

E. DOURILLE

**Effets de mutations technologiques simultanées  
sur l'estimation des paramètres des modèles à  
coefficients techniques**

*Revue de statistique appliquée*, tome 21, n° 3 (1973), p. 5-8

[http://www.numdam.org/item?id=RSA\\_1973\\_\\_21\\_3\\_5\\_0](http://www.numdam.org/item?id=RSA_1973__21_3_5_0)

© Société française de statistique, 1973, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Revue de statistique appliquée » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

EFFETS DE MUTATIONS TECHNOLOGIQUES SIMULTANÉES  
SUR L'ESTIMATION  
DES PARAMÈTRES DES MODÈLES  
A COEFFICIENTS TECHNIQUES  
NOTE DE E. DOURILLE

AVANT-PROPOS

Cette étude a été effectuée par M. CHAMPEAUX travaillant avec l'équipe "Economie de Développement" de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de PARIS.

Elle traite de cas particuliers intéressants des modèles à coefficients techniques, que j'ai présentés dans la présente Revue en 1963 (Vol. XI n° 1) c.f. "Un exemple d'élaboration de modèles à coefficients techniques". Elle a l'avantage de généraliser l'étude particulière faite par M. MONDON que j'avais rédigée pour la Revue sous le titre "Effet d'une mutation technologique sur l'estimation des paramètres des modèles à coefficients techniques : application de la théorie à l'industrie du ciment en France" (1968 – Vol. XVI n° 3).

RESULTATS ESSENTIELS DES ARTICLES PRECEDENTS

Pour la compréhension du texte de M. CHAMPEAUX il est nécessaire pour le moins de savoir ce qui suit :

**I – Article "Un exemple d'élaboration de modèles à coefficients techniques"**

Les modèles à extrapolations statistiques pures et ceux utilisant des variables explicatives économiques sont insuffisants pour expliquer un facteur d'évolution très important influençant les consommations d'énergie : les divers progrès techniques des équipements énergétiques tant par les innovations que les améliorations apportées à un équipement donné. C'est pour introduire explicitement dans les modèles les données techniques rétrospectives et prospectives que l'auteur a imaginé une méthode d'élaboration de modèles qui permettent d'estimer les "coefficients techniques" en fonction des données techniques disponibles.

L'équation de départ est,  $\Delta_0^n$  % indiquant une variation de l'année de base zéro à l'année visée n (donc n = nombre d'années) :

$$\Delta C_0^n \text{ \% (consommation d'énergie)} = \alpha \cdot \Delta I \text{ \% (I = indicateur de production)} - \beta \cdot n$$

où  $\alpha$  et  $\beta$  sont les "coefficients techniques".

On démontre alors facilement que  $\alpha$  et  $\beta$  s'expriment en fonction de paramètres techniques exogènes :

1/ s'il est possible d'estimer :

$\rho_0$  = consommation unitaire (par rapport à l'indicateur de production I), moyenne de tous les équipements de l'ensemble productif étudié en année de base 0.

$\rho_n$  = cette consommation unitaire moyenne en année n,

$\alpha$  et  $\beta$  peuvent se calculer en fonction des valeurs estimées de  $\rho_0$  et  $\rho_n$  (*modèle A*).

2/ s'il est possible de faire une partition des équipements étudiés existants en année n :

a) équipements qui étaient déjà utilisés en année de base zéro (de consommations unitaires moyennes  $\rho'_n$ )

b) équipements de renouvellement (de consommations unitaires moyennes  $\rho''_n$ )

c) équipements nouveaux pour assurer le développement  $\Delta I$  de la production (de consommations unitaires moyennes  $\rho'''_n$ )

On peut calculer  $\alpha$  et  $\beta$  en fonction de  $\rho_0$ ,  $\rho'_n$ ,  $\rho''_n$ ,  $\rho'''_n$  et du coefficient v indiquant le pourcentage de renouvellement des équipements entre les années 0 et n (*modèle B*)

3/ Les consommations unitaires moyennes  $\rho_0$ ,  $\rho'_n$ ,  $\rho''_n$ ,  $\rho'''_n$  peuvent s'exprimer eux-mêmes en fonction :

– de la variation annuelle de consommation unitaire due au progrès technique des équipements nouveaux p,

– de la variation annuelle de la consommation unitaire due aux améliorations techniques des équipements une fois mis en place : w

– de la durée de vie des équipements : D

En supposant ces valeurs constantes,  $\alpha$  et  $\beta$  peuvent s'exprimer en fonction de p, w, D (*modèle C*), ou  $p_1$ ,  $w_1$ ,  $D_1$  (relatifs à la période antérieure à l'année de base) et  $p_2$ ,  $w_2$ ,  $D_2$  (relatifs à la période 0, n) (*modèle E*).

Ces modèles sont, depuis plus de dix ans, utilisés par le C E R E N pour effectuer ses études prospectives par branches industrielles relatives aux consommations d'énergie (combustibles d'une part, élasticité d'autre part).

En fait ces modèles peuvent être utilisés dans tous les domaines où il est possible de définir une consommation quelconque en fonction d'un

indicateur de production ou de consommation rapportées à l'unité de cet indicateur de production.

Exemples : 1/ achat de draps dans les hôtels français, connaissant les nuitées en année de base et année n à condition de pouvoir évaluer les consommations par nuitées en années zéro et n.

2/ consommations d'essence du parc des voitures françaises connaissant ce parc en année zéro et n, à condition d'avoir une estimation des consommations unitaires moyennes par voiture

C peut aussi s'exprimer en valeur :

Exemple : Valeur d'un ensemble de productions quelconques en fonction de leurs prix ou indices de prix connaissant les prix unitaires en année zéro et l'estimation des prix ou du prix unitaire moyen en année n (et éventuellement de leurs évolutions des années zéro à n).

Ce dernier exemple montre que ces modèles permettent en particulier d'estimer les "coefficients techniques" de la matrice input-output de W. LEONTIEFF soit en passant par les quantités et les prix unitaires moyens, soit directement en estimant les variations de la valeur d'un ensemble de productions par rapport à un indice de prix.

## II – Article "Effet d'une mutation technologique sur l'estimation des paramètres des modèles à coefficients techniques – application de la théorie à l'industrie du ciment en France".

Les modèles à coefficients techniques supposent des variations modérées des consommations unitaires lors du remplacement d'un équipement par un autre relevant d'une technique meilleure. De ce fait, dans leurs formules la consommation unitaire moyenne de l'année de base zéro disparaît car elle figure à la fois au numérateur et au dénominateur de ces formules.

Lorsqu'il y a véritable "mutation" c'est-à-dire arrivée d'une technique nouvelle changeant dans une forte proportion la consommation unitaire on ne peut plus se contenter de l'approximation des formules ci-dessus : c'est pourquoi, un stagiaire au C E R E N, M. MONDON, a établi les formules qu'il faut employer quand une technique révolutionnaire en supplante une autre.

La formulation mathématique a été la suivante : il a supposé que la technique A se substituait à la technique B *linéairement* dans le temps t entre 0 et T d'où une part de la technique B :

$$x = \lambda \cdot t + \mu \text{ avec } x = 0 \text{ pour } t < -\mu/\lambda \text{ et } x = 1 \text{ quand } t = \frac{1 - \mu}{\lambda}$$

Dans ces conditions il a démontré que la consommation unitaire moyenne en année T est :

$$Z_T(t) = \frac{Z_0 [1 + \pi_1 T + w_1 (t - T)]}{1^{\text{er}} \text{ terme}} + \frac{Z_0 [\pi_2 T + \gamma T^2 + w_2 T(t - T)]}{2^{\text{ème}} \text{ terme}}$$

Le 2<sup>ème</sup> terme fait apparaître l'effet de la substitution. Etant donné que, pratiquement,  $\gamma$  et  $w_2$  sont très petits on peut admettre la formule simplifiée suivante :

$$Z_T(t) = Z_0 [1 + (\pi_1 + \pi_2) T + w_1 (t - T)]$$

où

$$\pi_1 = \frac{\mu Z_0^A p^A + (1 - \mu) Z_0^B p^B}{\mu Z_0^A + (1 - \mu) Z_0^B} \quad \pi_2 = \frac{\lambda(Z_0^A - Z_0^B)}{\mu Z_0^A + (1 - \mu) Z_0^B}$$

$$w_1 = \frac{\mu W^A Z_0^A + (1 - \mu) W^B Z_0^B}{\mu Z_0^A + (1 - \mu) Z_0^B}$$

Ces formules ont été appliquées à l'industrie du ciment où la technique à voie sèche supplante la technique à voie humide avec une consommation unitaire nettement moindre (850 th/t contre 1450 th/t).

Ce calcul conduisait naturellement à son prolongement : quelle formule employer lorsqu'il n'y a pas seulement une technique B supplantant une technique A, mais plusieurs techniques B, C . . . , nettement différentes quant aux consommations unitaires, se supplantant *successivement*, ou bien lorsque la loi de substitution de la technique B à la technique A n'est pas linéaire ?

L'article suivant de M. CHAMPEAUX est destiné à donner les formules répondant à ces questions.

Ces formules permettent d'effectuer des calculs prospectifs se rapprochant davantage de la réalité. Bien entendu, il faut pour cela posséder des données fiables : pratiquement ce sera sans doute le problème le plus difficile à résoudre. . .