

Apport de la modélisation économique à l'analyse prospective et l'aide au pilotage des systèmes d'élevage laitiers à la Réunion

K. LOUHICHI (1), G. FERTIL (2), V. ALARY (1), J. PH. CHOISIS (3), J. LEPETIT (2)

(1) CIRAD-EMVT, Pôle Elevage, Cirad Réunion, 7 chemin de l'IRAT, Ligne Paradis, 97410 Saint Pierre - La Réunion

(2) Société d'Intérêt Collectif Agricole en Lait (Sicalait), PK 27 Bourg Murat, 97418 Plaine des cafres - La Réunion

(3) INRA-SAD, Pôle Elevage Cirad Réunion, 7 chemin de l'IRAT, Ligne Paradis, 97410 Saint Pierre - La Réunion

RESUME - Dans quelles conditions une exploitation laitière peut être viable ? Quels sont les choix techniques qui peuvent être faits ? Comment accroître la productivité, assurer la viabilité et la compétitivité future des exploitations, tout en respectant l'environnement, face à des réformes probables du système d'aide et une évolution des prix ? Quels sont les degrés de flexibilité et les marges de manœuvres des systèmes de production existants ? Autant de questions que se posent, aujourd'hui, les professionnels et les décideurs de l'élevage laitier à la Réunion.

Pour apporter des éléments de réponse à ces interrogations, nous avons entrepris de mettre au point un outil d'aide à la conception et à la décision stratégique pour les acteurs de la filière. Cet outil qui fait appel à la programmation mathématique et à ses concepts de frontières de possibilité de production en milieu contraignant a pour but d'accompagner les agriculteurs, les conseillers et les décideurs dans leurs réflexions sur la conduite future des exploitations agricoles dans un environnement incertain. Appliqué à 6 exploitations types, cet outil, de type *multipériodique récursif*, nous a permis d'identifier et d'expliquer les déterminants de l'équilibre des productions sur les exploitations, ainsi que de simuler l'évolution de cet équilibre suite à des scénarios de réforme des politiques agricoles et de changements techniques.

Contribution of economic modelling to the prospective analysis and the management support of dairy farming systems at the Reunion Island

K. LOUHICHI (1), G. FERTIL (2), V. ALARY (1), J.PH. CHOISIS (3), J. LEPETIT (2)

(1) CIRAD-EMVT, Pôle Elevage, Cirad Réunion, 7 chemin de l'IRAT, Ligne Paradis, 97410 Saint Pierre - La Réunion

SUMMARY - Under which conditions a dairy farm can be viable ? Which are the technical choices that could be made? How to increase productivity, to ensure viability and future competitiveness of farms, while respecting the environment, under probably agricultural policies reform and modifications in the price structure? Which are the degrees of flexibility of the existing farming systems? As much questions as asked, today, by the professionals and the decision makers at the Reunion.

To bring some answers to these interrogations, we undertook to develop a conception and decision-making tool. This tool, which is based on an mathematical programming model and its concepts of production borders in an environment with heavy constraints, has for purpose to accompany farmers, advisers and decision makers in their considerations on the future control of farms in a dubious environment. Applied to 6 standard farms, this *multiperiod recursive approach* allows us to identify and explain the determinants of the farming systems, and to simulate the evolution of these systems under agricultural policies reform and technical changes.

1. L'ÉLEVAGE BOVIN LAITIER : UN SECTEUR ÉVOLUTIF ET INCERTAIN

L'élevage bovin laitier à la Réunion, sous sa forme actuelle, est une activité récente. C'est, en effet, au début des années 70 qu'émergent publiquement les préoccupations relatives aux filières bovines dans un but d'aménagement du territoire. Abondée par des fonds régionaux, mais également européens, une politique de développement a été ainsi mise en place à partir de 1972 dont les principales actions sont la réforme foncière sur les Hauts de l'île, l'installation et le développement d'ateliers spécialisés, la création et le renforcement de structures d'appui technique, la garantie de prix «raisonnables et encourageants», etc. Cette politique, dont l'ambition primordiale est le maintien d'une activité dans les Hauts à travers l'augmentation du cheptel bovin laitier et l'amélioration constante de la productivité, est perçue aujourd'hui, dans le monde agricole, comme une grande réussite même si la majeure partie de la consommation reste couverte par les importations. Elle a permis, sur une période relativement courte, une augmentation remarquable du troupeau laitier qui, à ce jour, atteint un effectif de près de 4140 têtes, réparties dans 148 exploitations, et à une amélioration sans cesse croissante de la production laitière qui atteint, en 2001, près de 21,4 millions de litres (Sicalait, 2001).

Les soutiens spécifiques qui ont été accordés à ce secteur ne sont toutefois pas acquis définitivement. Les éleveurs devront à moyen terme répondre à des injonctions contradictoires provenant des bailleurs de fonds (Europe, Etat et Région), mais également de la société, même si la Réunion bénéficie encore, pour un certain temps, de clauses dérogatoires liées à sa situation géographique ultra-périphérique. Ces injonctions visent essentiellement une plus grande «autonomie» financière des exploitations, une amélioration de l'auto-provisionnement de l'île, dont le marché est très déficitaire et en expansion soutenue (la production ne couvre que 20 % de la consommation locale en produits laitiers), et une participation accrue à la création d'emploi agricole et à la protection de l'environnement et des ressources naturelles. A ces injonctions s'ajoute le problème du foncier qui est devenu un objet de conflit permanent entre l'urbanisation, le tourisme et l'agriculture.

Cette conjonction d'événements induit, chez les professionnels de l'élevage laitier, une grande inquiétude sur l'avenir de leur filière : comment accroître la productivité, assurer la viabilité et la compétitivité future des exploitations, tout en respectant l'environnement face à des réformes probables du système d'aide et une évolution des prix ? Quel sont les degrés de flexibilité (1) et les marges de manœuvre des systèmes de productions existants ?

Le présent travail s'inscrit dans cette problématique. L'idée est, en s'appuyant sur une approche pluridisciplinaire et une vision globale de l'exploitation, d'apporter des éléments de réponse à ces interrogations par la mise au point d'un outil de suivi et d'aide à la conception. Les objectifs sont 1) de comprendre la façon dont les éleveurs font leurs choix, le type de critères et de langage qu'ils utilisent et surtout les modèles de gestion et d'action pratiqués ; 2) d'identifier les déterminants-clés, le degré de flexibilité et la capacité d'adaptation des systèmes de production existants ; 3) d'anticiper les transformations des systèmes productifs et des modes de gestion dans leurs différentes composantes (technique, économique, organisationnelle, sociale ...) face à des changements probables d'environnement ; 4) de conduire à une appropriation et un usage de l'outil par ses utilisateurs futurs (chercheurs, techniciens ...).

2. OPTION METHODOLOGIQUE : LA PROGRAMMATION MATHÉMATIQUE

2.1. APPORTS ET SPÉCIFICITÉS

L'approche employée fait appel à la programmation mathématique et à ses concepts de frontières de possibilité de production en milieu contraignant. L'hypothèse de base des modèles

de programmation stipule que la rationalité d'un individu consiste à maximiser une fonction d'utilité sous contraintes. Cette hypothèse a fortement contribué au développement de cette approche en tant qu'outil d'analyse et d'aide à la décision car elle correspond parfaitement à celles de la microéconomie classique : rationalité et caractère optimisateur de l'agent (Bortzmeier, 1992 cité par Veysset *et al.*, 2000).

Si cette approche est relativement ancienne dans la littérature d'économie agricole, son réel succès n'est apparu que depuis une dizaine d'années avec le développement et la facilité d'accès à l'outil informatique. Ce développement a permis la complexification des modèles par la prise en compte d'un grand nombre de contraintes et donc d'approcher le plus possible la complexité du monde réel (2).

Bien que, généralement, la programmation mathématique ait été utilisée par les économistes en tant qu'outil de décision purement normatif (*voilà ce qu'il faut faire*) nous nous orientons dans le présent travail vers une utilisation **positive - descriptive**. Il ne s'agit donc pas de viser un *optimum inaccessible*, mais de reproduire la situation réelle, en incorporant tous les outils analytiques, et de comprendre les systèmes étudiés pour anticiper les adaptations futures face à des changements extérieurs. Notre modélisation emprunte toujours aux fondements de la théorie économique, mais en la soumettant à une ouverture pluridisciplinaire et en refusant systématiquement les approches trop normatives.

Le modèle de programmation choisi est linéaire, tant dans la fonction objectif que dans les contraintes (techniques, économiques, de risque ...). Par ailleurs, notre analyse intègre l'effet à long terme de divers déterminants économiques (les systèmes d'aides et des prix, les changements technologiques...) sur le comportement des éleveurs laitiers et sur leurs choix stratégiques et d'investissement (sur la gestion des ressources, la conduite et l'évolution démographique du troupeau, etc.). Pour cela, nous proposons un modèle dynamique de type **multipériodique récursif**. La dimension multipériodique signifie qu'on part d'une situation initiale et on choisit des plans de production pour les années à venir en tenant compte de toute l'information disponible sur le futur, à savoir les anticipations sur les prix et sur les rendements techniques. La dimension récursive implique que les résultats d'une année sont influencés par ceux des années précédentes.

Mathématiquement, le modèle se présente comme suit :

$$\text{Max } F = \sum_{t=t_0}^T \frac{C_t X_t - \phi \lambda_t}{(1 + \tau)^t} \quad \text{Avec : } A X_t \leq B_t ; B_t = b X_{t-1} ; X_t \geq 0$$

Où F : la fonction objectif à maximiser, C_t le vecteur de revenu espéré tiré des activités productives à l'instant t , X_t le vecteur des activités, Φ le coefficient d'aversion au risque selon la méthode Target MOTAD (Tauer, 1983), λ_t la somme des écarts négatifs par rapport à un revenu seuil, T l'horizon de planification, τ le taux d'actualisation, A la matrice des coefficients techniques et B_t la matrice des disponibilités en ressources qui dépendra des décisions prises à l'année $(t-1)$.

2.2. CONSTRUCTION DES MODÈLES

L'application de cette approche a d'abord nécessité la réalisation d'une typologie qui recouvre la diversité des systèmes d'élevage (Alary *et al.*, 2001) puis, la modélisation de chacun des six types d'exploitations identifiés afin de représenter les systèmes de production actuels et d'anticiper leurs tendances d'évolutions.

La modélisation de ces exploitations types n'a pu être réalisée que par une forte mobilisation d'informations sur chaque

(1) "Le terme flexibilité signifie la capacité d'adaptation, l'attitude à s'accommoder facilement aux circonstances et donc le moyen de faire face à l'incertitude. Elle traduit l'aptitude de l'entreprise à répondre à des conditions nouvelles, à développer une capacité d'apprentissage en utilisant l'information additionnelle" (Reix, 1997).

(2) Cette approche est désormais très développée. On pourra se référer aux travaux de Boussard, Deybe, Boussemart, Flichman, Zebus, Elouhichi, etc.

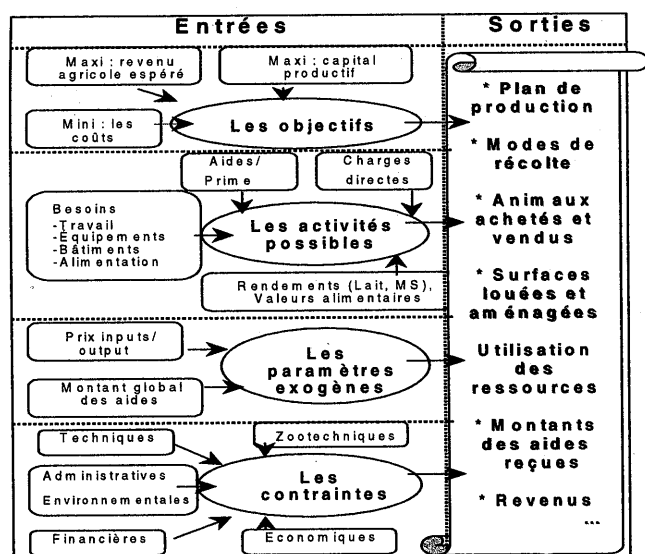
groupe et une hiérarchisation des déterminants qui affectent les choix des producteurs. Parmi ceux-ci on peut citer :

1) les objectifs de l'agriculteur : leur identification et leur hiérarchisation permettent de distinguer un objectif principal (stratégie de production) et des objectifs secondaires, ces derniers étant modélisés sous forme de contraintes (figure 1). L'objectif principal correspond à la maximisation d'une fonction d'utilité espérée, définie comme une combinaison linéaire du risque et du revenu disponible après remboursement des annuités. A partir des anticipations sur les prix, les aides futures et les moyens de production disponibles, on suppose que l'agriculteur conduit son système fourrager et ses animaux sur une saison donnée dans l'objectif de maximiser cette fonction sur l'horizon de planification choisi qui est de cinq ans. Le choix de cette durée se fonde sur la durée de vie productive moyenne d'une vache laitière ;

2) les activités qui s'offrent à l'agriculteur : cela consiste à spécifier "un univers des activités productives possibles" à partir duquel l'agriculteur élabore la combinaison spécifique de son exploitation. Cet univers se présente sous la forme d'une matrice technico-économique intégrant (i) les besoins en ressources, intrants, main-d'œuvre, capital ... de chaque activité, (ii) les impacts de chaque activité au niveau de la production (rendements, valeurs alimentaires, etc.) en fonction de diverses pratiques de gestion (modalités d'affouragement, potentiel génétique ...). Cette matrice est construite sur la base de normes régionales établies par les techniciens des organismes spécialisés, ainsi que de données issues des fiches technico-économiques des différentes spéculations pratiquées sur les exploitations enquêtées ;

3) enfin, les contraintes techniques, économiques, agro-climatiques, financières, administratives et de risque selon les itinéraires techniques. Outre les objectifs secondaires (minimisation des coûts, des dettes, etc.) le modèle intègre à titre de contrainte deux grands types de facteurs : les ressources dont dispose l'agriculteur (main d'œuvre, foncier, capital, alimentation...) et les besoins propres aux différentes activités.

Figure 1
Entrées et sorties du modèle économique



2.3. VALIDATION DES MODÈLES

La résolution du modèle économique va permettre d'obtenir, pour chaque exploitation type, les plans de production, les modes de récolte, le nombre d'animaux achetés et vendus, l'utilisation des ressources, la valeur des revenus dans le temps, etc. Cependant, avant son utilisation, il faut s'assurer que le modèle reproduise bien la réalité : c'est la phase de calibrage et de validation. Le calibrage consiste à trouver les bons paramètres des exploitations types et à vérifier la cohérence interne des modèles : les relations algébriques qui les consti-

tuent correspondent-elles à ce qu'on sait du phénomène étudié ? (Boussard, 1987). La validation réside dans la comparaison des résultats émanant des modèles à ceux réellement obtenus. Elle est basée sur le choix du coefficient d'aversion au risque Φ qui est fixé en fonction de la ressemblance de la solution de base avec la réalité (Hazell et Norton 1986). Le nombre important de variables et leurs interdépendances rend impossible la réalisation de tests statistiques systématiques, d'où l'idée de sélectionner, avec les techniciens, des indicateurs et une année de base (2000) sur lesquelles repose notre validation. On obtient ainsi des modèles qui représentent assez fidèlement la réalité (tableau 1). Pour simplifier la lecture, nous ne présenterons que 3 des 6 types d'exploitations issus de la typologie. L'écart résiduel entre réel (comptes de gestion) et simulé s'explique par l'application de méthodes de valorisation de stock et de calcul d'amortissement légèrement différentes.

Tableau 1
Comparaison des résultats réels et simulés (année 2000)

Indicateurs	Ex2		Ex4		Ex6	
	Réel	Simulé	Réel	Simulé	Réel	Simulé
Surface fourragère	24	24	3	3	22	22
Nombre de vaches	58	57	20	20	25	25
Production laitière	332219	322259	128637	129349	122288	122402
Aides lait reçues*	43546	42062	16046	16132	15100	15219
Revenu disponible	39787	44090	13807	15068	14930	15941

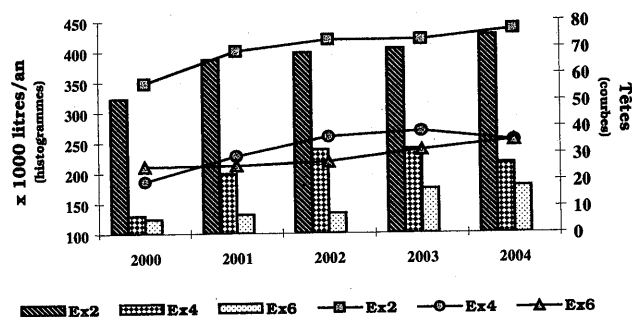
* Ce sont les aides européennes reçues dans le cadre du Programme d'Options Spécifiques à l'Eloignement et à l'Insularité des DOM.

3. SIMULATIONS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS DES MODÈLES DE BASES

La simulation débute par la recherche et l'analyse des trajectoires d'évolution des exploitations types au cours de l'horizon de planification choisi (2000-2004).

Figure 2
Evolution de l'effectif moyen des vaches et de la production laitière annuelle



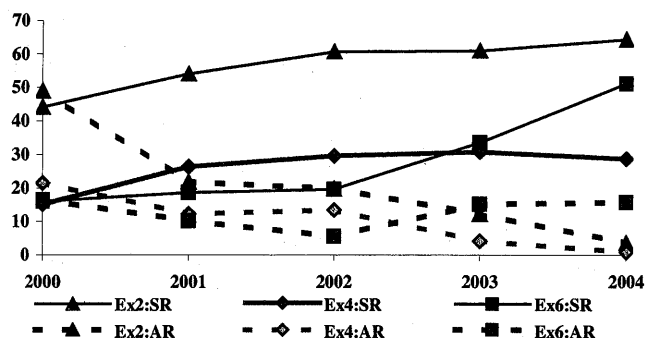
Les modèles calculent de façon dynamique de nombreux indicateurs techniques, structurels et économiques utiles à la compréhension de ces systèmes de production. Nous donnons ici quelques-uns des résultats les plus marquants qui ressortent de leur analyse. Les modèles prévoient, par exemple, une augmentation de l'effectif moyen de vaches et de la production laitière dans toutes les exploitations types (figure 2). Elle est expliquée par la mise en place des nouveaux plans de développement laitier ⁽³⁾ (PDL) ainsi que par l'aide au prix (8,45 /100 kg de lait) et l'aide forfaitaire obtenues dans le cadre du POSEIDOM. En 5 ans, les exploitations de moins de 30 vaches se rapprochaient de la taille objective de 40 vaches définie par la Sicalait. Ceci s'accompagnerait aussi d'une augmentation du revenu disponible dans pratiquement toutes les exploitations (figure 3 : sans réforme).

Les modèles calculent aussi les coûts de substitution des activités productives ainsi que les coûts d'opportunité ou les pro-

(3) Le PDL est une aide à l'augmentation du cheptel laitier d'un montant de 1485 € par vache laitière présente sur l'exploitation ayant vêlé dans l'année, venant en accroissement net du troupeau, jusqu'à 40 vaches.

ductivités marginales des facteurs. Ceci est utile pour déterminer, par zone, les activités les moins productives et les ressources les plus contraignantes. Le bilan azoté est un autre indicateur, environnemental, fourni par les modèles, qui pourrait être mobilisé dans le cadre de l'élaboration des cahiers des charges des Contrats Territoriaux d'Exploitation. Ces aspects ne sont pas, néanmoins, développés dans ce texte.

Figure 3
Evolution du revenu disponible avec (AR)
et sans réformes des aides (SR) (Ex2, Ex4, Ex6)



3.2. EXEMPLE DE SIMULATION

Si les 3 exploitations types ont pour point commun la spécialisation laitière, leur structure technico-financière présente des différences très sensibles qui pourrait induire des tendances d'évolution et des stratégies d'adaptation spécifiques en cas de chocs exogènes. Ainsi, à titre d'exemple, une réforme des aides européennes (suppression de l'aide aux prix) conduirait à des chutes de la production laitière et de revenus dans toutes les exploitations avec plus au moins d'acuité selon leur degré de flexibilité (figure 3). Les plus touchées seraient les grandes exploitations (ex2) qui ont un taux d'endettement élevé et qui assurent le renouvellement d'une partie de leur troupeau ainsi que les exploitations à charges alimentaires et financières élevées (ex4). En terme d'effectif animal, cette réforme s'accompagnerait par des choix stratégiques et tactiques spécifiques : réduction du nombre de têtes et de l'intensification fourragère⁽⁴⁾ dans les grandes exploitations (ex2) ainsi que dans celles sur pâturage à faible productivité (ex6), mais une légère augmentation dans les exploitations hors sol affaiblies par des charges alimentaires et financières trop élevées (ex4).

⁽⁴⁾ C'est surtout la réduction du nombre de fauches/ pâture par hectare et par saison, ce qui implique une réduction du niveau des intrants à l'hectare.

Bien que ces résultats nous semblent significatifs de grandes tendances d'évolution, ils doivent être interprétés avec prudence par un examen précis des choix effectués par les modèles.

CONCLUSION

Le cadre évolutif des systèmes de production et d'aides à la Réunion nous a donné l'occasion de montrer l'intérêt d'une approche globale et dynamique de l'exploitation. En reflétant les comportements des éleveurs et en calculant un grand nombre d'indicateurs, les modèles nous facilitent, en effet, la compréhension et l'anticipation de l'évolution de ces systèmes de production. Ces modèles, qui sont actuellement fonctionnels, sont en cours d'appropriation par les techniciens pour les accompagner dans leurs réflexions sur les orientations stratégiques à prendre pour les exploitations et la filière. Par ailleurs, afin de porter un regard sur l'évolution globale du secteur laitier ainsi que sur l'allocation des ressources et la répartition des aides entre les exploitations, nous envisageons de construire un modèle agrégé régional. Ce modèle reposera sur certaines hypothèses, à savoir : sa fonction objectif est la somme pondérée de celles des modèles individuels, les prix sont toujours définis d'une manière exogène, il n'existe pas d'interaction explicite à l'intérieur du secteur animal et encore moins entre celui-ci et le reste de l'agriculture. Pour calibrer les paramètres du modèle agrégé, nous appliquerons la méthode de programmation mathématique positive (Howitt, 1995a).

Remerciements à la Sicalait (président, directeur, techniciens...), aux membres de l'équipe du Cirad-élevage et aux éleveurs enquêtés sans la collaboration enthousiaste et intelligente desquels la recherche ne serait pas possible.

Alary V., Messad S., Tillard E., 2001. Renc. Rech. Ruminants, 8, 251-255.

Boussard J.M., 1987. Economie de l'agriculture. Paris : Economica, 320 p.

Flichman G., Boussard J.M., Boussemart J.Ph., Jacquet F., Lefebvre H.B., 1997. Economie rurale, n°239, pp. 20-29.

Hazell P.B.R., Norton R.D., 1986. Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture, New York : Macmillan Publishing Co.

Howitt R.E., 1995a. American Journal of Agricultural Economics, n°77, pp. 329-342.

Reix R., 1997. Flexibilité (article 70). In Encyclopédie de Gestion. Edition Economica, Paris.

Sicalait, 2001. Rapport d'activité. 25 p.

Tauer L.W., 1983. American journal of Agricultural Economics, n°65, pp. 605-610.

Veysset P., Lherm M., Hautcols J.C., 2000. Renc. Rech. Ruminants, 325-328.