

Input-Output et Marketing

Georges Molins-Ysal

Volume 47, numéro 1, avril-juin 1971

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1004354ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1004354ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)

1710-3991 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Molins-Ysal, G. (1971). Input-Output et Marketing. *L'Actualité économique*, 47(1), 18-73. <https://doi.org/10.7202/1004354ar>

Input-Output et Marketing¹

L'application du modèle input-output a atteint le stade de la troisième génération. Conçu primitivement à l'échelle d'une nation, le modèle a d'abord été annexé par la comptabilité nationale et, dans de nombreux pays, par la planification nationale. La restriction et l'extension du cadre géographique national ont fait apparaître les applications de la deuxième génération : l'analyse régionale et internationale. On assiste enfin à l'utilisation de plus en plus systématique du modèle au niveau de la firme^{2,3}.

1. Cette étude a été réalisée avec l'aide financière du Fonds de la Recherche de l'École des H.E.C. de Montréal. Nous tenons également à remercier le professeur W. Leontief (Harvard University), Mrs. Ann Carter (Harvard Economic Research Project), T. Gigantes (Bureau fédéral de la Statistique, Ottawa), J. Lintner (Harvard Business School), J. Matuszewski (Université Laval), pour les facilités mises à notre disposition. Nous devons de précieux renseignements à G.H. Blackett (The Institute for Interindustry Data) et aux magazines *Fortune* et *Scientific American*. David Cohen, assistant de recherche, a été d'une aide constante au cours de l'élaboration de cette étude.

2. Il serait fastidieux d'énumérer les firmes qui font appel à cette technique analytique aux États-Unis. Certaines firmes s'entourent du secret commercial, d'autres utilisent l'input-output via les services de sociétés spécialisées, de sorte qu'il est difficile de dresser un inventaire complet des applications. On peut cependant énumérer : des firmes de services comme Arthur Little Inc., Battelle Memorial Institute, CEIR Inc., Data Resources Inc., IBM... ; des sociétés métallurgiques : American Metal Climax Inc., National Steel... ; des sociétés de pétrole : American Oil Co., Standard Oil of New Jersey... ; des sociétés aéronautiques : North American Aviation Inc.,... ; des sociétés chimiques : Celanese... ; des compagnies aériennes : United Airlines... ; des compagnies automobiles : Ford... ; des compagnies d'électricité : Western Electric Co... ; *Business Week*, *Forbes*, *Fortune*, *Marketing Forum*, *Sales Management*, *Scientific American*... consacrent fréquemment des rubriques aux applications de l'input-output à la gestion des affaires.

3. Il est juste de signaler que certaines firmes mettent sérieusement en doute l'efficacité de cet outil. Citons Dow Chemical, Dupont de Nemours, Goodrich, Shell Chemical... Certaines institutions ont même manifesté une franche hostilité : tel est le cas de l'American Iron and Steel Institute, encore que la raison profonde de cette hostilité serait, selon certains mauvais esprits, non pas le niveau d'agrégation trop élevé des tableaux publiés mais le fait que ces mêmes tableaux aient permis aux économistes de la Maison Blanche de mettre en évidence l'impact sur le niveau général des prix d'une hausse du prix de l'acier...

Toute firme cherche à se situer par rapport à son environnement économique, au niveau de la nation, de la région, de l'industrie. De ce point de vue, les tableaux input-output sont les compléments naturels des agrégats de l'activité économique nationale. Ils permettent une analyse structurelle approfondie et ouvrent la voie à l'analyse prévisionnelle. On sait qu'un des traits du capitalisme contemporain est la mise en œuvre d'une planification (à court, et surtout à long terme) dans un nombre de plus en plus grand d'entreprises : l'input-output sert fréquemment de support à cette planification.

On peut affirmer de façon générale que l'application de l'input-output à la gestion de la firme a dépassé le point de non-retour. Il importe cependant de dégager nettement le profil de la firme utilisatrice : ce faisant, on sera à même de constater que cette technique n'intéresse pas au même degré toutes les firmes. Nous nous sommes limités à un seul aspect de la gestion de la firme, le marketing, entendu ici au sens étroit d'*analyse structurelle et prévisionnelle des débouchés de la firme*. La localisation des débouchés sera systématiquement ignorée.

La structure théorique du modèle input-output est extrêmement simple ; sa structure comptable est un peu plus complexe. Il convient de rappeler brièvement l'une et l'autre. Il est bon que la firme ait une parfaite connaissance des tableaux publiés : quelques indications concernant les tableaux publiés aux États-Unis et au Canada figureront ensuite. Viendront enfin les applications proprement dites du modèle au marketing :

- analyse structurelle des débouchés
- analyse prévisionnelle de court terme (à vrai dire, nous étalerons la période de prévision sur 5 ans)
- analyse prévisionnelle de long terme (horizon de 10 à 15 ans).

Il n'est pas dans nos intentions de masquer les difficultés et les incertitudes de l'application de cette technique : une saine appréciation vaut mieux qu'un enthousiasme déplacé. Une fois toutes les réserves faites, il reste que le bilan global est largement positif.

I. — LE MODÈLE INPUT-OUTPUT⁴

Le modèle input-output repose sur l'étroite imbrication entre deux phases successives : la phase de l'enregistrement comptable des transactions en biens et services observées, au cours d'une période donnée, au sein de l'économie considérée, la phase d'élaboration d'un schéma théorique explicatif du fonctionnement du système étudié.

A) *Modèle comptable*

Les grandeurs économiques concernées sont les flux de transactions en biens et services observées au cours d'une année et ayant pris place :

- au sein du système productif lui-même : ce sont les transactions *intermédiaires*
- entre le système productif et les utilisateurs de biens et services finals (consommateurs, investisseurs, gouvernements, acheteurs étrangers) : ce sont les transactions *finales*
- entre le système productif et les titulaires de revenus (salariés, titulaires de profits, capitalistes prêteurs, gouvernements...) : ce sont les transactions *primaires*.

Le cœur du système est constitué par l'ensemble des transactions intermédiaires. On peut considérer que celles-ci ont lieu entre des unités statistiques conventionnelles appelées industries, auquel cas le tableau des transactions intermédiaires est *carré*, puisqu'il y a autant d'acheteurs que de vendeurs. On peut considérer aussi qu'une industrie est caractérisée par la production d'un certain complexe de biens et services, et par l'acquisition d'un autre complexe de biens et services. Comme le nombre d'industries n'est pas nécessairement égal au nombre de biens (en fait on distingue un nombre

4. L'ouvrage de base reste : *The Structure of the American Economy 1919-1939* de W. Leontief (Harvard U.P., 1941). Traduction française : *La Structure de l'économie américaine 1919-1939*, Éditions Génin, 1958.

La littérature sur le sujet étant très abondante, on aura intérêt à consulter les recueils bibliographiques publiés régulièrement par l'O.N.U.

Citons cependant deux manuels : H.B. Chenery and P.G. Clark, *Interindustry Economics*, John Wiley and Sons, 1959, et Chiou-Shuang Yan, *Introduction to Input-Output Economics*, Holt, Rinehart and Winston, 1968.

de biens largement supérieur au nombre d'industries), il convient de disposer de deux tableaux *rectangulaires*, l'un indiquant l'ensemble des achats intermédiaires (en termes de biens et services) de toutes les industries, l'autre l'ensemble des productions (en termes d'industries) de tous les biens et services.

1 — *Tableaux carrés* — On sait que chaque flux interindustriel d'un tableau carré apparaît simultanément comme un output (de l'industrie en tête de ligne) et comme un input (de l'industrie en tête de colonne). Il est possible de calculer les *coefficients d'output* (en divisant chaque élément d'une ligne par le total de la ligne) et les *coefficients d'input* (en divisant chaque élément d'une colonne par le total de la colonne).

Le tableau input-output vise à donner une image fidèle et cohérente des transactions en biens et services. Mais il ne saurait fournir une explication des valeurs prises par les grandeurs concernées au cours de la période d'observation. En fait, tout modèle théorique subdivise l'ensemble des grandeurs en deux sous-ensembles : les grandeurs dont le modèle doit expliquer la valeur (variables endogènes), celles dont la valeur est supposée connue (variables exogènes). Admettons que les livraisons des industries à la demande finale soient les variables exogènes : le modèle comptable ne peut expliquer *pourquoi* les outputs des industries et les flux inter-industriels ont pris les valeurs observées.

Cette carence rend impossible la réponse à la question suivante : quel aurait été l'ensemble des transactions observées si la demande finale avait été différente pour une industrie au moins⁵? Il est également impossible de réaliser une prévision : quel sera l'ensemble des transactions si la demande finale prend tel ensemble de valeurs? La phase *théorique* doit nécessairement succéder à la phase *comptable*.

2 — *Tableaux rectangulaires* — La correspondance biunivoque bien-industrie est écartée dans les tableaux rectangulaires : une industrie peut produire plusieurs biens et un même bien peut être produit par plusieurs industries. Le premier tableau requis décrit en

5. Une telle question relève de la technique analytique appelée « statique comparative ».

colonne les achats d'inputs intermédiaires et primaires par les différentes industries ; il est bordé par une colonne supplémentaire affectée aux livraisons des différents biens aux utilisateurs finals. Ce tableau permet de calculer les *coefficients d'input*, en divisant la valeur de chaque input par la valeur de l'activité de l'industrie considérée.

Le second tableau exprime la production des différents biens par industrie d'origine : il permet de calculer les *coefficients de part de marchés* ; en divisant la production de chaque industrie en un bien donné par la valeur totale de la production de ce bien, on obtient la part du marché de ce bien imputable à chaque industrie ⁶.

B) *Modèle théorique*

Il faut disposer d'une représentation théorique du fonctionnement du système qui explique les valeurs des variables endogènes effectivement observées et qui détermine les valeurs de ces variables pour un ensemble quelconque de valeurs attribuées aux variables exogènes, c'est-à-dire aux éléments de la demande finale. Le modèle input/output offre un exemple où le raisonnement logique et l'observation empirique se sont combinés pour donner naissance à l'hypothèse théorique fondamentale de constance des coefficients d'input.

La livraison de l'industrie i à l'industrie j est supposée *proportionnelle* à l'output de l'industrie j . Il est aisé d'admettre que les achats des différents inputs augmentent avec la production de l'industrie acheteuse ; il est plus restrictif de poser que les achats sont proportionnels à cette production. W. Leontief n'a pas tenté de justifier cette hypothèse ⁷ dans l'absolu : il est clair qu'elle est restrictive mais, dans le cadre de l'intervalle de vraisemblance dans lequel elle est censée s'appliquer, elle ne fait pas violence à la réalité.

La comparaison systématique des coefficients d'input observés durant des périodes différentes (parfois très éloignées les unes des

6. D'autres types de proportions peuvent être mis en évidence. On peut calculer les coefficients exprimant la répartition de la production des différents biens par industrie destinataire, ainsi que les coefficients exprimant la répartition de l'activité des différentes industries selon la nature des biens produits.

7. Cette hypothèse est en fait celle des rendements constants par rapport à l'échelle de production.

autres) a révélé en outre que les coefficients étaient remarquablement stables⁸.

L'observation venait donc confirmer l'hypothèse fondamentale. En fait, il s'agit de deux phénomènes foncièrement différents. Il peut y avoir proportionnalité durant deux périodes distinctes sans que les coefficients d'input observés dans chacune de ces deux périodes aient la même valeur. De même, on peut avoir observé un même coefficient d'input au cours de deux périodes sans que, à l'intérieur de chacune des périodes, la proportionnalité ait été effective, c'est-à-dire que les rendements aient été constants⁹.

La formulation d'une hypothèse théorique appuyée par le raisonnement logique et/ou l'observation empirique ne garantit pas la viabilité du modèle : celui-ci doit pouvoir s'appliquer à une situation réalisée quelconque¹⁰.

1 — *Modèle carré*¹¹ — En désignant par x_{ij} les livraisons observées de l'industrie i à l'industrie j , x_j la production observée de l'industrie j , le coefficient d'input a_{ij} a été défini comme le rapport :

$$(1) \quad a_{ij} \equiv \frac{x_{ij}}{x_j} \quad (\forall i, \forall j)$$

D'après l'hypothèse de proportionnalité, les livraisons de i à j sont proportionnelles à la production de j , c'est-à-dire que, quel que soit x_j , on a :

$$(2) \quad x_{ij} = a_{ij} x_j \quad (\forall i, \forall j)$$

avec

$$(3) \quad a_{ij} = \underline{a}_{ij} \quad (\forall i, \forall j)$$

Cette hypothèse permet de déterminer les productions requises des différentes industries pour satisfaire un ensemble donné de

8. Le nombre des coefficients qui subissent des variations sensibles est peu élevé ; ces coefficients sont généralement repérables de sorte que les ajustements convenables peuvent être faits. Voir à ce sujet Ann Carter, *Structural Change in the American Economy*, Harvard University Press, 1970.

9. L'hypothèse de constance des coefficients d'input implique le plus souvent, dans la littérature, la proportionnalité et la stabilité.

10. Nous ne poursuivrons pas ici cette analyse — dite analyse d'équilibre ; le lecteur peut se reporter aux ouvrages cités à la note 4. Indiquons que le modèle doit avoir une solution, que cette solution doit être unique, et qu'elle doit être significative. Toute situation réalisée possède en effet, par définition, les propriétés d'exister, d'être unique et d'être significative.

11. La formalisation élémentaire du modèle se trouve à l'appendice A.1.

demandes finales (spécifiées par industrie). La production de chaque industrie s'exprime linéairement en fonction des demandes finales; les coefficients de la forme linéaire obtenue s'appellent *coefficients de besoins directs et indirects*¹².

2 — *Modèle rectangulaire*¹³ — En désignant par g_j l'activité observée de l'industrie j , q_{ij} les achats en bien i de l'industrie j , le coefficient d'input b_{ij} a été défini comme le rapport :

$$(4) \quad b_{ij} \equiv \frac{q_{ij}}{g_j} \quad (\forall i, \forall j)$$

Si l'on admet que le coefficient d'input en bien i de l'industrie j est indépendant du niveau d'activité de cette industrie, il vient, quel que soit g_j ,

$$(5) \quad q_{ij} = b_{ij}g_j \quad (\forall i, \forall j)$$

avec :

$$(6) \quad b_{ij} = \underline{b}_{ij} \quad (\forall i, \forall j)$$

Cette hypothèse ne permet pas d'exprimer de manière unique chacune des variables dépendantes (productions des biens, activités des industries) en fonction des variables indépendantes (demandes finales des différents biens). On introduit une seconde hypothèse : on suppose que la *part du marché* du bien i détenue par l'industrie j est *constante*. Appelons g_{ji} la production observée de l'industrie j en bien i ; q_i la production observée de bien i ; la définition du coefficient de part de marché d_{ji} est la suivante :

$$(7) \quad d_{ji} \equiv \frac{g_{ji}}{q_i} \quad (\forall i, \forall j)$$

L'hypothèse de constance des parts de marchés entraîne que la production de l'industrie j en bien i est proportionnelle à la production totale de bien i , c'est-à-dire que, quel que soit q_i :

$$(8) \quad g_{ji} = d_{ji}q_i \quad (\forall i, \forall j)$$

avec :

$$(9) \quad d_{ji} = \underline{d}_{ji} \quad (\forall i, \forall j)$$

12. En fait, la demande finale adressée à une industrie quelconque se compose généralement de six catégories de demandes : consommation des ménages, formation brute de capital fixe, variations de stocks, exportations, dépenses du gouvernement fédéral, dépenses des gouvernements locaux ou d'États. Il est aisé de calculer la dépendance directe et indirecte de la production d'une industrie par rapport à chacune des six catégories de la demande finale, sous réserve que l'on connaisse la part que représente chaque catégorie dans la demande finale de chaque bien; voir sur ce point l'appendice A₃.

13. Une formalisation élémentaire du modèle se trouve à l'appendice B.

Il est alors possible (voir l'appendice B) d'exprimer les productions des biens et les niveaux d'activité des industries en fonction des demandes finales. On s'intéresse généralement aux niveaux d'activité des industries : chacun d'eux s'exprime linéairement en fonction des demandes finales, les coefficients de la forme linéaire obtenue étant les coefficients de besoins directs et indirects d'activité de l'industrie considérée correspondant à une unité de demande finale de chaque bien.

II — LA FIRME ET LES TABLEAUX STATISTIQUES

Les modèles comptable et théorique que nous avons présentés donnent une image simplifiée des instruments que la firme doit utiliser. Dans un premier temps, celle-ci doit se familiariser avec les tableaux statistiques publiés.

A — Documentation statistique

Le tableau 1 recense les documents statistiques disponibles à ce jour, aux États-Unis et au Canada, dans le domaine de l'input-output. De façon générale, on publie, pour une année donnée¹⁴, les tableaux suivants :

- (i) dans le système *carré* : tableau des transactions (intermédiaires, primaires et finales) ; tableau des coefficients d'input, ou encore coefficients de besoins directs ; tableau des coefficients de besoins directs et indirects.
- (ii) dans le système *rectangulaire* : tableau des flux d'input des industries ; tableau des flux d'output des biens ; tableau des coefficients d'input ; tableau des coefficients des parts de marchés ; tableau des coefficients d'impact, exprimant les besoins directs et indirects d'activité des différents industries en fonction des demandes finales des différents biens.

Les dimensions de l'économie américaine font que la confidentialité des renseignements statistiques ne s'oppose pas à la publi-

14. La liste qui suit n'est pas limitative. De façon moins systématique, on publie aussi, dans le système carré, le tableau des coefficients d'output, le tableau des coefficients de dépendance des productions par rapport aux catégories de la demande finale, ... il est souhaitable aussi de disposer de l'ensemble des coefficients permettant de passer des catégories de la demande finale (au sens de la comptabilité nationale) aux demandes finales par industrie.

Tableau 1
Documentation statistique input-output — États-Unis-Canada

Année du tableau	Auteur ou organisme	Format	Date de publication	Observations
<i>États-Unis</i>				
1919	W. Leontief	41 X 41	1941	
1929	W. Leontief	41 X 41	1941	
1939	Leontief/B.L.S.	96 X 96 et 42 X 42	1951	
1947	B.L.S.	(450 X 450 (45 X 45	1951	
1958	O.B.E.	83 X 83	1952	5 colonnes supplémentaires pour la D.F. et 5 lignes supplémentaires pour la V.A.
1961	O.B.E.	83 X 83	nov. 1964	6 colonnes supplémentaires pour la D.F. et 1 ligne supplémentaire pour la V.A. Tableau des coefficients d'output.
1963	O.B.E.	(82 X 82 (370 X 370	1968	Mise à jour du tableau de 1958.
1965	<i>Fortune</i>	100 X 100	nov. 1969	Suppression de l'industrie 74 « Recherche et Développement » du tableau 1958.
1967	<i>Scientific American</i>	85 X 85	1969	Sources : O.B.E. et B.L.S. ; tableau hypothétique. Tableau hypothétique sur la base de la technologie de 1958 ; sources : O.B.E., H.E.R.P.
<i>Canada</i>				
1949	B.F.S.	43 X 43	1956	Supplément publié en 1960.
1961	B.F.S.	Niveau S : 40 biens X 16 industries Niveau M : 65 X 65 Niveau L : 197 X 110	1969	Base de compilation : 644 biens et 187 industries. Tableau des inputs des industries ; tableau des outputs des biens ; tableau des coefficients d'input ; tableau des parts de marchés ; matrice d'impact (avec et sans fuites dues aux importations). Les tableaux d'outputs et de parts de marchés ne sont pas publiés au niveau L.
<i>Québec</i>				
1961	B.S.Q.	271 biens X 58 industries	juin 1969	Unique document publié = matrice d'impact.
<i>Ontario</i>				
1965	Dept. of Treasury and Economics	49 X 49	1970	7 catégories de demandes finales ; 2 catégories d'intrants primaires
<i>P. Atlant.</i>				
1960	Kary Lewitt	34 X 34	en cours de publication	15 secteurs de demande finale ; 5 catégories d'importations compétitives ; 7 catégories d'inputs primaires.
1965	Kary Lewitt	34 X 34		

Abréviations : H.E.R.P. = Harvard Economic Research Project ; B.F.S. = Bureau fédéral de la Statistique ; B.L.S. = Bureau of Labor Statistics ; B.S.Q. = Bureau de la Statistique du Québec ; O.B.E. = Office of Business Economics

cation de tableaux de très grand format (370 x 370 par exemple). Il n'en va pas de même du Canada, ni surtout du Québec. Les États-Unis publient des tableaux carrés, le Québec utilise des tableaux rectangulaires, le Canada publie des tableaux carrés et des tableaux rectangulaires. (Cette distinction n'est pas fondamentale ; l'attitude du Canada paraît être cependant la plus judicieuse.)

Une observation générale : les tableaux concernant une année donnée sont disponibles avec un retard de 5 ans (États-Unis) ou de 8 ans (Canada, Québec). Voilà qui semble donner raison aux sceptiques : les tableaux seraient périmés dès leur parution. S'il est infiniment souhaitable d'accélérer les délais de publication des tableaux¹⁵, on ne peut accepter une opinion aussi extrême. L'exemple que nous proposerons montre précisément que l'utilisation d'un tableau soi-disant périmé, en l'espèce le tableau américain de 1963, donne des résultats acceptables.

Par ailleurs, des progrès substantiels ont été réalisés dans le domaine de la mise à jour des tableaux¹⁶. Or, ces progrès sont importants à la fois pour la mise à jour proprement dite des tableaux anciens, et pour la prévision des tableaux futurs.

Le format des tableaux et la stabilité des coefficients d'input n'épuisent pas la liste des nombreux problèmes posés par l'utilisation des tableaux. Sans verser dans un examen détaillé qui n'a pas sa place ici, il est bon d'apporter quelques précisions. Ainsi, les transactions sont évaluées aux *prix aux producteurs* et non aux *prix aux acheteurs*. Cela signifie que la valeur des livraisons de l'industrie *i* à l'industrie *j* ne comprend pas les marges de commerce et de transport, celles-ci étant respectivement transférées dans le total unique des marges de commerce et le total unique des marges de transport débitées à l'industrie *j* (totaux situés par conséquent à l'intersection des lignes « commerce » et « transport » et de la colonne *j*). Il en va de même pour les livraisons à la demande finale, celle-ci étant censée acquérir en bloc l'ensemble de ces marges.

15. La collecte, la compilation, le traitement et la publication des données représentent une entreprise gigantesque. Encore faut-il noter que l'élaboration d'un tableau input-output est souvent jumelée avec l'établissement d'un recensement industriel. Cela explique pourquoi l'on dispose, aux États-Unis, de tableaux input-output pour les années 1958, 1963 et (prochainement) 1968.

16. Voir à ce propos l'ouvrage récent de Bacharach M., *Biproportional Matrices and Input-Output Change*, Cambridge University Press, 1970.

Le traitement accordé aux importations repose sur la distinction (arbitraire mais nécessaire) entre importations compétitives et importations non compétitives. Les premières concernent des biens identiques ou analogues à des biens fabriqués dans le pays concerné ; la définition des secondes est évidente a contrario. La convention généralement adoptée est d'ajouter à la production domestique d'un bien les importations compétitives de ce même bien ; les importations non compétitives sont considérées comme des inputs primaires et débitées aux industries qui les achètent ou à la demande finale.

Une critique majeure apportée aux tableaux disponibles est leur niveau d'agrégation trop poussé. L'opinion dominante est que la désagrégation devrait atteindre le niveau de chaque référence à 4 chiffres du code S.I.C. (*Standard Industrial Classification*). Il est vrai que certaines industries comportent un trop grand nombre de références à 4 chiffres dans leur domaine de définition¹⁷. Il existe cependant quelques industries qui répondent (exactement ou approximativement) à ce critère. Ainsi, l'industrie que nous retrouverons plus loin, « peintures et produits associés », correspond très exactement à la référence 2851 du code S.I.C. S'il paraît exclu qu'il en soit de même pour toutes les industries, on peut raisonnablement espérer que la désagrégation soit progressivement poursuivie¹⁸.

B — Utilisation des tableaux

1. *Utilisations possibles.* — Identifions provisoirement une firme et l'une des industries, auxquelles elle appartient¹⁹. La technique input-output s'applique théoriquement à trois niveaux :

- (i) niveau « amont » : l'objectif est d'analyser la structure des inputs intermédiaires et primaires de l'industrie en remontant jusqu'aux inputs des fournisseurs des inputs de l'industrie...

17. De tels exemples abondent. Ainsi les fabricants d'ordinateurs ont longtemps appartenu à la même « industrie » que les fabricants de machines de bureau ; les transporteurs aériens sont toujours voisins des transporteurs par fer, par eau, par pipe-line... dans une même « industrie ».

18. À titre d'exemple, l'O.B.E. a publié postérieurement au tableau de 1958, une désagrégation assez poussée de 4 industries : produits alimentaires (9 subdivisions), métaux primaires non poreux (3 subdivisions), électricité, gaz, eau et services sanitaires (3 subdivisions), construction (17 subdivisions).

19. Une industrie regroupe les établissements orientés vers la production d'un même produit principal. Une même firme peut posséder plusieurs établissements, chacun d'eux appartenant à la limite à une industrie différente.

cette analyse doit permettre de répondre aux questions suivantes :

- y a-t-il lieu de prévoir des difficultés d'approvisionnement en tel ou tel input ?
 - faut-il envisager d'absorber tel fournisseur occupant une position stratégique dans la fourniture des inputs ? (exemple d'une compagnie chimique absorbant une compagnie de pétrole).
 - quelle évolution des coûts peut-on prévoir en fonction de l'estimation des prix des inputs ? (prix des matières premières, prix des produits semi-finis, prix des inputs primaires).
- (ii) *niveau de la firme* : la technique input-output avait fait ses preuves au plan national et au plan régional, pourquoi la grande unité ne constituerait-elle pas un terrain d'application de cette technique ? Les départements (ou les établissements) joueraient le rôle des industries dans les tableaux traditionnels ²⁰.
- (iii) *niveau aval* : on considère la structure des débouchés de l'industrie : les débouchés directs sont-ils constitués principalement par des marchés intermédiaires ou par des marchés finals ? Quels sont les débouchés des meilleures industries clientes ?... Quelle est la dépendance de l'industrie par rapport à la consommation globale des ménages ?...

C'est ce dernier type d'utilisation que nous allons étudier. Il faut cependant se garder d'assimiler niveau amont et optique input, niveau aval et optique output. Il est clair que l'analyse des inputs même à celle des outputs des fournisseurs, tout comme l'analyse des outputs mène à celle des inputs des clients.

2. *Profil de la firme utilisatrice.* — L'input-output n'intéresse pas nécessairement toutes les firmes du point de vue du marketing, et les firmes intéressées peuvent l'être à des degrés divers.

- (i) La firme ne doit pas vendre à la demande finale une proportion trop élevée de son output ; ainsi, les manufactures de tabac et l'industrie de l'ameublement, ... qui vendent plus des trois-quarts de leur output directement à des utilisateurs finals, n'ont

20. Les dirigeants de la firme allemande B.A.S.F. (Badische Anilin und Soda Fabrike), conscients de l'énormité de l'unité qu'ils avaient à gérer, ont consulté le professeur W. Leontief en vue de l'application de l'input-output à leur firme.

aucun intérêt à utiliser l'input-output pour leurs études de marchés ! Il en va différemment d'industries comme l'acier, les peintures et produits associés, les matériaux plastiques et synthétiques, les containers, ... qui vendent un pourcentage infime de leur output à la demande finale.

- (ii) Selon la méthode utilisée, il ne faut pas se cacher que l'emploi de la technique input-output peut être lourd et coûteux ; la firme concernée doit avoir à la fois un intérêt suffisant et une taille suffisante, cela d'autant plus que cette technique ne doit pas être utilisée sporadiquement mais régulièrement (le *learning by doing* aura d'ailleurs des effets bénéfiques). Il est vrai qu'une méthode au moins (celle de la ligne additionnelle) est d'un emploi très peu coûteux.
- (iii) Plus les activités de la firme sont diversifiées, plus sa localisation dans le tableau sera complexe. Si l'activité de la firme est dominée par la production d'un produit principal unique, aucune difficulté majeure ne se présentera pour localiser la firme : il suffira de repérer l'industrie définie à partir de ce produit principal. Il en va différemment lorsque la firme a des produits multiples qui ne sont pas nécessairement des produits principaux d'industries du tableau. Il convient alors de rechercher à quelles industries ont été rattachés ces produits secondaires. De manière générale, on peut affirmer que l'emploi de l'input-output soulèvera d'autant moins de difficultés que la firme est spécialisée.

III — LA STRUCTURE DES MARCHÉS

L'analyse proposée ici ne doit pas se substituer à l'analyse traditionnelle de l'évolution du chiffre d'affaires par firme cliente. Elle la complète en apportant un éclairage nouveau : les clients seront répartis selon les catégories d'industries du tableau input-output, ce qui permettra de caractériser la structure des débouchés directs et celle des débouchés indirects. Trois méthodes peuvent être utilisées :

- la firme s'identifie à l'industrie à laquelle elle appartient : elle conduit l'analyse au niveau de l'industrie et en déduit ensuite les conclusions pour son propre usage ;

- la firme calcule les coefficients d'input concernant ses propres livraisons aux industries du tableau ; elle s'insère dans le tableau en qualité de lignes additionnelle ;
- la firme constitue un nouveau tableau adapté à ses propres besoins.

A — Méthode d'identification

C'est la méthode que nous développerons le plus longuement en traitant d'une firme quelconque appartenant à l'industrie 30 des tableaux américains de 1958 et 1963 : l'industrie « Peintures et produits associés » (peintures, vernis, lacques, décapants,...). La comparaison des tableaux de 1958 et de 1963 est riche d'enseignements ; nous avons fait figurer, dans certains tableaux, des résultats prélevés dans le tableau de 1966 établi par *Fortune* ; à la différence des deux premiers, ce tableau ne dérive pas d'un recensement industriel. Nous l'avons utilisé faute de pouvoir disposer du tableau de 1968 qui est en cours d'élaboration (publication probable en 1972).

1. *Débouchés directs*. — L'étape la plus immédiate consiste à analyser les coefficients d'output de l'industrie considérée ; nous avons retenu, dans le tableau 2, les 17 industries meilleures clientes et la demande finale. On peut avancer les observations suivantes :

- l'industrie 30 est très peu dépendante directement de la demande finale ;
- trois marchés absorbent plus de 55 p.c. de l'output de l'industrie 30 : l'entretien et la réparation d'immeubles, la construction de bâtiments neufs et l'industrie des véhicules à moteur et de leur équipement ; les 15 autres débouchés (en incluant la demande finale) pèsent individuellement d'un poids sensiblement égal.

Venons-en aux observations tirées de la comparaison des coefficients d'output de l'industrie 30 dans les 3 tableaux :

- aucun coefficient n'est demeuré rigoureusement stable (au degré de précision de 10^{-3}) ;
- la demande finale absorbe une part croissante de l'output de l'industrie 30 ;
- la corrélation entre les rangs des différents marchés est assez forte ;

Tableau 2
Débouchés directs de l'industrie 30 : « peintures et produits associés »

Code O.B.E.	Code Fortune	Industries	Coefficients d'output						Coefficients d'input			Output (en millions \$) (prix courants)		
			1958	1963	1966 ^a	1963	1966 ^a	1963	1958	1963	1966 ^a	1958	1963	1966 ^a
12	18	Entretien et réparation d'immeubles	.469	.348	1	.442	1	.052	.043	.055	16,875	19,794	25,012	
11	11 à 17	Construction, bâtiments neufs	.105	.125	2	.081	2	.004	.005	.003	52,410	65,519	79,505	
59	75	Véhicules à moteur et leur équipement	.047	.078	3	.058	3	.004	.005	—	23,469	40,031	48,470	
22	36	Ameublement	.036	.036	4	.034	5	.020	.022	—	3,300	4,067	5,437	
75	93	Réparations et services, automobiles	.033	.030	5	.032	8	.008	.007	.019	7,913	10,866	12,403	
27	41	Produits chimiques	.023	.026	6	.024	9	.004	.004	.004	12,107	16,893	19,640	
64	80	Manufactures diverses	.021	.022	8	.024	11	.007	.008	.008	5,554	7,152	9,828	
65	81	Transport et entreposage	.021	.020	10	.021	12	.001	—	—	34,119	39,215	54,049	
20	34	Industrie du bois	.020	.020	12	.016	12	.004	.005	.004	8,439	10,654	12,510	
39	55	Containers en métal	.019	.032	7	.017	11	.017	.032	.016	2,095	2,445	3,402	
61	77	Autre matériel de transport	.016	.009	18	.023	9	.008	.005	.008	3,782	4,894	8,685	
23	37	Autres meubles	.013	.014	15	.015	13	.016	.019	.016	1,495	1,923	2,822	
69	87	Commerce, gros et détail	.012	.013	16	.011	16	—	—	—	95,250	120,613	146,661	
40	56	Chauffage, plomberie, sanitaire	.011	.036	5	.012	14	.003	.010	.003	8,095	8,996	13,213	
54	70	Électro-ménager	.011	.016	14	.012	14	.006	.009	.007	3,595	4,673	5,398	
41	57	Emboutis, vis et boulons	.010	.011	17	.010	17	.005	.005	.005	3,714	4,955	6,665	
42	58	Autres produits en métal	.005	.026	9	.006	18	.002	.007	.002	6,546	8,963	11,242	
—	—	Demande finale	.023	.044	6	.048	4	—	—	—	447,334	590,389	739,586	

a) Les chiffres de 1966 sont tirés du tableau établi par le magazine Fortune. Il s'agit d'un tableau estimé, qui n'est pas le résultat (comme le sont les tableaux de 1958 et 1963) d'un recensement industriel. Ces chiffres figurent ici à titre indicatif. Tous les autres chiffres sont tirés des tableaux de 1958 et de 1963 de l'O.B.E.

- il est remarquable que les 3 marchés les plus importants aient conservé leurs rangs respectifs ;
- les marchés en expansion sont les suivants : véhicules à moteur ; chauffage, plomberie, sanitaire ; électroménager ; autres meubles ;
- les marchés en déclin sont les suivants : entretien et réparation d'immeubles ; industrie du bois ; autres produits en métal.

On peut s'interroger sur les facteurs qui expliquent, à un moment donné, l'importance d'un marché. Pour une industrie donnée, la valeur de l'un de ses coefficients d'output dépend de la valeur du coefficient d'input correspondant et de celle de l'output de l'industrie cliente. Nous avons donc fait figurer (pour chacune des années 1958, 1959 et 1963) les coefficients d'input de peintures et les outputs des 17 industries meilleures clientes. On constate que les produits de l'industrie 30 ne constituent un input dominant pour aucune de ces industries ; la seule industrie ayant un coefficient d'input de peinture relativement élevé est l'industrie 12 (entretien et réparation d'immeubles).

Adoptons maintenant une perspective chronologique. Une observation s'impose : les coefficients d'input manifestent une stabilité certaine et, en tout état de cause, ils sont nettement plus stables que les coefficients d'output correspondants²¹. Ce qui nous intéresse ici est cependant d'expliquer l'évolution des coefficients d'output en fonction de celle des coefficients d'input et des outputs correspondants.

La relation entre le coefficient d'output relatif à l'industrie j , le coefficient d'input correspondant et l'output de l'industrie j s'écrit :²²

$$(10) \quad \frac{x_{30,j}}{x_{30}} = a_{30,j} \frac{x_j}{x_{30}} \quad (j = 1, 2, \dots, 17)$$

Comparons la part du marché j dans l'output de l'industrie 30 en 1958 et en 1963 ; il vient avec des notations évidentes :

$$(11) \quad \frac{x_{30,j}^{63}}{x_{30}^{63}} - \frac{x_{30,j}^{58}}{x_{30}^{58}} = a_{30,j}^{63} \frac{x_j^{63}}{x_{30}^{63}} - a_{30,j}^{58} \frac{x_j^{58}}{x_{30}^{58}} \quad (j = 1, 2, \dots, 17)$$

21. Nous démontrons dans l'appendice A-2 la proposition suivante : si les coefficients d'input sont stables et si les éléments de la demande finale ne varient pas proportionnellement, alors les coefficients d'output ne peuvent être stables.

22. Il suffit de raisonner sur l'industrie i ($i = 1, 2, \dots, n$) et d'admettre que j prenne ses valeurs de 1 à n pour généraliser le raisonnement qui suit.

Admettons l'hypothèse de stabilité des coefficients d'input, on a :

$$(12) \quad a_{30,j}^{63} = a_{30,j}^{58} = a_{30,j} \quad (j = 1, 2, \dots, 17)$$

En conséquence :

$$(13) \quad \frac{x_{30,j}^{63}}{x_{30}^{63}} - \frac{x_{30,j}^{58}}{x_{30}^{58}} = a_{30,j} \left(\frac{x_j^{63}}{x_{30}^{63}} - \frac{x_j^{58}}{x_{30}^{58}} \right)$$

Nous pouvons énoncer la proposition suivante²³ : *la part du marché j (j = 1, 2, ..., 17) dans le total des ventes de l'industrie 30 demeure inchangée au terme d'une période donnée si, et seulement si, au cours de cette période, l'output des industries 30 et j a connu le même taux moyen de croissance ; elle est supérieure (resp. inférieure) à sa valeur initiale et seulement si le taux moyen de croissance de l'industrie j est supérieur (resp. inférieur) au taux moyen de croissance de l'industrie 30.*

23. La démonstration (immédiate) est laissée au lecteur : il suffit d'invertir x_{30}^{63} et x_j^{58} dans l'égalité et les inégalités que l'on rencontrera. On peut étendre l'analyse aux cas où le coefficient d'input envisagé a augmenté ou diminué de manière sensible. Considérons les industries i et j pour plus de généralité.

1ER CAS : $a_{ij}^{63} = a_{ij}^{58} + \lambda$ avec $\lambda > 0$ ($i, j = 1, 2, \dots, n$). Il vient :

$$\frac{x_{ij}^{63}}{x_i^{63}} - \frac{x_{ij}^{58}}{x_i^{58}} = a_{ij}^{58} \left(\frac{x_j^{63}}{x_i^{63}} - \frac{x_j^{58}}{x_i^{58}} \right) + \lambda \frac{x_j^{63}}{x_i^{63}}$$

Il est clair que la part du marché j dans l'output de l'industrie i doit normalement augmenter. Pour qu'il n'en soit pas ainsi, il faudrait que

$$(i) \quad \frac{x_j^{63}}{x_i^{63}} < \frac{x_j^{58}}{x_i^{58}}$$

c'est-à-dire que le taux moyen de croissance de i soit supérieur au taux moyen de croissance de j ; et que :

$$(ii) \quad \frac{a_{ij}^{63}}{a_{ij}^{58}} < \frac{x_i^{63}/x_i^{58}}{x_j^{63}/x_j^{58}}$$

2E CAS : $a_{ij}^{63} = a_{ij}^{58} - \mu$ avec $\mu > 0$; ($i, j = 1, 2, \dots, n$). Il vient de manière analogue :

$$\frac{x_{ij}^{63}}{x_i^{63}} - \frac{x_{ij}^{58}}{x_i^{58}} = a_{ij}^{58} \left(\frac{x_j^{63}}{x_i^{63}} - \frac{x_j^{58}}{x_i^{58}} \right) - \mu \frac{x_j^{63}}{x_i^{63}}$$

La part du marché j dans l'output de l'industrie i doit normalement diminuer, à moins que :

(i) le taux moyen de croissance de j soit supérieur au taux moyen de croissance de i :

$$\frac{x_j^{63}}{x_i^{63}} > \frac{x_j^{58}}{x_i^{58}}$$

et que :

$$(ii) \quad \frac{a_{ij}^{63}}{a_{ij}^{58}} > \frac{x_i^{63}/x_i^{58}}{x_j^{63}/x_j^{58}}$$

2. *Débouchés indirects.* —

a) *Dépendance de l'output de l'industrie 30 par rapport aux éléments de la demande finale* ²⁴. — Celle-ci s'exprime au moyen des éléments de la ligne 30 du tableau des coefficients de besoins directs et indirects (éléments de la ligne 30 de l'inverse de la matrice de Leontief). Toute production dépend, en dernière analyse, de la demande finale : l'input-output permet de mesurer quantitativement l'impact de la demande finale de chaque bien sur la production de chaque industrie. La seule considération des débouchés directs ne saurait suffire. Ainsi, l'industrie 30 peut considérer que les industries 14 et 71 (alimentation et produits alimentaires ; administration et location d'immeubles) ont peu d'importance pour elle, en raison notamment de leurs coefficients respectifs d'input de peintures peu élevés (.0009 et .00017). En fait, il s'avère que les coefficients de besoins directs et indirects d'output de l'industrie 30, relatifs respectivement aux demandes finales en produits des industries 14 et 71, s'élèvent à .00238 et .00583 ; ces mêmes demandes finales « expliquaient », en 1963, respectivement 5 et 10 p.c. de l'output de l'industrie 30.

Il est possible de décomposer la production totale de l'industrie 30 en fractions dépendant respectivement de chaque élément de la demande finale : il suffit de multiplier le coefficient de besoins directs et indirects de peinture relatif à chacun de ses éléments par la valeur de cet élément. Il se trouve qu'en général un petit nombre d'éléments de la demande finale suffit à expliquer un pourcentage élevé de l'industrie considérée. Dans le tableau 3, nous avons éliminé les éléments de la demande finale qui n'expliquaient pas 1 p.c. au moins de l'output de l'industrie 30 dans l'une des deux années 1958 et 1963. On constate que 21 éléments ont été retenus (soit approximativement le quart des éléments de la demande finale), lesquels expliquent 87.7 p.c. de l'output de l'industrie 30 en 1958, 86.5 p.c. en 1963. Ces éléments apparaissent dans l'ordre décroissant des pourcentages des fractions de l'output de l'industrie 30 expliquées. Nous avons ajouté, à titre indicatif, les chiffres correspondants donnés par le tableau de 1966 de *Fortune*.

24. Rappelons que les « éléments de la matrice-colonne de la demande finale (au nombre de 82) ne doivent pas être confondus avec les « catégories » de la demande finale (au nombre de 6 dans la comptabilité nationale américaine).

Tableau 3
Dépendance de la production de l'industrie 30 par rapport aux éléments de la demande finale

Code O.B.E.	Code Fortune	Industries	Coefficients de besoins directs et indirects			Demande finale			Production de l'industrie 30 expliquée (directement et indirectement par la demande finale de l'industrie en tête de ligne) (prix courants, en millions de \$)											
			1958	1963	1966	1958	1963	1966	1958	p.c.	1963	p.c.	1966	p.c.						
11	11/17	Construction de bâtiments neufs																		
71	89	Administration de location d'immeubles	.00634	.00779	*	52,416	65,519	77,504	332.32	.177	510.39	.208	452.4	.145						
12	18	Entretien et réparation d'immeubles	.00583	.00452	.00612	41,772	56,140	66,975	243.53	.129	253.75	.103	409.7	.131						
14	14	Alimentation et produits alimentaires	.05361	.04534	.05671	4,420	4,924	5,014	236.96	.126	223.25	.091	284.3	.091						
20/28	20/28	Commerce de gros et de détail	.00238	.00238	*	47,629	52,957	76,093	113.36	.060	126.03	.051	187.6	.060						
69	87	Véhicules à moteur et leur équipement	.00163	.00126	.00170	67,627	88,551	102,619	110.23	.058	111.57	.045	174.1	.055						
59	75	Transport et entreposage	.00739	.00941	.00723	13,910	24,357	29,827	102.79	.054	229.19	.093	215.8	.069						
65	81	Aménagement	.00466	.00264	.00486	13,463	14,715	20,634	62.74	.033	38.84	.016	100.3	.032						
22	36	Services de santé et d'éducation	.02323	.02591	.02219	2,634	3,267	4,379	61.19	.032	84.64	.034	97.2	.031						
77	95	Réparations et services, automobiles	.00262	.00184	.00280	20,880	31,506	38,169	54.71	.029	57.97	.024	106.7	.034						
75	93	Peintures et produits associés	.01068	.00864	.01103	4,599	6,813	7,135	49.12	.026	58.86	.024	78.7	.025						
30	44	Services publics (eau, gaz, électricité)	1.00569	1.00500	1.00542	44	99	151	44.22	.023	99.49	.040	151.6	.048						
68	84/86	Autre matériel de transport	.00440	.00365	*	8,929	12,513	14,545	39.29	.020	43.67	.019	64.0	.020						
61	77	Manufactures diverses	.01084	.00789	.01133	2,820	3,811	6,970	30.57	.016	30.06	.012	79.0	.025						
64	80	Habillement	.00946	.01036	.00998	3,179	4,170	5,920	30.07	.016	43.20	.018	59.1	.019						
18	32	Autres meubles	.00186	.00182	.00180	11,314	14,055	18,658	21.04	.011	25.58	.010	33.5	.010						
23	37	Électro-ménager	.01942	.02197	.01896	1,099	1,540	2,137	21.34	.011	33.83	.013	40.5	.013						
54	70	Raffinage de pétrole et industries connexes	.00809	.01183	.00914	2,630	3,280	4,154	21.28	.011	38.80	.016	38.0	.012						
31	45	Produits pharmaceutiques, de toilette	.00225	.00410	.00237	8,836	10,100	13,021	19.88	.010	41.41	.017	30.8	.009						
29	43	Aéronautique	.00422	.00402	.00485	4,401	6,351	7,377	18.57	.009	25.53	.010	35.8	.011						
60	76	Hôtellerie, services domestiques	.00245	.00265	.00249	7,182	9,226	15,606	17.60	.009	24.44	.010	38.9	.012						
72	90	Total	.00162	.00223	.00173	9,788	12,603	15,746	15.85	.008	28.10	.011		.009						
			—	—	—	—	—	—	1,646.66	.877	2,130.60	.865	2,425.48	.861						

SOURCES : Tableaux O.B.E. 1958 et 1963. Tableau Fortune 1966.

* : Non disponible.

Les industries qui font partie des 17 industries meilleurs clients figurent en caractère gras.

La lecture du tableau 3 suggère quelques observations. On remarque en premier lieu l'inertie des coefficients de besoins directs et indirects : pour chaque élément de la demande finale, ces coefficients sont du même ordre de grandeur en 1958, 1963 et 1966. On observe ensuite l'augmentation enregistrée par tous les postes de la demande finale ; une observation plus approfondie montrerait cependant que leur taux de croissance moyen a été très diversifié²⁵.

Si l'on s'attache maintenant aux fractions de l'output de l'industrie 30 expliquées par les 21 éléments de la demande finale retenus, on observe que :

- (i) 11 de ces éléments concernent des industries qui figurent parmi les 17 meilleures clientes ; autrement dit ces 11 industries interviennent en qualité de débouchés directs et en qualité de débouchés indirects. En fait, alors qu'elles absorbent directement, au total, 57 p.c. de l'output de l'industrie 30 en 1963, les demandes finales en biens produits par ces mêmes industries expliquent 70 p.c. de cet output durant la même année ;
- (ii) les 3 premiers éléments de la demande finale expliquent, en 1958 et en 1963, plus de 40 p.c. de l'output de l'industrie 30 ; ce pourcentage s'élève à 60 p.c. si l'on prend en compte les 6 premiers éléments ;
- (iii) les 6 éléments dominants en 1958 et en 1963 sont les mêmes ; les 2 premiers ont conservé leurs rangs respectifs ; on remarque des marchés finals en expansion, les éléments 59 et 30 de la demande finale, un marché final en déclin, l'élément 12. Malgré certaines perturbations enregistrées dans le classement, on ne peut manquer d'être frappé par le fait que les 21 éléments retenus expliquent au moins 86 p.c. de l'output de l'industrie 30. Cela signifie que la nature des déterminants ultimes de la production de l'industrie 30 ne se modifie pas, même si leur importance relative n'est pas rigoureusement constante.

b) *Dépendance de la production de l'industrie 30 par rapport aux catégories de la demande finale.* — La comptabilité nationale américaine distingue 6 catégories de la demande finale (voir la

25. Les valeurs des éléments de la demande finale sont exprimées aux prix courants. Il convient de les pondérer par un indice des prix (un indice pour chaque élément) afin d'éliminer l'influence éventuelle des distorsions de prix sur la comparaison des taux moyens de croissance.

note 12). La dépendance totale de la production d'une industrie par rapport à une catégorie de la demande finale (disons, pour fixer les idées, la consommation) se décompose en dépendance directe et dépendance indirecte. Le coefficient de dépendance *directe* s'obtient en divisant les livraisons directes de cette industrie à la consommation par le montant de sa production. Le coefficient de dépendance *totale* s'obtient en faisant la somme des produits des 82 éléments de la ligne correspondante de la matrice inverse par les 82 livraisons directes des industries correspondantes à la consommation, et en divisant le total obtenu par la production de l'industrie ²⁶. Il suit naturellement que le coefficient de dépendance *indirecte* s'obtient par différence entre le coefficient de dépendance totale et le coefficient de dépendance directe.

Il est difficile de tirer des conclusions définitives de la simple observation à 2 moments différents du temps. Les remarques qui

Tableau 4
Dépendance de l'output de l'industrie 30
par rapport aux catégories de la demande finale

Catégories de la demande finale	Coefficient de dépendance directe		Dépendance indirecte		Dépendance totale	
	1958	1963	1958	1963	1958	1963
Dépenses personnelles de consommation	.009	.009	.513	.477	.522	.486
Formation brute privée de capital fixe	0	0	.194	.226	.194	.226
Variations nettes d'inventaires	-.002	.016	-.004	.011	-.006	.027
Exportations	.015	.013	.036	.038	.051	.051
Dépenses du gouvernement fédéral	.001	.001	.088	.079	.089	.080
Dépenses des gouvernements d'État et locaux	0	.001	.150	.129	.150	.130
Demande finale (TOTAL)	.023	.040	.977	.960	1.000	1.000

SOURCE : O.B.E., *Survey of Current Business*.

26. Voir l'appendice A-3.

suivent ont un intérêt purement illustratif. On observe l'augmentation du coefficient de dépendance directe par rapport à la demande finale globale. Il reste que le coefficient de dépendance indirecte est, pour l'industrie 30, 24 fois plus élevé (en 1963) que le coefficient de dépendance directe. Une disproportion semblable se retrouve au niveau de chaque catégorie de la demande finale, à l'exception des exportations (.013 et .038). On remarque le rôle accru joué par l'investissement au détriment de la consommation dans la dépendance totale ; une telle observation mériterait d'être vérifiée sur une période plus longue. On ne peut guère attacher d'importance au rôle accru joué par les variations nettes d'inventaires, ces dernières résultant largement de mouvements conjoncturels (on rappellera que 1958 fut une année de récession, ce qui explique le dégonflement constaté des inventaires). La stabilité de la dépendance totale par rapport aux exportations est notable, tandis que le coefficient de dépendance par rapport aux dépenses publiques décroît d'environ 10 p.c.

B — Méthode de la ligne additionnelle ²⁷

La méthode précédente a un inconvénient sérieux : dans certains cas, l'identification firme-industrie ne donne pas de bons résultats. Dans la construction des tableaux input-output, on s'efforce de regrouper les établissements ayant des structures d'input et des structures d'output similaires. Cet objectif n'est pas toujours réalisable : s'il y a conflit entre les 2 points de vue, on choisit plutôt de regrouper les établissements ayant des structures d'input voisines. La répartition de l'output d'une firme peut donc différer sensiblement de celle de son industrie de rattachement.

Or, seule nous importe ici la structure de l'output de la firme. Dès l'instant que la méthode d'identification ne s'appuie pas sur une similitude de la répartition de l'output, la firme doit s'orienter vers une autre méthode : celle qui est proposée ici consiste à *ajouter* une ligne, affectée exclusivement à la firme considérée, au tableau input-output. Il suffit que la firme procède à la ventilation de ses livraisons par industries acheteuses en respectant la nomenclature du tableau input-output. Elle peut calculer aisément les coefficients

²⁷. Voir l'appendice A.4. Le principe de cette méthode est dû à C.M. Tiebout (1967).

d'*input* de chacune de ces industries en biens produits par elle-même, en divisant le montant de ses livraisons à chacune de ces industries par leurs *inputs* respectifs. Cela revient à constituer une ligne additionnelle de coefficients d'*input* d'un type particulier.

Naturellement, la firme peut calculer l'ensemble de ses coefficients d'*output*, en divisant le montant de ses livraisons à chaque industrie acheteuse par le montant de son propre *output*. La comparaison des coefficients d'*output* correspondants de la firme et de l'industrie de rattachement sera pleine d'enseignements. Les différences observées résultent-elles des caractéristiques physiques des productions respectives de la firme et de l'industrie?... d'une politique commerciale originale de la firme?... de facteurs institutionnels, comme l'existence de contrats de fourniture avec des filiales ou des sociétés mères?... de facteurs géographiques, comme la proximité de tel marché particulier?...

En reprenant la distinction entre débouchés directs et indirects, la firme peut aller plus loin dans son analyse.

(i) *Analyse des débouchés directs* :

— Il est possible pour la firme de suivre l'évolution de ses coefficients d'*output*, d'année en année, ou de trimestre en trimestre. Le classement des industries meilleures clientes doit également être suivi. On voit l'intérêt que l'on peut retirer du double classement selon le critère du meilleur client : classement des firmes clientes et classement des industries clientes.

— La firme peut prendre en considération les coefficients d'*input* particuliers et les *outputs* des industries clientes. On peut mener une analyse semblable à celle qui a été poursuivie plus haut à propos de l'industrie 30 (voir notamment le tableau 2).

(ii) *Analyse des débouchés indirects* : il devient nécessaire d'utiliser le tableau de coefficients de besoins directs et indirects publié.

— Dépendance de l'*output* de la firme par rapport aux éléments de la demande finale. Les coefficients d'une ligne du tableau expriment l'impact, sur la production de l'industrie correspondante, d'une demande finale unitaire adressée aux différentes industries. Admettons que la firme vende à l'industrie 3 ; il suffit de multiplier chaque élément de la troisième ligne du

tableau des coefficients de besoins directs et indirects par le coefficient d'input firme-industrie 3 pour obtenir l'impact sur l'output de la firme via l'industrie 3 d'une variation unitaire de chaque élément de la demande finale. Si l'on effectue ce même calcul pour chacune des l industries auxquelles vend la firme, on obtient l lignes exprimant la dépendance de l'output de la firme par rapport aux n éléments de la demande finale via chacune des l industries.

Ce tableau de l lignes et n colonnes peut jouer le rôle d'un opérateur matriciel permettant de passer des éléments de la demande finale à l'output de la firme. Montrons d'abord la signification des éléments des lignes de ce tableau : si l'on postmultiplie cette matrice par la matrice-colonne des éléments de la demande finale, chaque élément de la matrice-colonne obtenue représente un certain pourcentage de l'output de la firme, le pourcentage qui dépend de la demande finale via l'industrie de même rang. Mais ce qui intéresse davantage la firme est de connaître la dépendance de son output par rapport à chaque élément de la demande finale, via toutes les industries auxquelles elle vend. Le coefficient exprimant cette dépendance s'obtient simplement en faisant la somme des éléments d'une même colonne du tableau ($l \times n$).

Le principe de cette méthode est simple, mais son application exige un certain nombre de calculs numériques. Ainsi, la firme ne peut repérer a priori les éléments de la demande finale qui expliquent un pourcentage non négligeable de son output. Elle sera contrainte d'effectuer les 82 produits des coefficients obtenus en sommant les éléments des colonnes successives du tableau ($l \times n$), par les éléments correspondants de la demande finale ²⁸.

- Dépendance de l'output de la firme par rapport aux catégories de la demande finale. Comme le tableau 4 l'a montré pour l'industrie 30, on dispose pour chaque industrie d'un ensemble de 6 coefficients exprimant le pourcentage de l'output de cette industrie qui dépend, directement et indirectement, de chacune des 6 catégories de la demande finale. Il est aisé de dis-

²⁸. Il faut remarquer cependant, avec C.M. Tiebout, que ces calculs peuvent être faits à l'aide d'une simple machine à calculer de bureau.

poser des montants correspondants en multipliant ces 6 pourcentages par l'output de cette industrie.

Envisageons exclusivement les l industries auxquelles vend la firme : il est possible de calculer, pour chacune d'elles, le montant de l'output de la firme qui dépend de chaque catégorie de la demande finale. Il suffit de multiplier, pour chaque industrie, l'ensemble des 6 coefficients de dépendance par le coefficient d'input firme-industrie. Si l'on désire maintenant calculer les montants de l'output de la firme expliqués par chaque catégorie via toutes les l industries, il suffit de faire la somme des montants respectifs obtenus pour chaque catégorie via chacune des l industries. On peut finalement calculer les pourcentages de l'output de la firme expliqués par chaque catégorie de la demande finale ²⁹.

C — Méthode de la matrice spécifique

La méthode précédente peut donner des résultats acceptables tout en étant extrêmement légère à manier. La méthode de la matrice spécifique se situe à l'opposé : elle est d'un emploi lourd et contraignant, mais permet d'obtenir des résultats plus puissants. Il s'agit, en fait, de construire un nouveau tableau parfaitement adapté aux besoins de la firme. Quels que soient les progrès enregistrés par la désagrégation des tableaux officiels, on ne peut parvenir, sauf exception, à satisfaire tous les utilisateurs. Il est difficile d'énoncer des règles générales dans ce domaine : il est préférable de prendre connaissance de trois expériences particulièrement représentatives tentées par des grandes firmes américaines.

1. *Celanese* ³⁰ — Celanese intervient comme vendeur principalement dans l'industrie 27 : produits chimiques. En fait, cette industrie du tableau regroupe 3 lignes principales de produits : les produits chimiques organiques, les fibres cellulosiques, les fibres synthétiques organiques. Dans le tableau propre à Celanese, la ligne 27 a donc été désagrégée en 3 nouvelles industries. Par contre, il n'a pas été jugé utile de procéder à une désagrégation semblable pour

29. Les calculs numériques impliqués ici sont les suivants : $6 \times l$ opérations de multiplication, 6 opérations d'addition, et 6 opérations de division.

30. J.F. Dash, E.K. Rabitsch, « Input-Output As a Planning Tool at Celanese », Chemical Marketing and Economics Meeting of the American Chemical Society, Chicago, septembre 1967.

les 4 autres industries où Celanese intervient comme vendeur : pétrole brut et gaz naturel, raffinage du pétrole, peintures et produits associés, produits plastiques et synthétiques.

On peut énumérer les étapes de la construction de cette matrice spécifique :

- établissement du profil du procédé de collecte des données brutes, et collecte de ces données (fort heureusement, tous les clients et tous les fournisseurs de Celanese étaient déjà sur ordinateur) ;
- classement des clients selon la classification à 4 chiffres du S.I.C. ; cette étape a bénéficié de la collaboration d'I.B.M. et de Dun and Bradstreet (la plupart des clients figuraient simultanément dans 5, 6 parfois 8 catégories ; la localisation géographique des établissements a facilité leur affectation aux catégories correspondantes) ;
- compilation de la matrice des flux en valeurs pour 1966 ;
- établissement et mise en route du programme.

La première version de la matrice spécifique comptait 67 industries, puis 71 après désagrégation. Le format du tableau a été porté en 1967 à 287 industries, l'objectif étant d'atteindre le nombre de 500 industries... Il s'agit, on le voit, d'un énorme projet. Il va sans dire que toutes les analyses rencontrées à propos des deux méthodes précédentes sont applicables ici. Dès l'instant que la matrice spécifique est obtenue, on peut considérer que la phase la plus longue (et la plus coûteuse) est terminée : les calculs numériques s'effectuent ensuite rapidement si l'on dispose des programmes adéquats.

2. *National Steel*³¹ — Dans une première étape, les tableaux officiels ont été systématiquement utilisés, avec la collaboration d'Ann Carter et de son groupe d'étude. En incorporant les jugements d'experts et les progrès techniques attendus, les tableaux de 1947 et 1958 ont d'abord été suivis des tableaux de 1960, 1961 et 1962, puis des tableaux prévisionnels pour 1970 et 1975 (en fait, *National Steel* a construit la série complète des tableaux intercalaires entre 1970 et 1975).

L'initiative de la *National Steel* est originale : l'ordre retenu pour la matrice de base est de 28, c'est-à-dire que certaines indus-

31. A.B. Celestin, « How National Steel Uses Input-Output to Forecast Annual Steel Opportunities to 1975 », The American Marketing Association Conference, juin 1968.

tries de cette matrice regroupent un grand nombre d'industries du tableau de 1958. Des désagréations ont certes été réalisées, mais cette expérience montre qu'un niveau d'agrégation jugé trop élevé peut en fait donner de bons résultats.

3. *Le projet Mapték* (Quantum Science Corporation)³². — Ce projet vise à fournir des analyses de débouchés de produits et composants électroniques à un niveau de désagrégation très poussé (10,000 échantillons). Le tableau input-output de base comprend 85 industries ainsi définies :

- 25 industries d'équipement (équipement industriel ; électronique militaire ; systèmes d'information et de communication)
- 10 industries de composants
- 10 industries de matériaux pour composants
- 40 industries de base (ressources naturelles ; construction ; manufactures ; services publics ; transports ; finance ; services divers).

Dans la terminologie du projet Mapték, ces industries sont appelées « secteurs », tandis que les subdivisions des secteurs sont appelées : industries ». Ainsi, dans le « secteur » de loisirs familiaux, on trouve l'« industrie » des récepteurs de télévision. Les « industries » sont subdivisées à leur tour en groupes de produits (les téléviseurs couleur dans l'industrie des récepteurs de télévision). Les groupes de produits sont subdivisés en produits (les téléviseurs couleur portatifs) ; enfin, les produits sont subdivisés en échantillons techniques (6 échantillons de téléviseurs couleur portatifs).

Ce projet constitue une tentative originale de désagrégation. Le secteur électronique ne peut manifestement se suffire du niveau d'agrégation des tableaux officiels (seraient-ils de format 370 x 370). On avance que ce secteur devrait normalement être désagrégé en 159 subdivisions... Il est clair qu'il appartient aux compagnies privées de prendre le relais des travaux gouvernementaux.

Autre particularité intéressante du projet Mapték : on sait que l'électronique et l'aérospatiale constituent des domaines où la technologie se modifie très rapidement. Les tableaux officiels peuvent

32. F. Ledecy, « The Applications of Mapték Electronic Component Input-Output Service », 5th International Conference on Input-Output Techniques, Palais des Nations, Genève, 11-15 janvier 1971.

donc difficilement être à jour, alors que le projet comporte une mise à jour annuelle des données.

IV — LA PRÉVISION À COURT TERME DES DÉBOUCHÉS

Nous allons aborder maintenant un domaine très controversé, l'utilisation du modèle input-output comme instrument prévisionnel, en considérant le problème sous l'angle de la prévision à court terme des débouchés d'une firme.

A — *Input-output et prévision*

1. Le modèle input-output s'appuie sur des prévisions de la demande finale globale pour en déduire les prévisions de la production requise des différentes industries pour satisfaire cette demande finale. De ce point de vue, le modèle input-output appartient à la lignée des modèles d'inspiration post-keynésienne : les comportements des offreurs sont extrêmement sommaires puisqu'ils consistent à ajuster purement et simplement le volume de la production au volume attendu de la demande³³.

L'apport spécifique du modèle est le suivant : alors que les modèles agrégés reposent sur l'identité de la demande globale et de la production nette globale, le modèle input-output repose sur la correspondance bi-univoque entre la *matrice-colonne* des demandes finales par industrie et la *matrice-colonne* des productions brutes de ces industries. Autrement dit, une même demande finale globale peut requérir une production globale *brute* différente si la structure de la demande finale est modifiée.

2. Nous n'allons pas engager à fond le débat sur la qualité des résultats prévisionnels du modèle input-output³⁴. D'ailleurs, le problème ne se pose pas dans l'absolu. On peut certes, comme le fait M.R. Goldman³⁵, émettre de sérieuses réserves à l'encontre de l'utilisation du modèle input-output dans la prévision à court terme.

33. Le modèle input-output présente, quant à lui, un avantage : il suppose explicitement la constance des rendements à l'échelle.

34. On consultera à cet effet : Chenery and Clark, *op. cit.*, chapitres 6 et 10 ; H. Theil, *Applied Economic Forecasting*, North Holland Publishing, 1966, chapitres 6 et 7 ; A. Ghosh, *Experiments with Input-Output Models*, Cambridge University Press, 1964, chapitres 4 et 5.

35. « The 1958 Input-Output Study in Analysis and Forecasting », *Business Economics*, n° 1, été 1965, pp. 32-34.

Goldman invoque deux obstacles principaux : le rôle des variations d'inventaires (la demande d'un bien donné peut être satisfaite par le prélèvement sur des inventaires accumulés et non par la production) et l'absence de prise en compte de la durée des opérations de production (la production d'un bien peut s'étaler sur une période d'une durée supérieure à un an).

Il paraît préférable de comparer les performances du modèle à celles des modèles concurrents. On reconnaît généralement, comme instruments de prévision concurrents, les méthodes dites « naïves », qui reposent sur la permanence de ratios remarquables, et les méthodes qui font appel à la régression. Là encore, faut-il éviter de poser le problème de façon générale. Le classement que l'on peut établir entre les 3 types de modèles est largement déterminé par deux facteurs principaux.

- (i) Le *contexte* de la période de prévision : le modèle input-output a acquis une solide réputation, il conviendrait exclusivement dans les périodes troublées (guerre, reconversion d'après-guerre, cataclysmes,...). Il est vrai que dans des circonstances semblables, les modifications brutales de la demande finale sont non seulement vraisemblables mais nécessaires. On cite souvent deux exemples de succès incontesté de l'application du modèle : l'étude faite en 1947 (Cornfield et alia) de la production d'acier nécessaire en 1950 dans l'hypothèse d'une économie de plein-emploi, et l'« U.S. Emergency Model » programme de réarmement occasionné par la guerre de Corée et réalisé par le gouvernement américain en 1952 ³⁶.
- (ii) La *nature de l'industrie* concernée : l'expérience a prouvé que les résultats étaient extrêmement variables selon les industries. Nous nous intéressons ici à la prévision des débouchés d'une firme, ou si l'on veut, d'une industrie donnée : ce qui importe est la performance du modèle relative à cette industrie. On ne peut affirmer a priori que le modèle input-output permet

36. Cette dernière étude représente probablement l'application la plus approfondie qui ait été réalisée dans un but particulier. Les demandes de biens à usage militaire ont fait l'objet d'un soin particulier (matrice spéciale), et la prévision portait sur tous les trimestres de 1951 à 1954. La matrice de base utilisée était celle de 1947, avec ajustement systématique des coefficients. Malheureusement, cette remarquable étude relève du secret militaire ! C'est dire qu'elle est à jamais enfouie dans un tiroir (lui-même secret) du Pentagone.

d'obtenir de meilleurs résultats. Seul un exemple concret (pour une industrie donnée) peut départager les concurrents.

B — Principe de la méthode

Le caractère opérationnel du modèle au niveau de la prévision résulte de l'équation fondamentale :

$$x = (I - A)^{-1} \cdot \bar{y}$$

où les éléments de la matrice-colonne des productions des industries s'expriment linéairement en fonction des éléments de la demande finale. On constate la grande souplesse du modèle : pour un multiplicateur matriciel $(I - A)^{-1}$ donné, il y aura autant de matrices-colonne de productions que de matrices-colonne de demandes finales.

De la façon générale, la mise en œuvre de la méthode soulève trois problèmes :

- le choix d'une matrice-colonne de la demande finale
- le choix de la matrice des coefficients d'input
- le respect des contraintes éventuelles de production.

1. *La matrice-colonne \bar{y} .* — Les modèles macroéconomiques traditionnels utilisent les catégories agrégées de la comptabilité nationale³⁷. Or la matrice-colonne \bar{y} a pour éléments les demandes finales de toute nature adressées à chaque industrie. Le problème du passage des catégories de la comptabilité nationale aux éléments de \bar{y} se pose donc.

On pourrait éviter ce problème en effectuant directement la prévision des éléments de \bar{y} (au nombre de 82). Cette procédure serait longue et occasionnerait de nombreuses erreurs (on notera d'abord que les séries statistiques annuelles disponibles des demandes finales par industrie sont très incomplètes ; avant même d'appliquer une méthode plus ou moins sophistiquée de régression, il convient de compléter ces séries). Il paraît plus rationnel de faire porter la prévision sur les 6 catégories de la demande finale et de retrouver les éléments de \bar{y} dans une deuxième étape.

On dispose des prévisions des 6 agrégats de la demande finale (données par exemple par l'un des modèles macro-économiques cités). Comment obtenir la répartition de cette demande globale selon les industries auxquelles elle va s'adresser ? On procède ainsi :

37. Rappelons qu'elles sont au nombre de 6.

on observe la répartition de ces agrégats à la période de base (celle pour laquelle on dispose du dernier tableau input-output publié) et l'on suppose que cette répartition ne sera pas radicalement modifiée dans le court terme.

Appelons H la matrice (82 x 6) dont les éléments de chaque colonne sont les pourcentages de répartition de l'agrégat correspondant selon les demandes finales adressées à chacune des 82 industries (ainsi, $h_{1,C}$ désigne le pourcentage de la consommation finale en bien 1 dans le total de la consommation finale ;...).

$$H = \begin{bmatrix} h_{1,C} & h_{1,I} & h_{1,\Delta V} & h_{1,X} & h_{1,GF} & h_{1,GL} \\ h_{2,C} & h_{2,I} & h_{2,\Delta V} & h_{2,X} & h_{2,GF} & h_{2,GL} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{82,C} & h_{82,I} & h_{82,\Delta V} & h_{82,X} & h_{82,GF} & h_{82,GL} \end{bmatrix}$$

Si l'on postmultiplie cette matrice par la matrice-colonne des agrégats ($C, I, \Delta V, X, GF, GL$), on obtient nécessairement la matrice-colonne des 82 éléments de la demande finale. Si l'on suppose que la matrice H est constante à court terme, il suffit de postmultiplier cette matrice par la matrice-colonne des agrégats prévisionnels pour obtenir la matrice-colonne des 82 demandes finales prévisionnelles par industrie ³⁸.

On observe que l'emploi de la matrice de répartition H résout le problème du passage des « prix aux acheteurs » aux « prix aux producteurs ». Une des lignes de la matrice H est affectée à l'in-

38. En fait, la matrice H n'est pas rigoureusement constante à court terme : on commet donc une erreur de prévision des outputs des industries. A. Van Peeterssen nous a signalé la pratique d'une *correction autorégressive* dont voici le principe : θ désignant l'année de prévision, $(I - A)$ et H , respectivement, les matrices des coefficients d'input et de répartition observées à la période de base, \bar{z} la matrice-colonne des agrégats prévisionnels, il vient :

$$x(\theta) = (I - A)^{-1} \cdot H \cdot \bar{z}(\theta)$$

le symbole (*) affectant les grandeurs estimées : il convient d'estimer les paramètres $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, de l'équation de régression :

$$x(t) = \alpha + \beta (I - A)^{-1} \cdot H \cdot \bar{z}(t) + \gamma [x(t-1) - (I - A)^{-1} \cdot H \cdot \bar{z}(t-1)] + \delta t$$

sur un nombre d'observations antérieures suffisamment grand ; il suffit ensuite de corriger l'estimation $\hat{x}(\theta)$ obtenue, au moyen de la relation :

$$\tilde{x}(\theta) = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \hat{x}(\theta) + \gamma [x(\theta - 1) - \hat{x}(\theta - 1)] + \hat{\delta} t.$$

Naturellement, $\hat{\beta}$ doit être voisin de 1.

Sur le problème du passage des agrégats aux demandes finales par industrie on pourra consulter F.M. Fisher, L.R. Klein, Y. Shinkai, « Price and Output Aggregation in the Brookings Econometric Model », chapitre 17, *The Brookings Quarterly Econometric Model of the U.S.*, Duesenberry, Fromm, Klein and Kuh, éd., Rand MacNally and Co., Chicago, 1965.

dustrie « transport et entreposage », une autre au « commerce de gros et de détail ». Par ailleurs, la somme des éléments d'une même colonne de la matrice H n'est pas nécessairement égale à 1, de sorte que certaines taxes (au stade de la consommation) sont automatiquement exclues de la valeur des demandes finales adressées aux différentes industries.

2. *La matrice $(I - A)$.* — Toute prévision s'appuie sur la connaissance et l'interprétation du passé pour en inférer des types d'évolution possibles dans le futur. Le fondement de la technique input-output est que les phénomènes liés aux techniques de production sont stables. Une première attitude consiste donc à utiliser la matrice des coefficients d'input calculés à partir du dernier tableau input-output publié. On fait alors l'hypothèse que ces coefficients ne subiront pas de modifications sensibles entre la période de base et la période de prévision. Si cette dernière n'est éloignée de la période de base que de 2 ou 3 années, cette hypothèse est acceptable ; l'expérience a montré que les erreurs de prévision augmentent ensuite avec l'éloignement dans le temps de la période de base.

Cette attitude, séduisante en théorie, est difficile à mettre en œuvre en pratique. En effet, les tableaux concernant une année donnée sont publiés avec un retard important. La marge de sécurité représentée par les 2 ou 3 ans au cours desquels la stabilité des coefficients est approximativement vérifiée est largement dépassée lors de la parution des tableaux. On est donc amené à corriger certains coefficients de la matrice de base. On sait qu'un petit nombre de coefficients enregistre des variations sensibles et que ces coefficients sont en général aisément repérés. On peut donc faire appel au jugement d'experts pour modifier ces coefficients. On peut utiliser une méthode mécanique d'ajustement comme la méthode RAS, ou bien combiner les deux approches.

3. *Les contraintes de production.* — La matrice $(I - A)$ ayant été mise à jour (ou bien ayant été purement et simplement reconduite pour la période de prévision) il reste à l'inverser et à la post-multiplier par la matrice-colonne des demandes finales prévisionnelles. La matrice-colonne des productions requises permet alors d'estimer les besoins en inputs primaires. Ces besoins peuvent être confrontés avec les contraintes qui affectent les inputs primaires.

L'ACTUALITÉ ÉCONOMIQUE

Dans le cas où un goulot d'étranglement quelconque se manifesterait, on peut être amené à revenir sur les demandes finales prévisionnelles et à leur apporter les correctifs nécessaires. Au terme d'un certain nombre d'itérations, il doit être possible de déterminer une matrice-colonne de productions réalisables.

C — Prévion à court terme des débouchés de l'industrie 30

Supposons qu'une firme spécialisée dans la production de peintures désire prévoir ses débouchés de 1968 à 1972. Admettons qu'elle s'identifie à l'industrie 30, c'est-à-dire qu'elle est en mesure de déterminer la valeur de ses propres débouchés en fonction de celle des débouchés de l'industrie. Cette firme dispose de trois types concurrents d'instruments de prévision : les méthodes « naïves », les méthodes de régression et l'analyse input-output. Nous allons comparer l'efficacité de ces méthodes.

Tableau 5
Séries chronologiques de la production de l'industrie 30
et du G.N.P. (1954-1967)

Années	$\%_{80}$ (en millions de \$) (prix courants) (a)	$\%_{80}$ (en millions de \$) (prix de 1958) (b)	G.N.P. (en milliards de \$) (prix courants) (c)	G.N.P. (en milliards de \$) (prix de 1958) (d)	$\frac{\%_{80}}{\text{G.N.P.}}$ (prix de 1958)
1954	1,444.4	1,700.1	364.8	407.0	.0041
1955	1,654.7	1,855.0	398.0	438.0	.0042
1956	1,678.8	1,795.5	419.2	446.1	.0040
1957	1,719.6	1,745.7	441.1	452.5	.0038
1958	1,878.7	1,878.7	447.3	447.3	.0042
1959	2,054.5(1)	2,050.4	483.7	475.9	.0043
1960	2,102.2(1)	2,100.0	503.7	487.7	.0043
1961	2,096.0	2,034.9	520.1	497.2	.0040
1962	2,196.0	2,127.9	560.3	530.0	.0040
1963	2,456.4	2,380.2	590.5	551.0	.0042
1964	2,553.0	2,452.4	632.4	581.1	.0042
1965	2,785.6	2,658.0	684.9	617.8	.0043
1966	2,970.4	2,796.9	749.9	658.1	.0042
1967	3,003.3(1)	2,762.9	793.5	674.6	.0040

SOURCES : (a) U.S. Department of Commerce; *Annual Survey of Manufactures*, à l'exception des chiffres suivis de (1) obtenus à partir des statistiques des expéditions FOB usine de *Business Statistics*.

(b) Chiffres obtenus en utilisant l'indice des prix de gros « prepared paints », U.S. Department of Labor, *Monthly Labor Review*.

(c) (d) U.S. Department of Commerce, *Survey of Current Business*.

INPUT-OUTPUT ET MARKETING

1. *Méthodes naïves.* Ces méthodes reposent sur l'observation d'un rapport stable entre l'output de l'industrie et le G.N.P., ou bien la demande finale adressée à une industrie et l'output de cette industrie,... et sur l'*extrapolation* de ce rapport. Nous avons choisi d'illustrer ce type de méthode par la considération du rapport observé entre l'*output* de l'industrie 30, x_{30} , et le G.N.P.

Le rapport entre x_{30} (aux prix de 1958) et le G.N.P. (aux prix de 1958) est remarquablement stable. Il évolue entre .0038 et .0043, sans trend significatif. Nous avons donc calculé la valeur moyenne de ce rapport, soit .0041. L'extrapolation consiste à appliquer ce multiplicateur aux valeurs successives du G.N.P. (aux prix de 1958) de 1968 à 1972 : nous obtenons la série prévisionnelle de l'output de l'industrie 30 (aux prix de 1958) sur le même intervalle. Si nous désirons exprimer cette série en prix courants,

Tableau 6

Résultats de la prévision par la méthode naïve

Années	G.N.P. (en milliards de \$) (prix de 1958) (a)	\hat{x}_{30} (en millions de \$) (prix de 1958)	Indice des prix de gros « all commodities » base 100 : 1958 (b)	Indice des prix de gros « prepared pains » base 100 : 1958 (c)	\hat{x}_{30} (en millions de \$) (prix courants)
1968	707.6	2,901.1	108.2	108.3	3,307.2
1969	727.5	2,982.7	112.5	112.6	3,537.4
1970	724.3	2,969.6	117.1	117.2	3,741.6
1971	746.2	3,059.4	120.9	121.0	4,026.1
1972	783.5	3,212.3	121.2	121.3	4,240.2

REMARQUES : (a) 1968 et 1969 : S.C.B. ; 1970, 1971, 1972 : Wharton — E.F.A. Model.

(b) 1968 et 1969 : *The Economic Report of the President* ; 1970, 1971, 1972 : Wharton — E.F.A. Model.

(c) 1968 et 1969 : *The Economic Report of the President* ; 1970, 1971, 1972 : obtenus par régression de l'indice des prix de gros « prepared pains » / « all commodities ».

NOTE : En toute rigueur, nous aurions dû faire figurer en 1968 et 1969 les estimations du G.N.P. et de l'indice général des prix de gros données par le Wharton — E.F.A. Model (puisque ce dernier a été choisi pour les années 1970, 71 et 72), et non les grandeurs observées. Nous ne pensons pas cependant avoir introduit un biais systématique dans la comparaison des performances des 3 modèles concurrents, à laquelle nous nous livrerons par la suite.

il suffit de multiplier l'output aux prix de 1958 par l'indice des prix de gros « *prepared paints* » de l'année correspondante ³⁹.

2 — *Méthodes de régression.* Trois types de régression sont généralement pratiqués :

- régression de l'output de l'industrie par rapport au G.N.P.,
- régression de l'output de l'industrie par rapport au temps,
- régression multiple de l'output de l'industrie par rapport au G.N.P. et au temps,

les grandeurs monétaires étant exprimées à prix constants. Nous avons testé ces 3 régressions sur les observations recensées au tableau 5. Seule la première régression, celle de x_{30} (aux prix de 1958) par rapport au G.N.P. (lui-même aux prix de 1958) a donné des résultats acceptables. L'équation de régression obtenue est la suivante :

$$x_{30} = .00435 \text{ G.N.P.} - 92.11 \\ (.000225)$$

$$R^2 = .96 ; t = 19.3 ; F = 372.8$$

Nous pouvons consigner dans le tableau 7 les résultats de la prévision par la méthode de régression retenue.

Tableau 7
Résultats de la prévision par la régression x_{30} /G.N.P.

Années	\hat{x}_{30} (millions de \$) (prix de 1958)	\hat{x}_{30} (millions de \$) (prix courants)
1968	2,985.9	3,403.9
1969	3,072.5	3,643.9
1970	3,058.5	3,853.7
1971	3,153.8	4,150.4
1972	3,316.1	4,377.2

39. Les valeurs de cet indice n'étant disponibles que pour les années 1968 et 1969, une prévision de l'évolution des prix a été nécessaire. Nous avons observé une étroite corrélation entre l'évolution de l'indice des prix de gros « *all commodities* » et celle de l'indice des prix de gros « *prepared paints* ». Comme l'on dispose de séries prévisionnelles de l'indice général des prix de gros, il est possible, connaissant l'équation de régression prix « *prepared paints* »/prix « *all commodities* », d'estimer la série des valeurs de l'indice « *prepared paints* » jusqu'en 1972.

3. *Méthode input-output*. — Fin 1967, le dernier tableau input-output publié était celui de 1958. En fait, celui de 1963 était en cours de finition ; nous supposons qu'il était disponible. L'utilisation du tableau de 1963 rend nécessaire l'expression de toutes les grandeurs monétaires aux prix de l'année de base, c'est-à-dire 1963⁴⁰.

Décrivons la procédure suivie. D'après le tableau 3, 21 demandes finales expliquaient en 1963 (directement et indirectement) 86.5 p.c. de la production de l'industrie 30. Cela nous a suggéré de retenir exclusivement ces 21 éléments afin d'abrégier les calculs (l'hypothèse qui en découle est que le pourcentage de 86.5 p.c. est demeuré constant de 1963 à 1967 et restera inchangé au cours de la période de prévision). Les prévisions obtenues pour les productions annuelles successives de l'industrie 30 devront donc être corrigées par un coefficient multiplicateur égal à 1.156.

Précisons également que nous n'avons pas tenu compte dans notre prévision des contraintes de production. Nous n'avons pas procédé, par ailleurs, à des exercices de simulation en apportant des modifications à la matrice-colonne des 21 demandes finales. Observons enfin que nous n'avons pas tenu compte du rôle joué par les importations de « peintures et produits associés »⁴¹.

Il reste à analyser de manière plus approfondie les deux principales étapes de la prévision.

- (i) *Prévision des 21 demandes finales* : les prévisions des 6 catégories de la demande finale sont disponibles, il s'agit de passer de ces prévisions à celles des demandes finales par industrie au moyen de la matrice H . Le tableau 8 renferme les prévisions des 6 catégories de la demande finale (à l'exception des chiffres des années 1968 et 1969 qui sont des chiffres observés).

40. Certains auteurs préfèrent utiliser directement les grandeurs exprimées en prix courants. H. Theil affirme que l'expérience hollandaise suggère cette procédure. Voir H. Theil, *op. cit.*, p. 190.

41. On sait que la production totale de toute industrie apparaissant dans le tableau input-output américain comprend en fait les importations compétitives des produits de cette industrie. Il faut donc procéder à une correction des chiffres prévisionnels si l'on désire obtenir la production domestique (à l'exclusion des importations compétitives). Il se trouve que le rôle des importations compétitives est négligeable dans le cas de l'industrie 30 : 1 million de dollars en 1958 et en 1963, ce qui semble révéler un pourcentage décroissant des importations par rapport à l'offre totale. Nous avons purement et simplement négligé de pratiquer cette correction.

L'ACTUALITÉ ÉCONOMIQUE

La matrice H de dimensions (21 x 6) a été obtenue à partir des données statistiques du tableau de 1963 ⁴². Nous avons fait l'hypothèse de *constance* des éléments de cette matrice ; l'expérience montre cependant que les éléments de cette matrice se sont modifiés (parfois sensiblement) entre 1958 et 1963. Il est inutile de reproduire ici cette matrice, qui est en fait une sous-matrice de la matrice (82 x 6) de 1963.

On obtient aisément les matrices-colonne des 21 demandes finales pour chacune des années de 1968 à 1972 : il suffit de postmultiplier la matrice H (21 x 6) par les matrices-colonne ayant pour éléments les 6 catégories de la demande finale en 1968, en 1969, ..., en 1972 ⁴³. Ces résultats ne sont pas donnés ici.

(ii) *La prévision des coefficients d'input.* Nous avons supposé que les coefficients d'input observés en 1963 étaient stables de 1963 à 1972. À l'appui de cette hypothèse, il est difficile d'invoquer la stabilité à court terme des coefficients d'input...

Tableau 8

Prévisions des catégories de la demande finale
(aux prix de 1963)
(en milliards de \$)

Années	C	I	ΔV	X	GF	GL
1968	479.8	118.1	7.0	45.9	84.9	80.9
1969	496.2	124.4	7.3	48.7	81.7	83.8
1970	506.3	115.1	3.1	52.5	73.1	86.1
1971	521.9	119.5	1.7	55.0	66.9	95.8
1972	543.7	130.9	6.5	58.6	66.9	101.6

SOURCES : *The Economic Report of the President*, février 1971. Les valeurs aux prix de 1963 ont été calculées en utilisant les indices de prix particuliers à chaque catégorie figurant dans ce document.

42. L'Office of Business Economics procure sur demande la matrice (82 x 6) ; il procure aussi les éventuelles mises à jour de cette matrice de base.

43. À titre d'exemple, on obtient pour l'année 1968 :

$$\begin{bmatrix} y_1^{68} \\ y_2^{68} \\ \vdots \\ y_{21}^{68} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{1,C} & h_{1,I} & \dots & h_{1,GL} \\ h_{2,C} & h_{2,I} & \dots & h_{2,GL} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{21,C} & h_{21,I} & \dots & h_{21,GL} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_C^{68} \\ z_I^{68} \\ \vdots \\ z_{GL}^{68} \end{bmatrix}$$

Il est plus indiqué de s'en remettre à une propriété classique du modèle input-output : les erreurs commises sur les coefficients d'input ont tendance à se compenser plutôt qu'à se cumuler...

Il reste que cette hypothèse est bien commode : elle évite de calculer l'inverse d'une nouvelle matrice de Léontief. Il a donc suffi de prélever dans la 30^{ème} ligne du multiplicateur matriciel publié en 1963 les 21 éléments correspondant aux 21 demandes finales retenues.

La multiplication de cette matrice-ligne à 21 éléments par les matrices-colonne des 21 demandes finales prévisionnelles pour chaque année de 1958 à 1972 a finalement donné la valeur prévisionnelle (aux prix de 1963) de x'_{30} pour chaque année de 1968. à 1972. L'ensemble de ces valeurs est consigné au tableau 9 ; la série chronologique des x_{30} prévisionnels (aux prix de 1963) est obtenue après multiplication par le coefficient 1.156. Cette même série est ensuite exprimée aux prix de 1958 et en prix courants.

Tableau 9
Résultats de la prévision par la méthode input-output

Années	\hat{x}'_{30} (en millions de \$) (prix de 1963)	\hat{x}_{30} (en millions de \$) (prix de 1963)	\hat{x}_{30} (en millions de \$) (prix de 1958)	\hat{x}_{30} (en millions de \$) (prix courants)
1968	2,797.8	3,234.2	3,130.7	3,570.0
1969	2,926.4	3,382.9	3,274.6	3,944.5
1970	2,860.0	3,306.2	3,200.4	4,083.3
1971	2,956.4	3,417.5	3,308.1	4,412.0
1972	3,170.7	3,665.3	3,548.0	4,750.2

4. *Comparaison des performances des 3 modèles.* — Le tableau 10 récapitule les résultats de l'application des 3 modèles. Il est bon de rappeler que nous avons forcé quelque peu la réalité en utilisant, non pas des prévisions, mais des valeurs observées du G.N.P. et de l'indice des prix pour 1968 et 1969. Il reste que la performance de la méthode naïve est notable, encore qu'elle ne soit appréciée que sur une période de 2 ans. Cette performance nous a suggéré d'admettre que les valeurs estimées d'après cette méthode pour les années 1970, 1971, et 1972 constituaient de bonnes approximations des valeurs observées de x_{30} . Cet artifice a permis de calculer les

erreurs relatives de prévision des deux autres méthodes pour les 3 années restantes

On peut classer les performances des 3 modèles concurrents dans l'ordre suivant :

- 1 — méthode naïve (erreurs relatives négligeables) ;
- 2 — méthode de régression (erreurs voisines de 3 p.c.) ;
- 3 — méthode input-output (erreurs voisines de 8 à 9 p.c.).

Il n'est pas possible de généraliser ce classement à toutes les industries — il est même probable que, pour certaines d'entre elles, le classement serait différent. Les résultats du tableau 23 permettent simplement d'affirmer que l'input-output ne constitue pas, dans tous les cas, la méthode de prévision des débouchés à court terme la plus efficace.

La technique est lourde et puissante : il faut l'utiliser avec discernement et précaution. Si l'on revient sur l'utilisation que nous venons d'en faire, on peut d'ailleurs s'étonner que les erreurs de prévision ne soient pas plus élevées. Nous avons en effet admis les hypothèses suivantes :

1 — les 21 demandes finales qui expliquaient 86.5 p.c. de l'output de l'industrie 30 expliquent ce même pourcentage tout au long de la période de prévision ;

2 — la matrice H (21 x 6) est la même en 1963 et en 1968, et elle demeure inchangée de 1968 à 1972 ;

Tableau 10
Tableau comparatif des valeurs prévisionnelles de x_{30}
(aux prix de 1958)

An- nées	x_{30} observé	\hat{x}_{30} méthode naïve	Erreur relative	x_{30} régres- sion	Erreur relative	\hat{x}_{30} input- output	Erreur relative
1968	2,902.5	2,901.1	*	2,985.9	+ .0287	3,130.7	+ .0786
1969	2,994.3	2,982.7	+ .0038	3,972.5	+ .0261	3,274.6	+ .0936
1970		2,969.6	Ø	3,058.5	+ .0290°	3,200.4	+ .0721°
1971		3,059.4	Ø	3,153.8	+ .0299°	3,308.1	+ .0751°
1972		3,212.3	Ø	3,316.1	+ .0313°	3,548.0	+ .0946°

NOTES :

* erreur négligeable.

Ø hypothèse nulle.

° erreurs relatives calculées par rapport à l'hypothèse nulle.

3 — la matrice A (82×82) est la même en 1963 et en 1968, et elle demeure inchangée de 1968 à 1972.

Il est possible de corriger partiellement le caractère restrictif de ces hypothèses ; on peut effectuer la prévision à partir des 82 demandes finales ; on peut pratiquer la correction autorégressive citée à la note 38 ; on peut procéder à l'ajustement des coefficients d'input. Il reste que le coût d'opportunité de ces corrections est élevé. En tout état de cause, seules les firmes ayant adopté la méthode de la matrice spécifique pour l'analyse de leurs débouchés sont en mesure d'appliquer correctement la méthode input-output au stade de la prévision.

La technique input-output doit-elle être écartée pour la prévision à court terme des débouchés ? Nous ne le pensons pas. Nous affirmons simplement qu'elle ne s'impose pas de manière évidente sur les méthodes concurrentes, et que le problème de son utilisation reste toujours un cas d'espèce. On objectera à cette affirmation qu'elle n'est pas tellement utile pour la prévision de l'output d'une industrie à partir d'une matrice-colonne donnée de demandes finales, mais pour analyser l'impact sur l'output d'une industrie d'une modification quelconque des éléments de la demande finale. Supposons par exemple que la demande finale conserve la même valeur globale mais change de structure : les 2 premières méthodes ne verront pas leurs réponses modifiées, alors que la méthode input-output donnera vraisemblablement une autre valeur prévisionnelle.

La souplesse du modèle input-output est incontestable : de ce point de vue, il est sans concurrence. Mais le problème se déplace alors : cette faculté présente-t-elle un intérêt dans le court terme ? Si l'on excepte les circonstances de caractère exceptionnel, la réponse est négative. Il en va tout autrement dans le long terme : on acquiert alors une liberté de manœuvre beaucoup plus grande pour multiplier les expériences de simulation à partir de différentes matrices-colonne de la demande finale.⁴⁴ Le modèle input-output doit être orienté vers le long terme, et l'hypothèse de stabilité des

44. Une telle position va à l'encontre du courant traditionnel voulant que le modèle input-output soit opérationnel dans le court et non dans le long terme. Ce courant s'appuie naturellement sur la « constance » des coefficients d'input dans le court terme. À notre sens, le modèle est opérationnel dans le long plus que dans le court terme, en raison de la liberté de simuler des matrices-colonne de demande finale très diversifiées, et surtout en raison de la possibilité de modifier certains coefficients d'input.

coefficients d'input doit être abandonnée lorsque cela est nécessaire. Ce n'est pas un hasard si toutes les firmes qui utilisent la technique input-output le font principalement dans une optique de long terme.

V — LA PRÉVISION À LONG TERME DES DÉBOUCHÉS

Le modèle input-output ne constitue pas, en tant que tel, un instrument de prévision à long terme : il fournit le cadre comptable dans lequel vont s'insérer les différentes prévisions sectorielles. Or, le problème de la cohérence générale entre les prévisions partielles est essentiel dans toute prévision à long terme. La procédure que l'on suit d'ordinaire dans les modèles macroéconomiques prévisionnels est la suivante : on réalise la projection de la force de travail (perspectives démographiques, taux d'activité de la main-d'œuvre féminine, nombre d'heures de travail par semaine), et de sa productivité, de façon à obtenir l'output potentiel correspondant à un certain état de l'emploi durant la période de prévision. On projette ensuite indépendamment les catégories de la demande finale, et on compare leur total à l'output potentiel. On assure ainsi le minimum de cohérence à la prévision : il n'est pas possible de produire plus que l'output potentiel.

En utilisant le modèle input-output, cette cohérence est non seulement conservée mais renforcée. Les prévisions des catégories de la demande finale devant être traduites en demandes finales par industrie, l'output requis peut être confronté à l'output potentiel pour chaque industrie. Le remplissage des cases restantes du tableau (flux interindustriels, flux d'intrants primaires) à partir des cases des demandes finales constitue un test de cohérence extrêmement probant. De ce point de vue, le cadre très contraignant constitué par l'armature comptable du modèle est irremplaçable dans une prévision à long terme.

A) Principe de la prévision à long terme.

L'exemple le plus systématique d'utilisation du modèle input-output dans la prévision à long terme est repris dans l'ouvrage de C. Almon (1966). Il existe d'autres exemples (Battelle, North Aviation, ...) sur lesquels on dispose d'informations moins complètes. Du point de vue méthodologique, on retrouve les deux étapes

de la prévision à court terme : prévision des demandes finales, ajustement des coefficients. La phase caractéristique du long terme est celle où les deux types de prévisions se combinent pour mettre en évidence les taux moyens de croissance des différentes industries.

1 — *Prévision des demandes finales.* La même alternative prévaut dans le court et le long terme : on peut tenter de prévoir directement les demandes finales par industrie, ou bien de prévoir d'abord les catégories de la demande finale. Il semble que la première méthode, déjà incertaine dans le court terme, le soit davantage dans le long terme. Il reste donc à s'attacher à la prévision des catégories de la demande finale et à répartir ensuite chacune de ces catégories en suivant la nomenclature du tableau input-output.

a) *Consommation*⁴⁵ : examinons brièvement l'intéressante approche de Battelle (1967). L'ensemble des ménages américains est subdivisé en 252 cellules (9 classes de revenus x 7 catégories d'activités x 4 niveaux d'éducation). Pour chacune de ces cellules, on a projeté en 1975 le revenu familial moyen, la proportion du revenu familial consacrée aux dépenses de consommation, la répartition de ces dépenses en 19 groupes de biens et services. On a procédé ensuite à l'agrégation au niveau national des comportements des consommateurs de chaque cellule, ce qui a eu pour effet de distribuer la consommation globale des ménages selon les 19 groupes retenus. La dernière étape a consisté à transformer cette distribution en une répartition selon les industries du tableau.

b) *Investissement* : l'approche la plus significative est celle du groupe d'études de l'Université du Maryland⁴⁶. En accord avec les firmes qui financent ce projet, le principe de construction du tableau spécifique (185 x 185) a été d'isoler les industries qui achètent des biens d'équipement différents. La prévision des investissements a été réalisée au niveau de chaque industrie et non au niveau macro-économique. Les variables explicatives du niveau des investissements

45. Sur le problème général de la prévision à long terme des dépenses personnelles de consommation, on aura intérêt à consulter : H.S. Houthakker ; L.D. Taylor, *Consumer Demand in the U.S. 1929-1970. Analyses and Projections*, Harvard University Press, 1966.

46. C. Almon, L. Atkinson, T.C. Reimbold, « Dynamic Interindustry Forecasting for Business Planning ». 5th International Conference on Input-Output Techniques, Palais des Nations, Genève, janvier 1971.

sont bien connues : il s'agit d'un modèle à retards échelonnés combinant le coût du capital et le rapport capital-output.

c) *Dépenses publiques* : il est clair que le montant et la structure des dépenses publiques subissent des modifications sensibles dans le long terme. On pense par exemple au coût croissant des dépenses d'éducation et des dépenses à caractère social. On pense surtout au budget de la défense. Les hypothèses à retenir ne s'imposent pas de manière évidente : faut-il tabler sur une lente diminution des dépenses militaires (perspective de détente) ou sur leur maintien en termes relatifs (perspective de guerre froide)⁴⁷ ?

2 — *Ajustement des coefficients*. Quels sont les facteurs qui rendent nécessaire cet ajustement dans le long terme ? On peut penser au bouleversement des structures d'input des industries « polluantes » qui suivrait un programme autoritaire de lutte contre la pollution⁴⁸. Naturellement, il existe des facteurs spontanés de modification. Nous en relèverons principalement trois.

a) *Évolution de la structure de l'output d'une industrie* : quelle que soit la désagrégation du tableau input-output utilisé, il subsistera toujours, pour un grand nombre d'industries, une grande variété dans la gamme de leurs produits. On conçoit immédiatement que la modification de la structure de l'output (tel produit ne représentant plus qu'un faible pourcentage de l'output, tel autre représentant un pourcentage accru) peut avoir pour effet de modifier sensiblement la structure des inputs.

b) *Évolution de la qualité des produits* : s'il existe des produits dont la composition et la qualité n'évoluent pas de manière sensible, la plupart des produits manufacturés incorporent le progrès technique sous la forme d'une amélioration qualitative. Cette incorporation se réalise a fortiori dans le cas des produits nouveaux⁴⁹.

47. Encore faut-il voir que dans l'une ou l'autre hypothèse l'apparition de nouveaux armements ou de nouveaux moyens de défense peuvent bouleverser la répartition par industrie des dépenses militaires (exemple des missiles... puis du programme antimissiles...).

48. À ce propos, voir : W. Leontief, D. Ford : « Air Pollution and the Economic Structure : Empirical Results from an Input-Output Model ». 5th International Conference on Input-Output Techniques, Genève, janvier 1971.

49. Il faut se garder ici d'un danger : sous le prétexte de prévoir l'avènement de produits nouveaux, on peut se livrer à de la science-fiction. Il faut se rappeler qu'invention ne signifie pas innovation, et que le meilleur guide en la matière est le solide bon sens des gens de la profession.

c) *Substitution d'inputs* : il reste, dans l'hypothèse où la structure de l'output et la qualité des produits d'une industrie demeurent inchangées, que la structure de ses inputs peut se modifier en raison de goulots d'étranglement dans la fourniture de certains inputs, de modifications des prix relatifs de certains inputs⁵⁰.

3 — *Croissance des outputs des industries et des flux inter-industriels*. L'étape ultime consiste à combiner la prévision des demandes finales annuelles (par industrie) et celle des matrices annuelles de coefficients d'input. En fait, rien n'interdit (sinon un équipement suffisant en informatique) de procéder à de multiples simulations. On peut considérer que l'on dispose pour chaque année de prévision d'une matrice-colonne de demandes finales et d'une matrice de coefficients d'input qui constituent les deux matrices de référence. On peut introduire des variantes simultanément au niveau des demandes finales et des coefficients d'input. Nous raisonnerons ici sur l'ensemble des matrices-colonne de référence des outputs des différentes industries.

Si l'on s'intéresse à une industrie particulière, on obtient ainsi la suite des valeurs de sa production annuelle au cours de la période de prévision : on en déduit immédiatement le *taux moyen de croissance* de la production de cette industrie au cours de cette période. La connaissance de la matrice des coefficients d'input permet de calculer, pour chaque année, les livraisons de l'industrie considérée aux autres industries, de sorte que l'on peut calculer aisément ensuite le *taux moyen de croissance* de chaque *flux interindustriel* (appelé aussi « marché direct ») au cours de la période.

North American Aviation a élaboré un modèle de prévision visant à calculer les taux de croissance de 6,500 marchés directs pour 90 industries. Pour chaque industrie considérée, les marchés directs ont 3 dimensions : la *taille initiale* (coefficient d'output correspondant en 1963), le *taux moyen de croissance*, la *taille terminale* (coefficient d'output correspondant en 1980)⁵¹.

50. La prise en considération de l'évolution des prix relatifs est un problème délicat : il semble qu'aucune expérience ne soit concluante sur ce point. Il suffit cependant de penser aux effets du récent réajustement du prix du pétrole brut sur la structure des inputs en énergie de nombreuses industries pour se convaincre de l'importance du problème. Bien que le domaine de l'énergie se mêle parfaitement à la substitution d'inputs, de nombreux autres domaines pourraient être envisagés (substitution entre métaux non ferreux, entre matières plastiques,...).

51. On peut imaginer une représentation graphique où sont portées sur l'axe des abscisses des longueurs proportionnelles aux coefficients d'output correspondant aux

B) *Les débouchés à long terme de l'industrie 30*

Nous allons retrouver, dans une perspective de long terme, l'industrie 30 « peintures et produits associés ». En utilisant les résultats de la prévision à long terme réalisée par C. Almon, le taux moyen de croissance (en volume) de la production de cette industrie devrait être de 2.3 p.c. de 1963 à 1975. Ces résultats permettent également de dresser le profil à long terme des débouchés directs de cette industrie.

1 — *Croissance de la production de l'industrie 30*. On a reporté dans le tableau 11 la série prévisionnelle des valeurs de la production de l'industrie 30 (aux prix de 1958) de 1963 à 1975. Si l'on fait figurer dans le même tableau la série des valeurs observées de x_{30} de 1963 à 1969, il apparaît que C. Almon a nettement sous-estimé le taux moyen de croissance de x_{30} sur cet intervalle. En supposant que le trend observé de 1963 à 1969 se prolonge jusqu'en 1975, la valeur de x_{30} (aux prix de 1958) en 1975 devrait se situer autour de 3,700 millions de dollars (estimation de C. Almon : 3,126).

Tableau 11
Série prévisionnelle de la production de l'industrie 30 :
1963-1975 (C. Almon)

Années	Indice en volume de x_{30} (base 1963)	\hat{x}_{30} (aux prix de 1958)	x_{30} observé (aux prix de 1958)
1963	100.	2,380.2	2,380.2
1964	102.30	2,434.9	2,452.4
1965	104.65	2,490.9	2,658.0
1966	107.05	2,548.1	2,796.9
1967	109.51	2,606.7	2,762.9
1968	112.02	2,666.6	2,902.5
1969	114.59	2,727.9	2,994.3
1970	117.22	2,790.6	
1971	119.91	2,854.7	
1972	122.66	2,920.3	
1973	125.48	2,987.4	
1974	128.36	3,056.1	
1975	131.31	3,126.3	

marchés directs et, sur l'axe des ordonnées, des longueurs proportionnelles aux taux moyens de croissance de ces marchés. (On peut d'ailleurs compléter cette représentation en faisant figurer le marché final). La même représentation graphique doit être faite pour l'année initiale et pour l'année terminale, ce qui rend possible la comparaison des deux diagrammes.

2 — *Débouchés directs de l'industrie 30 en 1975*. On a rappelé, dans le tableau 12, les coefficients d'output des 17 industries meilleures clientes de l'industrie 30 en 1963 (avec leurs rangs respectifs), et on a fait figurer les coefficients d'output des mêmes industries en 1975 (prévisions de C. Almon). En fait, une seule parmi les 17 industries (l'industrie 42 « autres produits en métal ») a disparu de la liste des industries meilleures clientes en 1975 ; par contre, 3 nouvelles industries (28, 29, 53) apparaissent dans cette liste. Les taux de croissance des outputs des industries meilleures clientes sont indiqués, ainsi que les taux de croissance des flux inter-industriels correspondants (ils diffèrent des taux de croissance des outputs des industries clientes, dans le cas où le coefficient d'input de l'industrie cliente a été modifié).

La lecture du tableau 12 suggère les observations suivantes :

- (i) d'après les prévisions de C. Almon, la demande finale ne représenterait plus que 2 p.c. de l'output de l'industrie 30 en 1975
- (ii) la corrélation entre les rangs des coefficients d'output en 1963 et en 1975 est élevée ;
- (iii) cependant, un examen plus approfondi de l'évolution des coefficients d'output révèle que :
 - 3 coefficients d'output seulement devraient rester stables (variation ne dépassant pas 5%) : les coefficients des industries, 1, 23, 41 ;
 - 1 coefficient devrait diminuer légèrement (industrie 11) et 5 coefficients devraient diminuer fortement (variation supérieure à 20 p.c.) : industries 59, 40, 39, 42 et 54 ;
 - 3 coefficients devraient augmenter légèrement (industries 22, 20, 60) et 8 devraient augmenter fortement (industries 75, 27, 64, 65, 61, 28, 29, 53). Il est difficile de considérer que la structure des débouchés de l'industrie 30 est appelée à rester stable...

VI — CONCLUSIONS

(1) Le modèle comptable input-output constitue un excellent instrument d'analyse structurelle. Le tableau des transactions inter-industrielles est un espace à 2 dimensions (industrie vendeuse et industrie acheteuse) à l'intérieur duquel la firme peut aisément se

Tableau 12
Profil à long terme (1963-1975) des débouchés de l'industrie 30

Code O.B.E.	Code C. Almon	Industries	Coefficient d'output 1963 ^a	Rang	Coefficient d'output 1975 ^b	Rang	Taux moyen de croissance de l'output 1963/1975 ^b	Taux moyen de croissance du marché 1963/1975 ^b
12	12	Entretien et réparation d'immeubles	.348	1	.349	1	.031	.006
11	Dem.Fin.	Construction, bâtiments neufs	.125	2	.117	2	*	*
59	65	Véhicules à moteur et leur équipement	.078	3	.059	3	.038	.027
22	28	Ameublement	.036	5	.045	4		.038
40	46	Chauffage, plomberie, sanitaire	.036	5	.015	15		.038
39	45	Containers en métal	.032	7	.023	10		.030
75	83	Réparations et services automobiles	.030	8	.040	5		.037
27	33	Produits chimiques	.026	9	.038	6		.050
42	48	Autres produits en métal +	.026	9	.007	—		.034
64	70	Manufactures diverses	.022	11	.029	7		.041
65	71	Transports et entreposage	.020	12	.026	8		.037
20	26	Industrie du bois	.020	12	.023	10		.033
54	60	Electro-ménager	.016	14	0.12	17		.027
23	29	Autres meubles	.014	15	.014	16	.037	—
69	77	Commerce gros et détail	.013	16	.016	14		.037
41	47	Emboutis, vis et boulons	.011	17	.011	18		.023
61	67	Autre matériel de transport	.009	18	.018	13		.025
28	34	<i>Produits plastiques et synthétiques</i>	.008	—	.025	9		.052
53	59	<i>Appareils et moteurs électriques</i>	.003	—	.010	19		.034
29	35	<i>Produits plastiques et synthétiques</i>	.004	—	.010	19		.043
		Demande finale	.044	4	.020	12		

(a) SOURCE : Tableau 1963, O.B.E.

(b) SOURCE : C. Almon, *The American Economy to 1975*, op. cit.+ Industrie disparaissant des industries meilleures clientes en 1975 (coefficient d'output inférieur à 10⁻² en 1975).

— Non classé.

* Non disponible.

En italique : industries apparaissant en 1975 parmi les industries meilleures clientes.

situer. La firme acquiert ainsi une claire conscience des liens entre l'activité économique générale et sa propre activité. La confection et la mise à jour d'un tableau obligent à un enregistrement systématique et cohérent des informations.

(2) Le modèle *théorique* traditionnel n'est pas sans intérêt dans la prévision à *court terme* : il peut donner, dans le cas d'une industrie donnée, de bons résultats. Il possède une qualité originale, une grande souplesse qui favorise l'analyse de sensibilité. Mais il existe des techniques concurrentes, d'un emploi moins lourd et moins coûteux, qui, elles aussi, donnent dans certains cas de bons résultats. L'appréciation que l'on peut porter en la matière est nécessairement nuancée, et aucune recommandation générale ne paraît possible.

(3) Le modèle input-output présente un intérêt certain dans la prévision à *long terme*, en raison non de l'hypothèse de constance des coefficients d'input (il ne faut pas hésiter, au contraire, à modifier certains coefficients), mais de la solide armature comptable qu'il assure. Les prévisions à long terme des demandes finales, puis des productions, doivent prendre place dans un cadre comptable rigoureux, ce qui affermit leur cohérence.

(4) Le plus souvent, on parle de « technique » input-output, d'« analyse » input-output, de « modèle » input-output, ... L'input-output est en fait une discipline caractérisée par le refus des déductions immédiates, des généralisations hâtives, et par la recherche des implications profondes de l'activité des différentes industries. Ces implications seraient enracinées dans l'enchevêtrement des relations interindustrielles.

De telles caractéristiques peuvent inquiéter le dirigeant d'entreprise : c'est l'action, et non la contemplation, qui importe pour lui. Il est vrai que l'affirmation au niveau théorique de l'interdépendance générale des phénomènes économiques (en l'espèce, des phénomènes de production) peut conduire à un scepticisme déplacé... Le modèle input-output traditionnel a permis d'éviter cet écueil au moyen de l'hypothèse, parfois héroïque, de la constance des coefficients. Il est aujourd'hui plus solidement armé pour être véritablement opérationnel.

Georges MOLINS-YSAL,
professeur à l'École des Hautes
Études commerciales (Montréal).

BIBLIOGRAPHIE

- ALMON C., *The American Economy to 1975 — An Interindustry Forecast*, Harper and Row, 1966.
- BUREAU DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC, *Le système de comptabilité économique du Québec*, vol. 1 et vol. 2, annexe : « Le système et son fonctionnement », juillet et août 1967 ; vol. III, *Les utilisations*, février 1970.
- CAMBERN J.R., « Input-Output : a Market Analysis Tool », *Construction Review*, vol. 12, no 2, fév. 1966, pp. 45.
- CORNFIELD J., EVANS W.D., HOFFENBERG M., « Full Employment Patterns, 1950 », *Monthly Labor Review*, vol. 64, no 2, fév. 1947, pp. 163/190 et no 3, mars 1947, pp. 420/432.
- DOMINION BUREAU OF STATISTICS, *The Input-Output of the Canadian Economy 1961*, vol. I, août 1969, vol. II, oct. 1969.
- ECKSTEIN O., GREEN E., SUNDARARAJAN V., « New Approaches in Input-Output Analysis », *Business Economics*, vol. 7, no 1, janv. 1971, pp. 73/77.
- EVANS W.D., « Marketing Uses of Input-Output Data », *Journal of Marketing*, vol. 17, juillet 1952, pp. 11/21.
- EVANS W.D. ET HOFFENBERG M., « The Interindustry Relations Study for 1947 », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 34, no 2, mai 1952, pp. 97/142.
- HIRSCH W.Z., « Decision Making in Industrial Marketing », *Journal of Marketing*, vol. 24, no 3, janv. 1960, pp. 21/27.
- GOLDMAN M.R., MARIMONT M.L., ET VACCARA B., « The Interindustry Structure of the United States — A Report on the 1958 Input-Output Study », *Survey of Current Business*, nov. 1964, pp. 10/23.
- LEONTIEF W., « A New Approach to the Problem of Market Analysis », *American Management Association, Marketing Series*, no 59, 1945, pp. 3/16.
- MARSHALL R., « Modèle interindustriel au Québec — Quelques résultats », *Statistiques*, vol. 8, no 1, juin 1969, pp. IV/XXVI.
- NATIONAL ECONOMICS DIVISION STAFF, « The Transactions Table of the 1958 Input-Output Study and Revised Direct and Total Requirements Data », *Survey of Current Business*, sept. 1965, pp. 33/49.
- NATIONAL ECONOMICS DIVISION STAFF, « Input-Output Structure of the U.S. Economy — 1963 », *Survey of Current Business*, nov. 1969, pp. 16/47.
- TIEBOUT C.M., « Input-Output and the Firm : a Technique for Using National and Regional Tables », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 47, no 2, mai 1967, pp. 260/262.
- WALDORF W.H., « Input-Output Analysis As a Tool in Agricultural Marketing Research », *Agricultural Economics Research*, vol. 14, no 3, 1962, pp. 95/111.

INPUT-OUTPUT ET MARKETING

Le lecteur pourra consulter les chroniques suivantes de revues spécialisées :

Business Economics : HODES, « Input-Output Analysis : an Illustrative Example », vol. 1, no 1, été 1965, pp. 35/37.

Business week : 29 oct. 1966, pp. 146/148 ; 17 déc. 1966, pp. 100/102 ; 23 sept. 1967, pp. 62/67 ; 9 déc. 1967, pp. 88/95 ; 22 nov. 1967, pp. 125/128.

Chemical and Engineering News : vol. 45, no 40, sept. 1967, pp. 136/137.

Forbes : vol. 99, no 12, 15 juin 1967, pp. 46/50.

Industrial Marketing : vol. 51, no 9, sept. 1966, p. 89.

Marketing Forum : juillet 1966, 4 p. ; août 1966, 4 p. ; 10 nov. 1966, pp. 106/114 ; 15 août 1967, pp. 40/44 ; 1^{er} nov. 1967, 10 nov. 1966, pp. 106/114 ; 15 août 1967, pp. 40/44 ; 1^{er} nov. 1967, pp. 35/38.

Steel : 23 nov. 1964, pp. 153/155 ; 27 sept. 1967, pp. 44/45.

APPENDICE A

1. Formalisation élémentaire du modèle à n industries

La production de chaque industrie est déterminée par égalité avec le total des demandes intermédiaires et de la demande finale qui s'adressent à elle. Il vient, en reprenant les notations déjà utilisées :

$$(A.1.1) \quad x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + \bar{y}_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

En adoptant l'hypothèse de proportionnalité entre les inputs d'une industrie et l'output de cette industrie, le système d'équations (A.1.1) s'écrit encore :

$$(A.1.2) \quad x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + \bar{y}_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Ce système non homogène de n équations linéaires à n inconnues doit permettre d'exprimer de manière unique chaque inconnue x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) en fonction des constantes \bar{y}_j ($j = 1, 2, \dots, n$) :

$$(A.1.3) \quad x_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \bar{y}_j \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

En appelant A la matrice d'ordre n des coefficients a_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, n$), x la matrice-colonne des productions brutes des industries, \bar{y} la matrice-colonne des demandes finales, le système (A.1.3) s'écrit sous forme matricielle :

$$(A.1.4) \quad x = Ax + \bar{y}$$

soit :

$$(I - A)x = \bar{y}$$

L'ACTUALITÉ ÉCONOMIQUE

Si et seulement si la matrice $(I - A)$ est régulière, il vient en définitive :

$$(A.1.5) \quad x = (I - A)^{-1} \bar{y}$$

où le multiplicateur matriciel $(I - A)^{-1}$ est l'inverse de la matrice de Leontief $(I - A)$.

2. *Théorème : si les éléments de la matrice-colonne de la demande finale varient de manière quelconque, les coefficients d'output ne peuvent être constants avec les coefficients d'input.*

Appelons $f_i (i = 1, 2, \dots, n)$ le coefficient exprimant le rapport entre la demande finale en bien i et l'output de l'industrie i :

$$f_i = \frac{\bar{y}_i}{x_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Observons que la constance des coefficients d'output entraîne la constance des coefficients f_i ; en effet, le système (A.1.1) s'écrit encore :

$$\bar{y}_i = x_i - \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Après division de chaque équation du système par l'output x_i de l'industrie correspondante, on a :

$$(A.2.1) \quad f_i = 1 - \sum_{j=1}^n x_{ij}/x_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

On reconnaît dans le second membre de chaque équation du système (A.2.1) la somme des coefficients d'output relatifs aux ventes de cette industrie aux autres industries : il est clair que si chacun de ces coefficients est constant, leur somme est constante. Par conséquent, $f_i (i = 1, 2, \dots, n)$ doit demeurer constant.

En appelant \hat{f} la matrice diagonale dont les éléments de la diagonale principale sont les coefficients $f_i (i = 1, 2, \dots, n)$, la matrice-colonne de la demande finale doit vérifier la relation suivante :

$$(A.2.2) \quad \bar{y} = \hat{f} \cdot x$$

L'équation (A.1.4) s'écrit, en remplaçant \bar{y} par sa valeur dans (A.2.2) :

$$(A.2.3) \quad x = A \cdot x + \hat{f} \cdot x$$

soit :

$$(I - A - \hat{f}) \cdot x = 0$$

Cette équation admet une solution autre que la solution triviale $x = 0$ si et seulement si :

$$|I - A - \hat{f}| = 0$$

INPUT-OUTPUT ET MARKETING

Supposons maintenant que les éléments de la matrice-colonne \bar{y} varient de façon non proportionnelle ; λ étant un scalaire non nul, il vient :

$$(A.2.4) \quad \bar{y}^{(1)} = \lambda \bar{y} + z \quad \text{avec } z \neq 0$$

L'équation (A.1.4) doit être vérifiée. En conséquence :

$$(A.2.5) \quad x^{(1)} = A.x^{(1)} + \lambda \bar{y} + z$$

La matrice-colonne $\lambda \bar{y}$ est égale au produit du scalaire λ par la matrice-colonne \bar{y} ; on peut supposer, sans diminuer la généralité du raisonnement, que :

$$\lambda \bar{y} = \hat{f}.x^{(1)}$$

L'équation (A.2.5) s'écrit encore :

$$x^{(1)} = A.x^{(1)} + \hat{f}.x^{(1)} + z$$

soit :

$$(A.2.6) \quad (I - A - \hat{f}).x^{(1)} = z$$

L'équation admet la solution unique $x^{(1)} = (I - A - \hat{f})^{-1}.z$ si et seulement si

$$|I - A - \hat{f}| \neq 0$$

d'où contradiction.

Naturellement, dans le cas où les éléments de la demande finale varient de manière proportionnelle, il n'y a pas d'incompatibilité entre la constance des coefficients d'input et celle des coefficients d'output. Supposons, en effet, que

$$y^{(2)} = \hat{f}.x^{(2)}$$

il vient alors

$$(A.2.7) \quad (I - A - \hat{f}).x^{(2)} = 0$$

c'est-à-dire que l'on retrouve l'égalité à zéro du déterminant de $(I - A - \hat{f})$.

3. Coefficients de dépendance des outputs par rapport aux catégories de la demande finale

On entend par catégories de la demande finale les agrégats constitutifs du produit national brut : consommation des ménages (C), formation brute de capital fixe (I), variation nette des stocks (ΔV), exportations (X), dépenses publiques (G). La demande finale de chaque bien peut s'écrire, avec des notations évidentes :

$$(A.3.1) \quad \bar{y}_i = \bar{y}_i^C + \bar{y}_i^I + y_i^{\Delta V} + \bar{y}_i^X + y_i^G \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

L'ACTUALITÉ ÉCONOMIQUE

Développons l'équation matricielle (A.1.5) en remplaçant les \bar{y}_i par leurs valeurs dans (A.3.1) :

$$(A.3.2) \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{y}_1^c + \bar{y}_1^i + \bar{y}_1^{\Delta v} + \bar{y}_1^x + \bar{y}_1^g \\ \bar{y}_2^c + \bar{y}_2^i + \bar{y}_2^{\Delta v} + \bar{y}_2^x + \bar{y}_2^g \\ \vdots \\ \bar{y}_n^c + \bar{y}_n^i + \bar{y}_n^{\Delta v} + \bar{y}_n^x + \bar{y}_n^g \end{bmatrix}$$

Il vient encore :

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{y}_1^c \\ \bar{y}_2^c \\ \vdots \\ \bar{y}_n^c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{y}_1^i \\ \bar{y}_2^i \\ \vdots \\ \bar{y}_n^i \end{bmatrix} \\ + \dots + \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{y}_1^g \\ \bar{y}_2^g \\ \vdots \\ \bar{y}_n^g \end{bmatrix}$$

c'est-à-dire que l'on obtient la relation suivante pour l'industrie i ($i = 1, 2, \dots, n$) :

(A.3.3)

$$x_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \bar{y}_j^c + \sum_{j=1}^n A_{ij} \bar{y}_j^i + \sum_{j=1}^n A_{ij} \bar{y}_j^{\Delta v} + \sum_{j=1}^n A_{ij} \bar{y}_j^x + \sum_{j=1}^n A_{ij} \bar{y}_j^g$$

L'output de x_i se trouve ainsi fractionné en montants dépendant (directement et indirectement) de chacune des catégories de la demande finale en bien i . Il suffit de diviser les termes du second membre de (A.3.3) par x_i pour avoir le pourcentage de l'output de x_i qui dépend de la consommation, de l'investissement,...

4. Méthode de la ligne additionnelle

Affectons à la firme considérée l'indice 0. Supposons qu'en dehors de ses livraisons à la demande finale celle-ci ne vende qu'à l des n industries ; on peut supposer, sans diminuer la généralité du raisonnement, qu'il s'agit des l premières. On définit l'ensemble des coefficients d'input a_{0h} ($h = 1, 2, \dots, l$) relatifs aux livraisons de la firme aux l industries :

$$(A.4.1) \quad a_{0h} = \frac{x_{0h}}{x_h} \quad (h = 1, 2, \dots, l)$$

INPUT-OUTPUT ET MARKETING

Ecrivons l'équation exprimant la destination de l'output de la firme :

$$(A.4.2) \quad x_0 = x_{01} + x_{02} + \dots x_{0l} + \bar{y}_0$$

Il vient en remplaçant les flux x_{0h} ($h = 1, 2, \dots, l$) par leur valeur dans (A.4.1)

$$(A.4.3) \quad x_0 = a_{01}x_1 + a_{02}x_2 + \dots + a_{0l}x_l + \bar{y}_0$$

La production de chaque industrie h s'exprime linéairement en fonction des éléments de la matrice colonne \bar{y} de la demande finale au moyen de l'équation (A.1.3) :

$$(A.4.4) \quad x_h = \sum_{j=1}^n A_{hj} \bar{y}_j \quad (h = 1, 2, \dots, l)$$

Remplaçons dans l'équation (A.4.3) les x_h par leur valeur (A.4.4) :

$$(A.4.5) \quad x_0 = a_{01} \sum_{j=1}^n A_{1j} \bar{y}_j + a_{02} \sum_{j=1}^n A_{2j} \bar{y}_j + \dots + a_{0l} \sum_{j=1}^n A_{lj} \bar{y}_j + \bar{y}_0$$

Après regroupement des termes il vient :

$$(A.4.6) \quad x_0 = \sum_{h=1}^l a_{0h} A_{h1} \bar{y}_1 + \sum_{h=1}^l a_{0h} A_{h2} \bar{y}_2 + \dots + \sum_{h=1}^l a_{0h} A_{hn} \bar{y}_n + \bar{y}_0$$

c'est-à-dire que x_0 est une forme linéaire des éléments de \bar{y} et du scalaire \bar{y}_0 .

De manière équivalente à ce qui a été fait en A.3, on peut décomposer l'output de la firme en fractions dépendant respectivement de chacune des catégories de la demande finale. En appliquant l'équation (A.3.3) à chaque industrie h , on aura la décomposition de l'output de chacune des l industries auxquelles vend la firme. Il suffit de remplacer dans l'équation (A.4.3) chaque x_h ($h = 1, 2, \dots, l$) par sa valeur dans l'équation (A.3.3). Il vient :

$$(A.4.7) \quad x_0 = a_{01} \left(\sum_{j=1}^n A_{1j} \bar{y}_j^c + \dots + \sum_{j=1}^n A_{1j} \bar{y}_j^g \right) + a_{0s} \left(\sum_{j=1}^n A_{2j} \bar{y}_j^c + \dots + \sum_{j=1}^n A_{2j} \bar{y}_j^g \right) + \dots + a_{0l} \left(\sum_{j=1}^n A_{lj} \bar{y}_j^c + \dots + \sum_{j=1}^n A_{lj} \bar{y}_j^g \right) + \bar{y}_0$$

En posant $\bar{y}_0 = \bar{y}_0^c + \bar{y}_0^i + \bar{y}_0^v + \bar{y}_0^x + \bar{y}_0^g$, et en regroupant les termes dans le second membre de (A.4.7) on obtient la décomposition cherchée :

$$(A.4.8) \quad x_0 = \left(\sum_{h=1}^l \sum_{j=1}^n a_{0h} A_{hj} \bar{y}_j^c + \bar{y}_0^c \right) + \left(\sum_{h=1}^l \sum_{j=1}^n a_{0h} A_{hj} \bar{y}_j^i + \bar{y}_0^i \right) + \dots + \left(\sum_{h=1}^l \sum_{j=1}^n a_{0h} A_{hj} \bar{y}_j^g + \bar{y}_0^g \right)$$

APPENDICE B

Formalisation élémentaire du modèle à m biens et n industries ($m > n$)

La production de chaque bien est déterminée par égalité avec le total des demandes intermédiaires des industries et de la demande finale de ce bien. Il vient par conséquent avec les notations déjà utilisées :

$$(B.1) \quad q_i = \sum_{j=1}^n q_{ij} + \bar{e}_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

En adoptant l'hypothèse de proportionnalité entre les inputs d'une industrie et l'activité de cette industrie :

$$(B.2) \quad q_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} g_j + \bar{e}_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

c'est-à-dire que l'on obtient un système de m équations à $(m+n)$ inconnues (les productions des m biens et les activités des n industries). Il convient d'ajouter n équations indépendantes des m premières. En supposant que la part d_{ji} de chaque industrie j ($j = 1, 2, \dots, n$) dans la production de chaque bien i ($i = 1, 2, \dots, m$) reste constante, on peut exprimer l'activité de chaque industrie en fonction des productions des différents biens.

$$(B.3) \quad g_j = \sum_{i=1}^m d_{ji} q_i \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

On obtient en définitive un système non homogène de $(m+n)$ équations linéaires à $(m+n)$ inconnues :

$$(B.4) \quad q_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} g_j + \bar{e}_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$g_j = \sum_{i=1}^m d_{ji} q_i \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

qui permet généralement d'exprimer les $(m+n)$ inconnues en fonction des éléments de la matrice-colonne e de la demande finale. On obtient en particulier l'expression de l'activité de chaque industrie en fonction de ces éléments ; en appelant T_{ji} le coefficient exprimant l'impact sur l'activité de l'industrie j ($j = 1, 2, \dots, n$) d'une demande finale unitaire du bien, i ($i = 1, 2, \dots, m$), il vient :

$$(B.5) \quad g_j = \sum_{i=1}^m T_{ji} \bar{e}_i \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

En appelant B la matrice de dimensions (m, n) des coefficients d'input b_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$), D la matrice de dimensions (n, m) des coefficients de parts de marchés d_{ji} ($j = 1, 2, \dots, n$; $i = 1, 2, \dots, m$), q la matrice-colonne des productions des biens, g la matrice-colonne des activités des

INPUT-OUTPUT ET MARKETING

industries et \bar{e} la matrice-colonne de la demande finale, nous écrivons respectivement les systèmes (B.2) et (B.3) sous forme matricielle :

$$(B.6) \quad q = B.g + \bar{e}$$

$$(B.7) \quad g = D.q$$

Remplaçons dans (B.6) la matrice-colonne g par son expression dans (B.7) :

$$(B.8) \quad q = B.D.q + \bar{e}$$

soit :

$$(I - B.D).q = \bar{e}$$

et, si et seulement si la matrice $(I - BD)$ est régulière,

$$(B.9) \quad q = (I - B.D)^{-1}.\bar{e}$$

On obtient aisément g en prémultipliant les deux membres de (B.9) par D :

$$(B.10) \quad g = D.(I - BD)^{-1}.\bar{e}$$

Il reste que le calcul de g d'après (B.10) requiert l'inversion d'une matrice carrée d'ordre m ; il est possible d'obtenir g en fonction de \bar{e} au moyen d'une équation faisant intervenir un multiplicateur matriciel d'ordre n ($n < m$). Prémultiplions les deux membres de (B.6) par la matrice D :

$$(B.11) \quad g = D.(I - BD)^{-1}.\bar{e}$$

soit

$$(I - D.B).g = D.\bar{e}$$

et, si et seulement si $(I - D.B)$ est régulière,

$$(B.12) \quad g = (I - D.B)^{-1}.D.\bar{e}$$

Naturellement :

$$D.(I - B.D)^{-1} \equiv (I - D.B)^{-1}.D$$

il suffit de développer en série de Von Neumann le multiplicateur matriciel apparaissant dans chaque membre de cette identité :

$$D.[I + (B.D) + (B.D)^2 + \dots] \equiv [I + (D.B) + (D.B)^2 + \dots].D$$