



**HAL**  
open science

# Progres technique et productivite totale des facteurs: analyse theorique et application a l'agriculture francaise (periode 1960-1984)

Herve Guyomard

## ► To cite this version:

Herve Guyomard. Progres technique et productivite totale des facteurs: analyse theorique et application a l'agriculture francaise (periode 1960-1984). Colloque SFER: Les nouvelles technologies: quels impacts sur l'agriculture et l'agro-alimentaire?, Sep 1988, Paris, France. 37 p., 1988. hal-02858059

**HAL Id: hal-02858059**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02858059>**

Submitted on 8 Jun 2020

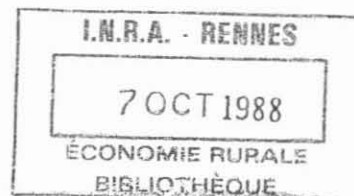
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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



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

SESSION D'AUTOMNE 1988 DE LA SFER



PROGRES TECHNIQUE ET PRODUCTIVITE TOTALE DES FACTEURS :  
ANALYSE THEORIQUE ET APPLICATION A L'AGRICULTURE FRANCAISE  
(période 1960-1984)

Hervé GUYOMARD  
Institut National de la Recherche Agronomique  
65, rue de Saint-Brieuc - 35042 RENNES CEDEX

- septembre 1988 -

1

INRA-ESR  
REN  
H.G. n°7

DOCUMENTATION ÉCONOMIE RURALE RENNES





comportement : coût, revenu et profit. L'application à l'agriculture française de ces approches constitue l'objet empirique de cette étude. Cependant les hypothèses nécessaires à sa justification théorique font que les analyses dérivées sont à interpréter avec prudence. Par opposition, la méthode paramétrique nous semble moins restrictive : en particulier elle permet de prendre en compte, dans une mesure de la productivité totale, la quasi-fixité de certains netputs, la non-homothéticité de la technologie... De plus, cette méthode permet d'évaluer les biais du progrès technique, de décomposer la croissance de ce dernier en trois effets (effet indépendant, effet d'échelle et effet dû à la non-neutralité du progrès technique). Enfin, la contribution du progrès technique à la croissance des inputs peut également être mesurée.

## INTRODUCTION

Mesurer l'efficience de la combinaison productive de l'agriculture française nécessite le calcul d'un indicateur qui rapporte les résultats économiques de la branche à l'ensemble des facteurs de production mis en oeuvre : une augmentation de la productivité globale des facteurs ainsi définie correspond à une meilleure utilisation de ceux-ci, c'est-à-dire à une combinaison productive plus efficace grâce à l'emploi de techniques ou de méthodes de gestion plus efficaces. Le progrès technique est alors le plus souvent assimilé au taux de croissance de cet indicateur.

Or identifier progrès technique et taux de croissance de la productivité globale des inputs repose sur un certain nombre d'hypothèses : progrès technique neutre au sens de Hicks, rendements d'échelle constants, séparabilité inputs-outputs, compétition pure et parfaite sur les marchés des produits et des facteurs. La remise en cause d'une de ces hypothèses détruit l'équivalence simple entre progrès technique et taux de croissance de la productivité totale : il est cependant toujours possible d'établir une relation entre ces deux indicateurs.

L'objet de cet article est de présenter deux approches de la mesure du progrès technique et par suite de la productivité totale : l'approche non paramétrique résiduelle et l'approche paramétrique fondée sur l'estimation économétrique de la fonction de transformation ou, de manière duale, des fonctions de

manière primale, par le ratio du volume de la production à une mesure de l'input agrégé  $F_t = f(X_{it})$ . Plus précisément, dans le cas d'une monoproduction et sous les hypothèses de rendements d'échelle constants (h1), d'un progrès technique neutre au sens de Hicks (h2), de compétition pure et parfaite sur les marchés du produit (h3) et des facteurs (h4), le progrès technique, mesuré de manière primale par les déplacements dans le temps de la fonction de production, est égal au taux de croissance de la productivité globale des inputs (Solow, 1957).

$$\dot{A}/A = \dot{TFP}/TFP = \dot{Y}/Y - \sum_{i=1}^N S_i (\dot{X}_i/X_i) \quad [1]$$

avec  $S_i = p_i X_i / p Y = p_i X_i / CT \quad i = 1, \dots, N$

La théorie de la dualité permet de mesurer le progrès technique par les déplacements dans le temps de la fonction de coût total (ou de long terme) associée à la fonction de production homogène linéaire  $Y_t = f(X_{it}, t)$ . La fonction de coût total s'écrit simplement :

$$CT(p_{it}, Y, t) = \begin{cases} \text{Min } p_{it} X_{it} \\ X_{it} \end{cases} \quad \left[ \begin{array}{l} \text{sous contrainte de la fonction de production} \\ = Y \cdot ct(p_{it}, t) \end{array} \right]$$

La différenciation logarithmique de la fonction de coût total unitaire  $ct(\cdot)$ , indépendante du niveau de production, et les hypothèses h1 à h4 permettent d'établir les égalités suivantes :

$$d \log ct / dt = \sum_i \partial \log ct / \partial \log p_{it} \cdot d \log p_{it} / dt + \partial \log ct / \partial t$$

## 1. APPROCHE RESIDUELLE NON PARAMETRIQUE DE LA MESURE DU PROGRES TECHNIQUE

### a. Equivalence entre progrès technique et productivité globale des facteurs : cadre théorique et hypothèses nécessaires

Considérons le processus de production qui utilise  $N$  inputs  $X_i$ ,  $i = 1, \dots, N$  afin de produire un seul output  $Y$ . Cette technologie peut être représentée par la fonction de production  $Y = f(X_i)$ . La prise en compte du progrès technique exogène ou non incorporé, impliquant une déformation tendancielle des possibilités de production, conduit, par exemple, à la nouvelle écriture  $Y_t = f(X_{it}, t)$ .

Quand on cherche à préciser l'intégration du progrès technique, une solution simple consiste à en rattacher l'effet directement au produit ou à tout ou partie des facteurs de production, le premier cas pouvant se déduire du second (Henin, 198 ). Si le progrès technique "augmente" les facteurs, c'est-à-dire s'il correspond à un accroissement du volume des inputs, la fonction de production s'écrit alors  $Y_t = f(A_{it} \cdot X_{it})$ . Sous les nouvelles hypothèses de rendements d'échelle constants et d'égalité des fonctions  $A_{it}$ , pour tout  $i$  variant de 1 à  $N$ , la fonction de production s'écrit finalement  $Y_t = A_t f(X_{it})$ .

La fonction  $A_t$  est une mesure d'un progrès technique neutre au sens de Hicks, c'est-à-dire d'un progrès technique portant sur le produit. Cette définition permet d'assimiler progrès technique neutre au sens de Hicks et productivité globale des facteurs de production. En effet, cette dernière est simplement définie, de

facteurs. Cet indice est un indice superlatif (Diewert, 1976) dans la mesure où il est exact pour une formalisation translog de la technologie.

L'égalité [1] peut être adaptée au cas d'une technologie multi-produits multi-facteurs sous l'hypothèse de séparabilité faible du processus de production par rapport à la partition inputs-outputs : le taux marginal de substitution entre deux inputs (respectivement le taux marginal de transformation entre deux outputs) est indépendant du niveau d'un output (respectivement un input). L'indice Tornquist de la productivité totale des facteurs est alors défini par l'équation suivante :

$$\log (TFP/TFP_{-1}) = \sum_{l=1}^L \left[ \frac{R_{1t} + R_{1t-1}}{2} \right] \log (Y_{1t} / Y_{1t-1}) - \sum_{i=1}^N \left[ \frac{S_{it} + S_{it-1}}{2} \right] \log (X_{it} / X_{it-1}) \quad [4]$$

avec  $Y_l$  : quantité de l'output  $l$ ,  $l = 1, \dots, L$   
 $R_l$  : part de l'output  $l$  dans le revenu total.  
 $X_i$  : quantité de l'input  $i$ ,  $i = 1, \dots, N$   
 $S_i$  : part de l'input  $i$  dans le coût total.

L'équation [4] peut également être utilisée afin de décomposer le taux de croissance de la production en deux effets : le premier lié aux variations d'emploi des inputs, le second déterminé de manière résiduelle et lié au progrès technique non incorporé.



$$\Leftrightarrow \dot{ct} / ct = \sum_i M_i (\dot{p}_i / p_i) + \dot{B} / B$$

$$\Leftrightarrow \dot{CT} / CT - \dot{Y} / Y = \sum_i M_i (\dot{p}_i / p_i) + \dot{B} / B \quad [2]$$

avec  $M_i = p_i X_i / CT = p_i X_i / p Y \quad i = 1, \dots, N$

L'équation [2] montre que le taux de croissance du coût moyen est égal à la somme du progrès technique, mesuré de manière duale, et d'un indice Divisia des prix des inputs. De plus, sous l'hypothèse h1,  $pY = \sum_i p_i X_i = CT$  et par suite (Ohta, 1974) :

$$\dot{A} / A = - \dot{B} / B = \dot{TFP} / TFP \quad [3]$$

L'égalité [3] montre que, sous les hypothèses h1 à h4, productivité globale des facteurs et progrès technique sont deux concepts équivalents dont deux mesures possibles sont ou le taux de croissance résiduel du produit non expliqué par l'indice Divisia des inputs ou, de manière duale, le taux de croissance résiduel du coût moyen de long terme non expliqué par l'indice Divisia des prix des inputs. Cette mesure résiduelle, non paramétrique dans la mesure où elle ne nécessite pas une estimation économétrique, implique cependant que la fonction de production (respectivement la fonction de coût total) soit différentiable par rapport à tous ses arguments.

En pratique, les taux de croissance continus sont remplacés, par exemple, par les différences annuelles des variables et les parts par des moyennes arithmétiques annuelles. Dans ce cas, les indices calculés sont des approximations Tornquist des indices Divisia du progrès technique ou de la productivité totale des

Tableau n°1. Parts des différents outputs dans le revenu total  
(période 1959-1984)

	XCE	XFR	XDI	XGR	XHS	XGB	XBI
1959	0.112	0.147	0.195	0.095	0.114	0.158	0.179
1960	0.116	0.151	0.189	0.086	0.106	0.167	0.185
1961	0.102	0.125	0.185	0.089	0.116	0.188	0.196
1962	0.130	0.174	0.189	0.080	0.093	0.155	0.179
1963	0.116	0.131	0.187	0.084	0.109	0.180	0.193
1964	0.122	0.140	0.172	0.078	0.102	0.185	0.200
1965	0.135	0.133	0.170	0.078	0.097	0.190	0.198
1966	0.117	0.130	0.171	0.076	0.112	0.193	0.201
1967	0.148	0.132	0.156	0.073	0.098	0.193	0.200
1968	0.154	0.136	0.157	0.073	0.087	0.191	0.201
1969	0.147	0.125	0.177	0.076	0.093	0.190	0.192
1970	0.141	0.169	0.174	0.069	0.089	0.170	0.188
1971	0.165	0.127	0.163	0.071	0.081	0.196	0.197
1972	0.165	0.141	0.156	0.069	0.077	0.194	0.197
1973	0.153	0.182	0.156	0.070	0.084	0.180	0.174
1974	0.175	0.145	0.169	0.070	0.075	0.183	0.183
1975	0.148	0.124	0.180	0.072	0.080	0.198	0.199
1976	0.137	0.146	0.178	0.074	0.083	0.185	0.196
1977	0.158	0.138	0.174	0.077	0.081	0.174	0.198
1978	0.175	0.145	0.156	0.077	0.073	0.176	0.198
1979	0.162	0.168	0.162	0.071	0.072	0.173	0.192
1980	0.180	0.137	0.161	0.077	0.072	0.166	0.207
1981	0.169	0.123	0.170	0.083	0.075	0.177	0.203
1982	0.173	0.160	0.163	0.077	0.072	0.163	0.192
1983	0.171	0.144	0.173	0.076	0.067	0.169	0.201
1984	0.202	0.121	0.180	0.076	0.062	0.166	0.192

CE : céréales, FR : fruits et vin, DI : autres productions végétales, GR : oeufs et volailles, HS : production porcine, GB : gros bovins, BI : autres productions animales.

b. Analyse empirique : application à l'agriculture française pour la période 1960-1984.

Sept catégories de produits sont identifiées : céréales, productions fruitières (total fruits et vin), autres productions végétales, production de viande bovine (gros bovins et veaux), oeufs et volailles, production porcine et autres productions animales. Les séries en valeur et en volume (millions de francs 1970) sont les productions finales telles que les calcule l'INSEE. La part relative  $R_1$  de chaque produit est simplement le rapport de l'agrégat en valeur au revenu total de la branche (cf. tableau n° 1).

Cinq catégories d'inputs sont retenues : travail familial et salarié, consommations intermédiaires (désagrégées en cinq postes), capital matériel et bâtiment agrégés en une seule classe et terre (cf. annexe n° 1) pour une description de ces données). Les parts relatives de chaque input dans le coût total sont présentées dans le tableau n° 2. Sans entrer dans les détails (cf. Guyomard, 1988), signalons simplement que la méthode utilisée afin de définir les différents inputs souffre de plusieurs imprécisions, liées notamment aux difficultés d'accès aux données. En particulier, les mesures des quantités de travail et de leurs rémunérations, plus qu'imparfaites, conditionnent les résultats finaux.

L'indicateur de la productivité totale ainsi calculé croît à un taux moyen annuel de 2.6 % sur la période 1960-1984 : le rythme de croissance est plus important et plus régulier avant le premier choc pétrolier : + 3.1 % en moyenne par année entre 1960 et 1974 contre + 2.2 % entre 1974 et 1984, (cf. graphique n°1). L'hypothèse d'une rupture dans l'évolution tendancielle de la productivité totale n'est cependant pas acceptée au seuil de 1 % (test de l'hypothèse nulle  $H_0$  : aucune rupture en 1974 contre l'hypothèse alternative  $H_a$  : une rupture a lieu en 1974). Les taux moyens calculés dans cette étude peuvent être comparés à ceux de Aubert (1988) : 2.5 sur la période 1977-1987 ; à ceux de Bourdon (1986) : 2.5, 3.0, 1.6 et 2.5 pour les années respectivement 1959-1984, 1959-1968, 1969-1976 et 1977-1984 ; et à ceux de Pierre et Pollina (1984) : 1.7 sur la période 1960-1983. Les explications possibles à ces différences d'évaluation sont nombreuses : elles reposent sur des hypothèses alternatives de représentation de la technologie d'une part, sur des procédures d'agrégation des inputs et d'indexation distinctes d'autre part. En particulier, les trois études précédentes supposent implicitement que la fonction de transformation représentative de la technologie agricole peut s'écrire sous une forme mono-produit-multi-facteurs ; que la terre est fortement et linéairement séparable des trois autres inputs pris en compte : capital, travail et consommations intermédiaires (études de Bourdon ; de Pierre et Pollina) ; que les inputs travail salarié et travail familial peuvent être agrégés en une seule classe. La principale source d'hétérogénéité est liée, sans aucun doute, à la procédure d'indexation retenue : moyenne arithmétique des taux moyens des productivités partielles pondérés par la part moyenne des facteurs sur la période étudiée (Aubert ; Bourdon) ; moyenne arithmétique des séries de productivités partielles pondérées par les parts de facteurs de l'année précédente (Pierre et Pollina) ; utilisation des indices de Tornqvist des produits et des facteurs dans le cadre de cette étude.

Tableau n°2. Parts des différents inputs dans le coût total  
(période 1959-1984).

	XNS	XNF	XN	XCI2	XK	XSAU
1959	0.081	0.481	0.562	0.195	0.118	0.123
1960	0.071	0.528	0.599	0.175	0.110	0.113
1961	0.730	0.496	0.559	0.198	0.120	0.122
1962	0.065	0.514	0.579	0.198	0.113	0.109
1963	0.069	0.485	0.554	0.210	0.120	0.116
1964	0.073	0.453	0.526	0.229	0.132	0.113
1965	0.071	0.459	0.530	0.229	0.134	0.106
1966	0.071	0.446	0.517	0.240	0.138	0.104
1967	0.069	0.446	0.516	0.243	0.140	0.101
1968	0.072	0.423	0.495	0.257	0.148	0.099
1969	0.076	0.424	0.499	0.245	0.157	0.098
1970	0.073	0.421	0.494	0.251	0.160	0.095
1971	0.072	0.403	0.475	0.264	0.166	0.095
1972	0.067	0.435	0.503	0.253	0.155	0.089
1973	0.066	0.435	0.501	0.268	0.150	0.081
1974	0.074	0.359	0.433	0.318	0.169	0.080
1975	0.082	0.328	0.410	0.312	0.190	0.087
1976	0.082	0.314	0.396	0.325	0.194	0.086
1977	0.082	0.299	0.381	0.337	0.197	0.084
1978	0.082	0.290	0.372	0.343	0.201	0.083
1979	0.081	0.287	0.369	0.355	0.198	0.078
1980	0.088	0.225	0.311	0.397	0.210	0.080
1981	0.084	0.216	0.300	0.408	0.214	0.078
1982	0.081	0.268	0.349	0.379	0.200	0.072
1983	0.086	0.237	0.323	0.411	0.197	0.068
1984	0.084	0.240	0.325	0.416	0.194	0.064

NS : travail salarié, NF : travail familial, CI2 : consommations  
intermédiaires, K : capital, SAU : terre.

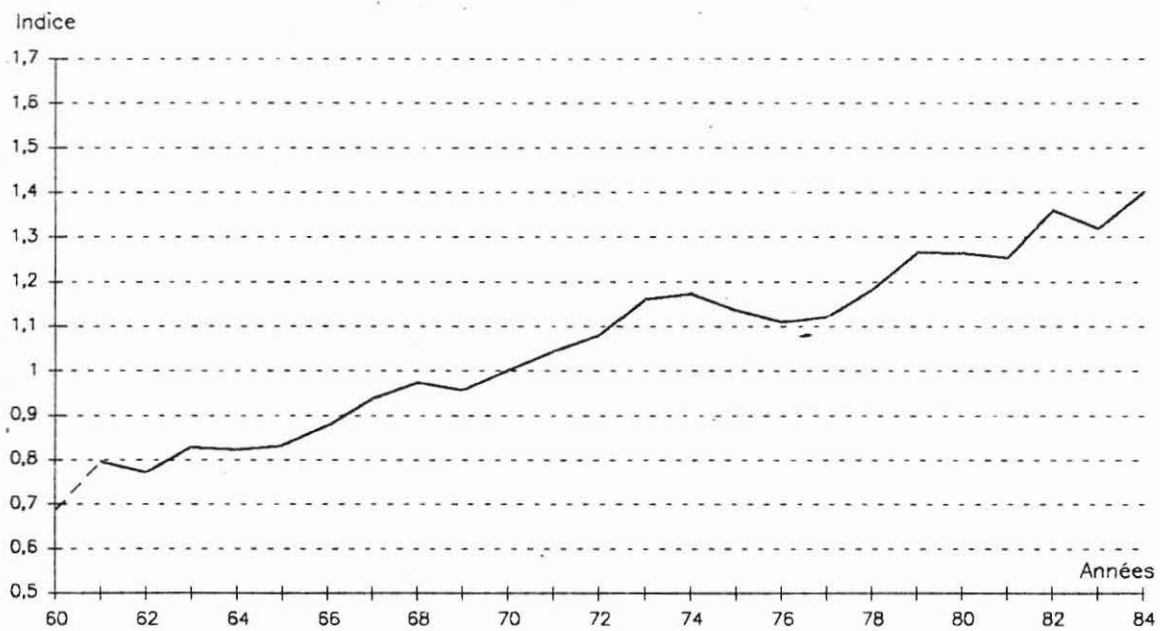
La comparaison du taux de croissance de la productivité totale précédemment définie avec ceux des différentes agricultures industrialisées permet de situer l'agriculture nationale par rapport à ses principales concurrentes. Les conclusions sont néanmoins à interpréter avec prudence dans la mesure où les périodes de référence, le nombre de produits, de facteurs et les procédures d'agrégation diffèrent selon les études considérées : cf. tableau n°3. En se limitant aux années postérieures au premier choc pétrolier, il semble que les gains de productivité soient plus faibles aux Etats-Unis qu'au Canada ou en Europe : la France occupe une position intermédiaire entre les Pays-Bas et l'Italie.

Tableau n°3. Comparaison des taux moyens de croissance de la productivité totale pour différentes agricultures industrialisées (mesures résiduelles non paramétriques).

Etude	Pays	Période	taux (%)	Remarques
Boyle G.E. (1986)	Irlande	1973-1982	1.96	indices Tornqvist, terre séparable, désagrégation des consommations intermédiaires.
	Pays-Bas	1973-1982	2.25	
	Italie	1973-1982	2.78	
Ball E.V. (1985)	Etats-Unis	1948-1979	1.75	indices Tornqvist, désagrégation des consommation inter- médiaires, prise en compte des caractéristiques du travail : age, sexe, éducation, occupation.
		1960-1969	1.65	
		1969-1973	1.30	
		1973-1979	2.02	
Capalbo S.M. et Denny M.G. (1985)	Etats-Unis	1962-1978	1.41	indices Tornqvist.
		1962-1970	1.13	
		1970-1978	1.41	
	Canada	1962-1978	2.37	
		1962-1970	2.22	
		1970-1978	2.52	

Graphique n°1. Evolution de la productivité globale des facteurs de production (periode 1960-1984, 1 en 1970).

Graphique N°1 : Productivité globale des facteurs  
(indice divisia)



Le rôle du progrès technique apparaît prédominant sur l'ensemble de la période étudiée. Le premier choc pétrolier va certes de pair avec un affaiblissement de l'efficacité de la combinaison productive, mais le taux de croissance de la productivité totale représente encore 85.4 % du taux de croissance de la production finale. Les contributions relatives des différents facteurs de production sont les traductions de la substitution travail-biens d'origine industrielle : capital et surtout consommations intermédiaires. La première sous-période 1960-1974 se caractérise par une contribution négative des facteurs à la croissance, conséquence pour l'essentiel de la réduction en volume du facteur travail familial. Le pourcentage relatif à la contribution négative du travail familial à la croissance est sans doute surestimé, en premier lieu parce que cet input n'est pas corrigé à l'aide d'un indicateur de qualité, en second lieu parce que les pondérations utilisées afin de déterminer son poids relatif, sont calculées par solde (cf. annexe n°1). De manière générale, les résultats doivent être interprétés conditionnellement aux hypothèses initiales du modèle et en particulier conditionnellement aux hypothèses d'un progrès technique neutre au sens de Hicks et de rendements d'échelle constants.

Notons enfin que la prise en compte des dépenses de formation, d'éducation et de recherche-développement parmi les facteurs explicatifs de la croissance du produit diminue, toutes choses égales par ailleurs, la contribution du progrès technique à la croissance.



L'équation de détermination du taux de croissance de la productivité totale est enfin utilisée afin d'estimer les contributions relatives des gains de productivité et des variations d'emploi des facteurs à la croissance du produit. Les résultats sont présentés dans le tableau n°4 sous deux formes : contribution du facteur  $X_i$  à la croissance de la production établie à l'aide de l'indice de Tornqvist correspondant ; taux de croissance de l'input  $X_i$  exprimé en pourcentage du taux de croissance du produit.

Tableau n°4. Sources de la croissance de la production agricole finale, périodes 1960-1974 et 1974-1984.

taux annuel moyen de croissance (%)	1960-1974	1974-1984
produit	+ 2.83	+ 2.53
ensemble des facteurs	- 0.28 [-9.89]	+ 0.37 [+14.62]
capital	+ 0.49 [+17.31]	+ 0.35 [+13.83]
terre	- 0.05 [-1.77]	- 0.03 [-1.19]
travail	- 2.38 [-84.09]	- 0.99 [-39.13]
travail familial	- 2.03	- 0.59
travail salarié	- 0.35	- 0.40
consommations intermédiaires	+ 1.66 [+58.66]	+ 1.04 [+41.11]
aliments	+ 0.90	+ 0.49
engrais + protection des cultures	+ 0.57	+ 0.69
énergie	- 0.03	- 0.05
autres consommations interm.	+ 0.22	- 0.09
productivité totale (résidu)	+ 3.11 [+109.89]	+ 2.16 [85.38]

Note : les pourcentages entre crochets sont calculés en rapportant le taux de croissance de l'input  $X_i$  au taux de croissance du produit.

$$+ \partial CV / \partial t \cdot 1/CT$$

$$+ \left[ \sum_j p_j \cdot z_j / CT \cdot \dot{z}_j / z_j + \sum_j z_j \cdot p_j / CT \cdot \dot{p}_j / p_j \right] \quad [6]$$

$$\text{Or } CT = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i + \sum_{j=n+1}^N p_j z_j \quad [7]$$

D'où :

$$\begin{aligned} \dot{CT} / CT &= \sum_i p_i \cdot x_i / CT \cdot \dot{x}_i / x_i + \sum_i x_i \cdot p_i / CT \cdot \dot{p}_i / p_i \\ &+ \sum_j p_j \cdot z_j / CT \cdot \dot{z}_j / z_j + \sum_j z_j \cdot p_j / CT \cdot \dot{p}_j / p_j \quad [8] \end{aligned}$$

Finalement, en égalisant les expressions [6] et [8], et après utilisation du lemme de Shephard, il vient :

$$\sum_i M_i \dot{x}_i / x_i = \sum_i \varepsilon_{c1} \dot{Y}_1 / Y_1 \cdot \sum_j M_j^* \dot{z}_j / z_j + \varepsilon_{ct} \quad [9]$$

avec :

$$\varepsilon_{c1} = \partial CV / \partial Y_1 \cdot Y_1 / CT$$

$$M_j^* = p_j^* z_j / CT \quad (p_j^* \text{ prix dual du facteur quasi-fixe})$$

$$\varepsilon_{ct} = \partial CV / \partial t \cdot 1/CT = \dot{B}_1 / B_1$$

or :

$$\dot{TFP} / TFP = \sum_i R_i \cdot \dot{Y}_1 / Y_1 - \sum_i M_i \dot{x}_i / x_i - \sum_j M_j \dot{z}_j / z_j$$

## 2. L'APPROCHE PARAMETRIQUE DE LA MESURE DU PROGRES TECHNIQUE

L'équivalence simple entre progrès technique et taux de croissance de la productivité globale des facteurs n'est rapidement plus vérifiée dès que l'une des hypothèses h1 à h4 est remise en cause : il est cependant toujours possible d'établir une relation entre ces deux concepts sous la seule hypothèse d'une compétition pure et parfaite sur le marché des outputs.

La technologie est maintenant multi-produits multi-facteurs : ces derniers peuvent être variables ( $X_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ ) ou quasi-fixes ( $Z_j$ ,  $j = n+1, \dots, N$ ) dans la mesure où l'ajustement au niveau désiré défini par le comportement du producteur n'est pas total à l'intérieur de la période d'optimisation. Le progrès technique, pas nécessairement neutre au sens de Hicks, est assimilé aux déplacements dans le temps de la fonction de coût total de court terme, somme des coûts variables et des dépenses affectées aux inputs quasi-fixes.

$$CT(p_i, Y_1, Z_j, p_j, t) = CV(p_i, Y_1, Z_j, t) + \sum_{j=n+1}^N p_j Z_j \quad [5]$$

Par suite :

$$\begin{aligned} \dot{CT} / CT &= \sum_{i=1}^n \partial CV / \partial p_i \cdot p_i / CT \cdot \dot{p}_i / p_i \\ &+ \sum_{l=1}^L \partial CV / \partial Y_l \cdot Y_l / CT \cdot \dot{Y}_l / Y_l \\ &+ \sum_{j=n+1}^N \partial CV / \partial Z_j \cdot Z_j / CT \cdot \dot{Z}_j / Z_j \end{aligned}$$

l'hypothèse h3 de compétition pure et parfaite sur le marché des produits  $d \log CT / d \log Y_1 = p_1 Y_1 / CT = R_1$ . Ceci achève de démontrer la nullité du second effet.

Une relation analogue à [10] peut être établie en considérant la fonction de coût total "implicite", égale à CT en remplaçant  $p_j$  par  $p_j^*$ , à la place de la fonction de coût total de court terme : le progrès technique est alors assimilé aux déplacements dans le temps de cette fonction "implicite" (Berndt et Fuss, 1986 ; Hulten, 1986). L'équation [10] peut également être modifiée pour tenir compte des coûts d'ajustement sur les facteurs quasi-fixes, d'anticipations non statiques des variables exogènes (Morrison, 1986), d'une tarification non marginale des produits (Ouelette et Lassere, 1985). La prise en compte de la quasi-fixité de certains outputs est également possible (cf. Boyle et Guyomard, 1988, à paraître). Enfin, il faut souligner que la méthodologie utilisée dans cette section peut être développée à partir d'un modèle de profit en assimilant progrès technique et déplacements dans le temps ou de la fonction de profit de long terme, ou de la fonction de profit total de court terme, ou de la fonction de profit total "implicite" : la technologie doit alors être compatible avec la maximisation de ces différentes fonctions d'objectif.

L'équation [10] n'impose pas la neutralité au sens de Hicks du progrès technique. Celui-ci peut être biaisé en faveur de tout ou partie des inputs et/ou en faveur de tout ou partie des outputs. Les définitions possibles d'un progrès technique biaisé font l'objet du paragraphe car le concept de biais joue un rôle important, notamment dans l'explication des dotations factorielles en agriculture.

$$\begin{aligned}
&= - \dot{B}_1 / B_1 + \sum_1 (R_1 - \varepsilon_{c1}) \dot{Y} / Y_1 \\
&+ \sum_j (p_j^* - p_j) \cdot Z_j / CT \cdot \dot{Z}_j / Z_j \quad [10]
\end{aligned}$$

L'équation [10] permet donc de relier, à nouveau, productivité totale des inputs et progrès technique. Sous les hypothèses de ce modèle,  $\dot{TFP} / TFP$  est la somme de trois effets : le déplacement de la courbe de coût total de court terme, le déplacement sur cette courbe de coût et le déséquilibre, induit par la quasi-fixité de certains inputs, par rapport à une situation d'équilibre correspondant à l'équilibre hicksien de long terme. Ces deux derniers effets s'annulent si les hypothèses h1 (rendements d'échelle constants) et h4 (compétition pure et parfaite sur les marchés des facteurs) sont restaurées. En effet, dans ce cas, prix observé et dual des facteurs quasi-fixes sont égaux (Lau, 1976). De plus,

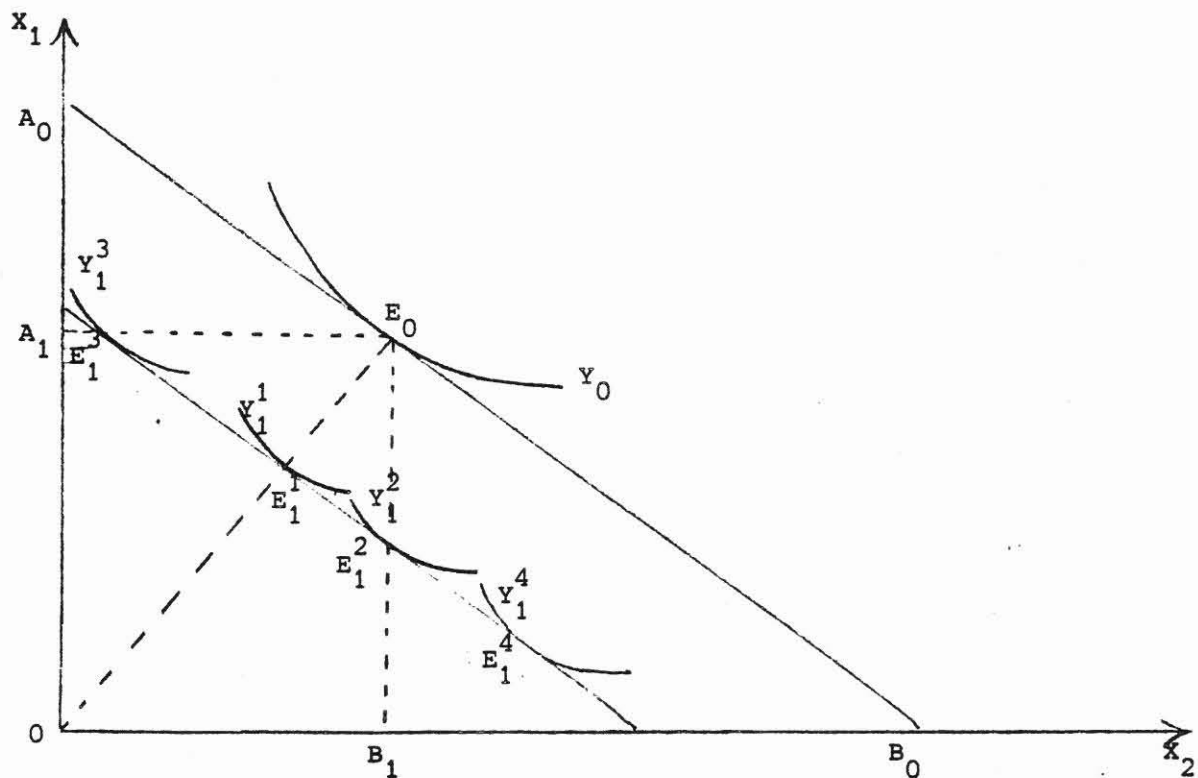
$$\begin{aligned}
\varepsilon_{c1} &= d \log CT / d \log Y_1 - \sum_j \partial CT / \partial Y_1 \cdot dZ_j / dY_1 \\
&= \mu_1 + \sum_j \mu_{j1} (-p_j + p_j^*) Z_j / CT \\
&= \mu_1 \left[ 1 - \sum_j (\mu_{j1} / \mu_1) (p_j - p_j^*) Z_j / CT \right] \quad [11]
\end{aligned}$$

$$\text{avec } \mu_1 = d \log CT / d \log Y_1$$

$$\mu_{j1} = d \log Z_j / d \log Y_1$$

Si  $p_j = p_j^*$ ,  $\varepsilon_{c1} = \mu_1$  et l'effet correspondant au déplacement sur la courbe de coût se réduit à  $\sum_1 (R_1 - \mu_1) \dot{Y}_1 / Y_1$ . Or, sous

Graphique n°2. Représentation de différentes formes du progrès technique dans un cadre simplifié d'analyse  $Y = f(A(t) X_1, B(t) X_2)$



Le raisonnement précédent est développé pour un prix relatif des facteurs fixé : la neutralité et les biais du progrès technique peuvent également être définis, de manière duale, pour un rapport des volumes des inputs donné. Une troisième définition généralise le concept au cas d'une technologie multi-facteurs en raisonnant sur la base des parts factorielles dans le coût total (Binswanger, 1978). En effet, pour un prix des inputs  $X_1$  et  $X_2$  donné, si le ratio  $X_1/X_2$  augmente, le rapport de la part relative de  $X_1$  sur la part relative de  $X_2$  :  $p_1 X_1 / p_2 X_2$  augmente lui aussi. De même, pour un niveau d'emploi des facteurs donné, si le ratio  $p_1 / p_2$  augmente, le rapport  $p_1 X_1 / p_2 X_2$  augmente également. Une caractérisation simplifiée et qualitative du progrès technique relatif au facteur  $X_1$  est donc la suivante :

## b. Neutralité au sens de Hicks et biais du progrès technique

Le concept d'un progrès technique neutre au sens de Hicks ou biaisé en faveur de tel ou tel facteur de production peut être défini simplement en considérant le cadre d'analyse suivant : deux facteurs seulement sont pris en compte afin de produire un seul bien final. Sous l'hypothèse d'un progrès technique "augmentant" les facteurs, la fonction de production s'écrit alors, en omettant la référence à l'indice temporel pour les différents agrégats,  $Y = f(A(t) X_1, B(t) X_2)$  (cf, par exemple, Thirtle et Ruttan, 1987).

Sur le graphique n°2, l'équilibre initial se situe au point  $E_0$ , point de tangence de l'isoquante  $Y_0$  et de la droite d'isocoût  $A_0 B_0$ . Les isoquantes  $Y_1^1, Y_1^2, Y_1^3$  et  $Y_1^4$  représentent quatre nouvelles technologies alternatives au temps 1; pour un même niveau de production et à prix des inputs inchangés : les combinaisons productives optimales correspondent aux points, respectivement,  $E_1^1, E_1^2, E_1^3$  et  $E_1^4$ . Ces quatre technologies sont équivalentes au sens où l'économie totale de ressources qu'elles permettent par rapport à la situation initiale est toujours égale au ratio  $A_0 A_1 / OA_1 = B_0 B_1 / OB_1$ . Cependant ces technologies diffèrent quand on prend en compte les combinaisons factorielles, mesurées par les rayons  $OE_1^i$ ,  $i$  variant de 1 à 4.

L'équilibre  $E_1^1$  correspond à un progrès technique neutre au sens de Hicks, c'est-à-dire au cas où  $\dot{A}(t) / A(t) = \dot{B}(t) / B(t) =$  constante. L'équilibre  $E_1^2$  correspond à un progrès technique qui économise uniquement le facteur  $X_1$ , c'est-à-dire au cas où  $\dot{A}(t)/A(t) =$  constante et  $\dot{B}(t) / B(t) = 0$  : pour un même montant de  $X_2$ , le niveau d'emploi de  $X_1$  diminue en passant du point initial  $E_0$  à l'équilibre final  $E_1^2$ . De manière similaire l'équilibre  $E_1^3$  correspond à un progrès technique qui économise uniquement le facteur  $X_2$ . Enfin, l'équilibre  $E_1^4$  correspond à un progrès technique qui consomme le facteur  $X_1$  et épargne le facteur  $X_2$ .

Le biais  $B_{it}$  peut donc s'interpréter comme l'effet sur le progrès technique  $\varepsilon_{CT}$  d'une variation du prix de l'input  $p_i$ . Plus précisément, si le prix  $p_i$  croît et si  $\varepsilon_{it}$  est négatif, le progrès technique est alors inférieur à ce qu'il serait dans le cas d'une neutralité hicksienne.

Les définitions précédentes des biais du progrès technique peuvent être généralisées au cas des produits. La démarche la plus simple consiste sans doute à raisonner sur une fonction de revenu total, sous l'hypothèse implicite de séparabilité inputs-outputs :  $RT(p_1, X, t)$ . Dans ce cas, le biais  $B_{1t}$  est défini de la façon suivante :

$$B_{1t} = (\partial R_1 / \partial t) \cdot (1/R_1) \begin{cases} > 0 \text{ progrès technique "output i using"} \\ = 0 \text{ progrès technique "output i neutral"} \\ < 0 \text{ progrès technique "output i saving"} \end{cases}$$

### c. Une application pour l'agriculture française

#### - Le modèle économétrique

Les biais factoriels et le progrès technique, caractéristiques de l'agriculture française sur la période 1960-1984, sont évalués sur la base de l'estimation économétrique d'une approximation translog autour du point 1970 de la fonction de coût de long terme. Afin de conserver un nombre de degrés de liberté suffisant, seuls quatre facteurs de production sont pris en compte : capital, travail, consommations intermédiaires et terre. La technologie est mono-produit : l'hypothèse de séparabilité inputs-outputs permet d'agréger les différentes productions en un seul poste et donc également de justifier la formalisation retenue. Le progrès



$$B_{it} = \partial M_i / \partial t \cdot 1/M_i \begin{cases} < 0 & \text{progrès technique "facteur i saving"} \\ = 0 & \text{progrès technique "facteur i neutral"} \\ > 0 & \text{progrès technique "facteur i using"} \end{cases}$$

Si pour tout input  $X_i$  le biais  $B_{it}$  est nul, le progrès technique non incorporé est neutre au sens de Hicks.

Le biais  $B_{it}$  relatif au facteur  $X_i$  peut être également interprété en considérant la formalisation suivante, dérivée d'une fonction de coût de long terme  $CT(p_i, Y, t)$  :

$$\begin{aligned} B_{it} &= \partial M_i / \partial t \cdot 1/M_i = \partial \log(p_i X_i / CT) / \partial t \\ &= \partial \log X_i / \partial t - \partial \log CT / \partial t \\ &= \varepsilon_{it} - \varepsilon_{ct} \\ &= \dot{X}_i / X_i - \dot{CT} / CT \end{aligned} \quad [12]$$

Le biais peut donc être décomposé en deux effets : le premier correspond à la variation relative de la demande du facteur  $X_i$ , soit  $\dot{X}_i / X_i$  ; le second est égal à la réduction moyenne des demandes factorielles, soit  $\dot{CT} / CT$ . Si le progrès technique consomme le facteur  $X_i$ ,  $B_{it}$  est inférieur à zéro car la réduction de la demande pour le facteur  $X_i$  est inférieure à la réduction moyenne (Sato, 1970 ; Morrison, 1988). Une interprétation complémentaire peut être dérivée d'une formalisation alternative du biais :

$$\begin{aligned} B_{it} &= 1/M_i (\partial M_i / \partial t) = 1/M_i (\partial^2 \log CT / \partial \log p_i \partial t) \\ &= 1/M_i (\partial \varepsilon_{ct} / \partial \log p_i) \end{aligned}$$

Le progrès technique  $\varepsilon_{ct}$  est donc la somme de trois effets : un premier effet "indépendant" ( $a_t + a_{tt} + t$ ), un second lié à la non neutralité du progrès technique ( $\sum_i a_{it} \log p_i$ ) est un troisième lié à la non-homothéticité de la technologie étudiée ( $a_{Yt} \cdot t$ ).

Enfin, les paramètres estimés peuvent être utilisés afin de mesurer les contributions des différents composants (effet substitution, effet lié à la non neutralité du progrès technique, effet lié à la non-homothéticité de la technologie) à la demande relative hicksienne des inputs, à l'aide de la décomposition suivante (Kako, 1978 ; Kuroda, 1987).

$$\begin{aligned}
 d \log X_i / d \log X_k &= \left[ \sum_i \partial \log X_i / \partial \log p_i, - \sum_i \partial \log X_k / \partial \log p_i, \right] d \log p_i, \\
 &+ \left[ \partial \log X_i / \partial \log Y - \partial \log X_k / \partial \log Y \right] d \log Y \\
 &+ \left[ \partial \log X_i / \partial t - \partial \log X_k / \partial t \right] dt \quad [17] \\
 &= \left[ \sum_i M_i \cdot \sigma_{ii}, - \sum_i M_i \cdot \sigma_{ki}, \right] d \log p_i, \\
 &+ \left[ \frac{a_{iY}}{M_i} - \frac{a_{kY}}{M_k} \right] d \log Y \\
 &+ \left[ \frac{a_{it}}{M_i} - \frac{a_{kt}}{M_k} \right] dt \quad [18]
 \end{aligned}$$

#### - Analyse empirique

Les paramètres estimés et les t de Student associés sont présentés dans le tableau n°5 : la nullité conjointe des

technique est pris en compte sous la forme d'un trend temporel, forme contraignante sans aucun doute mais sans imposer a priori la neutralité au sens de Hicks du progrès technique.

$$\begin{aligned}
 \text{Log CT} = & a_0 + a_Y \log Y + 1/2 a_{YY} (\log Y)^2 \\
 & + a_t \cdot t + 1/2 a_{tt} \cdot t^2 \\
 & + \sum_{i=1}^4 a_i \log p_i + 1/2 \sum_i \sum_{i'} a_{ii'} \log p_i \log p_{i'} \\
 & + \sum a_{iY} \log p_i \cdot Y + \sum a_{it} \log p_i \cdot t \\
 & + a_{YT} \log Y \cdot t \qquad \qquad \qquad [14]
 \end{aligned}$$

L'application directe du lemme de Shephard permet de dériver la demande hicksienne de long terme du facteur  $X_i$ , qui s'écrit sous la forme suivante :

$$\begin{aligned}
 M_i = p_i X_i / \text{CT} = & a_i + \sum_{i'=1}^4 a_{ii'} \log p_{i'} + a_{iY} \log Y + a_{it} \cdot t \\
 & \qquad \qquad \qquad i = 1, \dots, 4 \qquad \qquad [15]
 \end{aligned}$$

Les paramètres de la fonction de coût de long terme [14] sont estimés par la méthode du Maximum de Vraisemblance à Information Complète, à l'aide du système de trois parts factorielles [15] et de la fonction de coût elle-même [15]. Sur la base de cette estimation, il est possible d'évaluer le progrès technique à l'aide de la formule suivante :

$$\varepsilon_{ct} = \partial \log \text{CT} / \partial t = a_t + a_{tt} \cdot t + \sum_{i=1}^4 a_{it} \cdot \log p_i + a_{Yt} \cdot t \quad [16]$$

Tableau n°5. Paramètres estimés et t de Student associés

	paramètre	t de Student
$a_K$	0.161	137.9
$a_{KK}$	0.036	3.74
$a_{KF}$	0.027	7.74
$a_{KY}$	- 0.162	5.99
$a_{Kt}$	0.0061	8.46
$a_N$	0.473	119.7
$a_{NY}$	0.379	3.49
$a_{NT}$	- 0.0199	8.13
$a_F$	0.097	188.6
$a_{FY}$	- 0.063	4.5
$a_{Ft}$	- 0.0015	4.5
$a_O$	11.077	1353.1
$a_t$	- 0.0499	11.62
$a_{tt}$	0.0034	3.45
$a_Y$	- 0.228	2.72
$a_Y$	1.162	6.14
$a_{YY}$	4.273	2.30
$a_{Ci}$	0.268	80.74
$a_{KCi}$	- 0.063	5.38
$a_{FCi}$	- 0.027	7.74
$a_{CiY}$	- 0.153	1.72
$a_{CiY}$	0.0154	7.47

coefficients  $a_{KN}$ ,  $a_{NN}$ ,  $a_{NF}$  et  $a_{FF}$  est acceptée au seuil de 5 % sur la base d'un test du rapport des vraisemblances. De même, les hypothèses de neutralité au sens de Hicks du progrès technique et d'homothéticité de la technologie sont refusées pour ce même niveau de confiance. Les hypothèses des rendements d'échelle constants ou d'homogénéité de degré  $\mu$  par rapport au produit de la fonction de coût de long terme sont, à fortiori, refusées. Les biais du progrès technique, mesurés dans le cas d'une approximation translog par les paramètres  $a_{it}$ , sont tels que le progrès technique épargne les inputs travail ( $a_{NT} = 0.0199$ ) et terre ( $a_{FT} = - 0.0015$ ), consomme les facteurs d'origine industrielle : capital ( $a_{KT} = 0.0061$ ) et consommations intermédiaires ( $a_{Cit} = 0.0154$ ). Les résultats de cette étude peuvent être comparés à ceux d'analyses similaires relatives à la caractérisation du progrès technique de différentes agricultures industrialisées (cf. tableau n°6) : le progrès technique est toujours travail "saving", capital et consommations intermédiaires "using". Il faut cependant noter que notre modèle économétrique [14] représente une technologie non homothétique et avec un progrès technique non neutre au sens de Hicks : les biais, et en particulier leur significativité, doivent en conséquence être interprétés avec prudence dans la mesure où une corrélation élevée entre le produit et l'indice temporel conduit à des estimateurs biaisés.

la spécification translog de la fonction de coût de long terme. Cette hypothèse est confirmée par l'examen du graphique n°3 qui présente les deux mesures, non paramétrique (résiduelle) et paramétrique (économétrique) sur la période 1970-1984 : la principale différence concerne, en plus des taux de croissance distincts, les années immédiatement postérieures au premier choc pétrolier.

Graphique n°3. Comparaisons des mesures non paramétrique et paramétrique de la productivité totale (période 1970-1984)

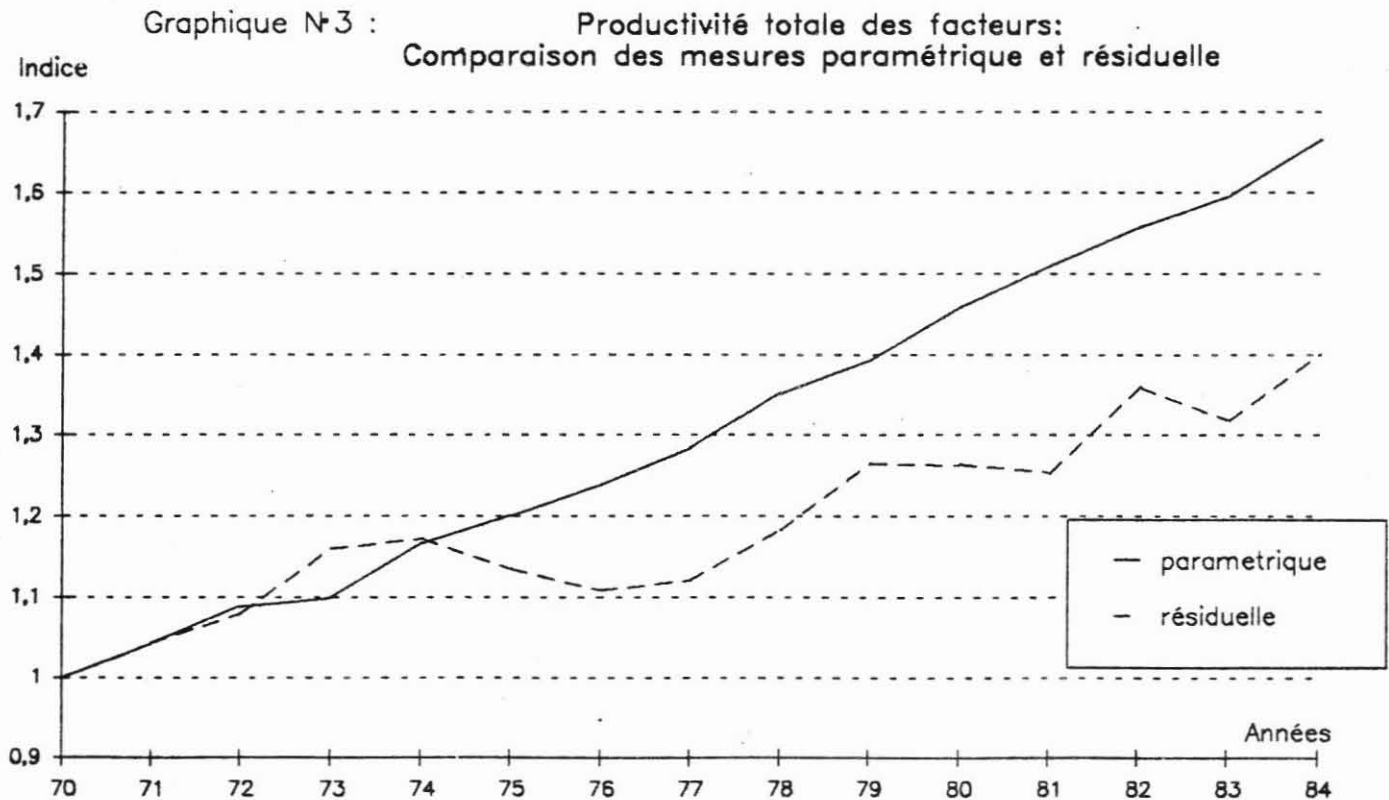


Tableau n°6. Biais factoriels du progrès technique pour différentes études

	travail	biais capital	terre	consommations intermédiaires
Antle (1984) Etats-Unis	saving	using <sup>a)</sup>	using	using <sup>b)</sup>
Binswanger (1974) Etats-Unis	saving	using <sup>a)</sup>	-	using <sup>c)</sup>
Boyle (1981) Irlande	saving	using <sup>a)</sup>	-	using <sup>d)</sup>
Adamowicz (1986) Canada	saving	using <sup>a)</sup>	saving	using
Kuroda (1987) Japon	saving	using <sup>a)</sup>	nul	using

a) capital matériel seulement

b) produits chimiques seulement

c) engrais seulement

d) distinction de deux postes : engrais et aliments du bétail

Le taux moyen de croissance du progrès technique, évalué à l'aide de l'équation [16] est égal à 4.97 % sur la période 1960-1984. Le taux moyen de croissance de la productivité globale des facteurs est calculé à l'aide de la formule :  $\varepsilon_{Ct} \cdot \varepsilon_{CY}^{-1}$  afin de tenir compte de la non-homothéticité de la technologie : ce taux est égal à 3.98 % sur la période 1960-1984, résultat qu'il faut comparer avec la mesure résiduelle établie précédemment : 2,6 %. Cette divergence, relativement importante peut s'expliquer par des hypothèses sur la technologie différentes (rendements d'échelle constants ou non, technologie multi-produits ou non, nombre de facteurs pris en compte différents). La principale source d'écart est sans doute liée à la forme contraignante du

Tableau n°7. Décomposition du progrès technique et effets des variations de prix sur le progrès technique et la productivité globale des facteurs

\* Décomposition du progrès technique sur la période 1960-1984

	effets		
$-\varepsilon_{ct}$	"independant"	"prix"	"non-homothétique"
4.97	3.63	0.18	1.16
	(73.0 %)	(3.6 %)	(23.3 %)

\* Effets d'une variation du prix  $p_i$  sur  $-\varepsilon_{ct}$  et TFP/TFP (moyenne 1960-1984)

	variation du prix			
effet sur :	$\log p_K$	$\log p_N$	$\log p_F$	$\log p_C$
$-\varepsilon_{ct}$	- 0.0061	+ 0.0199	+ 0.0015	- 0.0153
TFP/TFP	- 0.0026	+ 0.0119	+ 0.0029	- 0.0122

Les contributions relatives des différents effets à la croissance relative des inputs sont illustrées en raisonnant sur les ratios du travail aux autres facteurs de production (cf. tableau n°8). De manière générale, la décroissance du rapport du travail, agrégé en une classe, à un facteur de production d'origine industrielle, capital ou consommations intermédiaires, s'explique en premier lieu par l'effet du progrès technique, en second lieu par l'effet substitution. L'effet d'échelle joue au contraire dans le sens d'une augmentation du ratio factoriel ; cet effet est important notamment pour le rapport travail/capital.

Les contributions du progrès technique à la croissance factorielle présentées dans le tableau n°8 sont compatibles avec l'hypothèse d'un progrès technique induit par les variations des prix des inputs (Binswanger et Ruttan, 1978 ; Thirtle, 1985 ; Kawagoe, Otsuka et Hayami, 1986). Sous cette hypothèse, un



Sur la période 1960-1984, 73.1 % du taux de croissance du progrès technique est expliqué par l'effet "indépendant". Le poids relatif de l'effet dû à la non neutralité du progrès technique ou effet "prix" est égal à 3.6 % (cf. tableau n°7). L'interprétation des contributions des trois effets définis par l'équation [16] est cependant délicate dans la mesure où l'effet dû à la non-homothéticité de la technologie est, par construction et parce que le taux de croissance du produit est toujours positif, d'un certain signe pour les années antérieures à 1970 et du signe contraire pour les années postérieures à cette date : ce résultat est la conséquence d'une représentation approximative de la technologie et en particulier de la normalisation à 1 en 1970 de toutes les variables explicatives, à l'exception de  $t$  qui vaut 0 en ce point. Il est plus intéressant d'analyser l'effet d'une variation du prix d'un facteur  $X_i$  sur le progrès technique et la productivité totale, c'est-à-dire  $\partial \varepsilon_{ct} / \partial \log p_i$  et  $\partial(\dot{TFP}/TFP) / \partial \log p_i$ . L'effet d'une variation du prix  $p_i$  est toujours plus important, en valeur absolue, sur le taux de croissance du progrès technique que sur le taux de croissance de la productivité globale, à l'exception des effets relatifs au prix de la terre. Les effets les plus élevés sont liés au travail pour  $\varepsilon_{ct}$  et aux consommations intermédiaires pour  $\dot{TFP}/TFP$ .



accroissement de  $p_i$  par rapport à  $p_k$ , les autres prix étant fixés, induit un progrès technique de telle manière que  $X_i$  soit épargné par rapport à  $X_k$ . Les taux annuels moyens de croissance des prix des inputs sur la période 1960-1984 sont égaux à 13.17 % pour la rémunération du travail, 9.79 % pour le coût d'usage du capital (cf. Guyomard, 1988), 8.97 % pour le coût d'usage de la terre et 6.72 % pour le prix des consommations intermédiaires.

Tableau n°8. Décomposition du taux moyen de croissance des intensités factorielles mesurées par rapport au travail

		effets		
		substitution	progrès technique	non-homothétique
<b>travail/capital</b>				
1960-1984	- 6.38	- 1.75 (27.4 %)	- 9.52 (149.2 %)	4.89 (-76.6 %)
1960-1974	- 7.86	- 3.04 (38.7 %)	- 9.91 (126.1 %)	5.09 (-64.8 %)
1975-1984	- 4.59	- 0.08 (1.7 %)	- 8.03 (174.9 %)	3.52 (-76.6 %)
<b>travail/terre</b>				
1960-1984	- 3.43	- 5.32 (155.1 %)	- 1.96 (57.1 %)	3.85 (-112.2 %)
1960-1974	- 4.14	- 5.82 (140.6 %)	- 2.04 (49.3 %)	3.73 (-89.9 %)
1975-1984	- 2.49	- 5.27 (211.6 %)	- 0.84 (66.2 %)	3.62 (-145.4 %)
<b>travail/consommations intermédiaires</b>				
1960-1984	- 8.68	- 2.55 (29.4 %)	- 6.81 (78.5 %)	0.68 (-7.9 %)
1960-1974	-11.60	- 3.64 (31.4 %)	- 8.87 (76.4 %)	0.91 (-7.8 %)
1975-1984	- 5.08	- 1.46 (28.7 %)	- 3.55 (69.9 %)	-0.07 (-0.4 %)

Annexe n° 1. Les facteurs de production (données quantités et prix).

- input travail : ce facteur est composé de deux classes : la population active agricole familiale et la population active agricole salariée, respectivement PIACFA et PINSAL. La rémunération du travail salarié est la somme des salaires et des cotisations sociales ; la rémunération du travail familial est estimée à partir de l'Excédent Brut d'Exploitation optique production diminué de l'ensemble des amortissements, fermages et métayages (multipliés par 2), intérêts et impôts fonciers et des dépenses de réparations de matériels et bâtiments. Ces rémunérations sont calculées en francs courants et les parts relatives sont obtenues en divisant ces agrégats par le coût total de production.

- input capital : la série utilisée comprend le capital bâtiment et matériel en volume. La rémunération de cet input est la somme en valeur des amortissements, des intérêts versés sur les prêts d'équipement et des dépenses de réparations de matériels et de bâtiments.

- input consommations intermédiaires : l'agrégat quantité retenu est celui des consommations intermédiaires hors produits agricoles. La part relative de cet input s'obtient simplement en rapportant l'agrégat précédent, calculé cette fois à prix courants au coût total de production.

- input terre : la rémunération de la terre est la somme des fermages et métayages, [multipliés par 2 pour tenir compte du faire-valoir direct, cf. Mahé L.P. et al, (1983)], des impôts et intérêts fonciers.

## CONCLUSION

Avant toute analyse de l'évolution du progrès technique se pose le problème de sa mesure. Le présent article consacré aux deux approches le plus fréquemment utilisées (méthodes résiduelle et économétrique) a permis de mettre en évidence les faiblesses liées à l'emploi de ces deux méthodes. L'indice non paramétrique du progrès technique trouve son fondement dans un certain nombre d'hypothèses imposées a priori et malheureusement pas ou peu réalistes pour l'agriculture française. L'indice paramétrique du progrès technique, mesuré à partir de séries temporelles, repose généralement sur une représentation trend temporel du progrès technique non incorporé, représentation simple mais contraignante. D'un point de vue pratique, les caractéristiques de l'agriculture française (progrès technique non neutre, non-homothéticité de la technologie, quasi-fixité de plusieurs inputs et sans doute outputs) incitent à préférer, dans le futur, un approche économétrique. Il reste alors à mieux formaliser le progrès technique au sein de la fonction objectif. Plusieurs possibilités, en plus de l'endogénéisation du progrès technique dans un cadre multi-outputs, multi-inputs, voies futures de recherche, nous sont offertes :

- modélisation d'un progrès technique augmentant les facteurs et/ou les produits,
- formalisation "empirique" de l'hypothèse du progrès technique induit par les variations de prix en faisant, par exemple, dépendre les biais des prix des inputs les années précédentes,
- utilisation de données spatio-temporelles,
- formalisation stochastique du progrès technique en autorisant les paramètres représentatifs de ce dernier à varier avec le temps.

DIEWERT W.-E., 1976, "Exact and superlative index numbers". *Journal of Econometrics*, 4, p. 113-145.

GUYOMARD H., 1988, "Investissement et choix technique du secteur agricole français : étude économétrique". Thèse de l'Université de Rennes 1, 424 p.

HULTEN C.R., 1986, "Productivity change, capacity utilization and the sources of efficiency growth". *Journal of Econometrics*, vol. 33, pp. 31-50.

KAWAGOE T., OTSUKA K. et HAYAMI Y., 1986, "Induced bias of technical change in Agriculture : the United States and Japan, 1880-1980". *Journal of Political Economy*, may, pp. 329-337.

KURODA Y., 1987, "The production structure and demand for labor in postwar Japanese agriculture, 1952-1982". *American Journal of Agriculture Economics*, may, p. 329-337.

LAU L.-J., 1976, "A characterization of the normalized restricted profit function". *Journal of Economic Theory*, vol. 12, n°1, p. 131-163.

MAHE L.-P., HARLEY M., ZIETSCH J., 1987, "Approximation d'un système complet de demande dérivée des ingrédients de l'alimentation animale. Congrès Européen des Economistes Agricoles, Balaton, 1987, 24 p.

MORRISON C. J., 1988, "Subequilibrium in the North American Steel Industry : a study of short run biases from regulation and utilisation fluctuations". *The Economic Journal*, vol. 98, june, p. 390-411.

MORRISON C. J., 1986, "Productivity Measurement with non Static Expectations and Varying Capacity Utilization : an Integrated approach". *Journal of Econometrics*, vol. 33, pp. 51-74.

OHTA M., 1974, "A note on the duality between production and cost-functions : Rate of returns to scale of technical progress". *Economic Studies Quarterly* n°25, p.63-66.

QUELETTE P., LASSERRE, 1985, "Mesure de la productivité : la méthode de Divisia". *Actualité Economique*, vol. 61, n° 4, p. 507-526

PIERRE B., POLLINA L., 1984, "L'agriculture dans la comptabilité nationale de 1959 à 1983". *Archives et Documents*, n°108, 112 p.

SATO R., 1970, "The estimation of biased technical progress and the production function". *International Economic Review*, vol. 11, june, p. 179-208.

## Références bibliographiques

- ADAMOWICZ W., 1986, "Production technology in Canadian Agriculture". *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol. 34, march, pp. 87-98.
- ANTLE J. M., 1984, "The structure of US agricultural technology, 1910-1978". *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 66, pp. 414-421.
- AUBERT D., 1988, "L'agriculture et les industries agroalimentaires : éléments pour la nouvelle fresque du système productif". INSEE, Département Entreprises, Division Agriculture, 91 p.
- BALL V.E., 1985, "Output, input, and productivity measurement in U.S. agriculture 1948-1979". *American Journal of Agricultural Economics*, vol 67 (2), pp. 475-485.
- BERNDT E.R., FUSS M. A., 1986, "Productivity Measurement with Adjustement for variations in capacity utilization and other forms of temporary Equilibrium". *Journal of Econometrics*, vol. 33, pp. 7-29.
- BINSWANGER H.P., 1974, "The Measurement of technical change biases with many factors of production". *American Economic Review*, vol. 64, pp. 964-976.
- BINSWANGER H.P., RUTTAN V. W., 1978, "Induced innovation". Baltimore M.D., John Hopkins University Press, 424 p.
- BOURDON M., 1986, "Audit de l'agriculture française en dix exploitations macro-économiques", ENSA, Rennes, 274 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, 164 p.
- BOYLE G., GUYOMARD H., 1988 (forthcoming), "The quasi-fixity of cattle : Estimation of a Revenue Function for Irish Agriculture, 1960-1984". Working Paper INRA-ESR, St Patrick College.
- CAPALBO S.-M., DENNY M.-G., 1985, "Testing long-run productivity models for the Canadian and U.S. Agricultural sectors. resources for the Future", Discussion Paper séries n°RR85-02, 37 p.

SOLOW R., 1957, "Technical Change and the Production Function".  
*Review of Economics and Statistics*, vol. 39, n° 3, p. 312-320.

THIRTLE C. G., 1985, "Induced Innovation in United States Field  
Crops, 1939-78". *Journal of Agricultural Economics*, vol. 36, n° 1,  
pp. 1-15.



