



HAL
open science

Approximation d'un système complet de demande dérivée des ingrédients de l'alimentation animale

L.P. Mahé, M. Harley, J. Zietsch, . Esr. Station d'Economie Et Sociologie
Rurales, . Association Européenne Des Economistes Agricoles

► To cite this version:

L.P. Mahé, M. Harley, J. Zietsch, . Esr. Station d'Economie Et Sociologie Rurales, . Association Européenne Des Economistes Agricoles. Approximation d'un système complet de demande dérivée des ingrédients de l'alimentation animale. 5. Congrès européen des économistes agricoles, Aug 1987, Balatonszeplak, Hongrie. 24 p., 1987. hal-02857266

HAL Id: hal-02857266

<https://hal.inrae.fr/hal-02857266>

Submitted on 8 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

5ème CONGRES DES ECONOMISTES AGRICOLES EUROPEENS

BALATON 30 août - 5 septembre 1987

APPROXIMATION D'UN SYSTEME COMPLET DE DEMANDE DERIVEE DES
INGREDIENTS DE L'ALIMENTATION ANIMALE *

Louis P. MAHE
INRA/ESR Rennes
France

La méthode qui sert de base à cette communication a été élaborée en collaboration avec Matthew HARLEY et John ZEITSCH en 1984 et 1985 dans le cadre du mandat de l'OCDE sur les échanges (OCDE, 1986 ; OCDE, 1987). L'illustration chiffrée est basée sur des données actualisées et ne saurait engager la responsabilité de l'OCDE. L'auteur remercie Y. SURRY pour les échanges fructueux au début de ce travail.

INTRODUCTION

Les aliments composés proposés par l'industrie de l'alimentation animale, sont maintenant fabriqués à partir d'une gamme très étendue d'ingrédients. La ration classique comportant un mélange en proportion donnée de céréales et de tourteaux de graines oléagineuses n'a plus guère cours. Sur l'exploitation agricole elle-même des mélanges plus complexes sont mis en oeuvre.

Les aliments composés sont élaborés par les fabricants selon des règles de minimisation de coût à partir de programmes linéaires adaptés aux exigences techniques et nutritionnelles des catégories d'animaux auxquels ils sont destinés. Certains auteurs (McKinzie et al. 1986) ont d'ailleurs tenté d'identifier les lois de la demande dérivée des diverses matières premières de l'utilisation répétée en simulation de certains de ces programmes. Cette démarche est souvent éclairante, mais elle conduit à des estimés d'élasticités de demande de taille considérable pour certains ingrédients (10 à 100 par exemple) Cette approche peut difficilement reproduire le comportement de demande observé sur le marché car il est bien connu que la simulation des comportements d'offre-demande à l'aide de programmes linéaires se heurte à plusieurs sortes de difficultés : tout d'abord celles liées à des réponses microéconomiques discontinues et brutales, qui peuvent toutefois être améliorées par un affinage des contraintes techniques ; mais surtout celles provenant des difficultés d'agrégation des comportements individuels ; enfin la demande d'un ingrédient ne dépend pas seulement des substitutions qui se produisent entre matières premières elles-mêmes, elle dépend aussi de l'effet d'expansion, c'est-à-dire des conséquences d'une élévation du prix de cet ingrédient sur le coût du produit fini (donc de son prix et par suite du volume de bien final produit).

Ces raisons ont milité pour la construction de systèmes complets de demande dérivée d'ingrédients des aliments du bétail à partir de la théorie microéconomique et d'informations empiriques partielles. Des systèmes complets de demande finale, alimentaire en particulier, ont été construits selon une telle démarche mixte combinant résultats partiels et contraintes théoriques (ex. Brandow, 1961). L'approche décrite devrait déboucher sur l'estimation économétrique de ces systèmes de demande, mais elle a été développée d'abord de façon à apporter un cadre pour incorporer au mieux dans un système complet et cohérent des résultats partiels d'estimation préexistants. Cette approche a été proposée lors de la construction du modèle international de l'OCDE élaboré dans le cadre du mandat sur les échanges agricoles et la baisse de la protection agricole. L'estimation économétrique de système complet de demande d'ingrédients n'était pas réalisable pour chacun des pays de l'OCDE, il a donc été proposé une méthode adaptée cherchant à trouver un compromis entre l'utilisation de

connaissances empiriques partielles de certains paramètres et leur incorporation dans un cadre cohérent, assurant un minimum d'égalité de traitement aux divers pays.

Les principales contraintes nutritionnelles imposées aux aliments complets portent sur leur contenu en énergie (Unités Fourragères ou normes plus détaillées) et en matière protéique. D'autres exigences plus fines existent mais elles peuvent être au moins provisoirement omises de l'analyse économique. Les diverses matières premières ont des contenus différents en énergie et protéine et sont combinées en proportions variables selon leur prix pour constituer une ration équilibrée. Il existe plus d'une centaine d'ingrédients possibles entrant dans les formulations. Il est donc impensable d'estimer directement sans imposer de contraintes sur les paramètres, des systèmes de demande. Même avec une agrégation moins détaillée comportant une vingtaine d'éléments, des problèmes de colinéarité quasi insurmontables subsistent, d'autant plus que beaucoup de ces produits sont ou bien fortement complémentaires ou bien fortement substituables, et leurs prix de marché évoluent parallèlement.

D'autre part, s'il existe en réalité un quasi continuum d'éléments classés selon leur contenu relatif en énergie et protéine, on peut néanmoins les regrouper en grands ensembles aux caractéristiques voisines. Cette constatation conduit à faire une approximation de la technologie en faisant une hypothèse de séparabilité entre groupes de produits agrégés en niveaux successifs.

La section 1 comporte une description dans le cas des seuls aliments composés de la méthode suivie puis la section 2 montre l'application concrète incorporant l'alimentation à la ferme pour approcher la demande finale d'ingrédients. La conclusion indique comment la substituabilité tendant à céder le pas aux complémentarités quand tout varie, les taxes sur les importations de substituts risquent de moins affecter la consommation de céréales que leur propre changement de prix.

1. Description de la méthode

a. Un système de demande d'ingrédients des aliments composés dans le cas d'une technologie homogène linéaire et faiblement séparable

Bien qu'il soit difficile a priori de tracer entre eux une frontière précise, les ingrédients utilisés dans les aliments

composés ont été regroupés dans un premier niveau en trois catégories : les céréales (C), les matières principalement énergétiques (E), les matières riches en protéines (P). Cette classification a été basée sur le contenu relatif protéines/énergie qui va croissant dans le sens E, C, P. Afin de conserver au modèle des dimensions raisonnables ces trois agrégats ont été eux-mêmes subdivisés selon le tableau 1.

Tableau 1 . Structure de l'agrégation des ingrédients des aliments composés

Céréales (C)	Blé (BL) Céréales fourragères (CF)
Energie (E)	Manioc (MN) Autres matières riches en énergie (AE)
Protéines (P)	Tourteaux de soja (SO) Corn gluten feed (GF) Autres matières protéiques (AP)

Sous les hypothèses (séparabilité faible) posées on peut représenter la technologie par une fonction de production à deux niveaux :

(1) $A = A(C, E, P, K)$ où A est l'aliment composé (1) et K représente les facteurs primaires.

(2) $C = C(BL, CF)$

(3) $E = E(MN, AE)$

(4) $P = P(SO, GF, AP)$

Les hypothèses de régularité, d'homogénéité linéaire et de séparabilité faible de (1) impliquent que les sous fonctions C, E et P soient homothétiques, donnent une agrégation parfaite des inputs élémentaires (p. ex. Denny et Fuss, 1977) et que la fonction de coût correspondant à A soit elle-même faiblement séparable. On peut donc associer au système (1) (4) la fonction de coût de l'aliment composé A :

$$(5) \text{ CT} = G(A, W_C, W_E, W_P, W_K)$$

et, sous l'hypothèse complémentaire de rendements constants les fonctions agrégatrices de prix qui sont les fonctions de coût unitaire de C, E, P :

$$(6) W_C = g^C(w_{BL}, w_{CF})$$

$$(7) W_E = g^E(w_{MN}, w_{AE})$$

$$(8) W_P = g^P(w_{SO}, w_{GF}, w_{AP})$$

Une méthode assez classique de composition des effets de substitution et d'expansion dans la théorie de la demande dérivée (Allen, 1938, p. 308) a été utilisée, par exemple, par Fuss (1977) et Berndt et Wood (1979) pour déduire les élasticités directes et croisées entre capital et énergie dans une technologie séparable. Leur approche est suivie ici. Considérer que les fonctions agrégatrices C, E, P sont à rendements constants ne semble pas très contraignant pour les sous niveaux (profits nuls). Pour le produit final, l'exogénéité du prix ou la concurrence sur les marchés requièrent soit des rendements d'échelle décroissants, soit des facteurs fixes.

Par le lemme de Shephard on obtient des relations (6), (8) les fonctions de demande dérivées dites compensées où à output constant, qui s'écrivent dans le cas présent :

$$(9) x_i^*(W^m, x^m) = x_m \frac{\partial g^m(W^m)}{\partial w_i} = x_m \bar{x}_i(W^m)$$

$$x_i \in [BL, CF], x_m = C$$

$$x_i \in [MN, AE], x_m = E$$

$$x_i \in [SO, GF, AP], x_m = P$$

W^m est le vecteur de prix des ingrédients entrant dans l'agrégat m, ex : $W^C = (w_{BL}, w_{CF})$

\bar{x}_i est la fonction de demande par unité de produit.

De (9) il est possible de déduire les deux composantes des élasticités directes et croisées de demande d'un ingrédient i quand les agrégats de niveau m varient mais que la production d'aliments composés reste constante. En désignant par $x_i (W^m, W_m)$ la fonction marshallienne de demande dérivée où le niveau de l'agrégat x_m est autorisé à varier, on peut utiliser la règle de composition de SAKAI.

$$(10) \quad \frac{\partial \text{Log } x_i (W^m, W_m)}{\partial \text{Log } w_j} = \frac{\partial \text{Log } x_i^* (W^m, x_m)}{\partial \text{Log } w_j} + \frac{\partial \text{Log } x_i^* (W^m, x_m)}{\partial \text{Log } x_m} \cdot \frac{\partial \text{Log } x_m}{\partial \text{Log } W_m} \cdot \frac{\partial \text{Log } W_m}{\partial \text{Log } w_j}$$

où W_m est le coût et donc, sous les rendements constants, le prix de l'agrégat x_m . L'homogénéité de degré un montre d'après (9) que $\partial \text{Log } x^* (W^m, x_m) / \partial \text{Log } x_m = 1$. L'interprétation de (10) s'adapte aux deux possibilités d'appartenance de i et j : (i) même agrégat (ii) deux différents.

1er cas : i et j appartiennent au même agrégat (cf. Allen p. 508)

$$(11) \quad e_{ij}^m = e_{ij}^{*m} + 1 \cdot e_{mm} \cdot s_j^m$$

$$i, j \in (\text{BL}, \text{CF}), \quad m = \text{C}$$

$$i, j \in (\text{MN}, \text{AE}), \quad m = \text{E}$$

$$i, j \in (\text{SO}, \text{GF}, \text{AP}), \quad m = \text{P}'$$

où e_{mm} est l'élasticité propre de la demande de l'agrégat x_m et s_j^m est la part de l'ingrédient j dans le coût de x_m . e_{ij}^* est souvent appelé effet de substitution ou élasticité nette alors que e_{ij} est appelée élasticité brute. Le terme $e_{mm} s_j^m$ représente un effet d'output dit effet d'expansion qui représente le déplacement de

l'isoquante de x_m quand le niveau optimal est changé à la suite d'une variation de w_j .

2ème cas i et j appartiennent à deux agrégats différents.

Dans ce cas w_j n'étant pas un argument de x_i^* (w^m, x_m) le premier terme de substitution dans (10) est nul :

$$(12) e_{ij}^{mn} = \epsilon_{mn} s_j^n ; mn = C, E, P \quad m \neq n ; i \in m ; j \in n.$$

x_i , argument de x_m

x_j , argument de x_n

ϵ_{mn} , élasticité prix croisée de la demande x_m relative à w_n

Dans ce cas il n'y a pas d'effet de substitution proprement dit dans le groupe m , mais seulement un effet croisé entre les groupes m et n .

b. L'utilisation des élasticités de Allen dans une technologie faiblement séparable homothétiquement

L'application des formules suppose connues les élasticités prix directes et croisées à divers niveaux. Dans une situation où il n'était pas possible de conduire des estimations pour de nombreux pays, il a été jugé bon de tirer parti des informations disponibles sur certains de ces paramètres quand elles existaient. Dans les autres cas les élasticités prix, ont été calculées en utilisant les parts de facteurs et les élasticités de Allen (1) en supposant celles-ci peu variables d'une situation à l'autre, hypothèse qui comporte une grande part de fragilité mais a l'avantage de procurer un cadre cohérent pour combiner des informations empiriques et des propriétés de régularité sur les fonctions de demande (symétrie, homogénéité).

(1) Si une fonction de coût $G(w)$ représente une technologie l'élasticité de Allen s'écrit : $a_{ij} = GG_{ij} / G_i G_j$, en fonction des dérivées partielles de G .

Cette approche s'apparente à la déduction d'un système d'offre ou de demande dérivée d'une fonction de production à forme précise (ex : Cobb Douglas où les élasticités de substitution sont connues ou CES en choisissant la valeur de l'élasticité).

Le recours aux élasticités de Allen présente toutefois une grande flexibilité quant à la représentation des relations de substitution-complémentarité entre facteurs ce qui semble être indispensable lorsque la désagrégation est assez poussée comme dans le cas présent. K.J. Munk (1985) a construit un modèle complet d'offre du secteur agricole en choisissant des élasticités de Allen entre produits et facteurs variables.

La théorie de dualité a permis de montrer l'équivalence entre la séparabilité faible homothétique (1) et l'égalité des élasticités de Allen (Berndt et Christensen (1973), Russel (1975). Précisément dans le cas d'une technologie représentée par (1) (4), on a :

$$(13) \quad a_{ir} = a_{jr} \text{ où } i, j, \text{ appartiennent au même agrégat et } r \text{ à un autre } (i, j \in m ; r \in n ; n \neq m)$$

Les formules (11) et (12) peuvent alors s'écrire en fonction des élasticités de Allen a_{ij}^m et des parts de facteur correspondant au système (5) (8).

$$(14) \quad a_{m,m}^A = \frac{G_m G_{mn}}{G_m G_n} \quad m, n = C, E, P$$

$$(15) \quad a_{ij}^m = \frac{g_{ij}^m g_{ij}^m}{g_i^m g_j^m} \quad \begin{array}{l} i, j = BL, CF ; \quad m = C \\ i, j = MN, AE ; \quad m = E \\ i, j = SO, GF, AP ; \quad m = P \end{array}$$

(1) Une fonction est homothétiquement séparable quand elle est séparable avec des fonctions agrégatrices homothétiques (agrégation parfaite).

et en rappelant le résultat que l'élasticité prix nette (à output donné) vérifie $e_{ij}^* = a_{ij} s_j$, on obtient pour (11).

$$(16) \quad e_{ij}^m = a_{ij}^m s_j^m + e_{mm}^m s_j^m, \text{ ou encore :}$$

$$e_{ij}^m = a_{ij}^m s_j^m + a_{mm}^A s_m^A s_j^m$$

en notant que, au niveau agrégé, la demande de l'agrégat x_m varie même avec w_j quand l'output A est donné. De même le deuxième cas (12) devient, en utilisant le résultat de Diewert (1974) p. 151) :

$$a_{ij}^{mn} = a_{mm}^A, \quad i \in m, \quad j \in n, \text{ on a :}$$

$$(17) \quad e_{ij}^{m,n} = a_{mn}^A s_n^A s_j^n$$

On peut vérifier sur (16) et (17) que l'homogénéité 1 de degré zéro est vérifiée dans le système complet au niveau désagrégé comportant les effets d'expansion :

$$\sum_j e_{ij}^m + \sum_j e_{ij}^{m,n} = 0 \text{ et que les effets croisés normalisés par les}$$

parts dans le coût global sont symétriques dans la fonction de coût "mère" (5) exprimée en fonction des prix des ingrédients élémentaires $G(w_{BL}, w_{CF}, \dots, w_{AP}, w_K)$, soit pour l'expression (16) :

$$e_{ij}^m / s_j^m = a_{ij}^m s_j^m / s_j^m + a_{mm}^A = a_{ij}^m s_m^m + a_{mm}^A = a_{ji}^m s_m^m + a_{mm}^A = e_{ji}^m / s_i^m$$

ce que l'on peut observer par inspection de (16) (effets de substitution basés sur la symétrie complétés par un même effet d'expansion). De même, la concavité de la fonction coût mère a pu être vérifiée empiriquement dans l'illustration chiffrée.

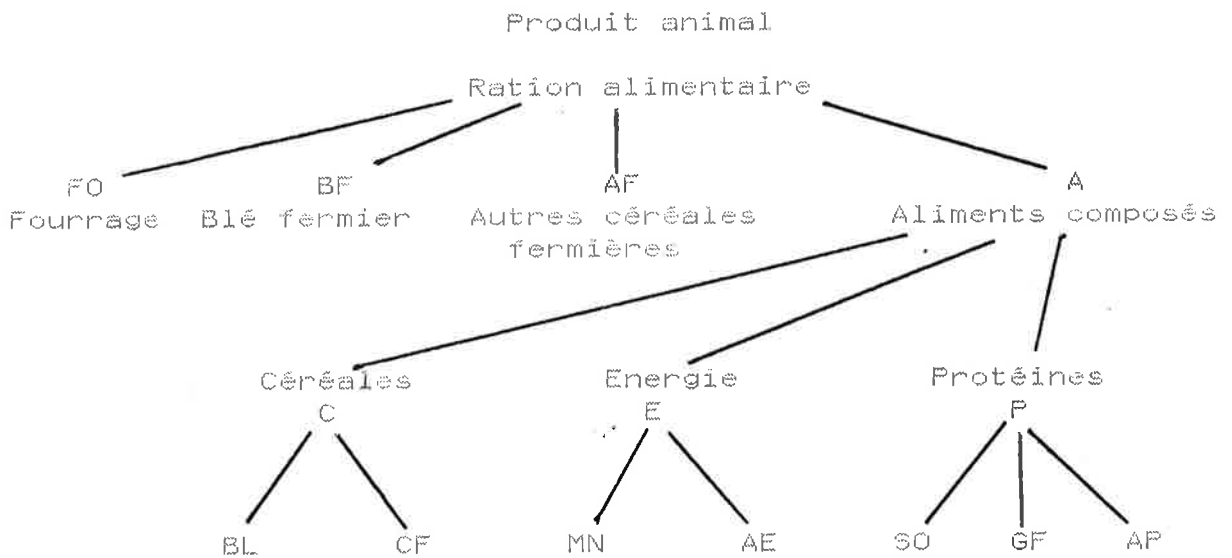
1 On a supposé ici que la substituabilité entre facteurs primaires et ingrédients était nulle (cf. Moschini et Surry, 1984).

La construction d'un tel système complet à étage à l'intérêt d'aider à démêler les relations de substitution -complémentarité entre ingrédients en précisant ce qui est exogène et les composantes variables du système productif. Ainsi de même que Berndt et Wood ont essayé de reconcilier des résultats apparemment contradictoires sur la substitution Capital Energie, on peut voir sur (16) que des ingrédients (ou des agrégats) substituables dans leur niveau (l'agrégat supérieur étant fixé) peuvent devenir complémentaires (ou moins substituables) lorsque les effets d'expansion (négatifs) sont pris en compte. ceci devient d'autant plus vrai que l'on considère l'ensemble de la ration et non plus seulement les aliments composés.

2. Un modèle illustratif de demande d'ingrédients pour la Communauté Européenne.

L'approche est d'abord étendue à l'ensemble de la ration alimentaire à la ferme, puis une illustration chiffrée est présentée.

21. Un modèle couvrant l'ensemble de la ration.



La demande d'ingrédients dépend du niveau de demande d'aliments composés qui lui-même est fonction de la substitution existant à la ferme entre Aliments composés achetés d'une part et céréales autoconsommées ou utilisées en l'état et les fourrages grossiers d'autre part. Les céréales consommées à la ferme constituent encore la plus grande part du débouché vers l'alimentation animale (40 contre 70 millions de tonnes en 1983/84). De même chez les ruminants, les fourrages grossiers représentent encore la part dominante de la ration dans la plupart des pays d'Europe. Un niveau supplémentaire a donc été rajouté dans la technologie ci-dessus : la constitution de la ration à la ferme qui est représentée par la fonction de production.

$$(18) R = h (FO, BF, AF, A, Z)$$

FO représente le fourrage grossier

BF, AF le blé et les autres céréales consommées en l'état à la ferme.

A les aliments composés précédemment définis.

Z, les facteurs primaires.

Les mêmes hypothèses et les parts de ces agrégats dans la ration avec le choix d'élasticité de Allen ou directement d'élasticités prix selon les informations disponibles) permettent d'ajouter un autre effet d'expansion lié à la réaction de la demande au prix des ingrédients dans les formules (16) et (17)

soit $s_j^m \cdot s_m^A e_{AA}$ avec les notations habituelles. Le système complet de demande est alors de dimension 10 x 10. Comme le blé fermier et le blé des aliments composés connaissent des variations de prix parallèles on peut invoquer la règle d'agrégation au sens de Hicks et agréger par simple sommation pondérée des élasticités la demande fermière et la demande des industries de l'alimentation animale. Il en est de même pour les céréales fourragères dont les deux composantes sont finalement agrégées en une seule. La matrice résultante M, a donc la dimension 8 x 8, (BL + BF = BT ; CF + AF = AT).

La matrice précédente (désignée par M1) représente le système de demande d'ingrédients à niveau donné de la ration totale et en particulier à offre de produits animaux constante. En fait lorsque le coût des matières premières change le coût de la ration est lui-même altéré et l'offre de produits animaux réagit. La réponse de demande à considérer en cas de changement de politique économique comporte donc un nouvel effet d'expansion lié à la réponse de l'offre. Au lieu du système de demande $x_R(w^r, R)$ conditionnel par rapport au niveau de la ration, il faut

considérer la demande de ration non compensée :

$$(19) \quad x(W_R, FI, p)$$

où W_R est le prix de la ration.

FI est le niveau des facteurs fixes

p est le prix des produits animaux.

L'élasticité de la demande de "ration" par rapport à son propre prix donne cet effet d'expansion ajouté à la matrice M_1 , il en résulte la matrice (à produits animaux variables) appelée M_2 . Cet effet sera d'autant plus important que l'offre de produits animaux est plus élastique : il sera donc plus fort pour les productions hors-sol que pour le lait et le boeuf. Son intensité est fonction des rendements d'échelles, des facteurs fixes et de la substituabilité entre facteurs fixes et la ration.

22. Une illustration chiffrée

Dans l'étude OCDE des matrices M_1 ont été construites pour 9 pays membres de la communauté et pour les produits animaux suivants : lait, boeuf, porc, viande de volaille, oeufs. Les résultats de travaux d'estimation spécifiques aux pays ont été utilisés dans la mesure où ils existaient. Les conditions de symétrie et les parts de coûts permettaient de compléter le système. Parmi les travaux utilisés on peut mentionner : Surry (1980), Wendlmaier et Krebs, Peterson et Auerbach (1985) Moschini et Surry (1984), Demarty (1979), Mc Kinzie et al. (1982), Leuck (1985), Hillberg (1984)... Les résultats présentés ici ne reproduisent donc pas exactement ceux de l'étude OCDE, qui comportait une agrégation différente par produits animaux et une agrégation par pays.

Plutôt que d'exposer ce choix des paramètres en détail, la méthode est illustrée ici en l'appliquant à trois agrégats de produits animaux : viande bovine (boeuf + veau), monogastres (Porc + volaille + oeufs), lait et autres herbivores. D'autre part l'affectation (1) des ressources fourragères entre espèces a été

(1) Cette affectation a été faite en collaboration avec Y. Dronne et a utilisé des informations communiquées par J. Blom (LEI).

faite sur la base des données 1983/84 du bilan fourrager Eurostat. Les parts d'ingrédients dans le coût de la ration en sont déduits. D'autre part les élasticités de Allen ont été choisies au niveau CEE en les calant sur les ordres de grandeurs trouvés lors du travail de base où ces choix ont été faits par pays. Les modulations suivantes ont été adoptées pour tenir compte des spécificités techniques des contraintes nutritionnelles des espèces.

(i) la substitution entre fourrages et aliments composés est plus faible chez les monogastres que chez les herbivores.

(ii) La substituabilité entre céréales à la ferme est plus faible que dans les aliments composés.

(iii) La substituabilité entre ingrédients est en général plus faible chez les monogastres qui ont des contraintes nutritionnelles plus strictes.

(iv) La substituabilité entre les agrégats céréales (C), protéines (B), et Energie (E), est plus faible entre les agrégats (fortement suggérée par les résultats publiés) qu'entre les composantes élémentaires à l'intérieur des agrégats eux-mêmes.

Les différentes étapes de la construction sont résumées dans l'annexe 1 pour le cas des monogastres. Seules les matrices finales M_1 et M_2 avec la matrice M_0 des effets de substitution purs (élasticités nettes) dans les aliments composés, sont données pour le lait et le boeuf dans l'annexe 2.

- principales observations

(i) Les effets de substitutions cèdent la place à plus de complémentarité quand les divers niveaux sont libres de varier.

Ainsi, à l'intérieur du groupe protéines, l'élasticité croisée Soja - Autres protéines (SO-AP) passe de 0.89 dans la matrice M_0 à 0.75 dans la matrice M^* (2ème niveau) à volume donné d'aliments composés, pour devenir 0.72 dans la matrice M_1 lorsque la substitution de ceux-ci avec les aliments fermiers est prise en compte, et seulement 0.62 lorsque la demande de ration et l'offre de produits animaux sont elles mêmes variables.

Les effets croisés entre les agrégats céréales énergie protéines qui sont de plus faible ampleur à l'origine au niveau 2 (ex. $e_{CP}^A = 0.37$) deviennent presque nuls dans la matrice finale M_2 à cause de l'importance des effets d'expansion par rapport aux effets de substitution lorsque les agrégats sont peu substituables. Dans le cas présent la demande de fourrage apparaît même comme un complément brut par rapport à tous les aliments concentrés, car la substituabilité (à ration constante) est supposée faible chez les monogastres. Il en est de même pour les ingrédients énergétiques qui tendent à devenir complémentaires des céréales quand la ration et l'offre d'animaux deviennent variables.

Cette tendance à la complémentarité des inputs est conforme aux observations de SAKAI (1974) selon laquelle dans une technologie "normale" la complémentarité a tendance à dominer, la substitution entre inputs devient limitée à l'intérieur d'ensemble très homogènes composés d'éléments très désagrégés (ex. corn gluten dans les protéines ...). Dans la mesure où la partition des ingrédients est réellement conforme à la séparabilité supposée les implications pour la politique économique sont importantes. Il faut remarquer que le résultat final en M_2 dépend beaucoup de l'hypothèse faite sur l'élasticité de demande de ration. On peut penser que dans l'illustration elle correspond plutôt à une sous estimation.

(ii) Les effets d'expansion renforcent les élasticités prix propres.

Comme le signe de l'effet d'expansion du prix d'un ingrédient est négatif les effets propres se renforcent quand les niveaux successifs sont décontraints. Ainsi l'élasticité propre des autres céréales, faible dans l'étage céréale fixé (-0.54) devient -0.92 dans les aliments composés à niveau de céréale variable. Et l'effet d'expansion lorsque l'offre d'animaux varie la ramène à -0.94 alors que la prise en compte des céréales fermières l'avaient dans l'agrégation faite baisser à -0.64. On s'attend à des effets cumulés d'autant plus importants que la part d'un ingrédient dans le coût de la ration totale est grande.

(ex : $s_{AC}^R = 0.37$). Les changements successifs sont beaucoup plus faibles pour des ingrédients mineurs (ex : $s_{GF}^R = 0.01$). Il y a toutefois une sorte de compensation qui s'effectue le long de l'arbre d'agrégation. Pour une substitution $a_{BL,AC}^C$ donnée entre blé et autres céréales l'élasticité croisée $e_{BL,AC}^C$ du blé relatif aux autres céréales est plus forte que $e_{AC,BL}^C$ à cause de la part des autres céréales. Ainsi dans le groupe céréales, le blé est-il plus élastique que les autres céréales (- 1.46 au lieu de -0,54)

alors que dans la matrice finale M_2 la différence blé-autres céréales est beaucoup plus faible à cause de l'impact différent sur le coût total de la ration d'une variation du prix du blé ou des céréales secondaires. Ces résultats sont conformes au principe de Le Chatelier qui veut que la réponse d'un système s'accroît lorsque les contraintes sont relâchées.

(iii) En résumé : la substituabilité ne reste importante qu'entre les éléments d'un même agrégat, les effets propres restent importants et croissent avec la décontrainte des niveaux. Il en va de même pour les complémentarités (ex : $e_{E,P}$) qui se cumulent. Seules les ingrédients majeurs qui étaient substitués gardent des effets croisés sur les autres, d'ampleur significative (e.g. AT).

Au total il semble bien qu'à quelques exceptions près (complémentarités entre agrégats de type EP et input majeurs) les effets croisés tendent à céder le pas aux effets directs sauf à l'intérieur des groupes de matières premières finalement très proches.

(iv) La comparaison entre types de produits animaux est dominée par la relation avec les fourrages qui augmentent l'élasticité propre des céréales en particulier (Matrice M_1). Il n'est pas surprenant de penser que les céréales et les concentrés ont une marge de pénétration importante chez les polygastriques comme le suggère l'exemple des Pays-Bas où leur part est élevée. Les effets croisés du prix des fourrages étant forts tout élément alourdissant leur coût (ex : prix des facteurs primaires : foncier, travail ...) jouera dans le sens d'un développement des concentrés. Bien entendu l'élasticité propre de la demande de fourrage dans M_2 est beaucoup plus forte chez les ruminants que les monogastriques à cause de leur place dominante dans la ration des premiers.

= Une validation partielle

On peut tester la robustesse de la ration par rapport aux changements de prix, relativement à son contenu en énergie et protéine par un indicateur approprié.

Soit u_i (resp. v_i) le contenu en énergie (resp. protéines) de l'ingrédient x_i

$$u = \sum u_i x_i ; v = \sum v_i x_i$$

on obtient les élasticités de contenu suivantes :

$$\frac{\partial \text{Log } u}{\partial \text{Log } w_j} = \frac{w_j}{u} \sum u_i \frac{\partial x_i}{\partial w_j} = \sum \frac{u_i x_i}{u} e_{ij}$$

Un même calcul de pondération des lignes de M_1 est réalisé pour les protéines et on obtient pour les monogastres les résultats suivants qui montrent que l'équilibre de la ration en protéines et énergie est bien conservé. Ainsi une élévation de prix du blé de 10 % qu'entraîne une baisse d'incorporation de 11 % change le contenu en énergie et protéine de bien moins que 1 %.

	FG	BT	AT	MN	AE	SO	GF	OP
$\sum u_i x_i e_{ij}/u$	-0.01	-0.03	-0.05	-0.06	-0.09	-0.00	-0.00	0.07
$\sum v_i x_i e_{ij}/u$	-0.02	-0.01	-0.11	0.03	-0.04	-0.19	-0.01	0.10

- Une matrice de demande globale (agrégée sur les produits animaux).

On peut déduire une matrice globale d'élasticités de demande en pondérant les lignes des matrices M_2 des trois groupes d'animaux par leurs parts dans la consommation de l'ingrédient correspondant à chaque ligne. On obtient ainsi la matrice M du tableau 2.

Tableau 2. Matrice globale d'élasticité de demande (M)

	$\epsilon_{RR}^{\text{Lait}} = -0,5$			$\epsilon_{RR}^{\text{Monogastre}} = -0,8$			$\epsilon_{RR}^{\text{boeuf}} = -0,5$	
	FO	BL	AT	MN	OE	SO	GF	AP
Coef. lait	0.68	0.25	0.21	0.09	0.39	0.29	0.58	0.40
Coef. monog	0.07	0.65	0.68	0.87	0.37	0.61	0.13	0.32
Coef. boeuf	0.25	0.10	0.10	0.04	0.24	0.10	0.29	0.28
	FO	BT	AT	MN	OE	SO	GF	AP
FO	-0.805	0.010	0.037	0.004	0.090	0.032	0.019	0.115
BT	0.072	-1.303	0.495	-0.001	0.002	0.017	0.004	0.029
AT	0.057	0.162	-0.960	-0.001	0.004	0.017	0.004	0.028
MN	0.016	-0.008	-0.020	-1.783	1.435	-0.183	-0.022	-0.193
OE	0.245	0.000	0.006	0.232	-0.535	-0.158	-0.053	-0.326
SO	0.129	0.014	0.042	-0.043	-0.255	-1.382	0.179	0.643
GF	0.349	0.011	0.041	-0.029	-0.350	0.538	-1.404	0.332
AP	0.271	0.013	0.040	-0.033	-0.295	0.394	0.087	-1.044

La matrice M tient compte des comportements des gros consommateurs d'un ingrédient, ainsi le prix des fourrages jouerait peu sur le manioc qui est surtout consommé par les porcs mais beaucoup sur le corn-gluten feed qui est surtout destiné aux vaches laitières. Il en est de même dans une certaine mesure pour les sous produits (Autre Energie).

On retrouve au total que la substituabilité céréales, aliments importés reste faible, ce qui laisserait penser que l'action sur leur propre prix aurait plus d'importance sur leur incorporation que le renchérissement de leur substitut au niveau de l'ensemble de la formule alimentaire Européenne, sans que cela ne justifie l'actuelle distorsion. Toutefois ce résultat est lié aux hypothèses sous-jacentes qui sont en partie fondées mais qui mériteraient un traitement statistique approfondi.

3. Conclusion

La démarche proposée permet de construire sous des hypothèses assez fortes de séparabilité des systèmes de demande dérivée d'ingrédients désagrégés. La bonne connaissance relative des parts dans le coût aide à fournir des ordres de grandeurs des effets et de les hiérarchiser. Elle a souligné l'importance des effets d'expansion à divers niveaux.

Il est clair qu'un travail économétrique spécifique serait requis pour vérifier le bien fondé des hypothèses de séparabilité adoptée ainsi que pour préciser les partitions les plus adéquates des agrégats et leur composition. Les données manquent souvent de précision pour réaliser un tel travail au niveau de l'ensemble CEE mais pourraient être conduites sur certains pays. Une démarche de type Denny et Fuss (1977) semble indiquée.

Un test de validation partielle sur le plan technique suggère que la sensibilité des contenus de la ration totale en énergie et protéines est faible ce qui semble une condition nécessaire mais non suffisante de robustesse.

Sur le plan de la politique agricole commune la matrice finale suggère que l'utilisation des céréales dans le débouché de l'alimentation animale serait beaucoup plus sensible à une baisse de leur propre prix qu'à une taxation des matières importées protéiques ou énergétiques. La demande de celles-ci est d'ailleurs plus sensible au prix des céréales elles-mêmes que l'inverse à cause de l'importance des céréales dans la ration.

Enfin une altération par taxation par exemple d'un ingrédient précis aurait pour conséquence principale un report sur les ingrédients proches et similaires. Ainsi la taxation du corn gluten feed se reporterait plus sur le soja et les autres protéines que sur les céréales par exemple.

REFERENCES

- Allen R.G.D. (1938) Mathematical analysis for economists. St-Martin's Press.
- Berndt E.R. and Wood D.O. (1979) Engineering and Econometric interpretation of energy-capital complementarity. American Economic Review 69 (3) : 342-354.
- Berndt E.R. and Christensen L.R. (1973) The international structure of functional relationships : separability, substitution, and aggregation. Rev. of EC. Stud. 40 (3) : 403-409.
- Brandow G.E. Interrelations Among Demands for Farm Products and Implications for Control of Market Supply, Pennsylvania State Agr. Sta. Bul. 680, 1961.
- Denny M. and Fuss M. (1977) The use of approximation analysis to test for separability and existence of consistent aggregates. Am. Ec. Rev. 67 : 404-418.
- Demarty J.L., La demande de céréales par les fabricants d'aliments composés en France, Note Direction de la Prévision (non publiée), 1979.
- Diewert W.E. (1974a) A note on aggregation and the elasticity of substitution. Canad. Journ. of Econ. 7(1) Féb.
- Diewert W.E. (1974b) Application of duality theory in Intriligator et Kendrick ed. Frontiers in quantitative economics - North Holland.
- Fuss M. (1977) The demand for energy in canadian manufacturing. Journ. of Econometrics 5 : 87-116.
- Hillberg A.M. Limiting EC Grain Substitute imports : a simulation model of the West German manufactured feed economy. European Review of Agriculture Economics, 13, 1986, pp.43-56.
- Leuck, Dale J., Analysis of the Feed-Livestock Sector of the European Community, ERS Staff Report No. AGES840529. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 1985.
- McKinzie L., Paalberg P.L. and Huerta I.P. : Estimating a complete matrix of demand elasticities for feed components using pseudo data : a case study of dutch compound Livestock Feeds. European review of agricultural economics, 13-1, 1986, pp. 23-42.
- Moschini G. and Surry Y. Analysing Input Substitutability in the EC compound Feed Industry : A duality Theory Approach, Discussion Paper no 24/1, School of Agricultural Economics and Extension Services, University of Guelph, Ontario, Canada, 1984.

Munk K.J. (1985) The effect of changes in prices and quotas : an example of the use of an agricultural sector model based on the Johansen approach. European Review of Agricultural Economics 1985. 12 (4) : 365-380.

OECD (1985) Feed demand elasticities : joint working party of the committee for agriculture.

OECD (1987) Politiques nationales et échanges agricoles, mai, 86 p. + Annexes.

Peterson E. and Auerbach M. Consequences of the imposition of import duties on soybeans by the european community. Departmental information report, the Texas agricultural experimentation station, April 1985.

Russel R.R. (1975) Functional separability and partial elasticities of substitution. Rev. of Ec. Stud. 42 (1)ⁱ : 79-85.

Surry Y. An econometric study of future trends in demand for soybeans and soybean products in France. Unpublished MS Thesis, University of Guelph, canada, 1980.

Wendlemaier H. and Krebs E. A prognosis and Simulation Model for the EC cereal market, volume n° 80, Information on Agriculture, Commission of the European Communities.

UNE METHODE DE CONSTRUCTION D'UN SYSTEME COMPLET DE DEMANDE
DERIVEE DES INGREDIENTS DE L'ALIMENTATION ANIMALE

L. MAHE, M. HARLEY, J. ZIETSCH*

L'industrie des aliments du bétail utilise une gamme de plus en plus étendue d'ingrédients dans ses formules. L'estimation d'un système complet de demande dérivée des matières premières utilisées par les fabricants et les éleveurs devient donc difficile au moins en raison des problèmes de collinéarité, circonstance aggravée par la corrélation forte entre les prix des ingrédients souvent fortement substituables.

Comme les exigences techniques sur les formules portent principalement sur leur contenu en énergie et en protéine, on se propose d'agréger les matières premières en quelques groupes basés sur leur contenu relatif énergie/protéine, et de faire l'hypothèse de séparabilité entre ces agrégats. La technologie est alors supposée comporter plusieurs niveaux et les élasticités directes et croisées entre ingrédients élémentaires sont déduites d'informations existantes sur les élasticités au sens de Allen, entre groupes et à l'intérieur des groupes. La symétrie et l'homogénéité sont préservées dans cette procédure. De tels systèmes de demande ont été construits pour plusieurs pays y compris de la CEE. De tels systèmes complets de demande dérivée permettent d'évaluer les impacts relatifs de changement de prix affectant des ingrédients majeurs comme les céréales et de les comparer à ceux portant sur des ingrédients moins importants dans le coût comme le manioc ou les autres produits de substitution aux céréales. Cette approche conduit à souligner l'amplitude de l'effet d'expansion relative à l'effet de substitution dans le comportement de la demande dérivée. Quelques enseignements peuvent être tirés de cette analyse concernant la politique agricole.

*INRA - ESR
65, rue de St-Brieuc - 35042 RENNES CEDEX

OCDE
2, rue André Pascal - 75775 PARIS CEDEX 16

Vth European Congress of Agricultural Economists.
Aug. 31 - Sept. 4 1987

AN APPROACH TO BUILD A COMPREHENSIVE SYSTEM OF
DERIVED DEMAND FOR FEED INGREDIENTS

L. MAHE, M. HARLEY, J. ZIETSCH *

The number of ingredients currently used by compounders in EC has become quite large. As a consequence estimating a complete demand system of feed ingredients by using econometric methods becomes difficult if only due to collinearity problems. The more so as price of close substitutes tend to be correlated. Since the main technical requirements in feed are related to energy and protein contents, it is proposed to aggregate individual items in groups on the basis of their energy protein ratio and to assume separability between those aggregates. The technology is then assumed to have several levels and the direct and cross price elasticities between elementary feed are derived from outside knowledge of the Allen elasticities of substitution within groups and between groups. Symmetry and homogeneity is preserved in that process. Such complete demand systems have been built for several countries including EC members. Complete derived demand systems allow for assessing the relative impacts of price changes occurring on major items like grains as compared to smaller ones like manioc or other grain substitutes. In that context it is shown how important for the derived demand behaviour, is the expansion effect due to an ingredient price increase relative to the substitution effect. Some policy implications may be drawn from that analysis.

* INRA - ESR
65, rue de St-Brieuc - 35042 RENNES CEDEX

O.E.C.D.
2, rue André Pascal - 76775 PARIS CEDEX 16

Annexe 1. Illustration détaillée Monogastres.

1er NIVEAU

MONOGASTRES
* * * *

Substitution entre FO, BF, AF, A, dans la
ration de la ferme

Impression : (ALT)P

\P /IICMONOG^ZIQ

	FO	BF	AF	A	
FO	-2.66	0.20	0.20	0.20	
BF	0.20	-11.28	1.00	0.70	
AF	0.20	1.00	-3.09	0.70	
A	0.20	0.70	0.70	-0.26	
	0.070	0.060	0.180	0.690	1.00
	-0.19	0.01	0.04	0.14	
	0.01	-0.68	0.18	0.48	
	0.01	0.06	-0.56	0.48	
	0.01	0.04	0.13	-0.18	

2ème NIVEAU

Substitution entre Grain, Energy, Protein,
dans la construction des AI COMP.

	C	E	P	
C	-1.42	0.70	0.95	
E	0.70	-0.80	-0.20	
P	0.95	-0.20	-0.80	
%total	0.260	0.160	0.270	0.690
	0.377	0.232	0.391	1.000
	-0.53	0.16	0.37	
	0.26	-0.19	-0.08	
	0.36	-0.05	-0.31	

3ème NIVEAU

Substitution entre BLE,
et Cereales Fourrageres

Substitution entre Manioc,
AUT.ENER. dans ENERGIE

Substitution entre Soja, C. Gluten
F. et Autres protei. dans PROTEINS

	BL	CF		MN	AE		SO	GF	AP			
BL	-5.43	2.00		MN	-6.90	2.30	SO	-1.86	2.00	2.00		
CF	2.00	-0.74		AE	2.30	-0.77	GF	2.00	-46.00	1.50		
%total	0.070	0.190	0.260	%total	0.040	0.120	0.160	AP	2.00	1.50	-2.46	
%CF	0.101	0.275	0.377	%CF	0.058	0.174	0.232	%total	0.140	0.010	0.120	0.27
	0.269	0.731	1.000		0.250	0.750	1.000	%CF	0.203	0.014	0.174	0.39
									0.519	0.037	0.444	1.00
	-1.46	1.46			-1.72	1.72						
	0.54	-0.54			0.58	-0.58						
								CF	-0.96	0.07	0.89	
									1.04	-1.70	0.67	
									1.04	0.06	-1.09	

MATRICE 3ème NIVEAU U (C, E, P constants) MO

	BL	CF	MN	AE	SO	GF	AP
BL	-1.46	1.46					
CF	0.54	-0.54					
MN			-1.72	1.72			
AE			0.58	-0.58			
SO					-0.96	0.07	0.89
GF					1.04	-1.70	0.67
AP					1.04	0.06	-1.09
Parts	0.27	0.73	0.25	0.75	0.52	0.04	0.44

MATRICE 2ème NIVEAU (CF constant)

Matrice d'expansion :

	BL	CF	MN	AE	SO	GF	AP
BL	-0.144	-0.390	0.041	0.122	0.193	0.014	0.165
CF	-0.144	-0.390	0.041	0.122	0.193	0.014	0.165
MN	0.071	0.193	-0.046	-0.139	-0.041	-0.003	-0.035
AE	0.071	0.193	-0.046	-0.139	-0.041	-0.003	-0.035
SO	0.096	0.262	-0.012	-0.035	-0.162	-0.012	-0.138
GF	0.096	0.262	-0.012	-0.035	-0.162	-0.012	-0.138
AP	0.096	0.262	-0.012	-0.035	-0.162	-0.012	-0.138

Matrice finale :

	BL	CF	MN	AE	SO	GF	AP	
BL	-1.605	1.071	0.041	0.122	0.193	0.014	0.165	0.000
CF	0.395	-0.929	0.041	0.122	0.193	0.014	0.165	0.000
MN	0.071	0.193	-1.771	1.586	-0.041	-0.003	-0.035	0.000
AE	0.071	0.193	0.529	-0.714	-0.041	-0.003	-0.035	0.000
SO	0.096	0.262	-0.012	-0.035	-1.125	0.063	0.750	0.000
GF	0.096	0.262	-0.012	-0.035	0.875	-1.715	0.528	-0.000
AP	0.096	0.262	-0.012	-0.035	0.875	0.044	-1.231	-0.000

MATRICE 1er NIVEAU (A variable, R const.)

Part dans	A :	0.101	0.275	0.058	0.174	0.203	0.014	0.174	1.000
-----------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Matrice d'expansion

	FO	BF	AF	(----	A	----)				
				BL	CF	MN	AE	SO	GF	AP
FO	-0.186	0.012	0.036	0.014	0.038	0.008	0.024	0.028	0.002	0.024
BF	0.014	-0.677	0.180	0.049	0.133	0.028	0.084	0.098	0.007	0.084
AF	0.014	0.060	-0.557	0.049	0.133	0.028	0.084	0.098	0.007	0.084
BL	0.014	0.042	0.126	-0.018	-0.050	-0.011	-0.032	-0.037	-0.003	-0.032
CF	0.014	0.042	0.126	-0.018	-0.050	-0.011	-0.032	-0.037	-0.003	-0.032
MN	0.014	0.042	0.126	-0.018	-0.050	-0.011	-0.032	-0.037	-0.003	-0.032
AE	0.014	0.042	0.126	-0.018	-0.050	-0.011	-0.032	-0.037	-0.003	-0.032
SO	0.014	0.042	0.126	-0.018	-0.050	-0.011	-0.032	-0.037	-0.003	-0.032
GF	0.014	0.042	0.126	-0.018	-0.050	-0.011	-0.032	-0.037	-0.003	-0.032
AP	0.014	0.042	0.126	-0.018	-0.050	-0.011	-0.032	-0.037	-0.003	-0.032

Matrice finale	FO	BF	AF	A							----)
				BL	CF	MN	AE	SO	GF	AF	
FO	-0.186	0.012	0.036	0.014	0.038	0.008	0.024	0.028	0.002	0.024	-0.000
BF	0.014	-0.677	0.180	0.049	0.133	0.028	0.084	0.098	0.007	0.084	0.000
AF	0.014	0.060	-0.557	0.049	0.133	0.028	0.084	0.098	0.007	0.084	0.000
BL	0.014	0.042	0.126	-1.624	1.021	0.030	0.090	0.156	0.011	0.134	0.000
CF	0.014	0.042	0.126	0.376	-0.979	0.030	0.090	0.156	0.011	0.134	0.000
MN	0.014	0.042	0.126	0.053	0.143	-1.782	1.554	-0.078	-0.006	-0.066	-0.000
AE	0.014	0.042	0.126	0.053	0.143	0.518	-0.746	-0.078	-0.006	-0.066	-0.000
SO	0.014	0.042	0.126	0.078	0.211	-0.022	-0.066	-1.161	0.060	0.719	0.000
GF	0.014	0.042	0.126	0.078	0.211	-0.022	-0.066	0.839	-1.718	0.497	-0.000
AP	0.014	0.042	0.126	0.078	0.211	-0.022	-0.066	0.839	0.041	-1.263	-0.000

$BT = BF + BL$ $AT = AF + CF$

Matrice agrégée	M1	FO	BT	AT	MN	AE	SO	GF	AF	
FO		-0.186	0.026	0.074	0.008	0.024	0.028	0.002	0.024	-0.000
BT		0.014	-1.142	0.762	0.029	0.087	0.129	0.009	0.111	0.000
AT		0.014	0.268	-0.644	0.029	0.087	0.128	0.009	0.109	0.000
MN		0.014	0.095	0.269	-1.782	1.554	-0.078	-0.006	-0.066	-0.000
AE		0.014	0.095	0.269	0.518	-0.746	-0.078	-0.006	-0.066	-0.000
SO		0.014	0.120	0.337	-0.022	-0.066	-1.161	0.060	0.719	0.000
GF		0.014	0.120	0.337	-0.022	-0.066	0.839	-1.718	0.497	-0.000
AP		0.014	0.120	0.337	-0.022	-0.066	0.839	0.041	-1.263	-0.000
Energie		-0.011	-0.035	-0.048	-0.062	0.091	-0.006	-0.003	0.075	0.000
Protéine		-0.016	0.012	0.109	0.027	-0.040	-0.187	-0.008	0.104	0.000

DEMANDE D'INGREDIENT (Offre prod. animaux variable) MATRICE M2 MONOGASTRES

Fart dans la ration 0.070 0.130 0.370 0.040 0.120 0.140 0.010 0.120 1.000

Elast. demande de la ration ---) -0.80

	FO	BT	AT	MN	AE	SO	GF	AP
FO	-0.242	-0.078	-0.222	-0.024	-0.072	-0.084	-0.006	-0.072
BT	-0.042	-1.246	0.466	-0.003	-0.009	0.017	0.001	0.015
AT	-0.042	0.164	-0.940	-0.003	-0.009	0.016	0.001	0.013
MN	-0.042	-0.009	-0.027	-1.814	1.458	-0.190	-0.014	-0.162
AE	-0.042	-0.009	-0.027	0.486	-0.842	-0.190	-0.014	-0.162
SO	-0.042	0.016	0.041	-0.054	-0.162	-1.273	0.052	0.623
GF	-0.042	0.016	0.041	-0.054	-0.162	0.727	-1.726	0.401
AP	-0.042	0.016	0.041	-0.054	-0.162	0.727	0.033	-1.359

ANNEXE N.2

DEMANDE D'INGREDIENT (Offre prod. animaux variable)

MATRICE M2 BOEUF

Part dans la ration 0.450 0.030 0.060 0.005 0.085 0.070 0.020 0.280

Elast. demande de la ration ---) -0.40

	FO	BT	AT	MN	AE	SO	GF	AP
FO	-0.975	0.023	0.046	0.006	0.094	0.077	0.022	0.308
BT	0.345	-1.360	0.425	0.002	0.026	0.031	0.009	0.124
AT	0.345	0.212	-1.148	0.002	0.026	0.031	0.009	0.124
MN	0.495	0.009	0.018	-1.892	1.829	-0.162	-0.046	-0.650
AE	0.495	0.009	0.018	0.108	-0.171	-0.162	-0.046	-0.650
SO	0.495	0.013	0.026	-0.012	-0.197	-0.851	0.069	0.056
GF	0.495	0.013	0.026	-0.012	-0.197	0.241	-0.720	-0.247
AP	0.495	0.013	0.026	-0.012	-0.197	0.014	-0.018	-0.722

DEMANDE D'INGREDIENT (Offre prod. animaux variable)

MATRICE M2

LAIT

Part dans la ration 0.520 0.030 0.130 0.010 0.150 0.040 0.030 0.090

Elast. demande de la ration ---) -0.50

	FO	BT	AT	MN	AE	SO	GF	AP
FO	-0.800	0.015	0.061	0.007	0.105	0.028	0.021	0.063
BT	0.260	-1.428	0.598	0.001	0.019	0.012	0.009	0.028
AT	0.244	0.138	-0.980	0.002	0.036	0.015	0.011	0.033
MN	0.364	0.004	0.031	-1.431	1.032	-0.125	-0.094	-0.281
AE	0.364	0.004	0.031	0.069	-0.468	-0.125	-0.094	-0.281
SO	0.364	0.009	0.048	-0.031	-0.468	-1.793	0.483	0.888
GF	0.364	0.009	0.048	-0.031	-0.468	0.645	-1.673	0.607
AP	0.364	0.009	0.048	-0.031	-0.468	0.395	0.202	-1.019