

Un outil d'aide à la décision dans le choix du système d'exploitation en élevage bovin allaitant

P. VEYSSET (1), M. LHERM (1), J.C. HAUTCOLAS (2), D. BEBIN (1)

(1) INRA, Laboratoire d'Economie de l'Elevage, Theix, 63122 Saint Genès-Champanelle

(2) INRA, Unité d'Economie et Sociologie Rurale de Grignon, 78850 Thiverval-Grignon

RÉSUMÉ - Le nombre de facteurs influençant les décisions des éleveurs de bovins allaitants devenant de plus en plus grand et leurs interactions de plus en plus complexes, il est aujourd'hui quasi-impossible d'émettre une opinion à priori sur l'orientation probable d'un système de production. La représentation des systèmes et des mécanismes de choix à l'aide d'un modèle d'optimisation économique permettra d'aider l'éleveur dans sa réflexion sur l'avenir. La programmation linéaire associée à la puissance et à la convivialité des outils informatiques actuels nous a permis de construire un modèle, utilisable en élevage, (Opt'Inra) de maximisation de la marge globale et donc d'optimisation du système de production sous un grand nombre de contraintes aussi bien internes qu'externes à l'exploitation. Opt'Inra, comprenant actuellement 275 activités liées et limitées par 217 contraintes, représente au mieux la diversité des exploitations charolaises du Nord Massif Central et est utilisé actuellement par la Chambre d'Agriculture de la Creuse pour le conseil en gestion et l'aide à la décision des éleveurs.

A decision support tool for the choice of farming system in the suckler herd

P. VEYSSET (1), M. LHERM (1), J.C. HAUTCOLAS (2), D. BEBIN (1)

(1) INRA, Laboratoire d'Economie de l'Elevage, Theix, 63122 Saint Genès-Champanelle

SUMMARY - The number of factors influencing the decisions of the suckler farmers becomes bigger and bigger and more and more complex. So today, predicting the probable way that will be taken by a beef farm is almost impossible. The systems and mechanisms of choices representation by an economic optimisation model will help the farmer in his thought about the future. The linear programming associated with the power and conviviality of modern computer equipments have allowed us to build a model (Opt'Inra) of gross margin, and so of farming system, optimization influenced by a lot of constraints. Opt'Inra including 275 activities linked and limited by 217 constraints shows as well as one can the diversity of charolais farms in north Massif Central. It's used now by the «Chambre d'Agriculture» in Creuse for the management advice and the decision aid to farmers.

INTRODUCTION

Une exploitation d'élevage est un ensemble complexe où l'éleveur met en œuvre des moyens de production (terre, capital, travail) et des techniques dans un système de production en vue de satisfaire un projet global (revenu, conditions de vie...) compte tenu des informations dont il dispose et de l'évolution de l'environnement économique, social, juridique et politique. Une des caractéristiques majeures de l'élevage bovin allaitant est la diversité des systèmes de production : utilisation du sol, niveau d'intensification, type d'animaux produits, bien qu'aucun système ne puisse être identifié comme plus rentable qu'un autre (Veyssset *et al*, 1999). Les facteurs influençant les choix du système de production sont très nombreux (Liénard et Lherm, 1986) et tous en interaction et interdépendants les uns des autres. Le meilleur choix, ou la bonne adaptation, sera celui qui met en cohérence le système de production avec les conditions de l'exploitation compte tenu des contraintes extérieures.

Les différents intervenants pour le conseil en exploitations d'élevage bovin allaitant utilisent aujourd'hui des simulateurs ou outils de prévision établis à dire d'experts. Ces outils permettent de rechercher la cohérence technico-économique d'un système à partir d'une exploitation type, mais ne permettent pas la recherche d'un optimum économique compatible avec les contraintes propres à l'exploitation (Colson *et al*, 1997).

Le but de notre travail est de construire un modèle permettant de déterminer le système de production optimal, c'est à dire celui qui maximise la marge brute compte tenu des différentes contraintes aussi bien internes à l'exploitation qu'externes. De plus ce modèle d'aide à la décision devra être facilement utilisable sur le terrain par les ingénieurs de développement afin d'aider les éleveurs dans leurs réflexions sur l'avenir face à un environnement changeant, notamment politique (règles de la Politique Agricole Commune).

Nous avons construit ce modèle (Opt'Inra) par programmation linéaire, fonctionnant sous Excel, utilisable sur les micro-ordinateurs actuels classiques.

1. L'OUTIL : LA PROGRAMMATION LINEAIRE (PL)

1.1. PRINCIPES DE LA PL

La PL est une technique mathématique permettant la représentation du fonctionnement des exploitations en réaction à un ensemble de contraintes. Elle est depuis longtemps utilisée comme outil d'analyse des exploitations agricoles (Brossier *et al*, 1974) car ses hypothèses correspondent à celles de la micro-économie classique (Bortzmeyer, 1992) : rationalité et caractère optimisateur de l'agent (l'éleveur).

Le programme cherche la valeur extrême d'une combinaison linéaire d'activités possibles soumises à des contraintes qui limitent leurs dimensions et la nature de leurs combinaisons.

Les activités correspondent aux différentes productions et décisions possibles sur l'exploitation. Elles sont écrites sous forme de variables quantifiables, elles sont positives (ou nulles), additives et divisibles.

Les contraintes sont écrites sous forme d'équations ou d'inéquations linéaires (du 1^{er} degré) qui limitent les activités à des ressources disponibles. Pour ne pas diriger le modèle vers une solution prédéfinie, on écrira autant que possible les contraintes sous forme d'inégalités.

La fonction objectif (FO). Chaque variable (ou activité) est caractérisée par une contribution dans la FO. Cette contribution peut être positive (produit), négative (charge) ou nulle (variable de décision). La FO du modèle que nous cherchons à optimiser (maximiser dans notre cas) est une combinaison linéaire des variables.

1.1.1. Ecriture d'un programme linéaire

Soient :

X_j : niveau de la $j^{\text{ème}}$ activité $j=1$ à n

C_j : valeur de la fonction économique de la $j^{\text{ème}}$ activité

a_{ij} : besoin de la $j^{\text{ème}}$ activité en $i^{\text{ème}}$ ressource $i=1$ à m

R_i : disponibilité totale pour la $i^{\text{ème}}$ ressource

Z : fonction objectif à maximiser

Le problème s'écrit de la façon suivante sous forme matricielle :

Activités	X_1	...	X_j	...	X_n	≥ 0
Fonction Objectif	C_1	...	C_j	...	C_n	$Z = \sum C_j X_j$ Maximisé
Contraintes						$\sum a_{ij} X_j$
1	a_{11}	...	a_{1j}	...	a_{1n}	$\leq R_1$
...	...	...	...	...	...	...
i	a_{i1}	...	a_{ij}	...	a_{in}	$\leq R_i$
...	...	...	...	...	...	...
m	a_{m1}	...	a_{mj}	...	a_{mn}	$\leq R_m$

1.2. CONTRAINTES DE LA PL

Modèle monopériodique. On doit se situer dans le cas d'une exploitation en régime de croisière. Les décisions d'investissement engageant plusieurs années ainsi que les charges d'amortissement et/ou financières en découlant ne peuvent donc pas être prises en compte dans l'optimisation. Ceci n'est pas très gênant car ces charges sont en partie indépendantes du choix du système, en effet le capital /Ugh est le même quels que soient le système bovin et la longueur du cycle (Liénard *et al*, 1988). La fonction objectif à maximiser sera par conséquent une marge.

Manque de souplesse. A l'optimum le modèle peut retenir une activité et en rejeter une autre pour un écart minime. Toute solution doit être interprétée et les variantes doivent être systématiquement recherchées et mesurées.

Calibrage du modèle. La pertinence et l'écriture du modèle vont dépendre de sa finesse (nombre d'activités et précision des contraintes) et de la qualité des coefficients techniques. La confrontation du modèle à la réalité permet de tester sa validité ainsi que sa précision et sa fiabilité. Ce calibrage demande un incessant va-et-vient entre modèle et réalité. L'idéal est donc de disposer d'une base de données techniques et économiques concernant un grand nombre d'exploitations sur plusieurs années permettant de multiplier les tests.

1.3. LA PL ET EXCEL

L'utilisation d'un tableur facilite l'écriture d'un programme linéaire sous forme matricielle : les variables sont en colonnes et sont reliées par l'opérateur logique OU, les contraintes sont en lignes et sont reliées par l'opérateur ET.

Le «solveur» Premium Solver Plus développé par la société américaine Frontline System, Inc. fonctionne avec EXCEL 97 et permet de résoudre des problèmes linéaires de 2 000 variables avec un nombre illimité de contraintes. La puissance des micro-ordinateurs actuels permet un temps de résolution acceptable des problèmes : de l'ordre de la minute pour notre cas.

Ces avancées technologiques font que la PL peut aujourd'hui être utilisée comme outil individuel d'aide à la décision.

2 CONSTRUCTION DE OPT'INRA

La fonction objectif que Opt'Inra devra maximiser est la marge globale

$$\begin{aligned} \text{Marge Globale} &= \sum \text{Produits} - \sum \text{Charges aff.} - \text{Modulation} \\ \sum \text{Produits} &= \text{Ventes - Achats Animaux} \\ &+ \text{Ventes Végétaux} \\ &+ \text{Total Primes} \\ &+ \text{Recettes Diverses} \\ \sum \text{Charges aff.} &= \text{Charges du Troupeau} \\ &+ \text{Charges de la Surface Fourragère} \\ &+ \text{Charges des Cultures de Vente} \end{aligned}$$

La base de données issue du réseau d'observation du Laboratoire d'Economie de l'Elevage (90 exploitations spécialisées allaitantes charolaises du Nord Massif Central) nous a permis de justifier nos choix de construction (écriture et valeur des coefficients).

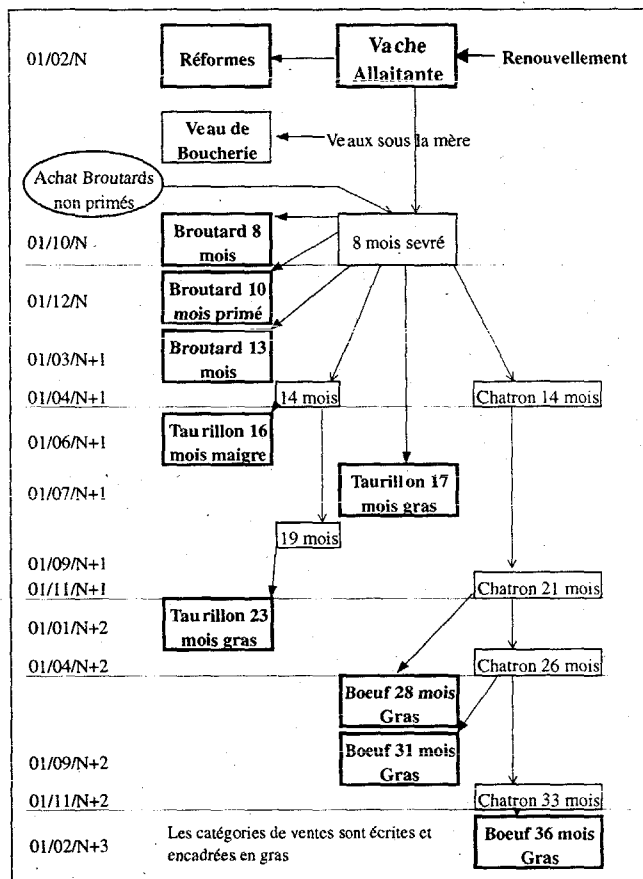
2.1. LES ACTIVITÉS

2.1.1. Les productions animales

Les activités animales partent toutes de la vache allaitante. Cette vache fait un veau, et c'est en fonction de la destination finale du veau que se déclinent toutes les activités animales. Les générations, les activités d'élevage, les activités de vente sont bien distinctes afin d'avoir une certaine souplesse dans le modèle.

La figure 1 présente les différentes activités de la branche mâles. Chaque mâle a un poids et donc un gain de poids durant chaque période qui nous permettront de déterminer les besoins alimentaires. Nous avons établi un schéma identique pour la branche femelles.

Figure 1
Production à partir des mâles



Notons que pour chaque animal pouvant bénéficier d'une prime PAC (PMTVA ou PSBM), l'éleveur a le choix de demander ou non la prime. Nous avons donc à chaque fois distingué l'animal primé du non primé, le modèle choisira.

2.1.2. Les cultures de vente

Les cultures de céréales, colza, tournesol, protéagineux et la jachère sont possibles.

Les céréales sont différenciées en 5 activités en fonction de leur statut PAC et de leur utilisation (vendues ou autoconsommées).

Les oléo et protéagineux sont vendus et différenciés en 2 activités selon leur statut PAC.

2.1.3. Les cultures fourragères

Le maïs ensilage est différencié en 3 activités selon son statut PAC. Nous avons retenu 9 activités prairies en fonction du type (temporaire ou naturelle) et du mode de récolte (foin, ensilage, enrubannage et pâture).

2.1.4. L'alimentation des animaux

Les besoins alimentaires sont couverts par des apports de fourrages (produits sur l'exploitation) et de concentrés (achetés ou

autoconsommés). Nous avons divisé l'année en 2 périodes en fonction du fourrage distribué : l'hivernage où les fourrages consommés sont conservés et le pâturage où le seul fourrage utilisé est l'herbe pâturée.

Chaque animal reçoit une ration sur la période considérée choisie parmi 2 à 4 possibilités. Pour chaque activité animale, nous avons donc créé 2 à 4 rations possibles sur la période hivernale en fonction du type de fourrage disponible, et une seule sur la période estivale. Au total nous avons 59 «activités rations» à base de fourrages conservés et 13 à base de pâture. Ces rations ont été calculées avec le logiciel INRAtion.

2.1.5. Les activités «administratives»

Vu l'importance et la complexité de l'attribution des primes PAC et agri-environnementales, nous avons dû créer plus de 80 activités incluant les primes elles-mêmes et toutes les variables de décisions en vue de l'attribution de ces primes (Ugb, chargement, proportion d'herbe, surface cultures etc.). Pour chaque prime le modèle a ainsi le choix de la demander ou non avec toutes les contraintes que cela entraîne.

2.2. LES CONTRAINTES

Le premier membre (PM) des inéquations est la somme des produits des variables par les coefficients des contraintes ($\sum a_{ij}X_j$). Le second membre est la ressource de la contrainte.

2.2.1. Contraintes d'élevage

L'équilibre démographique du troupeau est mis en équation avec un certain paramétrage : nombre maximum de places, taux de renouvellement etc..

2.2.2. Contraintes d'alimentation

L'objectif est que tous les animaux aient une ration et que les ressources en fourrages et en concentrés soient en quantité suffisante.

2.2.3. Contraintes d'assolement et agronomiques

Ces contraintes doivent permettre d'autoriser ou de limiter les possibilités de culture en fonction des structures et conditions pédo-climatiques propres à chaque exploitation (% en terres labourables, surface toujours en herbe). Elles doivent également permettre de déterminer un assolement cohérent en fonction des précédents.

2.2.4. Contraintes d'attribution des primes et d'application de la modulation

L'attribution des primes et leur modulation étant soumise à des seuils, la technique de programmation utilisant des variables bivalentes nous a permis d'écrire toutes les contraintes d'attribution en laissant une totale liberté de choix au modèle.

2.2.5. Autres contraintes

La disponibilité en main d'œuvre est prise en compte ainsi que le chiffre d'affaire qui va induire le régime d'imposition.

2.3. LES COEFFICIENTS DE LA FONCTION OBJECTIF

Les activités entrant dans le calcul de la marge globale à optimiser ont chacune leur fonction économique positive dans le cas d'activités de ventes ou de primes et négative dans le cas d'achats ou de charges. Ces montants sont pour la plupart propres à chaque élevage en fonction de leurs opportunités et/ou de leurs pratiques. Lorsque nous n'avons pas de valeur sur l'élevage considéré (activité non pratiquée précédemment), nous utiliserons des moyennes issues de notre réseau.

Les activités qui représentent des choix ou des décisions intermédiaires n'ont pas de fonction objectif, ou plutôt elle est nulle : variables bivalentes, nombre d'Ugb (ce sont les animaux qui servent au calcul des Ugb qui ont un coût), nombre de rations (les rations n'ont pas de coût, ce sont les fourrages et concentrés les composant qui en ont un) par exemple.

2.4. LES PARAMÈTRES

Ces paramètres, en général propres à chaque exploitation, correspondent aux coefficients limitant les activités dans les inéquations de contraintes.

Certains paramètres sont saisis en valeur absolue (surface, nombre de places, rendement des cultures ...) car on dispose facilement de l'information sur l'exploitation. D'autres tels que frais d'élevage par animal, quantité de concentrés ou rendement en herbe sont saisis en pourcentage d'écart à la moyenne du groupe et viendront pondérer ces données prédéfinies.

3. UN EXEMPLE D'UTILISATION

La matrice ainsi construite est constituée de 275 activités (colonnes) et 217 contraintes (lignes). La convivialité de EXCEL permet d'établir des liaisons entre différentes feuilles prédéfinies («Paramètres», «Matrice», «Résultats»).

L'exemple suivant est la cas d'une exploitation de grande taille où il y a concurrence entre production de viande et cultures de vente. Cet exploitant se pose la question des conséquences de la réforme de la PAC 2000 et de l'opportunité d'engraisser les animaux pour obtenir les primes à l'abattage et/ou d'obtenir le complément extensif au seuil de 1.4 (tableau 1).

L'optimisation sur l'année connue 1998 permet de caler le modèle et d'avoir un résultat de base pour les optimisations futures. Opt'Inra retrouve l'équilibre cultures/fourrages avec le même niveau de chargement et une production d'animaux jeune et maigres. L'écart final sur la marge globale est inférieur à 2%.

Une optimisation avec les paramètres PAC 2002 (Institut de l'Élevage, 1999) fait apparaître une baisse de marge de 18% avec une adaptation pour obtenir le complément extensif au seuil de 1.4. Cette adaptation consiste en une baisse des vêlages avec maintien du même système de production de maigre, donc en une baisse des Ugb totaux. Ceci est une base de réflexion pour l'éleveur. D'autres optimisations doivent ensuite être réalisées en contraignant plus le modèle pour comparer différents scénarios (nombre de vêlages fixé, engraissement obligatoire etc.).

CONCLUSION

La puissance et la convivialité du matériel informatique actuel (micros et logiciels), la base de données fines techniques et économiques concernant 90 élevages, ont permis de rendre accessible la programmation linéaire pour la construction d'un modèle d'aide à la décision adapté aux besoins des conseillers et des éleveurs de bovins allaitants charolais.

Ce modèle Opt'Inra encore en évolution (adaptation pour d'autres régions avec d'autres races bovines) est actuellement utilisé par les services gestion et élevage de la Chambre d'Agriculture de la Creuse pour engager une réflexion et une discussion entre l'éleveur et son technicien sur ses projets et l'adaptation future de son système de production.

Tableau 1
Une exploitation « broutards céréaliers »

	1998 Réel	1998 Optimisé	2002 Optimisé
SAU	259.9	259.9	259.9
Vêlage Total	148	148	132
PMTVA touchées	104	104	104
Surface Non Fourragère	95.1	92.2	97.9
Céréales	51.6	49.3	58.7
dont autoconsommées	17.7	16.8	20.8
Surface Fourragère Principale	163.6	167.6	162.0
Herbe	153.9	155.6	159.2
Mais ensilage	9.8	12.1	2.7
UGB Techniques	217.2	216.1	193.3
Chargement Technique	1.33	1.29	1.19
Chargement Prime à l'Herbe	1.50	1.91	1.67
Chargt. Compl. Extensif 1992	0.99	0.92	
Chargt. Compl. Extensif 2002	1.50	1.68	1.40
Vente Vaches de Réforme	40	57	41
Maigres	32	57	41
Engraisées	8	0	0
Vente Mâles Maigres	66	64	57
Broutards 10 mois Primés	64	64	57
Ventes Mâles Gras	0	0	0
Vente femelles maigres	11	7	6
Broutards 8 mois	0	7	6
Broutards Alourdis 13 mois	11	0	0
Ventes génisses grasses	0	0	0
Marge Bovine Finale/UGBb	2 475	2 709	2 557
Marge Cultures/Ha Culture	5 069	5 117	4 246
MARGE BRUTE GLOBALE	1 060 649	1 080 277	881 380

Brossier J., De La Vaissière P., Liénard G., Petit M., 1974. Systèmes de production en régions de grande culture. INRA ESR, Ed. S.E.I., 292 p.

Bortzmeyer M., 1992. Impact de la réforme de la politique agricole commune sur les exploitations bovines de la zone charolaise. Mémoire D.E.A., Université de Bourgogne, 95 p.

Colson F., Ridier A., Veron J., Perrot C., 1997. La modélisation d'exploitations bovines par programmation linéaire. Document de travail, INRA LERECO-Nantes, IE, 47 p.

Institut de l'Élevage, 1999. Le dossier économie de l'élevage. Réforme de la PAC «Agenda 2000», premières simulations, premières analyses dans les secteurs de la viande bovine et du lait. Numéro spécial, juin, 41p.

Liénard G., Lherm M., 1986. Production de viande bovine. INRA, 273-330.

Liénard G., Lherm M., Bébin D., 1988. Economie Rurale. SFER, 183, 11-25.

Veysset P., Gasqui P., Lherm M., Bébin D., 1999. Renc. Rech. Ruminants, 6, 23-26.