vue économique, plusieurs méthodes ont été proposées. Ces méthodes sont généralement linéaires et empiriques ce qui a limité leur utilisation. La modélisation mathématique mécaniste s'avère un outil de choix car elle permet d'obtenir rapidement des résultats et autorise des mises en situations hypothétiques (BLACK, 1995).

L'objectif de cette étude est d'utiliser la modélisation mathématique pour déterminer les modifications du programme alimentaire les plus rentables pour les éleveurs pour faire face aux variations de l'environnement économique. Le modèle utilisé dans ce travail ne prend en compte qu'un nombre limité de conditions et surtout ne permet d'affecter que les principaux facteurs modifiables par l'éleveur. Ce travail constitue une première étape d'un projet plus important dont la partie théorique a été présentée par BECNHAKROUN et al., (1996)

1. DESCRIPTION DU MODÈLE

1.1. Modèle

Le modèle de prévision du revenu net de l'engraissement des porcs utilisé est celui décrit par JEAN DIT BAILLEUL (1997). Ce modèle déterministe et mécaniste est basé sur des équations publiées dans la littérature et sur quelques équations dérivées des travaux conduits à notre centre de recherches. Ce modèle est constitué de 4 parties principales :

- *La première partie* détermine le ratio protéine équilibrée / énergie digestible minimale devant être apporté pour permettre à l'animal d'atteindre son potentiel de rétention protéique. Pour déterminer ce ratio, le modèle effectue une simulation de la croissance en maintenant des conditions optimales afin de déterminer la quantité d'énergie diges-

tible ingérée et la rétention maximale de protéine et par conséquent, le besoin en protéine. Cette approche est similaire à celles proposées par WHITTEMORE (1983) et POMAR et al (1991). Enfin, le ratio protéine équilibrée / ED est déterminé pour chaque journée de la période et le ratio maximal est considéré correspondre au besoin maximal en protéine.

- *La deuxième partie* permet de déterminer l'aliment le moins coûteux permettant de satisfaire ces besoins. La teneur en protéine équilibrée est déterminée en fonction du niveau d'énergie digestible fixé par l'utilisateur et du ratio protéine équilibrée / énergie digestible déterminé précédemment. Ce niveau de protéine de l'aliment peut être pondéré par un facteur de rationnement de la protéine équilibrée (ρ) afin de permettre l'obtention de niveaux de protéine sub-optimaux du point de vue de la croissance, mais plus intéressants du point de vue économique. La programmation linéaire est utilisée pour déterminer la formule la moins chère satisfaisant ces contraintes. L'algorithme de résolution du problème de programmation linéaire a été adapté par GALE (Communication personnelle) de POOLE et al (1979) et de RESEARCH AND EDUCATION ASSOCIATION (1983).
- *Dans la troisième partie*, une simulation de la croissance est effectuée pour évaluer l'effet des aliments et du programme alimentaire sur les animaux. Ce modèle partage les mêmes bases que celui utilisé pour l'estimation des besoins du porc. Il prédit les rétentions quotidiennes de protéine et de lipides à partir des quantités d'énergie et de protéine digestibles ingérées par l'animal.
- *Enfin, la quatrième partie* contient un module économique qui prends en compte à la fois les résultats de la croissance et les caractéristiques économiques de l'élevage pour déterminer le revenu annuel par place d'engraissement.

Pour permettre d'étudier ce modèle, nous avons utilisé les paramètres correspondant à la moyenne de l'année 1995 pour le Québec. Le génotype utilisé est de type maigre (ingestion de 46 MJ d'ED/j à 100 kg et rétention maximale de protéine de 158 g/j). Les prix des matières premières ont été fournies par un fabricant d'aliment québécois (Breton Agri-Management) et leurs compositions sont issues de INRA (1989). Les paramètres économiques sont issus des statistiques économiques de l'assurance revenu du Québec (ASRA, 1996) et du groupe de recherche en économie et politique agricoles de l'Université Laval (GREPA). La grille de paiement des carcasses est celle utilisée au Québec. Enfin, le programme alimentaire est composé de deux aliments car c'est la situation la plus courante actuellement au Québec.

1.2. Réponses du modèle de simulation

Dans cette étude, un programme alimentaire est défini par la durée d'utilisation du premier aliment et par la teneur en protéine des deux aliments. Son adaptation pour maximiser le revenu de l'engraissement des porcs, consiste donc à modifier la durée d'utilisation du premier aliment et à changer le facteur de rationnement de la protéine (ρ).

Nous avons donc fait varier la durée d'utilisation du premier aliment T_1 entre 20 et 100 j (soit un changement d'aliment à un poids de 25 à 100 kg) et le facteur de rationnement de la protéine (ρ) de 0,50 à 1,10. Ces plages de variation ont été retenues car elles encadrent largement les situations pratiques et l'optimum économique. Dans tous les cas, le revenu annuel par place d'engraissement a été utilisé comme variable de performance.

1.3. Système d'optimisation

Un algorithme de « descente » a été choisi en accord avec la forme de la surface de réponse. Cette méthode consiste à déterminer la plus grande pente par rapport à des paramètres initiaux pour l'itération, puis de modifier ces paramètres selon cette pente et ensuite de réévaluer la plus grande pente. Cette boucle est répétée tant que les paramètres initiaux de l'itération ne correspondent pas à un minimum ou un maximum. Toutefois, la fonction objectif montre deux maxima locaux à cause des effets similaires des deux paramètres optimisés. Il est donc nécessaire d'utiliser un minimum de deux points de départ pour être en mesure de déterminer par la suite le meilleur de ces maxima locaux.

1.4. Courbes de réponse de l'optimisation des facteurs économiques

1.4.1. Réponse au coût de la protéine

Pour étudier l'effet du coût de la protéine sur la réponse du modèle, une transformation a été appliquée à l'ensemble des prix de matières premières utilisées. Cette transformation a consisté à augmenter ou diminuer le prix des matières premières (P_{MP_i}) en fonction de leur teneur en protéine digestible ($Prot_n$) et d'une constante (δ) selon l'équation suivante : $P_{MP_i} = P_{MP_i} + \delta * Prot_n$, où δ est une constante définie par l'utilisateur. Par exemple, pour l'avoine à un prix de 157,86 \$/T et une teneur en protéine digestible de 9,42 % avec $\delta = 2$, on obtient alors $P_{MP_i} = 157,86 + 2 * 9,42 = 176,70$ \$. Ce mode de calcul revient à modifier directement le coût marginal de la protéine dans l'aliment et donc à modifier l'intérêt du modèle de formulation à utiliser ou non les matières premières riches en protéine. Les valeurs extrêmes de δ de -0,25 et +0,25 ont été retenues car elles permettaient d'encadrer les prix extrêmes des matières premières des dernières années.

1.4.2. Réponse au coût de l'énergie

Comme pour le coût de la protéine, une transformation a été appliquée aux prix des matières premières (P_{MP_i}) utilisées de façon à faire varier le coût relatif de l'énergie dans les matières premières selon leur teneur en énergie digestible (ED_n) et une constante (δ). Les nouveaux prix ont été calculés en utilisant la relation $P_{MP_i} = P_{MP_i} + \delta * ED_n$. Une plage de variation de δ allant de -10 à +10 a été choisie de façon à encadrer les prix de marché constatés au cours des dernières années.

1.4.3. Réponse au prix des carcasses

Conformément à ce qui a été observé pendant l'année 1995, le prix des carcasses de porcs a été modifié entre 1,2 et 1,8 \$/kg, ce qui correspond à la moyenne plus ou moins deux fois l'écart type.

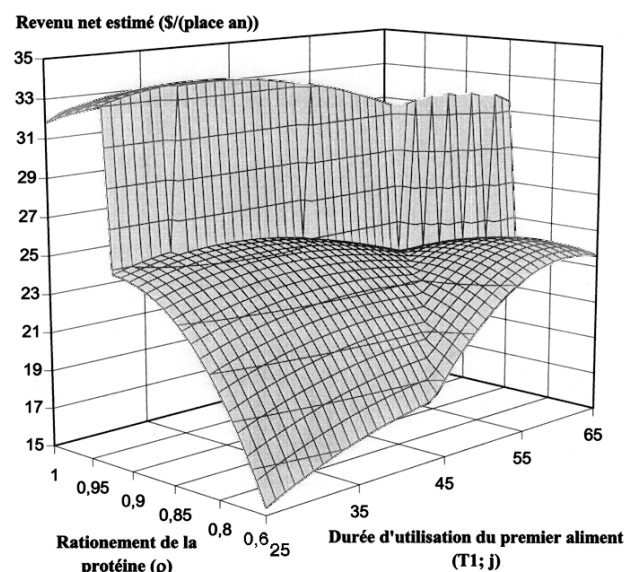
2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Réponses du modèle de simulation

La figure 1 présente la surface de réponse aux variations des paramètres T_1 et ρ . On observe que la surface est globalement concave. Toutefois, on observe que deux maxima sont présents. Ces deux maxima s'expliquent par l'interaction entre la durée d'utilisation du premier aliment et le facteur de rationnement. En effet l'augmentation de ces facteurs permet de faire augmenter la rétention moyenne en maigre des porcs, et ainsi leurs GMQ. Cependant l'interaction entre ces facteurs conduit à une moindre augmentation du gain de protéine s'il s'accroissent en même temps.

Sur la figure 1, une discontinuité est observée en raison du changement de la valorisation des carcasses des porcs. En effet, l'augmentation du niveau de protéine de la ration est suivie d'un accroissement de la rétention moyenne de protéine cause une augmentation de la teneur en maigre des carcasses. De plus, l'utilisation d'un modèle déterministe rend cette propriété de la grille de paiement particulièrement importante. Dans la réalité, la variabilité naturelle entre les animaux rendrait le changement de classe plus progressif.

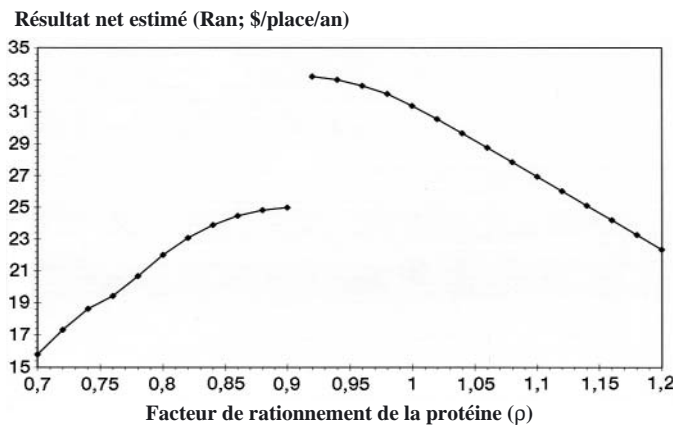
Figure 1 - Effet de la durée d'utilisation du premier aliment (T_1) et du facteur de rationnement de la protéine (ρ) sur le revenu économique estimé (R_{an}) (zone sub-optimale)



La figure 2 montre l'effet du rationnement de la protéine lorsque la durée d'utilisation du premier aliment est fixée à 45 j. On observe que l'augmentation de l'apport en protéine équilibrée provoque dans un premier temps (ρ de 0,7 à 0,9) une augmentation du revenu, puis dans un deuxième temps (ρ de 0,9 à 1,1) une diminution. L'augmentation initiale du

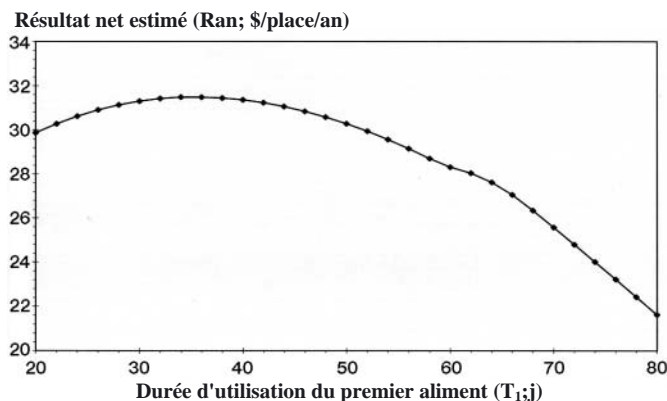
revenu net estimé (de 16 à 25 \$/place/an) s'explique par l'augmentation de la rétention protéique (de 111 à 124 g/j) due à une augmentation de la quantité de protéine équilibrée disponible pour le métabolisme. Cette augmentation de la rétention permet également d'améliorer le classement des carcasses grâce à l'augmentation du taux de muscle (de 58,6 à 59,9 %). Par contre, la diminution du revenu (de 33 à 22 \$/place/an) qui a lieu par la suite est liée à l'accroissement du coût alimentaire (de 70,38 à 73,43 \$/porc) et à l'augmentation de la durée d'engraissement (de 100,2 à 101,2 j) découlant d'une diminution de la teneur en énergie nette de l'aliment.

Figure 2 - Effet du facteur de rationnement de la protéine (ρ) sur le revenu économique estimé (Ran) lorsque la durée d'utilisation du premier aliment est fixée à 45 j



La figure 3 présente les revenus nets calculés lorsque la durée d'utilisation du premier aliment varie et que le facteur de restriction de la protéine est fixé à 0,92. On observe dans un premier temps que le revenu net augmente lorsque la durée de la première période (T_1) augmente de 20 à 35 j. Ceci s'explique par la diminution du coût de l'alimentation (de 71,01 à 70,44 \$/porc). Cette diminution est liée à la diminution du prix du second aliment (de 2003,08 à 197,03 \$/T). Dans la seconde partie, le revenu net diminue en raison de l'utilisation prolongée du premier aliment plus coûteux. Pour une durée d'utilisation du premier aliment entre 60 et 65, le revenu net décroît un peu moins en raison du fait qu'une croissance importante peut être obtenue avec l'utilisation d'aliments riches en protéine. Dans ce modèle

Figure 3 - Effet de la durée d'utilisation du premier aliment (T_1) sur le revenu économique estimé (Ran) lorsque le facteur de rationnement de la protéine (ρ) est fixé à 0,92



elle peut donc être obtenue soit en utilisant tôt un deuxième aliment riche en protéine (premier maximum) ou en utilisant longtemps le premier aliment avec un deuxième aliment moins riche en protéine (second maximum).

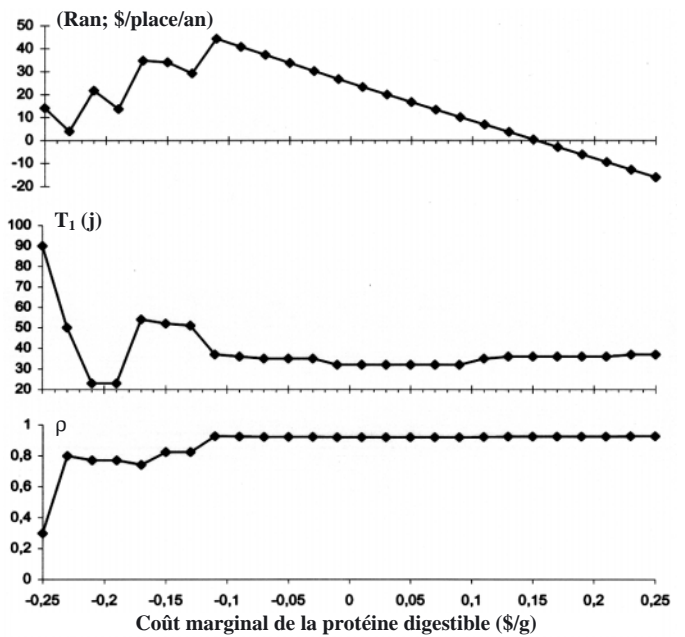
Une amélioration de la teneur de muscle est observée ce qui amène un changement de classe de paiement. Dans la fin de cette partie, la courbe décroît de façon linéaire. En effet le niveau de protéine équilibré nécessaire dans l'aliment est devenu tellement faible que l'aliment ayant le moins cher contenant 14 MJ d'ED/kg a déjà ce niveau de protéine.

2.2. Courbes de réponse de l'optimisation aux facteurs économiques

2.2.1. Coût de la protéine

Lorsque le prix de la protéine augmente, on observe dans un premier temps (de -0,25 à -0,1) une augmentation du revenu due à une diminution de la teneur en protéine des aliments et à une augmentation de la teneur en énergie nette (figure 4). Ensuite (de -0,1 à +0,25) une baisse du revenu est observée en raison de l'augmentation du prix des aliments et du maintien des quantités consommées.

Figure 4 - Effet du coût marginal de la protéine sur le revenu annuel par place (Ran), la durée d'utilisation du premier aliment (T_1) et le facteur de rationnement de la protéine (ρ)



2.2.2. Coût de l'énergie

Comme c'est illustré dans la figure 5, le coût marginal de l'énergie n'a pas d'effet sur le programme alimentaire, et seul le revenu net est affecté. Cette réponse aux modifications du coût marginal de l'énergie des matières premières s'explique par le fait que le niveau d'énergie des aliments est fixé par l'utilisateur. Probablement que des modifications auraient été apportées au programme alimentaire pour atténuer l'effet de cette hausse du prix des matières premières si le système d'optimisation avait eu la possibilité de modifier le niveau d'énergie.

Figure 5 - Effet du coût marginal de l'énergie digestible sur le revenu annuel par place (Ran), la durée d'utilisation du premier aliment (T_1) et le facteur de rationnement de la protéine (ρ)

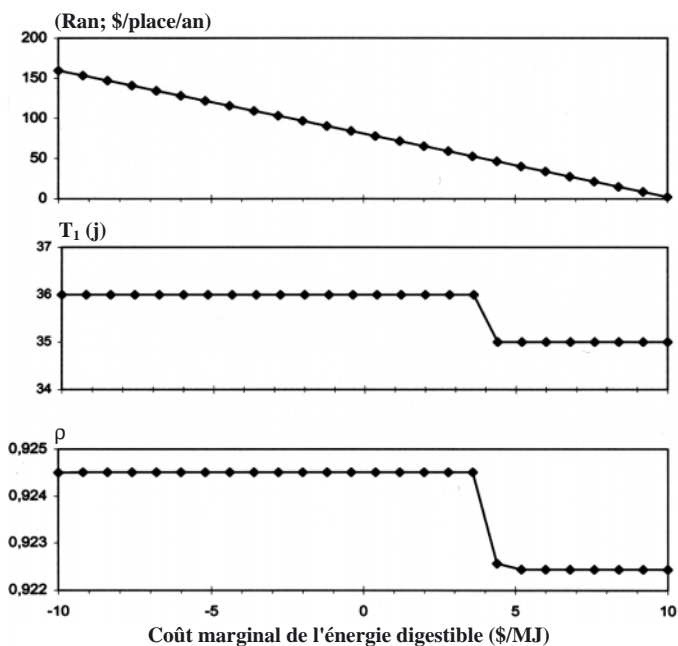
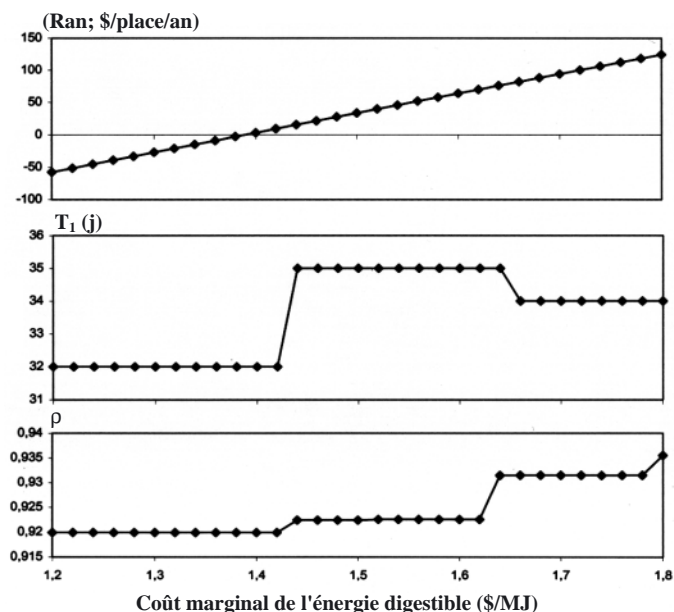


Figure 6 - Effet du prix de référence des carcasses (Pref) sur le revenu annuel par place (Ran), la durée d'utilisation du premier aliment (T_1) et le facteur de rationnement de la protéine (ρ)



2.2.3. Prix de paiement des carcasses

Le prix de référence pour la vente des carcasses n'a que peu d'effet sur le programme alimentaire. Toutefois, il provoque une variation importante du revenu net (figure 6).

En effet, la vente des carcasses est le seul revenu de l'engraissement porcin, pour cette raison les variations de ce revenu ont une grande importance pour le profit. Lorsque le prix est très élevé, la teneur en protéine équilibrée augmente légèrement. Cette augmentation permet d'accélérer légèrement (< 1 j) la rotation des porcs dans l'élevage.

CONCLUSION

Les résultats de ce travail sont en accord avec ceux de De LANGE et SCHREUR (1995) et de MOUGHAN et al. (1995) qui montraient que la maximisation des critères techniques ne permet pas de maximiser le revenu net de l'élevage de porcs. En effet, la teneur en protéine équilibrée des aliments ne dépasse jamais 94 % des besoins des animaux et cette

valeur élevée est en partie liée à la présence de discontinuités dans la grille de classement des carcasses. Toutefois, une bonne connaissance des caractéristiques des animaux est nécessaire pour déterminer les aliments les plus adaptés pour obtenir la meilleure rentabilité économique de leur engraissement. Enfin, le prix des porcs a peu d'effet sur les programmes alimentaires tandis que l'effet du prix des matières premières est très limité sauf dans les cas où la protéine est très peu chère. En revanche, la présence de classes dans les grilles de paiement provoque de fortes discontinuités dans les courbes de réponse (variation de plus de 5 \$/place/an) pouvant affecter grandement le programme alimentaire permettant d'obtenir la meilleure rentabilité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient F. DUBEAU de l'Université de Sherbrooke pour les conseils qu'il a apporté pour la réalisation de ce travail. Les auteurs remercient également Breton Agri-Management pour avoir gracieusement fourni certaines données nécessaires à la réalisation de ce travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASRA (Assurance Stabilisation des Revenus Agricoles), 1996. Porcs à l'engraissement - coût de production indexé. Service de l'économie de la production (3/10/1996).
- CHICAGO BOARD OF TRADE, 1997. Mid-America Commodity Exchange.
- BENCHAKROUN H., DUBEAU F., DUSSAULT J.P., JEAN DIT BAILLEUL P., POMAR C., 1996. Revision of the traditional diet formulation model. Rapport du DMI no 84, Université de Sherbrooke (Qc, Canada), Juin 1996
- BLACK J.L., 1995. In : Modelling the growth in the pigs. Ed Moughan P.J., Verstegen M.W.A. & Visser-Reyneveld M.I. EAAP Publications No 78, Wageningen Pers, pp 23-32.
- DE LANGE C.F.M., SCHREURS H.W.E., 1995. In : Modelling the growth in the pigs. Ed Moughan P.J., Verstegen M.W.A. & Visser-Reyneveld M.I., EAAP Publications No 78, Wageningen Pers, pp 187-208.
- GALE S., 1997. Personal communications.
- I.N.R.A., 1989. L'alimentation des monogastriques : porc, lapin, volailles. INRA éd. Paris, 282p.

- JEAN DIT BAILLEUL P., 1997. Modélisation et optimisation du revenu économique net de l'engraissement porcin. Thèse de Maître ès Sciences (M.Sc.), Université Laval, Québec, Qc, Canada.
- MOUGHAN P.J., KERR R.T., SMITH W.C., 1995. In : Modelling the growth in the pigs. Ed Moughan P.J., Verstegen M.W.A. & Visser-Reyneveld M.I., EAAP Publications No 78, Wageningen Pers, pp 209-222
- POMAR C., HARRIS D.L., MINVIELLE F., 1991. J. Anim. Sci. 69, 1468-1488.
- POOLE L., BORCHER M., 1979. Some common BASIC programs. Ed Berkley: Osborne / McGraw-Hill, 195 p.
- PORC QUÉBEC, 1997. Statistiques, 8(1), 100-101
- RESEARCH & EDUCATION ASSOCIATION, 1983. The operations research problem solver. Ed New York : The association. 1076 p.
- WHITTEMORE C.T. 1983. Syst. 11, 159-186