



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Les indices de productivité. Aspects méthodologiques et application à l'agriculture

Monsieur Jean-Christophe Bureau, Jean-Pierre Butault, Jean-Marc Rousselle

Abstract

Numerous index formulas can be derived from aggregator functions, which correspond to different assumptions about technology. They give different estimations of total factor productivity in the french agricultural sector between 1967 and 1985. We try here to explain these differences and to choose which index, among the different ones (superlative, arithmetic, geometric indexes, chain or non chain versions) is advisable in agricultural economic studies.

Résumé

La productivité peut être mesurée à l'aide de plusieurs indices qui ne sont pas indépendants des hypothèses que l'on peut avancer en théorie de la production. Sur l'exemple de l'agriculture française entre 1967 et 1985, ces indices conduisent à des résultats différents. L'analyse de ces divergences amène à définir quelques règles de choix d'une mesure de l'évolution de la productivité en agriculture.

Citer ce document / Cite this document :

Bureau Jean-Christophe, Butault Jean-Pierre, Rousselle Jean-Marc. Les indices de productivité. Aspects méthodologiques et application à l'agriculture. In: Économie rurale. N°192-193, 1989. Les nouvelles technologies : quels impacts sur l'agriculture et l'agro-alimentaire ? Colloque des 21 et 22 septembre 1988, organisé par Sylvie Bonny (INRA) et Jean-Pierre Roubaud (Ministère de l'Agriculture) pp. 88-94;

doi : <https://doi.org/10.3406/ecoru.1989.3999>

https://www.persee.fr/doc/ecoru_0013-0559_1989_num_192_1_3999

Fichier pdf généré le 08/05/2018

**LES INDICES DE PRODUCTIVITÉ
ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES ET APPLICATION A L'AGRICULTURE**
Jean-Christophe BUREAU *, Jean-Pierre BUTAULT **, Jean-Marc ROUSSELLE **

Résumé :

La productivité peut être mesurée à l'aide de plusieurs indices qui ne sont pas indépendants des hypothèses que l'on peut avancer en théorie de la production. Sur l'exemple de l'agriculture française entre 1967 et 1985, ces indices conduisent à des résultats différents. L'analyse de ces divergences amène à définir quelques règles de choix d'une mesure de l'évolution de la productivité en agriculture.

Summary :

PRODUCTIVITY MEASUREMENT : METHODOLOGY AND AGRICULTURAL APPLICATION

Numerous index formulas can be derived from aggregator functions, which correspond to different assumptions about technology. They give different estimations of total factor productivity in the french agricultural sector between 1967 and 1985. We try here to explain these differences and to choose which index, among the different ones (superlative, arithmetic, geometric indexes, chain or non chain versions) is advisable in agricultural economic studies.

Toutes les études (Pollina, 1982 ; Pierre et Pollina, 1984 ; Bonnioux, 1986 ; Guyomard, 1988) montrent que la productivité globale des facteurs a augmenté dans l'agriculture française durant les dernières décennies. Cependant, les mesures ne sont pas dépourvues d'ambiguïté, car les conclusions qui sont tirées des différentes approches ne concordent pas nécessairement quant au rythme de cette évolution. Plusieurs auteurs (Christensen, 1975 ; Ball, 1985 ; Guyomard, 1988 ; Capalbo, 1985) partagent ainsi un certain scepticisme quant à la validité des mesures issues d'indices « traditionnels » et Boyle (1986) montre que différentes constructions peuvent donner des résultats différents. L'objectif principal de ce travail est de déterminer quel indice de productivité est préférable dans le cadre de travaux sur l'agriculture, puis de voir la sensibilité des résultats aux conventions et méthodes utilisées.

**MESURE DE LA PRODUCTIVITÉ
ET THÉORIE DES NOMBRES INDICES**

La productivité se définit dans le temps comme le rapport entre l'évolution du volume de la production et celle des facteurs qui ont permis de l'obtenir. Production et facteurs étant constitués de biens hétérogènes, se pose le problème de leur agrégation. Celle-ci est toujours faite en s'appuyant sur le système de prix (ce qui suppose déjà que les prix reflètent la rareté relative des biens ou leur difficulté à être produits), qui ne résout cependant pas tout : reste le choix des périodes de référence et du type de pondération, ce qui donne lieu à différents indices.

Alors qu'un courant de statisticiens (Fischer, 1967 ; Geary, 1958) a tenté de rationaliser le choix d'un indice en définissant une série de propriétés que devrait posséder un « bon » indice, un courant d'économistes (en tête Solow, 1957) a eu l'idée de mesurer la productivité directement à partir d'une fonction de production. Le lien entre ces deux approches a été mis en évidence par Samuelson et Swamy (1974) et surtout Diewert (1976) qui montre qu'à chacun des indices usuels correspond une fonction particulière et que le choix de ceux-ci revient à faire des hypothèses implicites sur la technique de production. Cette synthèse des deux précédentes approches est connue sous le nom de « théorie des nombres indices ». Elle a permis une étude plus rigoureuse de la productivité, en restant toutefois dans un cadre d'hypothèses restrictives.

**L'approche « axiomatique » :
mesure de la productivité
par des indices**

L'indice de Laspeyres est le plus couramment utilisé pour agréger les facteurs et les produits et ainsi construire des indices de volume : les quantités (en t_0 et en t_1) sont pondérées, en moyenne arithmétique, par le système des prix de la période de base (t_0), ce qui revient à pondérer les indices de volumes de chaque bien par leur part initiale dans le produit :

$$L = \frac{\sum_i p_{i0} \cdot Q_{i1}}{\sum_i p_{i0} \cdot Q_{i0}} = \sum_i a_{i0} \cdot (Q_{i1} / Q_{i0}).$$

Q_i et p_i étant le volume et le prix du bien i , et A_i sa part dans la valeur de l'agrégat correspondant.

* INRA-ESR, Grignon
** INRA-ESR, Nancy

L'indice de Paasche (P) renvoie au même type d'agrégation, mais les quantités sont pondérées par les prix de fin de période (p_{it}). L'indice de Fischer se définit comme la moyenne géométrique de Laspeyres et de Paasche (soit $F = \sqrt{L \cdot P}$). L'indice peut aussi être calculé par des moyennes géométriques (Solow, 1957). En moyenne équipondérée (les deux périodes intervenant), le calcul conduit à l'indice de Tornqvist dont l'emploi tend à se généraliser et qui, présenté sous forme logarithmique, correspond à :

$$\text{Log } T = 0,5 \cdot \sum (a_{i0} + a_{i1}) \cdot \text{Log } (Q_{ii} / Q_{i0}).$$

Lorsque la période étudiée est longue, tous ces indices peuvent être calculés soit en pondération fixe (une ou deux périodes étant privilégiées) soit en indices-chaînes. Dans ce dernier cas on a : $I_{(t+2)/t} = I_{(t+2)/(t+1)} \cdot I_{(t+1)/t}$ (1). Le choix d'un indice peut être dicté pour des raisons d'ordre empirique compte tenu des différentes propriétés bien connues (additivité, transitivité...) satisfaites ou non par ces indices. Il peut également être fait pour des raisons renvoyant aux théories de la production.

Fonctions de production et indices de productivité : notion d'indice « exact » et « superlatif »

Dans la théorie néo-classique de la production, le progrès technique est assimilé (Solow, 1957) à un déplacement de la fonction de production : celui-ci correspond à la possibilité de produire, entre deux dates, un même volume de biens en utilisant moins de facteurs, alors que des déplacements sur cette fonction correspondent à des substitutions entre facteurs mais pas à une économie globale de ceux-ci. Il est possible d'estimer économétriquement le progrès technique en introduisant dans la fonction un coefficient associé au temps. Pratiquement, cependant, à cause d'évolutions concomitantes de variables (source de colinéarités), les estimations économétriques du rythme de progrès technique sont souvent peu fiables. En revanche, l'inconvénient des mesures paramétriques (des indices de productivité) est qu'elles synthétisent différents effets, en particulier des effets de progrès technique et des effets de

déplacement sur la fonction de production. Le problème est donc de ne pas attribuer à la productivité des phénomènes qui tiennent aux changements des prix relatifs des facteurs : les indices qui satisfont cette propriété sont dit « exacts ». Ceux-ci permettent ainsi la même estimation du progrès technique que les mesures économétriques, sans en avoir les inconvénients de calcul.

Sous certaines hypothèses (2), l'indice de Laspeyres constitue une limite supérieure de l'indice « exact » et l'indice de Paasche une limite inférieure (3). Ceci peut se comprendre intuitivement (4) : si les prix des facteurs ne varient pas, un même volume est produit avec moins de facteurs mais combinés dans la même proportion. Si les prix varient, les coûts peuvent encore diminuer, les entreprises ajustant leur combinaison de facteurs de manière à tirer parti des nouveaux prix relatifs. En chiffrant les facteurs au prix de début de période, on attribue à la productivité une diminution de coût en fait imputable aux changements des prix relatifs et l'indice de Laspeyres est bien la mesure la plus « haute » de la productivité. Le raisonnement inverse peut être fait pour l'indice de Paasche.

Diewert (1976, 1981) a en fait montré que tous ces indices sont « exacts », mais pour des formes particulières de la fonction de production : les indices de Laspeyres et Paasche sont « exacts » pour les fonctions linéaires ou à coefficients fixes, les indices géométriques pour la fonction Cobb-Douglas à rendement constant, l'indice de Fischer pour une fonction de production de type quadratique généralisée (toujours homogène et de degré un) et l'indice de Tornqvist pour une fonction translog. Les indices de Fischer et de Tornqvist, appelés « superlatifs », sont donc particulièrement intéressants, car les fonctions auxquelles ils correspondent sont des formes très générales, dites flexibles, qui n'imposent pas a priori d'hypothèses fortes sur la technique de production (élasticité de substitution entre les facteurs non constante), comme le fait par exemple une fonction linéaire (substituabilité infinie), une fonction à coefficients fixes (complémentarité) ou une Cobb-Douglas (élasticité de substitution égale à 1).

CONDITIONS DE VALIDITÉ DES MESURES DE PRODUCTIVITÉ : LES HYPOTHÈSES NÉO-CLASSIQUES ET LES TENTATIVES POUR S'EN AFFRANCHIR

Les indices « superlatifs » font donc moins d'hypothèses sur la technique de production que les autres. La notion d'indice « exact » reste toutefois définie en référence à des hypothèses restrictives qui sont la concurrence pure et parfaite, les rendements d'échelle constants et la neutralité du progrès technique au sens de Hicks.

Les rendements d'échelle

Avec un indice synthétique, on risque d'attribuer à la productivité ce qui est dû à l'existence de rendements d'échelle non constants. En théorie, on peut épurer les indices de cet effet, comme l'ont fait Chan et Mountain (1983)

1. Ces sous périodes correspondent généralement à des années. Si le temps était divisible à l'infini, on obtiendrait le cas limite d'indices continus ou indices Divisia. En effet, lorsque les quantités et les prix des biens subissent des variations infinitésimales dQ et dp , on peut obtenir une relation : $dQ/Q = \sum a_i (dQ_i/Q_i)$. Les indices proposés par Divisia (1925) consistent à prendre l'intégrale de cette relation entre deux périodes.

2. Ceci n'est vrai notamment que dans le cadre d'une fonction de production homothétique.

3. Plus précisément, on savait depuis longtemps que Laspeyres et Paasche constituent des limites respectivement inférieures et supérieures aux indices « vrais » et « réciproques », ces deux indices coïncidant si la fonction agrégatrice est homothétique. Richter (1966), Hulten (1973), Samuelson et Swamy (1974) ont montré que l'indice Divisia était la meilleure représentation de cet

indice « vrai » (on dira ici qu'il est « exact » pour la « véritable » fonction, cependant inconnue) sous des hypothèses d'homothétie et de séparabilité faible. Cet indice Divisia est défini en temps continu par une intégrale multiple et dépend de la fonction, ce qui explique qu'il existe différentes approximations discrètes, selon la forme que l'on suppose pour celle-ci, parmi lesquels Tornqvist et les cas extrêmes Laspeyres et Paasche. Chacune de ces approximations est alors « exacte », mais seulement pour un type de fonction utilisée pour approximer la véritable relation.

4. On suppose ici en fait implicitement qu'un seul bien est produit et le calcul de la productivité revient à déterminer l'indice de volume des facteurs. Dans le cas de plusieurs outputs, le même raisonnement s'applique aussi bien au volume des biens qu'au volume des facteurs. La productivité, en tant que rapport de ces deux volumes n'est pas alors nécessairement plus élevée dans les calculs s'appuyant sur des indices de Laspeyres, le volume des facteurs pouvant être plus « surestimé » que celui des biens.

en introduisant un coefficient d'échelle dans des indices de type Tornqvist. Ceci requiert toutefois, au préalable, une estimation économétrique de ce coefficient qui est nécessairement difficilement identifiable en présence simultanée de progrès technique. Il n'est de toute façon guère possible de séparer les mesures du progrès technique de celle des rendements d'échelle, tant les frontières entre ces deux phénomènes sont floues.

La neutralité du progrès technique au sens de Hicks

La notion d'indice « exact » a été définie en référence au progrès technique neutre (au sens de Hicks). Si tel n'est pas le cas, c'est-à-dire si le progrès technique entraîne une économie plus grande de certains facteurs, la mesure ne dépend pas seulement du temps mais aussi de la combinaison de facteurs. Sato (1970) a bien proposé une mesure permettant de connaître les progrès techniques attribuables à chaque facteur, mais elle nécessite l'introduction dans un système d'équation des élasticités de substitution factorielles, qui, elles aussi, ne peuvent être obtenues que grâce à des estimations économétriques.

Les critiques cambridgiennes

Les problèmes précédents renvoient aux critiques cambridgiennes (post-keynésiennes ou néo-ricardiennes) de l'approche néo-classique de la productivité (Rymes, 1972, 1983 ; Lavoie, 1987). On retrouve à travers elles le vieux débat autour de la théorie de la production et de la nature du capital (voir par exemple Pasinetti, 1981) alimenté par la controverse sur le retour des techniques et qui remettait notamment en cause la pertinence des fonctions de production. Les critiques plus spécifiques à la mesure de la productivité portent sur deux points :

- la neutralité du progrès technique au sens de Harrod (constance du rapport output sur capital, avec augmentation de la productivité du travail) rend mieux compte de l'évolution des économies que la neutralité au sens de Hicks : c'est donc en référence à cette neutralité, qu'il convient d'appréhender le progrès technique ;
- les néo-classiques distinguent une collection de biens, les « facteurs » d'une autre, les « outputs », alors que le capital est aussi nécessairement un output. Ceci amène les économistes cambridgiens à proposer une mesure de la productivité en déflatant la valeur de chaque bien-capital par un indice de productivité correspondant au secteur dans lequel il a été produit. Cette mesure permet notamment une meilleure appréhension des relations entre l'évolution de la productivité et des prix. Elle est

nécessairement multi-sectorielle, à partir de matrices inputs-outputs (Rymes, 1986) : sa mise en œuvre est de ce fait délicate. Elle met toutefois en lumière les limites de toute approche unisectorielle de la productivité.

L'équilibre néo-classique

L'hypothèse de rémunération des facteurs à leur productivité marginale est elle aussi implicite dans tous les indices où les prix sont utilisés comme pondération. Cette hypothèse est loin de correspondre à la réalité. Des travaux récents (Morrison, 1986 ; Berndt et Fuss, 1986 ; Guyomard, 1988) ont permis de s'en affranchir en partie. Ils considèrent que des facteurs sont fixes à court terme et ne peuvent s'ajuster instantanément à un niveau optimal en fonction de leurs prix. Ces travaux apportent ainsi une généralité aux mesures de productivité, tout en traçant un lien avec le taux d'utilisation des capacités de production. Hulten (1986) les a adaptés aux mesures non paramétriques. De telles corrections cherchant à valoriser les équipements fixes à court terme à un prix « économique » différent du prix de marché semblent modifier sensiblement les résultats quant à l'évolution de la productivité. Cependant, en ce qui concerne l'agriculture, ces facteurs sont le travail familial, la terre et les capitaux propres. La définition d'un prix fictif paraît quelque peu artificielle tant le concept même de « rémunération » de ces facteurs ne fait pas l'unanimité : les prix fictifs s'apparentent ainsi à une convention parmi d'autres, étayée il est vrai par un raisonnement économique, celui d'une minimisation du coût sous des contraintes de court terme (voir Morrison, 1986).

Portée pratique de ces limites

Ces limites montrent que tous les indices courants ne donnent une image satisfaisante de la productivité que sous des conditions restrictives. Des développements récents ont certes permis leur utilisation dans des cas plus larges, mais en faisant intervenir des paramètres (coefficients d'échelle, élasticités de substitution, prix duaux) qui nécessitent une estimation économétrique, ce qui supprime l'un des principaux atouts de la mesure de la productivité par des indices.

Cependant, ces constatations n'entament en rien l'intérêt des indices superlatifs par rapport aux indices Paasche et Laspeyres. Les hypothèses que requièrent les indices superlatifs sont également sous-jacentes aux indices arithmétiques qui sont utilisés ordinairement. Au contraire ces derniers font appel, d'une manière implicite, à des hypothèses beaucoup plus fortes.

CONVENTIONS ET DONNÉES UTILISÉES POUR MESURER LA PRODUCTIVITÉ DE L'AGRICULTURE FRANÇAISE ENTRE 1967 ET 1985

L'application de quelques indices à la production agricole française sur les deux dernières décennies a permis de tester la sensibilité des indices de volume de produits et facteurs au choix de la formule d'agrégation, et d'en voir l'impact sur les mesures de productivité.

Le calcul des différents indices a été effectué à partir des comptes OSCE (Office Statistique de la Communauté

Européenne) de la branche agricole. Ceux-ci sont construits dans une optique « production » et ont pour solde le revenu agricole, calculé par différence entre le produit (subventions directes incluses) et les charges dont l'amortissement. Le produit peut être décomposé en 34 postes et les consommations intermédiaires en 11 postes. La période couverte correspond à deux bases pour les comp-

tes OSCE (1967-73, 1973-85), raccordées ici, ce qui a nécessité une harmonisation de la TVA entre les périodes.

Pour la production et les consommations intermédiaires, on peut déduire des indices de volume des données collectées. Les indices relatifs à l'amortissement ont été calculés en utilisant l'indice du prix des biens et des services concourant aux investissements de l'agriculture (OSCE). Pour les autres postes, plutôt que de tenter de décomposer le revenu agricole en une rémunération du travail familial, des terres et des capitaux propres, nous avons préféré pondérer l'évolution du volume du travail familial, par le revenu (5), les autres facteurs familiaux intervenant malgré tout par un « coût d'usage » à travers l'amortissement, les intérêts et les impôts. Il faut cependant souligner que les données ne nous permettent qu'imparfaitement de suivre les conventions choisies :

- l'évolution de la main-d'œuvre correspond aux séries des UTA établies à partir des enquêtes de structure ;
- l'indice de volume des fermages a été construit à partir des données des enquêtes de structure ;
- le poste « intérêts » interdit de distinguer ce qui relève du coût d'usage des terres en propriété de ce qui relève du coût de l'accumulation en capital fixe. Il a été considéré que tous les intérêts étaient une charge de cette accumulation. A défaut de la connaître l'évolution en volume

du capital a été appréciée à partir du volume des amortissements ;

- il n'est pas possible d'isoler les impôts fonciers dans le poste « impôts ». L'indice de volume de la production leur a été appliqué, ce qui revient à les considérer comme un prix négatif. Le même traitement a été pris pour les subventions, cette convention ayant l'avantage d'être neutre sur le calcul des indices de productivité.

Ainsi, par manque de données, l'approche effectuée sous-estime sans doute la productivité en donnant notamment une pondération plus grande au capital fixe dont le volume est croissant, au détriment des terres en propriété dont le volume reste quasiment stable. En outre, à travers ce calcul, ne serait-ce que par le traitement du revenu agricole, on s'éloigne nécessairement des conditions de concurrence pure et parfaite, pourtant nécessaires à une stricte interprétation des indices en terme de productivité (6), d'autant plus que ne sont pas pris en compte les délais d'ajustement de l'emploi des facteurs. Le revenu agricole relatif ne détermine qu'à terme le niveau de l'emploi agricole : l'ajustement de l'emploi s'inscrit dans un processus très lent et c'est plus une productivité « apparente » qu'il est possible de mesurer dont l'évolution rend autant compte du niveau de l'emploi « efficace » que des délais d'ajustement.

RÉSULTATS DE DIFFÉRENTS TYPES D'INDICES SUR L'AGRICULTURE FRANÇAISE ENTRE 1967 ET 1985

Les écarts entre formules pour l'indice du produit

L'indice Laspeyres donne le plus haut taux de croissance de la production, alors que l'indice de Paasche donne les taux les plus bas. L'écart est très important puisque, entre les versions extrêmes, le taux de croissance annuel de la production passe de 1.76 à 2.28 % !

Taux de croissance de la production totale (1967-1985)				
Indice	Laspeyres	Paasche	Fischer	Tornqvist
Taux annuel**				
Pondération fixe	2,06 %	1,78 %	1,92 %	1,93 %
Chaîne	2,18 %	1,76 %	1,97 %	1,98 %
Trend exponentiel*				
Pondération fixe	2,12 %	1,82 %	1,97 %	1,98 %
Chaîne	2,28 %	1,77 %	2,03 %	2,03 %

* estimé par régression $\ln I = a + it$, $t = 1, \dots, 19$, $I_0 = 1$.

** entre les deux dates extrêmes $I_{85} = (1 + i)^{18}$.

Pour les raisons théoriques expliquées, nous sommes tentés de considérer l'approximation du volume de biens par les indices superlatifs comme meilleure. On observe en effet que Tornqvist et Fischer donne des résultats très

proches, ce qu'annonçait Diewert (1976). L'indice de Laspeyres surestimerait donc la croissance de la production, alors que celui de Paasche la sous-estimerait. L'explication de ce phénomène est qu'en utilisant Paasche, on pondère plus faiblement les produits ayant connu une croissance plus forte en volume, qui sont ceux dont les prix ont le moins augmenté que ce soit sous l'effet de l'industrialisation de la production ou de l'évolution de la demande. L'utilisation des prix de fin de période (Paasche) minore leur part dans l'agrégat global, et donc le rythme de croissance de la production. L'inverse se produit pour Laspeyres.

Les indices chaînes pour le produit

L'enchaînement, contrairement à une idée répandue, ne réduit pas l'écart entre Laspeyres et Paasche, mais au contraire, en taux de croissance annuel, la différence passe de 0,3 à 0,5 %.

Un examen plus approfondi des indices annuels utilisés pour construire les indices chaînes montre que la divergence entre Laspeyres et Paasche provient principalement des productions végétales ne bénéficiant pas d'une régulation de la part des pouvoirs publics pour lesquels les effets de la loi de King sont très importants (entre 1975 et 1976 la production de pommes de terre a, par exemple,

si elles apportent une rémunération comparable à celle des salariés nous considérons que le revenu agricole n'apparaît que comme la rémunération du travail.

6. On peut douter aussi que l'hypothèse de la neutralité du progrès technique au sens de Hicks rende compte de l'évolution des processus productifs dans l'agriculture.

5. Les tentatives pour chiffrer les différents facteurs familiaux, même en adoptant des normes basses de rémunération, amènent à un solde (c'est-à-dire un profit au sens néo-classique) toujours négatif. Cette absence de rémunération « normale » des facteurs de production indique à notre avis une norme de fonctionnement spécifique au secteur agricole, organisé selon des formes familiales de production où l'objectif est de valoriser au mieux la force de travail mise en œuvre. Considérant qu'à terme, les exploitations ne se reproduisent que

chuté de 36 % alors que les prix ont plus que doublé, d'où de forts écarts entre indices selon les prix que l'on utilise). Ce phénomène est encore accru par le comportement d'anticipation des producteurs, puisque, suite aux prix élevés, les surfaces plantées croissent l'année suivante, et les prix baissent.

Les indices à pondération fixe, une fois ces « accidents » (1976) passés, n'en gardent pas trace. Par contre, les séries des indices chaînes Laspeyres et Paasche conservent cette divergence jusqu'en 1985. Les indices superlatifs, qui utilisent les prix de début et fin de période ne sont pas autant soumis aux fluctuations annuelles, et leur version chaîne ne garde trace que de divergences mineures, sans conséquence sur le rythme de croissance.

Les indices de charges

L'accroissement du volume des charges est plus élevé lorsqu'il est mesuré par l'indice de Laspeyres que lorsqu'il l'est par l'indice de Paasche, les indices de Tornqvist et de Fischer donnant des niveaux intermédiaires.

Taux de croissance des consommations intermédiaires (1967-1985)				
Indice	Laspeyres	Paasche	Fischer	Tornqvist
Taux annuel**				
Pondération fixe	3,73 %	3,37 %	3,55 %	3,57 %
Chaîne	3,55 %	3,50 %	3,53 %	3,53 %
Trend exponentiel*				
Pondération fixe	3,84 %	3,49 %	3,67 %	3,69 %
Chaîne	3,66 %	3,59 %	3,62 %	3,62 %

Taux de croissance des charges totales (1967-1985)				
Indice	Laspeyres	Paasche	Fischer	Tornqvist
Taux annuel**				
Pondération fixe	0,46 %	0,07 %	0,26 %	0,24 %
Chaîne	0,09 %	-0,05 %	0,02 %	0,02 %
Trend exponentiel*				
Pondération fixe	0,75 %	0,17 %	0,46 %	0,44 %
Chaîne	0,32 %	0,18 %	0,25 %	0,26 %

* estimé par régression

** entre les deux dates extrêmes

Les écarts entre Laspeyres et Paasche s'expliquent d'abord par les consommations intermédiaires, celles dont le prix ayant le plus augmenté (énergie, engrais) connaissant des augmentations de volume modérées, alors que les autres (aliments, produits de protection...) sont utilisées

plus intensivement. Ils s'expliquent également par la pondération du travail dont le volume est fortement décroissant, alors que son niveau de rémunération en 1967 (salaire et revenu agricole par tête) est faible.

Les fluctuations des prix des consommations intermédiaires ne sont pas autant à court terme que celles des prix des produits agricoles. Elles ne se traduisent pas par des écarts très importants entre les indices annuels Paasche et Laspeyres, l'enchaînement rapprochant alors les deux séries, contrairement à ce qui se passait pour le produit.

Les disparités entre les versions chaînes et pondération fixe d'un même indice s'expliquent principalement par l'évolution du revenu agricole par tête, qui a augmenté jusqu'en 1973, puis fortement chuté, avec des à-coups, jusqu'en 1985. Autant 1985 que 1967, seules années intervenant dans les versions non-chaînes, constituent des exercices qui pondèrent faiblement (par rapport aux autres années) la réduction de l'emploi familial. On notera que ce phénomène existe aussi pour les indices superlatifs.

Les indices de productivité

En définitive, les taux annuels de progression de la productivité globale s'inscrivent, selon les formes choisies, dans un éventail assez large, allant de 1,4 à 2 %. Les indices chaînes donnent, dans le cas précis, des résultats supérieurs aux indices à pondération fixe, l'indice de Laspeyres surestimant la productivité par rapport à l'indice de Paasche.

Taux de croissance de la productivité (1967-1985)				
Indice	Laspeyres	Paasche	Fischer	Tornqvist
Taux annuel**				
Pondération fixe	1,59 %	1,71 %	1,66 %	1,69 %
Chaîne	2,09 %	1,81 %	1,95 %	1,95 %
Trend exponentiel*				
Pondération fixe	1,38 %	1,65 %	1,51 %	1,54 %
Chaîne	1,96 %	1,59 %	1,78 %	1,78 %

* estimé par régression

** entre les deux dates extrêmes

En pondération fixe, l'ordre est inversé : les indices de Laspeyres donnent une estimation de la productivité inférieure à l'indice de Paasche, la « surestimation » du volume des charges étant plus importante que celle relative aux produits. Même pour les indices superlatifs, on peut noter que l'écart entre les indices chaîne et à pondération fixe n'est pas négligeable, compte tenu de l'évolution particulière du revenu agricole par tête.

CONCLUSION : QUEL INDICE PRÉFÉRER ?

Avantages et inconvénients de chaque type d'indice

Paasche et Laspeyres

Les indices de Paasche et Laspeyres présentent l'avantage de la simplicité de calcul, et, étant des moyennes arith-

métiques, d'une interprétation économique évidente. Cependant, leurs propriétés de simplicité reposent en fait sur deux caractéristiques qui sont autant d'hypothèses très fortes (supposer que les prix relatifs ne varient pas ou encore que les biens sont parfaitement substituables ou par-

faitement complémentaires) : en pratique, aucune de ces deux hypothèses n'est vérifiée, et l'approximation du « vrai » volume des biens entre les deux périodes est médiocre.

La conséquence pratique de ces défauts est bien connue, et se traduit par le « vieillissement », dès que les différents biens agrégés ou les différents prix ne varient pas tous exactement dans les mêmes proportions entre les deux périodes. Les deux mesures peuvent alors diverger considérablement. Ainsi, les écarts existant entre Paasche et Laspeyres nous amènent à penser que ces indices ne sont pas satisfaisants, même si l'utilisation d'une pondération d'une année intermédiaire, comme c'est le cas dans les comptes OSCE qui sont des indices Laspeyres en base 1980, donne des résultats proches de ceux des indices superlatifs pour le rythme de croissance de la productivité globale (1,50 % contre 1,54 % pour l'indice Tornqvist).

Les indices superlatifs

Les indices Fischer et Tornqvist possèdent les intéressantes propriétés théoriques des indices superlatifs, et semblent donner une bonne approximation des indices vrais et réciproques en se situant entre les indices Laspeyres et Paasche qui en sont des limites. Ces propriétés théoriques amènent, sauf dans de très rares cas où des fonctions de Cobb Douglas, linéaires ou à coefficients fixes, pourraient être considérées comme de bonnes approximations de la réalité, à abandonner l'emploi de Laspeyres, Paasche et géométrique au profit des indices Tornqvist ou Fischer. Les résultats empiriques observés ici nous confirment dans cette idée, puisque les indices arithmétiques, plus influencés par la déformation des prix relatifs, diffèrent fortement des indices superlatifs.

En revanche, pour choisir entre des indices superlatifs, on dispose de peu de critères. Cela revient à se demander quelle forme flexible correspond le mieux à la réalité. Or, on ne connaît pas de règle générale qui permette de penser qu'une forme translog soit préférable à une forme quadratique généralisée, c'est-à-dire qu'un indice Tornqvist soit toujours plus approprié qu'un indice de Fischer (7).

Diewert (1981) a donné des conditions moins restrictives pour montrer que l'indice de Tornqvist était exact dans des conditions non homothétiques. Il serait alors plus adapté que l'indice de Fischer en particulier dans des cas où le progrès technique entraîne une économie de certains facteurs plus grande que pour d'autres. Cependant, Diewert a parfois fait porter son choix sur l'indice de Fischer pour d'autres raisons (Diewert, 1976) (8).

Dans la pratique, il semble que le choix entre des indices Tornqvist et Fischer n'ait pas une grande importance, car ils donnent des résultats très proches. Boyle (1986) arrive aux mêmes conclusions sur d'autres pays européens.

L'enchaînement

Les indices-chaînes ont été vus comme un moyen de résoudre le problème de la divergence des indices Laspey-

7. Les formes flexibles qui sont généralement employées sont des approximations locales d'une fonction quelconque grâce à un développement de Taylor (ou de Laurent), les variables étant transformées en logarithmes (translog) ou selon d'autres transformations (Box-Cox généralisée). Il ne semble pas y avoir de règle générale pour choisir entre les diverses formes, et, si Lau (1986) tente de guider le choix, celui-ci s'avère résulter du comportement de chaque fonction dans le cas considéré (voir des comparaisons dans Barnett et al. 1985, Des-

res et Paasche, arguant qu'en changeant souvent les pondérations, les prix relatifs varient peu entre les périodes. Cependant, ceci n'est valable que s'il n'y a pas de fortes fluctuations à court terme des prix, sinon réduire la longueur des périodes ne résout rien. Les résultats ci-dessus nous montrent que ce n'est pas le cas pour les produits agricoles, Laspeyres et Paasche divergeant considérablement sur une seule année, et l'enchaînement en garde trace longtemps.

On peut dégager quelques règles pratiques d'utilisation des indices-chaînes. L'enchaînement réduit la divergence des indices si les prix et les quantités évoluent sans à-coups, alors que s'ils tendent à fluctuer, l'écart peut être augmenté. Pratiquement, si les prix relatifs retrouvent après une période de perturbation leur structure initiale, on constate un phénomène de « dérive » des indices-chaînes qui ne reviennent pas à leur structure de départ, même si le volume de biens reste inchangé. Un autre problème est leur sensibilité à une pondération « anormale » (grève, mauvaise récolte), dont ils gardent la trace pendant de longues périodes. Par contre, il est vrai que les indices-chaînes sont plus adaptés aux cas où des produits apparaissent ou disparaissent entre les périodes de départ et d'arrivée (entre deux périodes consécutives, les disparitions sont limitées).

Il n'y a donc pas de règle absolue pour préférer l'enchaînement (Hill, 1988). Pour Laspeyres et Paasche, nous pensons que l'on ne doit pas utiliser d'indices-chaînes lorsqu'entre deux situations, l'enchaînement fait intervenir le passage par une période de fortes fluctuations annuelles (cas des produits). Inversement, on devrait plutôt l'utiliser lorsque la structure du panier de biens et des prix est très différente entre les deux périodes et que l'on peut réaliser un enchaînement à travers une situation intermédiaire aux deux autres.

Les indices-chaînes Tornqvist et Fischer sont peu influencés par les fluctuations annuelles car ils utilisent les prix début et fin d'année. Ils sont cependant sensibles aux variations de prix à moyen terme (par exemple le retour vers le niveau de départ du revenu agricole par tête). Si l'on considère que l'indice doit être représentatif de la structure moyenne sur la période, on préférera un indice chaîne. Au contraire, si l'on trouve anormal qu'un indice de volume garde trace de structures de prix passées alors que ceux-ci sont revenus à leur niveau initial, on pourra préférer un indice à pondération fixe.

Ces réflexions amènent donc à considérer que les indices de Fischer et de Tornqvist, dans leur version chaînes ou non chaînes, selon que l'on s'intéresse à l'évolution sur l'ensemble d'une période ou au contraire entre deux dates données, donnent la meilleure approximation de l'évolution de la productivité de l'agriculture française. Encore convient-il de garder en mémoire que, compte tenu de l'imperfection des sources statistiques qui ne permettent pas une « bonne » pondération du capital et des terres, les calculs restent insatisfaisants. Il faut également se souvenir des conditions restrictives de validité des indices dont certaines sont lourdes de signification pour l'agriculture dans la période récente.

potakis (1986). Il s'ensuit qu'entre tous les indices superlatifs, on ne peut pas réellement choisir grâce à des propriétés théoriques. Le fait que Diewert (1981) ait démontré que l'indice Tornqvist était moins restrictif quant à l'hypothèse d'homothétie de la fonction est un critère possible pour privilégier ce dernier.

8. Il resterait, contrairement à l'indice Tornqvist, valide dans les cas limites de fonction agrégatrice à coefficients fixes ou linéaires.

BIBLIOGRAPHIE

- BALL E. (1985). — Output, input and productivity measurement in US agriculture, 1948-79. In : *American Journal of Agricultural Economics*, August 1985, pp 476-86.
- BARNETT W. A., LEE Y., WOLFE M.D. (1985). — The three dimensional global properties of the Minflex-Laurent, Generalized Leontief and Translog flexible functional forms ; in : *Journal of econometrics*, n° 30, pp 3-31.
- BEHRENS R. et DE HAEHN H. (1980). — Aggregate factor input and productivity in agriculture : A comparison for the EC-member-countries, 1963-76. In : *European Review of Agricultural Economics*, n° 7, pp 109-146.
- BERNDT E. R. et FUSS M. A. (1986). — Productivity measurement with adjustments for capacity utilization and other forms of temporary equilibrium. In : *Journal of Econometrics*, n° 33 pp 7-29.
- BONNIEUX F. (1986). — *Étude économétrique des disparités de l'agriculture française sur la base de données départementales*. INRA, ESR, Rennes 401 p.
- BOYLE G. E. (1986). — *Index number measurement of agricultural productivity in selected member states of the European Community*. Statistical Office of the European Communities, Luxembourg, June 1986.
- CHAN M.W. et MOUNTAIN D.C. (1983). — Economies of scale and the discrete measure of productivity growth. In : *Review of Economic Studies*, vol. XIV, n° 4, pp. 663-667.
- CHRISTENSEN L. R. (1975). — Concepts and measurement of agricultural productivity. In : *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 57, n° 5, Déc. 1975, pp 911-915.
- CAPALBO S. (1985). — *A comparison of econometric models of US agricultural productivity and technology structure*. Resources for the future. Discussion paper series RR8502, Washington DC, 37 p.
- DESPOTAKIS K. A. (1986). — Economics performance of functional forms. In : *European Economic Review*, n° 30, pp 1107-1143.
- DIEWERT W. E. (1976). — Exact and superlative index numbers. In : *Journal of Econometrics*, n° 4, pp 115-145.
- (1978). — Superlative numbers and consistency in aggregation. In : *Econometrica*, n° 46, pp. 883-900.
- (1981). — The economic theory of index numbers : asurvey. In : DEATON A. ed. *Essays in the theory and measurement of consumer behaviour in honour of Sir Richard Stone*. Cambridge University Press.
- DIVISIA F. (1925). — L'indice monétaire et la théorie de la monnaie. *Revue d'économie Politique*, 39, pp 842-61, 980-1008 et 1121-51.
- FISCHER I. — 1922) — *The making of index numbers*. New-York, Augustus Kelley, réédition de 1967.
- GEARY R. C. (1958). — A note on the comparison of exchange rates and purchasing power parities. In : *Journal of the Royal Statistical Society*, Part. I, n° 121, pp. 97-99.
- GUYOMARD H. (1988). — *Investissement et choix techniques du secteur agricole français, Étude économétrique*. Thèse de doctorat de l'Université de Rennes I. Mars 1988.
- HILL P. (1988). — Récents développements de la théorie et de la pratique des indices. In : *Revue Économique de l'OCDE*, n° 10, pp 137-165.
- HULTEN C.R. (1973). — Divisia index numbers. In : *Econometrica*, vol. 41, n° 6, pp. 1017-1025.
- HULTEN C.R. (1986). — Productivity change, capacity utilization and the source of efficiency growth. *Journal of Econometrics* n° 33 pp 31-50.
- LAU L. J. (1986). — Functional forms in econometric model building. In : GRILICHES Z. et INTRILIGATOR M. D. Eds, *Handbook of Econometrics*, vol. III, North Holland.
- LAVOIE M. (1987). — *Macroéconomie : théorie et controverses post-keynésiennes*. Dunod. Paris.
- MORRISON C. (1986). — Productivity measurement with non static expectations and varying capacity utilization. An integrated approach. In : *Journal of Econometrics*, n° 33, pp 63-65.
- PASINETTI (1981). — *Leçons sur la théorie de la production*. Dunod. Paris. 302 p.
- PIERRE B. et POLLINA L. (1984). — « L'agriculture dans la comptabilité nationale de 1959 à 1983 ». *Archives et Documents*. N° 157. INSEE, Paris, 112 p.
- POLLINA L. (1982). — Un outil pour la prévision en agriculture : principales séries macroéconomiques de 1959 à 1980. *Archives et documents* n° 52. INSEE, Paris, 132 p.
- RICHTER M. K. (1966). — Invariance axioms and economics indexes. In : *Econometrica*, n° 34, pp 739-55.
- RYMES T. K. (1972). — The measurement of capital and total factor productivity in the context of the Cambridge theory of Capital. In : *Review of Income and Wealth*, 18, March 1972, pp 79-108.
- RYMES T. K. (1983). — More on the measurement of total factor productivity. In : *Review of Income and Wealth*, XXXIX, September, pp 297-316.
- RYMES T. K. (1986). — The measurement of multi-factor productivity in an input-output framework. In : FRANZ A. et RAINER N. Eds, *Problems of compilation of input output tables*, Orac Verlag, Wien.
- SAMUELSON P. A. et SWAMY S. (1974). — Invariant economic index numbers and canonical duality : survey and synthesis. In : *American Economic Review*, n° 64, pp 123-125.
- SOLOW (1957). — Technical change and the aggregate production function. In : *Review of Economics and Statistics*, n° 39, pp 312-320.