

ETUDE EMPIRIQUE SUR L'EVOLUTION DES COEFFICIENTS INPUT-OUTPUT

par J. PAELINCK,
Bureau de Programmation Economique,

et J. WAELBROECK,
Université Libre de Bruxelles.

1. Introduction.

Le programme d'expansion économique préparé par le Bureau de Programmation Economique belge, repose techniquement sur la *méthode input-output*. Cette méthode tient compte de toutes les livraisons d'un secteur d'activité (sorties, output) à un autre (entrées, input) et permet de calculer le niveau d'activité de chaque secteur en fonction des niveaux d'activité de tous les autres. Dans une première version de ce programme, l'on était parti d'un tableau input-output pour 1953, construit par E.S. Kirschen et R. de Falleur (1). Ce tableau a été tout d'abord consolidé, c'est-à-dire que l'on en a réduit le nombre de secteurs d'activité en opérant certains regroupements, puis les *coefficients techniques* ainsi obtenus (2) ont été extrapolés jusqu'en 1959, sur base des données statistiques disponibles et d'avis donnés par des experts. Les chiffres de demande finale de 1959 — consommation des ménages, des pouvoirs publics, investissements, exportations — ont été appliqués à ce tableau, afin d'obtenir les chiffres de production correspondants. Enfin, ces chiffres de production ont été comparés à ceux révélés par les statistiques existantes, et des ajustements ont été apportés au tableau de façon à obtenir une concordance satisfaisante entre les productions estimées d'après le tableau input-output d'une part, d'après les données statistiques disponibles de l'autre.

(1) E.S. Kirschen et R. de Falleur : Analyse input-output de l'économie belge en 1953, Bruxelles, Département d'Economie Appliquée de l'Université Libre de Bruxelles, 1958.

(2) Rappelons qu'il s'agit du *rapport* entre le flux de production servant de matière première à une industrie et la valeur totale de la production de cette industrie. Ces coefficients ne sont que partiellement « techniques »; ils sont influencés, en effet, par une multitude d'autres facteurs qu'il ne nous appartient pas de détailler ici.

Techniquement, ce tableau peut être qualifié comme suit. Il comporte 21 secteurs dont voici la liste :

- A. Agriculture, sylviculture, pêche
- B. Industries alimentaires
- C. Charbonnages
- D. Coke et Gaz
- E. Electricité
- F. Pétrole
- G. Chimie
- H. Bois, papier
- I. Cuir et textile
- J. Matériaux de construction
- K. Sidérurgie
- L. Non-ferreux
- M. Fabrimétal
- N. Industries diverses
- O. Construction
- P. Transports et communications
- Q. Commerce
- R. Services financiers
- S. Logement
- T. Etat
- U. Services divers

Ces secteurs ont été regroupés dans un ordre s'inspirant d'un regroupement des secteurs par « blocs de développement ». Ainsi a-t-on d'abord le bloc énergétique (F, C, D, E), puis le bloc d'industries et de services fournissant essentiellement à la production (N, G, R, P), ensuite le bloc des industries métallurgiques (K, L, M), le bloc de la construction (H, J, O), enfin, un ensemble (industries-services) axé plus spécialement sur la consommation privée (I, Q, A, B, U, S); le secteur T n'est représenté que formellement, il ne comporte aucun coefficient.

Les flux sont en principe comptabilisés aux prix du producteur, c'est-à-dire à l'exclusion des marges de distribution, des marges de transport et des impôts indirects grevant ces flux; le traitement des importations est mixte, certaines importations étant traitées comme concurrentielles (et se retrouvent donc dans les flux intermédiaires et finals), d'autres comme complémentaires (matières premières de certains secteurs).

2. La méthode « RAS » d'extrapolation des coefficients techniques (3).

La méthode résulte d'une hypothèse relative à l'évolution des coefficients « techniques » dans le temps, évolution qui ne serait due qu'à trois facteurs :

- variations des prix, tant des entrées que des sorties,
- effets de substitution, c'est-à-dire remplacement d'une entrée par une autre,
- effets de fabrication ou de transformation, c'est-à-dire variation du total des entrées par rapport à la valeur de la production.

Ces trois phénomènes sont supposés opérer de façon strictement uniforme, le deuxième à travers les lignes du tableau, le dernier à travers les colonnes, le premier enfin affectant à la fois les lignes et les colonnes.

Soit A_0 une matrice initiale de coefficients input-output, et p un vecteur d'indices de prix (époque t par rapport à l'époque zéro); la matrice A_t au prix de l'époque t est alors donnée par la transformation de similarité :

$$A_t = \hat{p} A_0 \hat{p}^{-1} \quad (4)$$

Les effets de substitution et de transformation s'expriment d'une façon analogue; il vient

$$A^* = \hat{r} A_t \hat{s} = \hat{r} \hat{p} A_0 \hat{p}^{-1} \hat{s}$$

où r est un vecteur représentant l'élargissement ou le rétrécissement des débouchés des branches et s un vecteur représentant les variations dans le degré de fabrication des produits de chaque branche.

Pratiquement, les vecteurs r et s sont obtenus par itération.

L'équipe de Cambridge, promotrice de la méthode RAS, considère cette méthode comme une première approximation à l'étude de l'évolution des coefficients et une amélioration par rapport à l'utilisation de coefficients fixes. Elle suggère une analyse plus approfondie des tendances constatées et une vérification technologique de leur caractère plausible.

3. Application au tableau belge.

Il a paru intéressant de comparer les coefficients du tableau provisoire de 1959, basés sur une étude détaillée de l'évolution technologique de 1953 à 1959, et ceux que permet de dégager la procédure RAS.

(3) La méthode a été développée par le Professeur J.R.N. Stone et ses collaborateurs de l'Université de Cambridge, Angleterre.

(4) L'accent circonflexe indique la diagonalisation d'un vecteur-colonne.

Un programme relatif à la méthode exposée ci-dessus avait été rédigé pour le calculateur EDSAC de l'Université de Cambridge. Grâce à l'amabilité du Professeur Stone, nous avons pu calculer les coefficients techniques tels qu'ils résultaient de cette méthode.

Dans les trois sous-sections qui suivent, nous allons analyser les divergences observées.

A. *Analyse statistique* : Le tableau belge d'ordre 21 devrait normalement comporter 441 coefficients. Un assez grand nombre de cellules restent vides, ce qui réduit le nombre de coefficients non nuls à 270. Le résultat de l'application de la procédure RAS donne dans 117 cas des coefficients techniques égaux à ceux de la matrice dégagée par l'observation empirique, laissant donc subsister 153 cas de divergence.

Vu l'incertitude qui affecte certains coefficients, nous avons décidé de négliger dans la discussion les différences minimales. Nous ne parlerons pas non plus des différences constatées pour les fabrications métalliques, ni des flux allant aux non-ferreux : pour tous ces coefficients, en effet, les méthodes statistiques utilisées pour évaluer les coefficients en 1953 et en 1959 n'étaient pas identiques. Dès lors, la variation des coefficients reflète l'emploi de méthodes statistiques améliorées bien plus que des facteurs strictement technologiques.

L'examen de quelques coefficients restants suffit d'ailleurs à dégager les principales causes de divergence entre les coefficients RAS et ceux du tableau provisoire.

B. *Analyse des causes de divergence*.

L'étude des transformations technologiques dans l'économie belge indique que la substitution entre matières premières concurrentes est la cause principale de variation des coefficients techniques.

Nous examinerons tour à tour les flux horizontaux relatifs au bloc énergétique (FCDE), puis ceux relatifs aux transports, enfin, tous les flux restants. (5)

i) *Bloc énergétique*.

De 1953 à 1959, des substitutions extrêmement rapides et diverses ont eu lieu entre les diverses sources d'énergie. La méthode RAS n'a, dans l'ensemble, pas permis de mettre en évidence correctement ces substitutions. Comme le suggère l'analyse qui suit, les phénomènes en cause sont de nature trop complexe pour être saisis individuellement par une méthode qui conçoit l'évolution des coefficients techniques de façon aussi uniforme que la méthode RAS.

(5) Le tableau, repris en annexe, détaille les principaux résultats chiffrés.

α. Flux des charbonnages aux cokeries.

Le coefficient observé est nettement supérieur au coefficient calculé par la procédure RAS. L'explication est la suivante : il s'agit ici d'un secteur où la substitution au sein du bloc énergétique F, C, D, E, ne joue pas. En effet, pratiquement les inputs de C vers D doivent être considérés comme quasi proportionnels à la valeur de production à prix constants avec tout au plus de légères améliorations de rendement. Ceci met en lumière un premier principe : l'évolution des coefficients sera divergente selon la *destination de l'input*. Or, l'input de C vers D n'est pas de nature énergétique mais bien de celle d'une matière première. Dès lors, et à priori, son évolution ne sera pas la même que celle des inputs qui ont une nature purement énergétique; le phénomène de substitution qui caractérise la plupart des inputs C ne jouera pas.

β. Flux des charbonnages aux centrales électriques.

Ici encore, il y a une sous-estimation du coefficient RAS par rapport au coefficient observé. Il ne s'agit pas d'un phénomène de substitution mais bien (comme ci-dessus) d'une économie de combustible dans une industrie dont la structure technique est restée relativement fixe.

Dans ce secteur, la baisse du coefficient technique charbon a été enrayée par des mesures gouvernementales limitant l'usage de fuel dans les centrales électriques. Le principe dégagé précédemment se combine donc avec un *facteur institutionnel*, la politique économique suivie au cours de la période d'évolution étudiée.

γ. Flux des raffineries de pétrole au secteur chimique.

Nous rencontrons ici un cas intéressant, découlant d'une combinaison de deux types de substitution technologique. En effet, le phénomène de substitution en faveur de F comme input énergétique se combine ici avec une augmentation relative de l'input de F comme matière première pétrochimique ; dès lors, les deux mouvements combinés peuvent excéder le mouvement unique mesuré par le coefficient de substitution.

δ. Flux des centrales électriques au secteur « transports ».

La sous-estimation peut s'expliquer une fois de plus par des facteurs de politique économique du secteur. Il s'agit ici de l'électrification des chemins de fer qui a été réalisée pendant cette période. Le coefficient EP est à comparer au coefficient CP, surestimé par la méthode RAS.

L'intensité du mouvement de substitution en faveur de E est donc supérieure à la moyenne mesurée par le coefficient de substitution. A noter qu'il serait dangereux de l'extrapoler pour l'avenir, étant donné qu'il s'agit d'un

mouvement qui a eu lieu pendant une période bien déterminée et touchant pratiquement à sa fin.

ε. Flux des centrales électriques aux matériaux de construction.

Ici la méthode RAS reflète mieux le mouvement à long terme du coefficient que l'observation de l'évolution économique anormale de 1953 à 1959. Presque toute l'électricité livrée à ce secteur est consommée par les cimenteries. Or, alors qu'à long terme le ciment s'accapare des usages de plus en plus larges dans la construction, il se fait que de 1953 à 1959, l'usage du ciment comme matériau de construction a plutôt reculé, suite à une stagnation des grands travaux, conjuguée avec l'essor rapide de la construction de logements en briques. De ce fait, le coefficient technique d'électricité de l'industrie des matériaux de construction est resté inchangé.

Ceci conduit à avancer une quatrième cause de distorsion des résultats : l'influence d'une *homogénéité insuffisante des secteurs consommateurs* sur l'évolution des coefficients techniques.

ii) *Secteur « Transports et communications ».*

Les erreurs afférentes à cette ligne sont un exemple intéressant d'une mauvaise prévision due à l'interdépendance très complexe des variations de tous les coefficients d'après la méthode RAS.

En effet, dans le tableau provisoire, la prévision pour la ligne « Transports et communications » (P) a été faite en multipliant au départ tous les coefficients de 1953 par un coefficient 1,05. Il est intéressant de constater que la méthode RAS a conduit à un coefficient de substitution pratiquement identique ($R = 1,0541$). Les erreurs de prévision sont donc partiellement dues aux valeurs anormales prises par certains coefficients de transformation. Nous avons ici un cinquième principe reflétant des distorsions dues aux *répercussions indirectes* d'erreurs affectant d'autres coefficients du tableau.

iii) *Autres coefficients.*

α. Flux de la sidérurgie au secteur coke et gaz.

Un autre principe de divergence peut être mis en lumière à l'occasion du présent cas. Il s'agit ici d'un *flux composé* à la fois des inputs « tubes sans soudure » et « gaz de hauts fourneaux ».

Techniquement il y a répercussion de la surestimation générale dans l'effet de fabrication qui influence toute la colonne ; l'étude des distorsions de structures provoquées par la méthode RAS s'impose donc une fois de plus. A remarquer que la nature du flux nécessite une prévision séparée, en ce sens qu'il résulte à la fois d'un effet proportionnel et d'un terme de nature aléatoire.

β. Flux des Fabrications métalliques aux charbonnages.

Nous rencontrons ici encore un cas intéressant où une estimation autonome diverge des estimations proportionnelles uniformes par la procédure RAS. Il y a pour le flux MC une sous-estimation du phénomène de substitution MH; il s'agit, en termes concrets, du remplacement de l'étauçonnage en bois par des étaçons métalliques.

Le principe que nous voudrions mettre en lumière est celui de la *non-homogénéité des flux horizontaux*. En effet, le cas MC représente essentiellement la fourniture d'étauçons métalliques. Il s'agit d'un sous-secteur réduit et très homogène, pour lequel des phénomènes de substitution peuvent opérer différemment du flux Fabrimental moyen.

γ. Flux de la chimie aux Services divers.

Il y a manifestement une surestimation du secteur Horéca (hôtel, restaurants, cafés) avec sous-estimation des services médicaux et pharmaceutiques, gros consommateurs de produits chimiques. Il s'agit donc d'un phénomène de *pondération*.

δ. Flux des Industries alimentaires à l'agriculture.

Il s'agit ici d'un phénomène technique spécial concernant un input bien déterminé, à savoir celui de la nourriture pour bétail. Le mouvement en faveur du secteur B semble être supérieur à la moyenne de ligne et est probablement supérieur à l'unité.

ε. Flux de l'agriculture au secteur Bois et papier.

Une fois de plus nous retrouvons la non-homogénéité du secteur A. Le flux AH a trait aux livraisons de bois (la sylviculture étant comprise dans le secteur agricole au sens large), le flux AB à la production alimentaire (agriculture proprement dite et élevage). La surestimation du flux AH — ou du moins du coefficient γ relatif — est due à la domination de ce flux par le flux AB; or le coefficient observé résulte d'une révision du bilan bois (essentiellement la ventilation bois domestique-bois importé).

Nous mettons ici en lumière un autre phénomène qui peut faire diverger le coefficient de la procédure RAS, phénomène qui est celui de la définition des importations des branches. En effet, ainsi qu'il a été dit dans l'introduction de l'article, le tableau belge comporte à la fois des importations de produits concurrentiels et des importations de matières premières; la définition des flux d'importations est donc double. Le phénomène observé milite en faveur d'une redéfinition des inputs indifférente à la provenance du bien en question (domestique ou étrangère).

A noter d'ailleurs que ceci ne supprimerait pas tout problème, en ce sens qu'une évolution différentielle des prix pour les produits, domestiques et importés, peut également faire varier le coefficient, notamment lorsque le pourcentage de produits importés, comparé à l'input de la production domestique, varie sensiblement. On rejoint par là le problème général des nombres-indices, mais il n'est pas sûr qu'une documentation satisfaisante permette dans tous les cas de pallier cette difficulté.

4. *Conclusions : possibilités d'utilisation pratique de la méthode.*

La procédure RAS a de toute évidence d'importantes faiblesses. Appliquée au tableau belge, notamment, elle n'a pas révélé correctement l'évolution des coefficients techniques de 1953 à 1959.

Cette procédure est-elle sans intérêt pratique? Nous ne le croyons pas.

La réponse part de l'idée que la construction d'un tableau input-output peut être interprétée comme une opération tendant à combiner de manière efficiente deux types d'information : des données de nature technologique, et des relations de définition établissant une égalité entre lignes et colonnes correspondantes du tableau.

L'usage de la procédure RAS à l'état pur ne peut être considérée comme une manière satisfaisante d'utiliser les informations disponibles, puisqu'elle néglige toutes celles qui ont trait à l'évolution technologique au cours d'une période donnée.

R. Stone a proposé d'utiliser la procédure RAS pour établir un tableau provisoire des coefficients techniques, puis de corriger ce tableau d'après les avis de personnes bien informées des faits technologiques.

Sans doute faudrait-il alors l'appliquer une seconde fois pour rééquilibrer le tableau, et peut-être consulter à nouveau les experts au sujet du nouveau résultat obtenu. Pareille procédure paraît lourde et peu élégante; il faut craindre que les biais introduits dans le tableau au cours du premier cycle d'itérations RAS ne puissent être éliminés par la suite.

Nous pensons qu'il serait préférable de commencer par utiliser, dans la mesure du possible, les informations technologiques, de façon à dégager, d'une manière approchée, un tableau cohérent. Pour estimer correctement les processus de substitution, il faudrait procéder à une dissection assez poussée des lignes du tableau; ceci donnerait un tableau rectangulaire.

Ce n'est qu'à ce stade assez avancé du travail que l'on aurait recours à la procédure RAS, pour réaliser la complexe et fastidieuse tâche d'équilibrage

des lignes et des colonnes qui prend généralement tant de temps dans l'analyse input-output.

Nous pensons que la dissection des lignes évitera dans une large mesure les distorsions introduites par la procédure RAS, et permettra une utilisation efficace des informations sur les substitutions technologiques.

Sans doute l'emploi d'une telle méthode abrégée n'est-il pas justifié pour établir des tableaux input-output fondamentaux qu'élaborent les services statistiques de la plupart des pays.

La construction de ces tableaux est toutefois fort lente et les résultats sont trop anciens pour servir à de nombreuses fins pratiques. Les économistes se contenteraient souvent de chiffres plus grossiers, s'ils étaient récents, par exemple pour l'élaboration de budgets nationaux et de programmes d'expansion à moyen terme. C'est au cours de pareils travaux que la procédure, que nous avons esquissée, pourrait se révéler la plus utile.

Cette procédure a été appliquée d'ailleurs aux tableaux belges de 1953 et 1959; elle a donné d'excellents résultats dans la prévision des coefficients techniques de 1959 à partir des coefficients de 1953.

Signalons enfin que la combinaison des analyses technologiques séparées — coefficient par coefficient — et de la technique RAS, appliquée aux coefficients pour lesquels l'information technologique est insuffisante, a été appliquée par le Department of Applied Economics à Cambridge, dans le cadre de ses projections économiques à long terme.

ANNEXE. — *Tableau des principaux résultats obtenus.*

Flux	Δ	%	$R \times S = C$	C'
C-D : Charbon à Coke et gaz	— 56	— 8,35	$0,67101 \times 1,3549 = 0,90915$	0,9926
C-E : Charbon à Electr.	— 17	— 8,85	$0,67101 \times 1,1238 = 0,75408$	0,8276
F-G : Pétrole à Chimie	— 5	— 31,25	$1,1947 \times 0,86969 = 1,039$	1,455
E-P : Electr. à Transp.	— 5	— 27,78	$1,2018 \times 0,92130 = 1,1072$	1,50
E-J : Electr. à Mat. constr.	+ 5	+ 20,85	$1,2018 \times 0,99020 = 1,1900$	1,00
K-D : Sidérurgie à coke et gaz	+ 12	+ 46,15	$1,0740 \times 1,3549 = 1,45516$	1,00
M-C : Fabr. métall. à Charb.	— 8	— 28,57	$1,2811 \times 0,91302 = 1,16967$	1,647
G-U : Chimie à Serv. div.	— 5	— 8,75	$1,3490 \times 1,0706 = 1,4442$	1,583
B-A : Ind. alim. à Agric.	— 5	— 10,20	$0,91951 \times 1,0281 = 0,9453$	1,065
A-R : Agric. à Bois, papier	+ 16	+100,00	$0,90647 \times 0,78876 = 0,714987$	0,3636

général : si a^*_{ij} et a_{ij} sont les coefficients techniques d'après la procédure RAS et tableau provisoire,

$$\Delta = a^*_{ij} - a_{ij}$$

$$\% = \frac{a^*_{ij} - a_{ij}}{a_{ij}} \times 100$$

R = effet de substitution

S = effet de transformation

$$C = R \times S$$

$$C = \frac{59}{53} \frac{a_{ij}}{a_{ij}}$$