

Un modèle d'agrégation
pour le secteur
de l'alimentation animale
du Benelux

*Ludo PEETERS
Yves SURRY*

*An aggregator model
for the Benelux
animal feed sector*

Key-words:
*Animal feed,
compound feed, feed
input demand, Benelux*

**Un modèle d'agrégation
pour le secteur de
l'alimentation animale
du Benelux**

Mots-clés:
Alimentation animale,
aliments composés,
demande d'ingrédients,
Benelux

Summary – *The aim of this paper is to analyze the price responsiveness of demand for feed inputs by the Benelux compound feed industries. Various sets of own- and cross-price elasticities are obtained from theoretically consistent feed input demand functions which are in turn derived from estimated cost functions. A large number of feed inputs is taken into account by assuming weak separability. This assumption allows for the use of aggregator functions and a two-stage econometric estimation procedure, thereby avoiding the problems of multicollinearity and lack of degrees of freedom which alternative procedures are usually facing. The total set of feed inputs is partitioned into four subsets, according to similarities in nutritional content: cereals, 'cereal substitutes', high protein feeds and additives. This study exploits the properties of the Symmetric Generalised McFadden (SGM) functional form as an alternative to the traditional Translog function. Specifically, the SGM function has two attractive properties worth mentioning. First, the symmetry of the SGM function means that the analyst is not forced to single out one particular input to play an asymmetric role; second, global curvature restrictions can easily be imposed, if necessary, without destroying the flexibility properties of the SGM function. Imposing global curvature properties is accomplished using the Cholesky decomposition. Complete elasticity matrices for the Belgian and Dutch compound feed sectors are reported and discussed in the article. From these matrices, a number of conclusions can be drawn: i) most quantities demanded for cereal and high protein feeds in the Netherlands are inelastic with respect to their own prices and substitutes among each other; ii) similar results prevail for cereal substitutes and high protein feeds consumed in Belgium; iii) by contrast, demand for each cereal in this country tends to be very responsive to its own prices; and iv) the demand for "additives" is very inelastic with respect to its own price.*

Résumé – *Cet article analyse la sensibilité par rapport aux prix de la demande de matières premières consommées par les fabricants d'aliments composés au Benelux. Pour ce faire, des élasticités-prix sont obtenues en spécifiant des fonctions de coût, et en estimant les demandes dérivées d'intrants fourragers qui leur sont associées. L'ensemble des matières premières consommées par le secteur de l'alimentation animale est pris en compte, en supposant que la technologie correspondante est caractérisée par une structure faiblement séparable. La forme fonctionnelle symétrique généralisée de McFadden est utilisée pour représenter les différentes fonctions de coût. Un examen des matrices d'élasticités-prix permet de dégager les conclusions suivantes: la demande de la plupart des céréales et matières riches en protéines consommées aux Pays-Bas est inélastique; il en est de même, en Belgique, pour celle de la majorité des substituts de céréales et des matières riches en protéines; par contre, la demande de chaque céréale dans ce dernier pays tend à réagir fortement aux variations de leurs prix; enfin, la catégorie "additifs" a une demande très inélastique par rapport à son prix.*

* *Limburgs Universitair Centrum, Universitaire Campus, B-3590, Diepenbeek, Belgique.*

** *Agriculture Canada, Ottawa, Canada et Station d'économie et sociologie rurales de l'INRA, 65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes cedex.*

IL est d'une importance primordiale de connaître le degré de substitution entre les aliments fourragers pour les constructeurs de modèles et décideurs politiques, qui évaluent l'impact de la réforme de la Politique agricole commune (PAC). En effet, un objectif fondamental de cette réforme est de réduire les distorsions dans le secteur communautaire des céréales en abaissant ses prix de marché. Cette dernière mesure ébranlerait les importations communautaires des matières fourragères achetées à bas prix et, de ce fait, affecterait fortement les productions animales intensives du Benelux.

Le but de cet article* est d'analyser la structure de la demande d'ingrédients consommés par les fabricants d'aliments composés qui, en Belgique et aux Pays-Bas, sont les seuls fournisseurs d'aliments fourragers commercialisés destinés aux productions animales. Plus précisément, cette étude prolonge dans deux directions un travail effectué sur le même sujet par Surry et Moschini (1984). D'une part, elle détermine les élasticités à la demande d'un grand nombre de matières premières utilisées dans la fabrication d'aliments composés.

Pour cela, on utilise des fonctions dites "d'agrégation de prix" ou encore fonctions de coût unitaires, construites à partir d'un ensemble d'hypothèses de séparabilité faible. Ces dernières permettent de mettre en place une approche économétrique à deux étages (Fuss, 1977; Mergos et Yotopoulos, 1988), évitant ainsi les problèmes liés à la multi-collinéarité et au faible degré de liberté auxquels sont sujettes les autres procédures d'estimation. Les ingrédients pris en compte dans cette étude sont répertoriés au tableau 1 et regroupés en quatre familles selon leurs compositions nutritionnelles: céréales, "substituts de céréales", matières riches en protéines et additifs⁽¹⁾.

D'autre part, dans ce travail, nous utilisons la forme fonctionnelle symétrique généralisée de McFadden (SGM), développée récemment par

* Cet article est la version révisée et adaptée d'une communication en anglais à paraître dans la "Revue néerlandaise d'Economie et de Sociologie Rurales" (*Tijdschrift voor Sociaal Wetenschappelijk Onderzoek van de Landbouw*). Les auteurs remercient le responsable de la rédaction des *Cahiers*, ainsi que les deux rapporteurs anonymes pour leurs observations pertinentes. Ils rappellent que les opinions exprimées dans cet article leur sont propres et n'engagent pas les institutions pour lesquelles ils travaillent.

(1) Le terme "substituts de céréales" n'est pas clairement défini dans le débat actuel sur la réforme de la PAC. Dans cet article, nous incluons sous ce vocable toutes les matières premières dites "non céréalières", riches en énergie, en excluant toutefois le gluten de maïs.

Diewert et Wales (1987), à la place de la fonction translog qui est utilisée habituellement. La forme fonctionnelle SGM⁽²⁾ a deux propriétés qui méritent d'être mentionnées: (i) du fait qu'aucun intrant ne joue de rôle particulier aucune asymétrie n'est imposée; ii) les restrictions globales de concavité ou convexité peuvent être facilement imposées et mises en œuvre, si nécessaire, sans détruire les propriétés locales de flexibilité de la fonction de coût de type SGM.

Le plan de l'article est le suivant. La première partie passe en revue les hypothèses de base du modèle et présente le processus d'estimation économétrique (mais aussi d'optimisation) à deux étages. La spécification empirique des fonctions de coût ainsi que la description des données utilisées et de la méthode d'estimation sont présentées dans les deux parties suivantes.

Les résultats empiriques sont résumés dans la quatrième partie et l'article se termine par une discussion sur les limites de l'analyse effectuée, accompagnée de quelques observations et suggestions qui pourraient être utilisées pour d'autres recherches dans ce domaine.

HYPOTHÈSES DU MODÈLE

L'étude des relations de substitution et de complémentarité entre les matières premières utilisées par le secteur des aliments composés du Benelux est menée en utilisant une fonction de coût statique. Le processus de production doit satisfaire aux conditions suivantes: (i) indépendance entre les ingrédients et les autres intrants; (ii) rendements d'échelle

⁽²⁾ La fonction SGM fait partie de la classe des formes fonctionnelles flexibles (FFF) définies comme étant une approximation du second ordre à un point d'expansion donné de la fonction de coût (Diewert, 1974). De cette manière, la forme SGM s'apparente à une série de Taylor du second ordre qui permet d'approximer les dérivées premières et secondes de la fonction de coût, et de là fournir indirectement des informations sur les élasticités-prix correspondantes. Toutefois, l'utilisation des formes fonctionnelles telles que la translog ou la SGM a été critiquée par White (1980) et Gallant (1984) car les termes résiduels d'ordre supérieur sont négligés. Cela peut mener à des erreurs importantes de spécification et même à des rejets fréquents des hypothèses de symétrie et d'homogénéité. Pour remédier à cette lacune, Gallant recommande l'utilisation de la forme fonctionnelle de Fourier qui permet, d'après lui, d'identifier et d'estimer de manière plus robuste les paramètres de la fonction de coût et des élasticités-prix correspondantes. Tout en étant conscient de ce débat sur le choix judicieux d'une forme fonctionnelle flexible, nous avons opté pour les formes flexibles au sens de Diewert – et plus particulièrement la SGM – qui sont plus simples à manier et possèdent un nombre plus restreint de paramètres à estimer.

constants par rapport aux ingrédients⁽³⁾; (iii) séparabilité faible parmi les ingrédients; (iv) séparabilité fonctionnelle entre les intrants et les aliments composés produits. Ces restrictions ont des conséquences directes sur la forme de la fonction de coût correspondante.

Indépendance entre matières premières et intrants "non fourragers"⁽⁴⁾

Cette première hypothèse stipule qu'il n'existe aucune relation entre les ingrédients et les autres facteurs de production tels que le travail, le capital et l'énergie. Par suite, la fonction de coût total peut s'écrire sous une forme fortement séparable :

$$C(w, v, Q, z) = G(w, Q) + \sum_{k=1}^m v_k z_k + \sum_{k=m+1}^q v_k z_k \equiv G(w, Q) + H(v, Q, z) \quad (1)$$

où $w = (w_1, \dots, w_n)$ est le vecteur-prix des intrants fourragers; $v = (v_1, \dots, v_m)$ le vecteur-prix des autres intrants, (v_{m+1}, \dots, v_q) le vecteur-prix des facteurs quasi-fixes; $z = (z_{m+1}, \dots, z_q)$ le vecteur donnant le niveau des facteurs quasi-fixes, et Q le niveau de la production totale d'aliments composés; $G(w, Q)$ est la composante *fourragère* de la fonction de coût (c'est-à-dire représente la fonction de coût d'approvisionnement des matières premières), tandis que $H(v, Q, z)$ représente sa partie *non fourragère*. De l'expression (1), nous déduisons que l'élasticité-prix croisée entre n'importe quelle paire d'intrants fourragers et non fourragers est égale à zéro: $\varepsilon_{ik} = 0$, où les sous-indices $i \in \{\text{intrants fourragers}\}$ et $k \in \{\text{intrants non fourragers}\}$.

Rappelons de plus que les intrants "non fourragers" (qu'ils soient fixes ou variables) n'imposent aucune contrainte à la combinaison optimale d'intrants fourragers et donc, n'influencent pas la réaction de la

⁽³⁾ Comme l'a suggéré l'un des rapporteurs, il serait pertinent de tester statistiquement cette hypothèse sur la technologie des aliments composés au Benelux. Cette démarche pourrait également s'appliquer aux autres conditions qui ont été imposées à la technologie des aliments composés. Toutefois, ce sujet n'est pas abordé dans cet article. On peut aussi signaler que l'adoption de l'hypothèse de rendements constants par rapport aux ingrédients est assez réaliste et conforme aux caractéristiques propres des processus de fabrication des aliments composés. En effet, si des rendements d'échelle caractérisaient ce secteur, ils affecteraient surtout les intrants non fourragers tels que le capital ou les matières énergétiques consommées. Pour plus d'information sur cette question, le lecteur pourra se référer aux analyses effectuées par Foucault (1972) et Quinqu (1989) sur le secteur français des aliments composés.

⁽⁴⁾ Ce type de séparabilité est, à l'évidence, un cas extrême.

demande de ces derniers à des changements de leurs propres prix. En d'autres termes, ceci implique que⁽⁵⁾

$$\partial x_i(w, Q, z)/\partial w_i \equiv \partial x_i(w, Q)/\partial w_i \quad (2)$$

Rendements constants par rapport aux intrants fourragers

Supposons que la fonction de production $Q = F(x, z)$ soit définie comme suit :

$$Q \equiv F(x, z) = F*[f(x), z] \quad (3)$$

où $x = (x_1, \dots, x_n)$ est un vecteur-quantité d'intrants fourragers et $f(x)$ une fonction (macro) agrégée linéairement homogène. Elle représente un processus de production à rendements constants vis-à-vis des intrants fourragers. Si nous définissons le terme $X_0 \equiv f(x)$, où X_0 peut être considéré comme étant un intrant fourrager composite ou agrégé, alors nous pouvons écrire la fonction de coût fourrager $G(w, Q)$ qui correspond à la fonction de production agrégée $f(x)$, sous sa forme "unitaire":

$$G(w, Q) = g(w) X_0 \quad (4)$$

où $g(w)$ représente la fonction de coût fourrager unitaire ou encore un indice agrégé des prix fourragers qui est dual à la fonction de production agrégée $f(x)$ (Diewert et Wales, 1991). En conséquence, la fonction de coût total peut s'écrire comme suit :

$$C(w, v, Q, z) = g(w) X_0 + H(v, Q, z) \equiv g(w) Q + H(v, Q, z) \quad (5)$$

où X_0 peut être remplacé par le niveau de production d'aliments composés Q puisqu'il existe une relation biunivoque entre X_0 et Q ⁽⁶⁾.

Les équations de demande dérivée correspondant au ième input fourrager, x_i , peuvent être obtenues en différenciant la fonction de coût total par rapport à son prix (lemme de Shephard):

$$x_i = \partial C(\cdot)/\partial w_i = (\partial g(w)/\partial w_i) Q \quad (6)$$

De ces équations de demande d'intrants fourragers, nous pouvons déduire des indicateurs d'élasticité. Ainsi, les élasticités-prix directes et

⁽⁵⁾ On peut comparer cette expression au principe de Le Châtelier-Samuelson où le signe '<' a été remplacé par le signe '≡'. Dans le contexte d'une fonction de coût, le principe de Le Châtelier-Samuelson énonce que la réaction des demandes d'inputs par rapport à leurs prix tend à être plus rigide dans le court terme que dans le long terme. Ce raisonnement s'appuie sur le théorème de l'enveloppe utilisé dans les programmes d'optimisation.

⁽⁶⁾ En effet, une unité produite d'aliments composés Q est identiquement similaire à une unité de l'intrant fourrager agrégé X_0 .

croisées à la demande⁽⁷⁾ (notées ε_{ij}) nous donnent des informations sur la nature de la relation entre deux intrants fourragers quelconques i et j (effet de substitution ou de complémentarité nette). L'expression (6) montre que les possibilités de substitution entre intrants fourragers peuvent être analysées sur la base de la seule fonction de coût fourrager unitaire $g(w)$.

Séparabilité faible entre intrants fourragers

L'ensemble de tous les ingrédients est divisé en quatre familles ou agrégats fourragers faiblement séparables, définis par :

$$x = \{X_{CER}, X_{SUB}, X_{PRO}, X_{ADD}\},$$

où X_{CER} , X_{SUB} , X_{PRO} et X_{ADD} sont respectivement les fonctions fourragères d'agrégation pour les céréales, substituts de céréales, matières riches en protéines et additifs. Ici, X_{CER} , X_{SUB} et X_{PRO} sont des agrégats constitués de quatre ou cinq ingrédients (voir tableau 1); par contre, X_{ADD} est traité comme un intrant homogène.

L'hypothèse de séparabilité faible implique, par exemple, que la composition optimale de l'agrégat "céréales" est indépendante, aussi bien de la composition de l'agrégat "matières riches en protéines" et des prix de chaque composante protéique que de la quantité et du prix de ce dernier agrégat. Cette dernière caractéristique se traduit par deux propriétés importantes au niveau des fonctions de production (primal) ou de coût correspondantes qui, dans le cas de l'exemple céréales-matières protéiques, s'énoncent comme suit :

i) le taux marginal de substitution technique entre céréales est indépendant des niveaux de matières protéiques: $\partial(x_i/x_j)/\partial x_k = 0$ pour $i, j \in \{CER\}$ et $k \in \{PRO\}$;

ii) les niveaux optimaux des céréales sont invariants par rapport aux prix des matières protéiques: $\partial(x_i/x_j)/\partial x_k = 0$ ou $\partial(x_i/x_j)/\partial w_k = 0$ pour $i, j \in \{CER\}$ et $k \in \{PRO\}$.

Toutefois, dans l'exemple précédent, le volume de l'agrégat "céréales" n'est indépendant ni de la quantité ni du prix de l'agrégat "matières riches en protéines". L'hypothèse de séparabilité faible est particulièrement importante pour modéliser le processus de fabrication des aliments composés. Tout d'abord, la notion de séparabilité faible est une condition nécessaire pour qu'il existe des agrégats fourragers conformes à la théorie. En second lieu, l'existence d'agrégats fourragers homothétiques (ou plus exactement linéairement homogènes) par rapport à leur composantes fourra-

⁽⁷⁾ Ces élasticités sont également conditionnelles car elles sont calculées pour un niveau constant de produits.

gères nécessite de mettre en œuvre une procédure à deux étages dans la minimisation des coûts d'approvisionnement des matières premières destinées à la fabrication d'aliments composés (Fuss, 1977). Au premier étage (ou niveau inférieur), on minimise le coût de production d'une unité d'un agrégat fourrager donné à partir de ses propres composantes.

La condition d'homothéticité implique que ce coût unitaire est indépendant de la quantité produite correspondante. Par conséquent, le coût unitaire peut s'interpréter comme étant un indice de "prix" cohérent se rattachant à cet agrégat fourrager (Chambers, 1988, p. 118). Au second étage (ou niveau supérieur), les agrégats fourragers sont mélangés aux moindres coûts pour fabriquer un produit final constituant l'aliment composé.

De cette façon et en supposant que l'ensemble de toutes les matières premières fourragères puisse être subdivisé en quatre familles définies par $x = \{X_{CER}, X_{SUB}, X_{PRO}, X_{ADD}\}$, nous pouvons écrire, pour la Belgique (mais aussi pour les Pays-Bas), la fonction agrégée de production $f(x)$ suivante :

$$f(x) = f^*[X_{CER}(x_{MAI} \dots x_{BLE}), X_{SUB}(x_{MOL} \dots x_{GRA}), X_{PRO}(x_{FARANS} \dots x_{TSOJ}), X_{ADD}] \quad (7)$$

où X_{CER} , X_{SUB} , etc., sont les quantités des agrégats fourragers (céréales, substituts de céréales, etc.), et x_{MAI} , x_{MOL} , etc., représentent les quantités de chaque composante fourragère (maïs, mélasses, etc.). Si les fonctions fourragères agrégées X_{CER} , X_{SUB} , etc., sont homothétiques (linéairement homogènes) par rapport à leurs composantes respectives, nous pouvons alors décrire la fonction de coût unitaire duale à $f(x)$ de la manière suivante :

$$g(w) = g^*[W_{CER}(w_{MAI} \dots w_{BLE}), W_{SUB}(w_{MOL} \dots w_{GRA}), W_{PRO}(w_{FARANS} \dots w_{TSOJ}), W_{ADD}] \quad (8)$$

où W_{CER} , W_{SUB} , etc., désignent les indices-prix des agrégats fourragers (céréales, substituts de céréales, etc.); et w_{MAI} , w_{MOL} , etc., sont les indices-prix des sous-composantes constituant chaque agrégat fourrager (maïs, mélasses, etc.). Etant donné l'hypothèse d'homothéticité, les indices prix agrégés, W_{CER} , W_{SUB} , etc., peuvent aussi être représentés par des fonctions de coût unitaires appropriées.

Séparabilité fonctionnelle entre les intrants et les quantités d'aliments composés produites

Cette dernière hypothèse (qui est en fait liée à la condition précédente d'homothéticité) a plusieurs incidences sur la nature du processus de fabrication des aliments composés. En premier lieu, et transcrite sous forme mathématique, elle implique que $\partial(x_i/x_j)/\partial Q = 0$, ce qui s'interprète de la manière suivante : tout rapport optimal d'intrants fourragers