

Direction des Statistiques d'Entreprises

E 2011/02

**Estimations sur données de panels
des coûts de production agricoles**

Sylvain BILLOT

Document de travail



Institut National de la Statistique et des Études Économiques

Institut National de la Statistique et des Études Économiques

*Série des documents de travail
de la Direction des Statistiques d'Entreprises*

E 2011/02

**Estimations sur données de panels
des coûts de production agricoles**

*Sylvain BILLOT
Chef de la section études
Division agriculture*

Mai 2011

Ce document est le résultat d'un travail dans le cadre d'un contrat de sous-traitance avec l'INRA et d'un projet européen du 7ème programme-cadre de recherche et de développement européen : FACEPA (Farm Accountancy Cost Estimation and Policy Analysis of European Agriculture)

*Ces documents de travail ne reflètent pas la position de l'INSEE et n'engagent que leurs auteurs.
Working papers do not reflect the position of INSEE but only their author's views.*

Estimations sur données de panels des coûts de production agricoles

Résumé :

Le modèle actuel d'estimation des coûts de production agricoles a une longue histoire. Il vise à pallier l'absence d'une comptabilité analytique fournissant un certain détail des coûts de production pour chacune des productions réalisées par les exploitations agricoles. Il permet de ventiler par produit les différentes charges grâce à des estimations en coupe effectuées pour chaque année.

L'objectif de ce document de travail est d'enrichir le modèle existant par l'utilisation de données de panels, dont nous disposons grâce au RICA (Réseau d'information comptable agricole). Nous testerons plusieurs méthodes d'estimation, ce qui nous permettra de retenir la modélisation de Mundlak.

En outre, nous avons enrichi le modèle par la construction d'une variable supplémentaire : la productivité globale, qui est un indicateur synthétique de la performance productive des exploitations.

Mots-clés : coûts de production, données de panel, effets fixes, effets aléatoires, between, within, Mundlak, test de Hausman, productivité globale

Panel Data Estimates of the Costs of Agricultural Production Costs

Abstract :

The current model for estimating of agricultural production costs has a long history. It aims to overcome the lack of cost accounting system which would provide a breakdown of production costs for each of the productions made by farms. It allows for breaking down costs into different product through cross-sectional estimations made for each year.

The aim of this paper is to enrich the existing model by using panel data from the FADN (Farm Accountancy Data Network). We will test several methods of estimation, which will allow us to retain Mundlak's model.

In addition, we enriched the model by constructing an additional variable : global productivity, which is a composite indicator of the productive performance of farms.

Key words : production costs, panel data, fixed effects, random effects, between, within, Mundlak, Hausman test, global productivity

SOMMAIRE

I) Introduction

I.1 : Source statistique utilisée

I.2 : Pourquoi un modèle d'estimation des coûts de production ?

II) Construction des variables en volume

Introduction : Estimations avec des variables « en valeur » ou « en volume » ?

II.1 : Construction des variables de charges en « volume »

II.3 : Construction des variables de production en « volume »

III) Construction des variables de productivité

III.1 : Pourquoi s'intéresser à la productivité globale des exploitations agricoles ?

III.2 : Quelle utilité pour l'estimation des coûts de production ?

III.3 : Principes de la mesure du surplus de productivité globale d'une exploitation

III.4 : Production et distribution du surplus

III.5 : Quel indicateur de productivité globale choisir ?

III.6 : Comment traiter statistiquement les différents facteurs de production pour mesurer la productivité globale ?

III.7 : Calcul des surplus de productivité sur plusieurs années

III.8 : Evolutions des indices de production, de facteur, et de productivité toutes exploitations confondues

IV) Modèle actuel

IV.1 : Hypothèses du modèle

IV.2 : Listes des produits et des charges

IV.3 : Spécification du modèle

IV.4 : Les procédures d'estimation utilisées

IV.4.1 : Les moindres carrés ordinaires

IV.4.2 : Les moindres carrés ordinaires sous contraintes (linéaires)

IV.4.3 : La méthode SUR (Seemingly Unrelated Regression)

V) Les modèles avec données de panels

V.1 : Champ de l'étude

V.2 : Les méthodes d'estimation

V.2.1 : Modèles à effets aléatoires et modèles à effets fixes

a) Le modèle à effets aléatoires ou à erreurs composées

b) Le modèle à effets fixes

V.2.2 : Estimations « within » et « between »

V.2.3 : Les tests de spécification

V.2.4 : Le modèle de Mundlak

VI) Résultats des estimations

VI.2 : Modèle A avec panels *cylindrés* 199VI-2000 et 2000-2007 : Résultats des estimations par MCO, WITHIN, BETWEEN pour l'ensemble des exploitations et pour les exploitations « grandes cultures » [engrais et phytosanitaires]

VI.3 : Modèle A avec panels *non cylindrés* 1993-2000 et 2000-2007 : Résultats des estimations par MCO, WITHIN, BETWEEN pour l'ensemble des exploitations et pour les exploitations « grandes cultures » [engrais et phytosanitaires]

VI.4 : Modèle B avec panels *non cylindrés* 1993-2000 et 2000-2007 : Résultats des estimations par MCO, WITHIN, BETWEEN pour l'ensemble des exploitations, pour les exploitations « grandes cultures », pour les exploitations « viticulture », et pour les exploitations « polyculture / polyélevage » [engrais et phytosanitaires]

VI.5 : Modèle A avec panels *non cylindrés* 1993-2000 et 2000-2007 : Résultats des estimations par la méthode de MUNDLAK pour l'ensemble des exploitations et pour les exploitations « grandes cultures » [engrais et phytosanitaires]

VI.6 : Modèle A avec panels *non cylindrés* 1993-2000 et 2000-2007 : Résultats des estimations par la méthode des MCO et de MUNDLAK pour l'ensemble des exploitations et pour les exploitations « grandes cultures » [subventions]

Annexe

Typologie des subventions

I) Introduction

I.1 : Source statistique utilisée

Le Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA) a été créé en 1965 au niveau de la CEE, avec « pour but de recueillir les données comptables nécessaires notamment à la constatation annuelle des revenus dans les exploitations agricoles et l'analyse du fonctionnement économique d'exploitations agricoles » (Règlement CEE du 15 juin 1965)

Il s'agit d'une enquête annuelle. Environ 7 000 exploitations professionnelles sont sélectionnées par la méthode des quotas : le plan de sélection est fondé sur des croisements région / OTEX (type de production principale) / CDEX (taille de l'exploitation)

Même s'il y a des entrées et des sorties d'exploitations, les bases RICA sont des panels (non cylindrés)

Codes OTEX en 10 postes à partir de la codification en 18 postes¹ :

'A'	13+14	Grandes cultures
'B'	28+29	Maraîchage, horticulture
'C'	37+38	Viticulture
'D'	39	Fruits
'E'	41	Bovins lait
'F'	42	Bovins viande
'G'	43	Bovins mixte
'H'	44	Ovins, caprins et autres herbivores
'I'	50+72	Porcins, volailles
'J'	60+71+81+82	Polyculture, polyélevage

I.2 : Pourquoi un modèle d'estimation des coûts de production ?

Les exploitations agricoles sont très rarement « mono-culture » : elles produisent plusieurs types de bien. Comme elles n'ont pas de comptabilité analytique qui permettrait d'avoir le détail des coûts de production pour chacune des productions, le modèle vise à ventiler les différents coûts (charges) par production

Il s'agit donc de déterminer les coefficients de coûts à partir des produits bruts (somme des ventes, des variations de stocks et de l'auto-consommation)

Le modèle peut permettre de comparer les compétitivités des exploitations agricoles (entre pays, entre régions, etc.)

Le modèle a une longue histoire et sa version actuelle résulte de contributions successives de chercheurs de l'INRA et de statisticiens de l'INSEE depuis le début des années 1980.

¹ Cf. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Otex.pdf>

II) Construction des variables en volume

Introduction : Estimations avec des variables « en valeur » ou « en volume » ?

Puisqu'on utilise des données de panels, nous ne pouvons pas nous satisfaire des estimations en utilisant des variables (de charges et de produits) en « valeurs » (euros courants). Les prix variant parfois fortement d'une année sur l'autre, les coefficients de coûts de production seraient difficilement interprétables. D'où l'idée de procéder à des estimations avec des données « en volume », où les coefficients pourront s'interpréter comme des coefficients de « performance technique » : ils permettront de déterminer le volume d'un input nécessaire pour la production d'un certain volume d'un output.

II.1 : Construction des variables de charges en « volume »

Typologie des charges d'exploitation

Charges d'approvisionnement

On appellera « charges d'approvisionnement » les inputs qui peuvent être stockés. La consommation de ce type d'inputs peut s'écrire comme la différence entre d'un côté le stock de début de période et les achats au cours de la période, et d'un autre côté le stock de fin de période.

	Valeur	Volume aux prix de l'année 2000	Volume aux prix de l'année précédente
Engrais et amendements	C1	V_C1	V_C1_1
Produits phytosanitaires	C2	V_C2	V_C2_1
Semences et plants	C3	V_C3	V_C3_1
Carburants	C4	V_C4	V_C4_1
Combustibles	C5	V_C5	V_C5_1
Aliments pour animaux	C6	V_C6	V_C6_1
Frais vétérinaires et de reproduction animale	C7	V_C7	V_C7_1
Fournitures stockées	C8	V_C8	V_C8_1

Autres charges d'exploitation

	Valeur	Volume aux prix de l'année 2000	Volume aux prix de l'année précédente
Travaux et services faits par tiers	C9	V_C9	V_C9_1
Entretien matériel	C10	V_C10	V_C10_1
Entretien bâtiments	C11	V_C11	V_C11_1
Loyers matériel	C12	V_C12	V_C12_1
Loyers animaux	C13	V_C13	V_C13_1
Fermages	C14	V_C14	V_C14_1
Primes d'assurances	C15	V_C15	V_C15_1
Eau d'irrigation	C16	V_C16	V_C16_1
Eau, gaz, électricité	C17	V_C17	V_C17_1
Autres fournitures	C18	V_C18	V_C18_1
Autres travaux, fournitures, services extérieurs	C19	V_C19	V_C19_1
Frais divers de gestion	C20	V_C20	V_C20_1
Transports	C21	V_C21	V_C21_1
Autres honoraires	C22	V_C22	V_C22_1
Impôts et taxes	C23	V_C23	V_C23_1
Frais de personnels	C24	V_C24	V_C24_1

Charges sociales	C25	V_C25	V_C25_1
Charges sociales personnels de l'exploitant	C26	V_C26	V_C26_1
Intérêts	C27	V_C27	V_C27_1
Charges exceptionnelles	C28	V_C28	V_C28_1
Amortissement	C29	V_C29	V_C29_1

Méthode pour les variables pour lesquelles nous disposons d'indices de prix

Chaque année, nous disposons des valeurs (en euros courants²) des différents postes de charges, mais nous n'avons aucune indication des quantités utilisées. Pour construire les variables en volume, nous utilisons – quand ils existent – les indices correspondants annuels de l'IPAMPA (établis par la section indices agricoles de la division agriculture de l'INSEE).

Variables en volume aux prix de l'année de base (2000)

Nous prenons comme année de base l'année 2000 : « valeur de la variable de charge en 2000 » = « volume de la variable de charge en 2000 »

Pour les charges d'approvisionnement (Engrais et amendements, produits phytosanitaires, semences et plants, carburants, combustibles, aliments pour animaux, frais vétérinaires et de reproduction animale, fournitures stockées), nous disposons des stocks en début d'année, des achats en cours d'année, et des stocks en fin d'année.

Pour calculer, le « volume » de la variable de la charge X utilisée l'année t, nous faisons le calcul suivant pour chaque exploitation :

$$\text{Volume de X année t} = (\text{stock début d'année t}) \times \frac{Ipampa_{1999}}{Ipampa_{t-1}} + (\text{achat - stock fin d'année t}) \times \frac{100}{Ipampa_t}$$

avec $Ipampa_t$: indice de prix de la charge X à la date t

Pour les autres charges d'exploitation (pour lesquelles nous disposons d'un indice annuel de prix), nous faisons le calcul suivant :

$$\text{Volume de X année t} = \text{Valeur de X année t} \times \frac{100}{Ipampa_t}$$

Variables en volume aux prix de l'année précédente

Pour les charges d'approvisionnement, le calcul est le suivant :

$$\text{Volume de X année t} = (\text{stock début d'année t}) \times \frac{Ipampa_{t-2}}{Ipampa_{t-1}} + (\text{achat - stock fin d'année t}) \times \frac{Ipampa_{t-1}}{Ipampa_t}$$

Pour les autres charges d'exploitation, le calcul est le suivant :

$$\text{Volume de X année t} = \text{Valeur de X année t} \times \frac{Ipampa_{t-1}}{Ipampa_t}$$

² En francs avant 1998 (il suffit de convertir en euros pour avoir des données homogènes sur la période 1990-2007)

Méthode pour les intérêts payés (C27)

Pour les intérêts d'emprunts, on procède de la façon suivante : on calcule, pour chaque exploitation, l'encours moyen³ d'emprunts, puis on corrige de l'inflation, et on obtient le volume de l'encours d'emprunt. Ensuite, pour chaque année, on calcule un indice de prix en divisant le volume global de l'encours d'emprunt de l'ensemble des exploitations par les intérêts payés par l'ensemble des exploitations. Enfin, on utilise cet indice pour calculer les intérêts en volume payés par chaque exploitation.

Méthode pour les fermages (C14)

On calcule un indice de prix des fermages en divisant l'ensemble des fermages payés par la surface agricole utilisée en fermage ou métayage, puis on utilise cet indice pour calculer les fermages en volume payés par chaque exploitation

Méthode pour les salaires et charges sociales (C24, C25, C26)

On calcule un indice des salaires en divisant l'ensemble des salaires versés par l'ensemble des heures travaillées par les salariés. On utilise cet indice pour déflater les salaires versés et les charges sociales.

Méthode pour les amortissements (C29) et les charges exceptionnelles (C28)

Pour les amortissements, nous aurions pu retenir comme indicateur de volume celui des immobilisations brutes réévaluées. Mais nous ne disposons que des immobilisations brutes non réévaluées, et nous avons donc choisi de prendre comme indicateur de prix le déflateur du PIB. Nous avons procédé de même pour déflater les charges exceptionnelles.

II.3 : Construction des variables de production en « volume »

Typologie des produits

L'utilisation d'un programme d'interface permet de regrouper les productions à un niveau relativement fin.

Céréales :

Blé tendre (2120)

Blé dur (2121)

Seigle (2122)

Orge (2123)

Avoine (2124)

Mélange céréales d'été (2125)

Mais semence (2126)

Riz (2127)

Autres céréales (2128)

Cultures industrielles :

Légumes secs (2129)

 Légumes secs non fourragers (2330)

³ On prend pour cela la moyenne entre l'encours d'emprunts au début de l'exercice et l'encours d'emprunts à la fin de l'exercice

Légumes secs à destination fourragère (2329)

Plantes oléagineuses :

Colza (2331)

Tournesol (2332)

Soja (2333)

Autres oléagineux (2334)

Pommes de terres (2130)

Betteraves (2131)

Houblon (2133)

Tabac (2134)

Autres plantes industrielles (2135)

Produits horticoles :

Légumes plein champ (2136)

Légumes plein air (2137)

Légumes sous verre (2138)

Fleurs plein air (2140)

Fleurs sous abri (2141)

Tomates :

Tomates (2337)

Fruits :

Fruits hors agrume et olives (2152)

Agrumes (2153)

Olives (2154)

Fruits à pépins (pommes et poires) (2349)

Fruits à noyaux (2350)

Fruits à coques (2351)

Fruits rouges (2352)

Fruits tropicaux (2353)

Oranges (2354)

Mandarines (2355)

Citrons et autres agrumes (2356)

Olives de table (2281)

Olives pour huiles (2282)

Raisins et vins :

Raisins de table (2285)

Raisins pour vins de qualité (2286)

Raisins pour vins de table (2287)

Produits transformés de la viticulture (eau de vie, etc.) (2288)

Vins de qualité (2289)

Vins de table (2290)

Autres végétaux :

Champignons (2139)

Semences d'herbe (2142)
Autres semences (2143)
Plantes sarclées fourragères (2144)
Autres plantes fourragères (2145)
Prairies temporaires (2147)
Prairies et pâturages permanents (2150)
Autres cultures arables (2158)
Pépinières (2157)
Produits forestiers (217F)
Autres cultures permanentes (2158)

Produits végétaux transformés :

Produits de l'oléiculture : (2283)
 Huile d'olive
 Autres produits de l'oléiculture
Sous produits végétaux (2161)
Produits transformés (2160)

Animaux :

Équins (P0501)
Bovins (P0502)
Caprins (P0505)
Ovins (P0504)
Porcins (P0506)
Volailles (P0507)
Autres animaux (P0508)

Produits animaux :

Lait de vache (2162)
Produits laitiers de vache (2163)
Lait de brebis (2164)
Lait de chèvre (2165)
Laine d'ovins (2166)
Produits laitiers ovins (2167)
Produits laitiers caprins (2168)
Œufs de poules (2169)
Autres produits animaux (2170)

Subventions :

Paiement unique découplé (VDPU)
Aides directes à la production animale (VANI)
Aides directes à la production végétale (VVEG)
Aides du 2^{ème} pilier (développement rural) (VDEV)
Indemnités d'assurance (VASSU) :
Total subventions (hors indemnités assurances) : $V_{SUBV} = VDPU + VANI + VVEG + VDEV$

Méthode de construction des variables « en volume »

Pour la plupart des variables de production, nous disposons des valeurs en euros courants et des quantités. Nous pourrions donc directement définir la production en « volume » comme les quantités évaluées aux prix

de l'année de référence (par exemple 2000).

En procédant de cette façon là, nous ne tiendrions pas compte du fait que les produits ne sont pas strictement identiques (de même qualité) d'une exploitation à l'autre. Pour chaque exploitation, nous faisons le calcul suivant :

$$\text{Volume de Y année t} = (\text{quantité de Y année t}) \times \frac{IP_t^f}{IP_t} \times IP_{2000} = (\text{valeur de Y année t}) \times \frac{IP_{2000}}{IP_t}$$

Avec IP_{2000} l'indice de prix de la variable Y calculé à partir de l'ensemble des exploitations du RICA l'année 2000 (année de référence) :

$$IP_{2000} = \frac{\sum \text{valeurs}_{\text{annee}2000}}{\sum \text{quantités}_{\text{annees}2000}}$$

IP_t est l'indice de prix de la variable Y calculé à partir de l'ensemble des exploitations du RICA l'année t

IP_t^f est l'indice de prix de la variable Y l'année t calculé à partir des valeurs et quantités de Y de l'exploitation f.

III) Construction des variables de productivité

Jusqu'à présent, concernant les études agricoles, la méthode des comptes de surplus a été utilisée avec des données (agrégées) de la comptabilité nationale. Rien n'empêche pourtant de l'appliquer au niveau micro (cela a été fait, dans le passé, pour de grandes entreprises comme EDF ou la SNCF). La richesse des données du RICA nous permet de calculer des indicateurs de productivité globale pour chaque exploitation agricole. Notre premier objectif est donc de travailler les données pour avoir des indicateurs les plus précis possibles. Comme nous l'avons vu, ces indicateurs ont un sens économique et il est donc intéressant de disposer de tels indicateurs. On pourra ainsi comparer l'évolution de ces indicateurs selon les caractéristiques voulues (OTEX, etc.).

III.1 : Pourquoi s'intéresser à la productivité globale des exploitations agricoles ?

Il est trop rapide / partiel (voire trompeur⁵) de s'appuyer sur la seule productivité du travail ou sur la productivité par rapport à un seul « facteur » (« travail », « capital », « terre ») pour mesurer la performance des exploitations agricoles. L'étude de la productivité globale permet de tenir compte de tous les moyens mis en œuvre pour produire : matières premières, travail, énergie, outil de production, services extérieurs, moyens financiers, capitaux investis, etc.

Il y a gain de productivité (globale) pour l'exploitation, quand elle combine de mieux en mieux ses moyens de production, réalisant des économies de consommation sur l'ensemble des postes de charge, arrivant à produire plus en consommant moins. Si, d'un exercice au suivant, le volume de la production totale augmente plus vite que le volume de tous les moyens de production mis en œuvre, l'exploitation réalise un gain de productivité (globale). La mesure de la productivité globale prend en compte les variations de volume d'un exercice à l'autre et elles seules.

On peut considérer que productivité globale, efficacité productive, et performance productive, sont synonymes pour une exploitation (ou pour une entreprise en général).

⁵ Car l'économie d'un facteur (par exemple la main d'œuvre, ce qui accroît la productivité du travail) peut être obtenue au prix d'un surcroît de consommation des autres facteurs, qui, au final, fait baisser la productivité globale.

La productivité globale n'est pas une notion « physique ». C'est une notion « économique », qui dépend du système de prix de référence. Cela n'a par exemple pas de sens de comparer la productivité globale d'une exploitation états-unienne aux prix français, puisque celle-ci prend ses décisions en fonction des prix sur le marché des États-Unis.

Il ne faut pas confondre productivité et rentabilité. Si une exploitation agricole réalise des gains de productivité important alors que les prix de ses produits baissent et ceux de ses facteurs de production augmentent, sa rentabilité (résultat divisé par les capitaux investis) peut baisser. Dans ce cas, les fruits de la productivité de l'exploitation sont rétrocédés à ses fournisseurs, aux banquiers, et aux clients (comme les industries agro-alimentaires). Cependant, on peut dire que la productivité globale est le fondement (structurel) de la rentabilité d'une exploitation, mais elle n'est pas une condition suffisante pour garantir sa rentabilité. On peut ainsi distinguer deux types de facteurs qui augmentent la rentabilité d'une exploitation : ceux qui accroissent la productivité globale de l'exploitation (et qui peuvent d'ailleurs, à court terme, dégrader la rentabilité), et les autres.

III.2 : Quelle utilité pour l'estimation des coûts de production ?

Avec la comptabilité générale des exploitations, et en l'absence de comptabilité analytique, la méthode des comptes de surplus nous permet de mesurer la productivité globale de chaque exploitation agricole (toutes productions confondues).

On pourra ensuite utiliser cette variable dans les différents modèles d'estimation des coûts de production, qui permettent d'affecter les charges pour chaque type de produit. C'est en effet une variable qui doit permettre d'enrichir un modèle d'estimation des coûts. *A priori*, une exploitation qui accroît sa productivité globale aura tendance à baisser sa consommation de chacun des inputs (relativement aux quantités produites).

III.3 : Principes de la mesure du surplus de productivité globale d'une exploitation

La notion de surplus de productivité globale apparaît lorsque l'on compare la variation des volumes de bien produits à la variation des volumes de facteurs utilisés. Elle permet de voir s'il y a eu, dans l'ensemble, économie relative de facteurs.

On peut appréhender les volumes à partir des quantités lorsque celles-ci sont observées.

La comparaison entre variation de biens et variations de facteurs ne peut évidemment pas se faire directement à partir des variations de quantités physiques, exprimées en unités de mesure très diverses. Il faut recourir à une unité de mesure commune : on calculera donc la valeur des suppléments de biens produits et des suppléments de facteurs utilisés. Pour cette évaluation on utilisera les prix de la première des deux années considérées, tant pour les produits que pour les facteurs.

Supposons qu'une exploitation agricole produit x produits et utilise y facteurs de productions

Quantités de produits : $P_1 \dots P_x$

Prix des produits : $p_1 \dots p_x$

Quantités de facteurs : $F_1 \dots F_y$

Prix des facteurs : $f_1 \dots f_y$

Valeur supplémentaire des produits fabriqués : $p_1 \Delta P_1 + \dots + p_x \Delta P_x = \Sigma p \Delta P$

Valeur du supplément de facteurs utilisés : $f_1 \Delta F_1 + \dots + f_y \Delta F_y = \Sigma f \Delta F$

⇒ Surplus de productivité globale : $\Sigma p \Delta P - \Sigma f \Delta F$

Lorsque prix ou quantités ne sont pas observés, un indicateur de volume auxiliaire est substitué à la valorisation des quantités par les prix de l'année initiale (cf. partie II.).

Ces calculs peuvent être effectués, pour chaque exploitation, en utilisant les comptes d'exploitation des exploitations agricoles. Avec les bases annuelles du RICA, nous disposons d'informations tirées de la

comptabilité des exploitations agricoles (niveau micro), donc nécessairement plus détaillées et riches que celles qu'établit la comptabilité nationale à un niveau agrégé.

La comparaison de deux comptes de résultat successifs ne distingue pas ce qui, dans les variations de valeurs, résulte, d'une part des variations de volume, et d'autre part, des variations de prix. On établit alors un compte de résultat intermédiaire – un compte d'exploitation imaginaire de l'année finale aux prix de l'année initiale – où seul « l'effet volume » est retenu : son solde est alors le gain ou la perte de productivité globale de l'exploitation. Dès lors, afin de mesurer « l'effet prix », c'est-à-dire les apports effectués ou les avantages répartis, il suffit, pour chaque rubrique de produit et de charge, de faire la différence entre le compte de résultat de l'année finale et le compte intermédiaire.

	Année n (1)	Indice de volume (2)	Année (n+1) au prix de l'année n (3)=(1)×(2)	Indice de prix (4)	Année (n+1) (5)=(3) × (4)
Produit P	$p_n P_n$	$\frac{P_{n+1}}{P_n}$	$p_n P_{n+1}$	$\frac{P_{n+1}}{P_n}$	$p_{n+1} P_{n+1}$
Charge F	$f_n F_n$	$\frac{F_{n+1}}{F_n}$	$f_n F_{n+1}$	$\frac{f_{n+1}}{f_n}$	$f_{n+1} F_{n+1}$

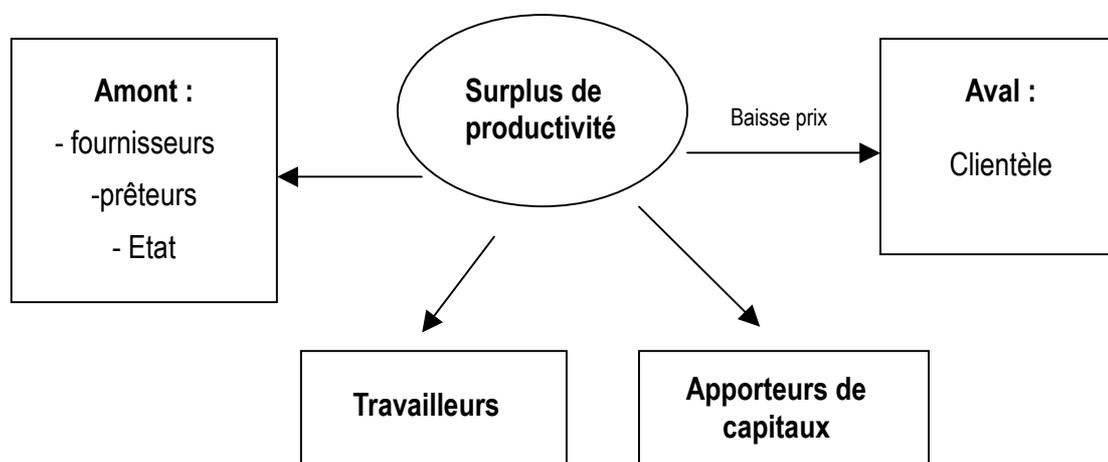
III.4 : Production et distribution du surplus

Les gains de l'entreprise se composent des progrès de productivité globale et des variations de prix qui lui ont été favorables. Ces gains sont 'distribués' aux « facteurs » de production, sous forme de diminution de prix pour les partenaires, de hausse des salaires pour les salariés, etc.

Surplus de productivité + apports reçus = avantages répartis ou encore Surplus total = surplus réparti

Il faut interpréter cette égalité comme une égalité comptable, et non comme une relation causale entre la formation des gains (qui apparaîtrait d'abord) et leur distribution (qui découlerait dans un second temps).

Dans le cadre de notre projet d'étude, il s'agira de mesurer et d'expliquer le surplus de productivité globale, et non d'étudier sa distribution. L'étude de la distribution a davantage d'intérêt au niveau « macro », pour étudier la répartition des gains de productivité entre agriculture, industries agro-alimentaires, commerce, et consommateurs (ce qui a été fait notamment par JP Butault).



III.5 : Quel indicateur de productivité globale choisir ?

Afin de comparer les performances de deux exploitations, le surplus de productivité globale n'est pas un bon indicateur. En effet, il est biaisé et dépend de la taille de l'exploitation. D'où l'idée de retenir le taux de surplus de productivité globale :

$$\text{Taux de surplus de productivité globale} = \frac{\text{surplus de productivité globale}}{\text{valeur de la production réalisée la première des 2 années étudiées}}$$

Une deuxième approche consiste à s'intéresser non plus à la différence de deux suppléments (supplément de produits et supplément de facteurs), mais au quotient de deux indices d'évolution, l'indice du volume global des produits d'une part, l'indice du volume global des facteurs d'autre part.

$$\text{Indice du volume global des produits} : \sum_i \frac{p_i P_i}{\sum p P} \frac{P_i + \Delta P_i}{P_i} = \Sigma p(P + \Delta P) / \Sigma p P$$

$$\text{Indice du volume global des facteurs} : \Sigma f (F + \Delta F) / \Sigma f F$$

L'indice de productivité globale des facteurs (défini par André L.A. Vincent) est défini comme le *ratio* de l'indice de production par l'indice des facteurs.

On peut montrer que le taux de surplus et l'indice de productivité globale ne suivent pas des évolutions strictement parallèles. On peut le voir aisément en prenant l'exemple d'une exploitation déficitaire qui réduit dans une même proportion le volume de ses produits et celui de ses facteurs de productions. Le progrès de son indice de productivité globale, quotient de l'indice de volume des produits par l'indice de volume des facteurs, est donc nul. En revanche, l'entreprise étant déficitaire, la valeur des facteurs économisés est supérieure à la valeur de la baisse de production, et le surplus de productivité globale est donc positif. D'où une hausse du taux de surplus de productivité globale.

Alors que notre but est la mesure de la productivité globale (et non sur la répartition du surplus), l'emploi d'indices avec la mise en œuvre de la productivité globale nous semble constituer la méthode la plus judicieuse. Elle permet également de faire, de façon plus aisée, des comparaisons entre les exploitations agricoles.

On exprimera l'indice du volume global des produits en pourcentage avec la formule suivante :

$$\left(\frac{\Sigma p(P + \Delta P)}{\Sigma p.P} - 1 \right) \times 100$$

On exprimera l'indice du volume global des facteurs en pourcentage avec la formule suivante :

$$\left(\frac{\Sigma f(F + \Delta F)}{\Sigma f.F} - 1 \right) \times 100$$

On exprimera l'indice de productivité globale en pourcentage avec la formule suivante

$$\left(\frac{\Sigma p(P + \Delta P)}{\Sigma p.P} \cdot \frac{\Sigma f.F}{\Sigma f.(F + \Delta F)} - 1 \right) \times 100$$

III.6 : Comment traiter statistiquement les différents facteurs de production pour mesurer la productivité globale ?

Productivité globale exhaustive / restreinte

En suivant la terminologie de André L.A. Vincent, on peut parler de « **productivité globale exhaustive** » quand on prend en considération tous les postes (facteurs de production) des comptes d'exploitation qui font face à la valeur de la production brute, qu'il s'agisse d'éléments physiques ou financiers. Et on peut parler de « **productivité globale restreinte** » quand on néglige certains éléments (le plus souvent les éléments financiers : bénéfice, intérêts d'emprunt, etc.).

Traitement du bénéfice

Le bénéfice B est déterminé à partir du bénéfice brut, déduction faite de la valeur des amortissements

On propose de ne pas traiter le bénéfice (solde du compte d'exploitation) comme la rémunération d'un « facteur de production » mais comme un solde. Cette convention revient à supposer que le supplément de « volume » concernant le bénéfice est nul. On prendra en compte l'ensemble des autres postes des comptes d'exploitation dans le calcul de la productivité globale.

Productivité globale, productivité des phytosanitaires, productivité des engrais

On prendra comme indice de productivité globale le *ratio* de l'indice du volume global des produits par l'indice du volume global des facteurs (sauf le bénéfice).

Nous avons aussi calculé l'indice de productivité des phytosanitaires – c'est-à-dire le *ratio* de l'indice du volume global des produits par l'indice du volume global des phytosanitaires – ainsi que l'indice de productivité des engrais – c'est-à-dire le *ratio* de l'indice du volume global des produits par l'indice du volume global des engrais.

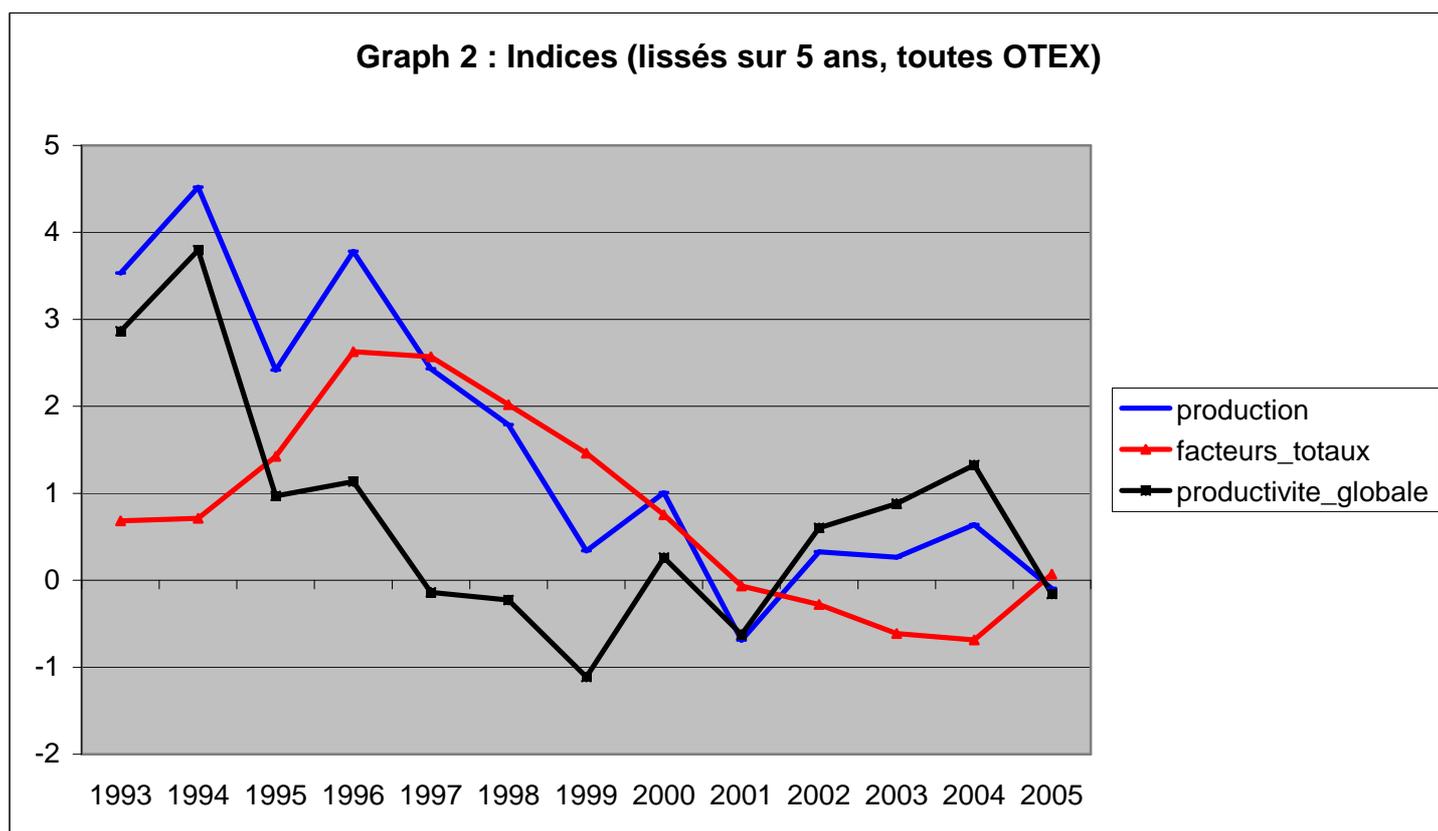
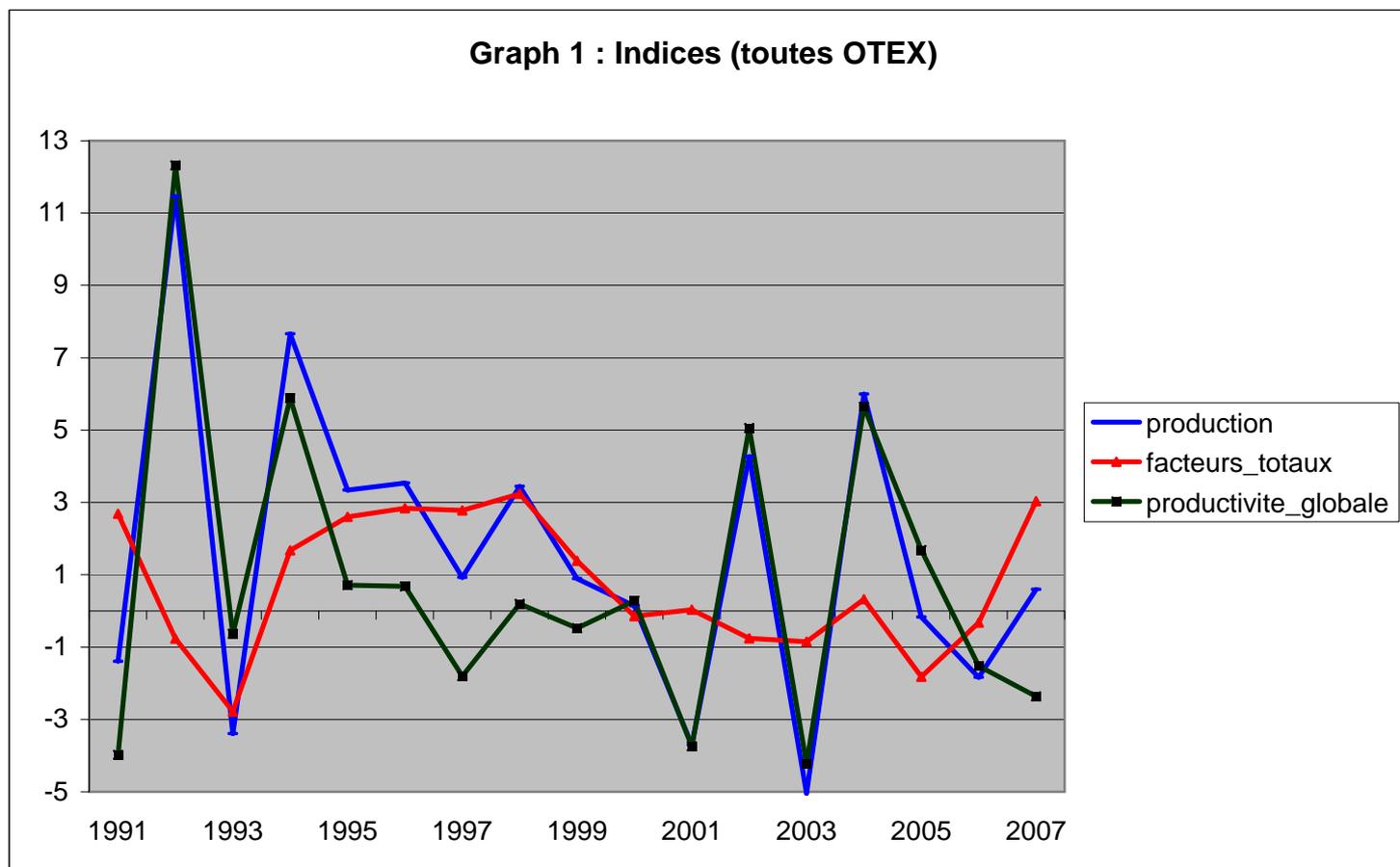
III.7 : Calcul des surplus de productivité sur plusieurs années

Quand on considère seulement deux années consécutives, la première de ces deux années constitue à la fois la base de la pondération des quantités et l'origine à partir de laquelle on mesure l'évolution de la valeur de la monnaie. Mais ces deux notions se trouvent dissociées quand on étudie le surplus de productivité globale sur une série d'années : les années de base sont variables (étant constituées par la première année de chaque couple successif) alors que l'année d'origine est unique.

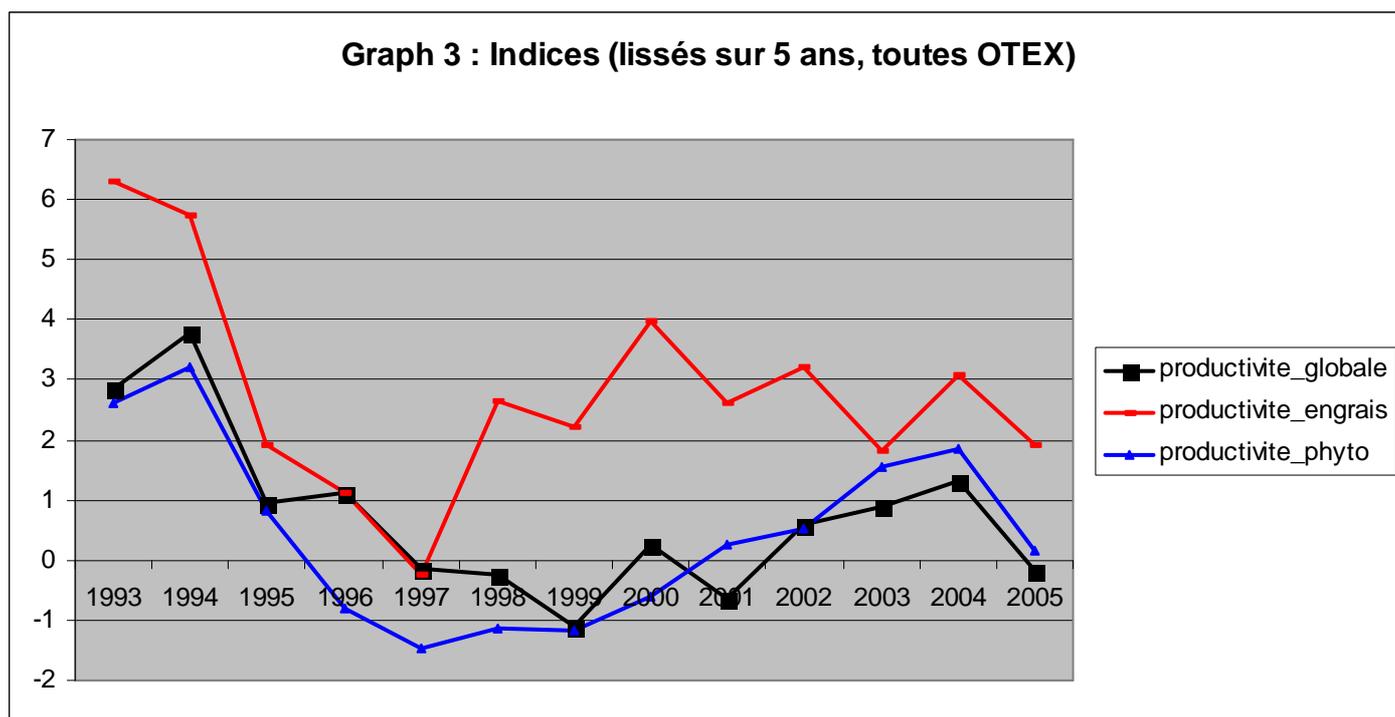
Pour que les surplus soient comparables d'une année sur l'autre, il faut diviser chaque surplus par l'indice du niveau général des prix de la première année de chaque couple.

III.8 : Evolutions des indices de volume global des produits, du volume global des facteurs, de productivité

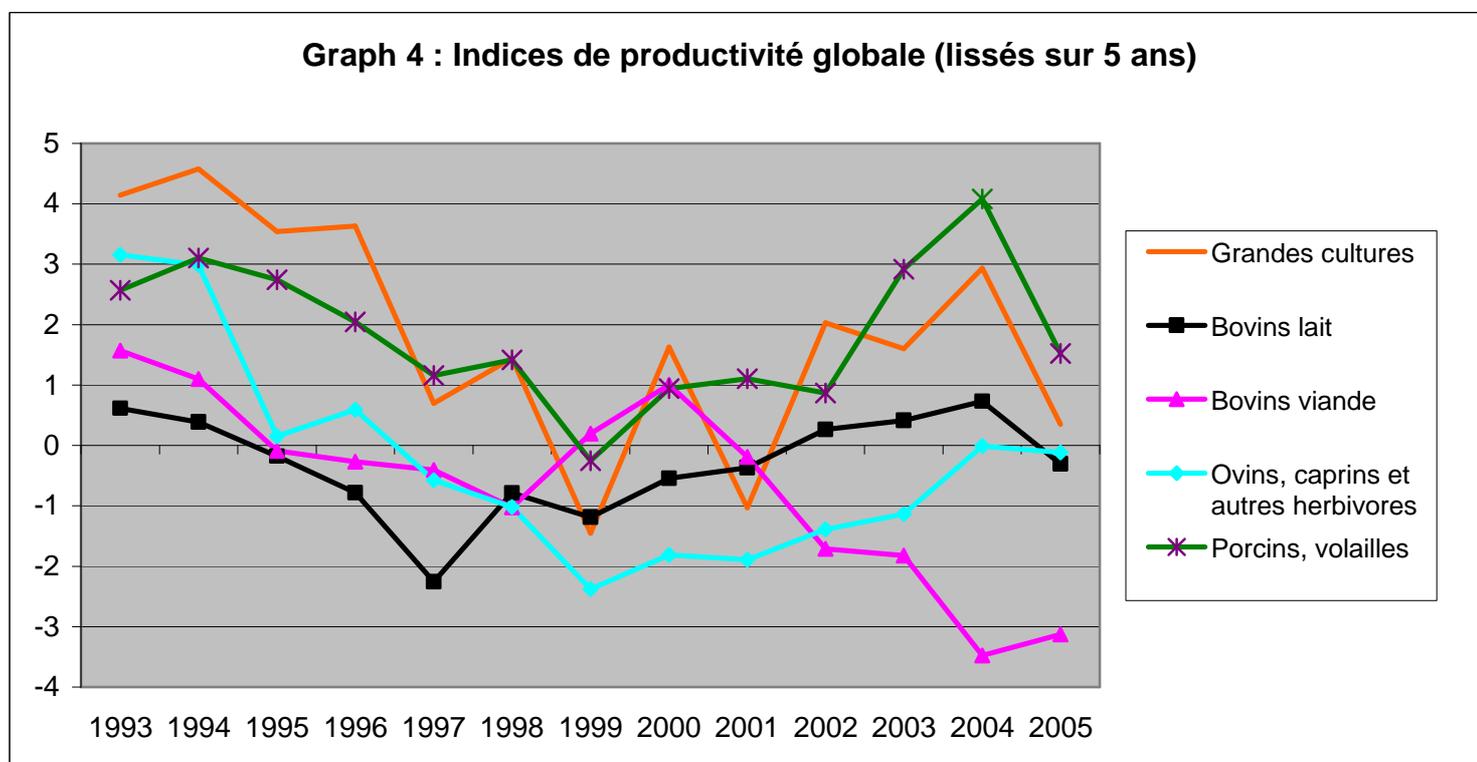
On calcule d'abord les indices au niveau agrégé (ensemble des exploitations en tenant compte de leur pondération dans l'échantillon), de façon non lissée ou lissée :



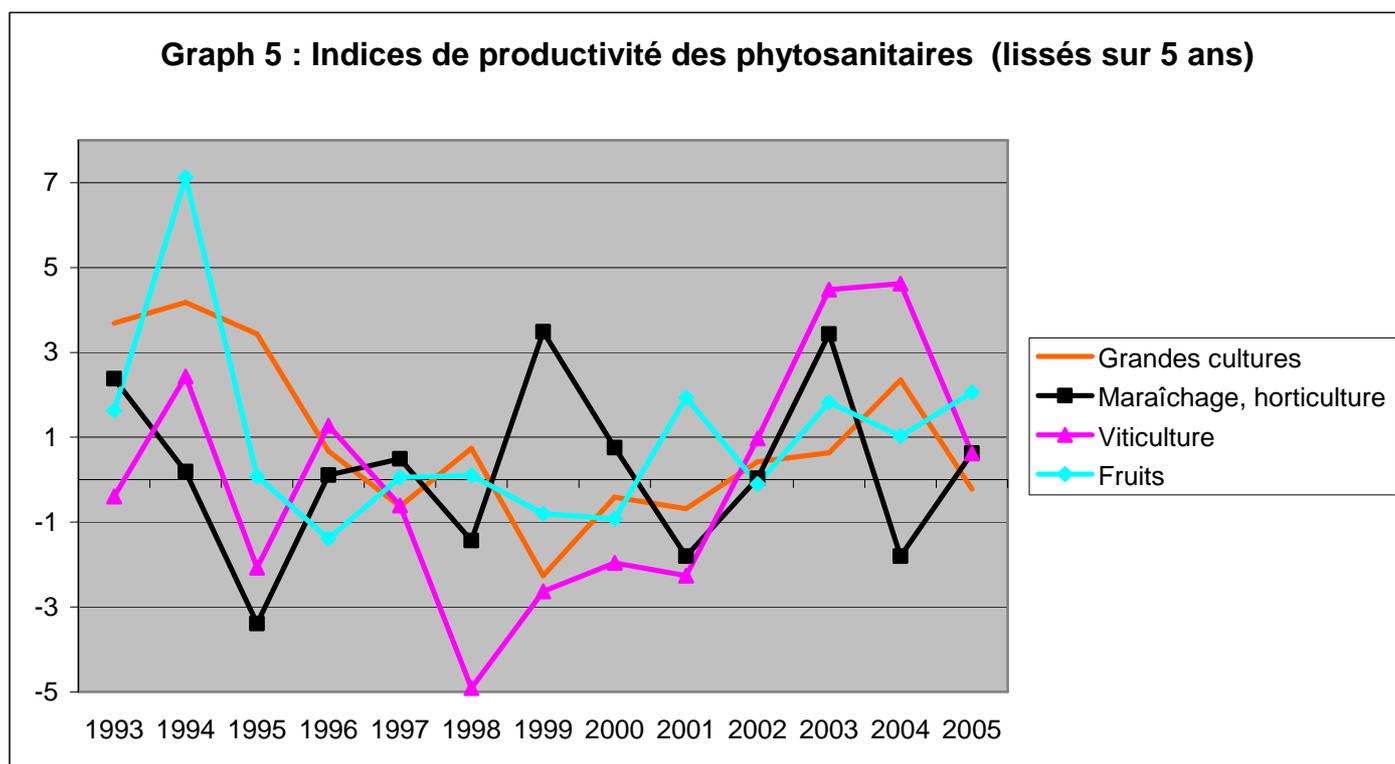
On regarde ensuite l'évolution des indices de productivité globale, de la productivité des engrais, et de la productivité des phytosanitaires pour l'ensemble des exploitations (lissés sur 5 ans) :



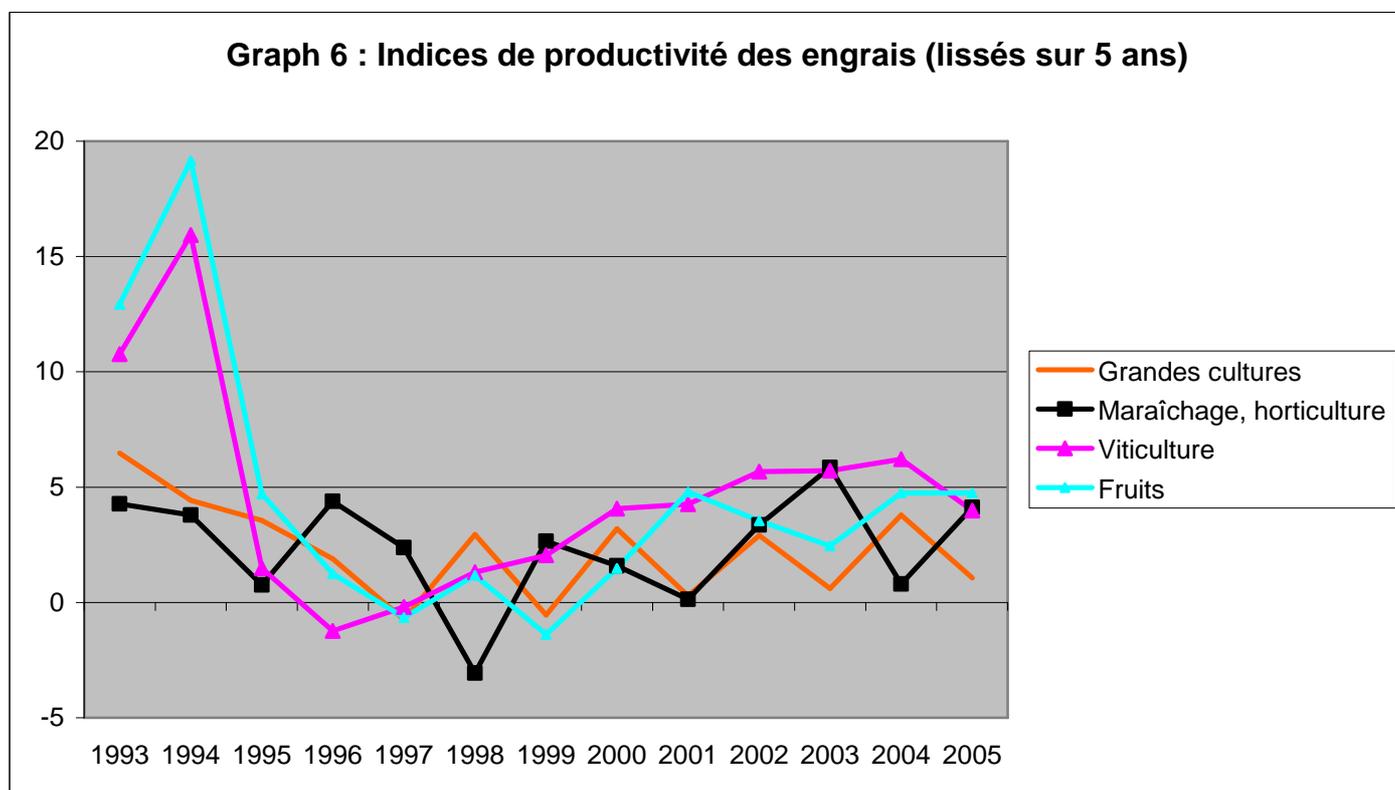
On regarde ensuite l'évolution des indices de productivité globale (lissés sur 5 ans) par types d'exploitations :



On regarde ensuite l'évolution des indices de productivité des phytosanitaires (lissés sur 5 ans) par types d'exploitations :



Et enfin, l'évolution des indices de productivité des engrais (lissés sur 5 ans) par types d'exploitations :



IV) Modèle actuel

IV.1 : Hypothèses du modèle

- ⇒ Une même technique s'impose à toutes les exploitations (hypothèse très forte) : pas d'économies d'échelle, pas d'effet lié au degré de spécialisation, etc.
- ⇒ La valeur de l'input est proportionnelle à la valeur de la production

IV.2 : Listes des produits et des charges

LISTE DES PRODUITS		
Nature des produits	Nom dans programme	Libellé détaillé
Produits végétaux	Y1	Blé tendre
	Y2	Blé dur
	Y3	Orge
	Y4	Maïs
	Y5	Autres céréales
	Y6	Légumes secs
	Y7	Pommes de terre
	Y8	Betteraves sucrières
	Y9	Colza
	Y10	Tournesol
	Y11	Légumes de plein champ
	Y12	Légumes de plein air
	Y13	Légumes sous verre
	Y14	Fleurs de plein air et sous verre
	Y15	Fruits
	Y16	Raisins de table
	Y17	Raisins pour vin de qualité
	Y18	Autre production végétale
Produits animaux	Y19	Bovins
	Y20	Ovins
	Y21	Porcins
	Y22	Volailles
	Y23	Lait de vache et produits laitiers de bovins
	Y24	Lait de brebis et produits laitiers ovins
	Y25	Œufs
	Y26	Autre production animale
	YT	Production totale

LISTE DES CHARGES		
Charges variables	X1	Aliments
	X2	Vétérinaire
	X3	Semences
	X4	Engrais
	X5	Produits phytosanitaires
	X6	Produits pétroliers
Charges fixes	X7	Réparation des bâtiments et des matériels
	X8	Coût du foncier
	X9	Taxes hors foncier
	X10	Intérêts hors foncier
	X11	Amortissement des terres agricoles et des bâtiments
	X12	Amortissement du matériel
	X13	Assurances
	X14	Autres charges (biens et services)
	X15	Total primes et subventions
	X16	Revenu brut

IV.3 : Spécification du modèle :

Y_i ($i=1, \dots, 26$) : les productions (en euros) des différents biens

X_j ($j=1, \dots, 16$) : les coûts totaux (en euros) non affectés des « facteurs de production »

$X_{i,j}$: les coûts des production (en euros) en facteur j du bien i .

		Produits					Total
		Y ₁	...	Y _i	...	Y ₂₆	
Charges	X ₁	a _{1,1}	...	a _{i,1}	...	a _{26,1}	
		
	X _j	a _{1,j}		a _{i,j}		a _{26,j}	
		
	X ₁₆	a _{1,16}	...	a _{i,16}	...	a _{26,16}	
Total							$\sum Y_i = \sum X_j$

Le modèle actuel est « en coupes » : nous estimons les coefficients de coûts de production avec les valeurs des intrants (charges) et des productions d'une année donnée.

IV.4 : Les procédures d'estimation utilisées

IV.4.1 : Les moindres carrés ordinaires

$$\text{Pour } j = 1 \text{ à } 16, X_j = \sum_{i=1}^{26} \beta_{i,j} Y_i + u_j$$

$$\text{Pour une exploitation, } X_{j,f} = \sum_{i=1}^{26} \beta_{i,j} Y_{i,f} + u_{j,f}$$

Avec les u_j iid d'espérance nulle et indépendants d'une exploitation à l'autre : $E(u_j) = 0$ et $V(u_j) = \sigma_j^2$

On estime les équations de coûts de façon indépendante avec la PROC REG sous SAS.

$$\hat{\beta}_{j,mco} = \begin{pmatrix} \beta_{j,1} \\ \beta_{j,2} \\ \vdots \\ \beta_{j,26} \end{pmatrix} = (Y' Y)^{-1} Y' X_j \text{ avec } X_j = \begin{pmatrix} X_{j,1} \\ X_{j,2} \\ \vdots \\ X_{j,26} \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} Y_{1,1} & Y_{1,2} & \dots & Y_{1,26} \\ Y_{2,1} & Y_{2,2} & \dots & Y_{2,26} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{N,1} & Y_{N,2} & \dots & Y_{N,26} \end{pmatrix}$$

IV.3.2 : Les moindres carrés ordinaires sous contraintes (linéaires)

Pour les charges spécifiques aux animaux, on impose que les coefficients de coût relatifs aux productions végétales sont nuls

On impose, pour chaque produit, que la somme des coûts et du revenu brut est égale à la valeur de la production :

$$\text{Pour tout } i \text{ compris entre } 1 \text{ et } 26, \sum_{i=1}^{16} \beta_{i,j} = 1$$

La PROC SYSLIN permet de tester la pertinence des restrictions linéaires entre coefficients d'une même équation et entre coefficients de plusieurs équations estimées.

⇒ Les restrictions sont validées

IV.3.3 : La méthode SUR (Seemingly Unrelated Regression)

La méthode SUR de Zellner [1962] s'applique aux modèles à équations apparemment non reliées, donc au modèle « coûts de production » car il existe une corrélation des erreurs entre équations (on le voit en regardant la matrice de corrélation des résidus)

Comme pour les MCO, la méthode SUR fait l'hypothèse (forte) que les variables explicatives (les productions) sont des variables exogènes

Si les variables explicatives sont identiques pour chaque équation (ce qui est le cas ici), et si on n'impose pas de contrainte linéaire (ce qui n'est pas le cas ici) alors l'estimateur des MCO équation par équation est identique à l'estimateur SUR, même si les aléas inter-équations sont corrélés à la même période.

Ici, le système comporte des contraintes sur les paramètres, donc l'estimateur SUR diffère de l'estimateur MCO (non contraint et contraint)

Le système d'équations reliées peut s'écrire :

$$X = Y\beta + u \quad \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{16} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 & 0 & & 0 \\ 0 & Y_2 & & 0 \\ & & \ddots & \\ & & & Y_{16} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_{16} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_{16} \end{pmatrix}$$

Dans ce système, les variables explicatives sont toutes exogènes et les aléas inter-équations sont corrélés pour une même exploitation f :

$$\text{Cov}(u_{i,f}, u_{j,f}) = E(u_{i,f}u_{j,f}) = \sigma_{ij} \text{ pour } i \neq j \text{ et } E(u_i u_j) = \sigma_{ij} I$$

La matrice de variance-covariance des aléas du système est donnée par :

$$\text{Var}(u) = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 I & \sigma_{12} I & & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} I & \sigma_2^2 I & \cdot & \sigma_{2N} \\ & & \ddots & \\ & & & \sigma_{N1} I & \sigma_{N2} I & & \sigma_{N1}^2 \end{pmatrix} = \Psi$$

$$\hat{\beta}_{SUR} = (Y' \Psi^{-1} Y)^{-1} Y' \Psi^{-1} X \quad E(\hat{\beta}_{SUR}) = a \quad V(\hat{\beta}_{SUR}) = (Y' \Psi^{-1} Y)^{-1}$$

• Comme la matrice de variance des aléas est inconnue, on utilise la régression MCO pour l'estimer

$$\hat{\beta}_{mco,j} = (Y_j' Y_j)^{-1} Y_j' X_j ; \hat{u}_j = X_j - Y_j \hat{\beta}_{mco,j}$$

$$\hat{\sigma}_j^2 = \frac{\sum_{f=1}^N \hat{u}_{j,f}^2}{N} \text{ et } \hat{\sigma}_{j,i}^2 = \frac{\sum_{f=1}^N \hat{u}_{j,f} \hat{u}_{i,f}}{N}$$

$$\hat{\beta}_{SUR} \text{ peut alors être approximé par l'estimateur des MCQG } \hat{\hat{\beta}}_{SUR} = (Y' \hat{\Psi}^{-1} Y)^{-1} Y' \hat{\Psi}^{-1} X$$

V) Les modèles avec données de panels

V.1 : Champ de l'étude

Nous étudions les coûts de production des exploitations agricoles selon les OTEX (en nous concentrant sur les exploitations « céréales et grandes cultures » (OTEX 'A' dans la nomenclature en 10 postes, et OTEX 13 et 14, précédemment 11 et 12, dans la nomenclature en 18 postes – cf. introduction). Nous pourrions comparer les coefficients de coût de production pour les exploitations agricoles selon leur spécialisation.

Nous nous concentrons sur l'estimation des coefficients de coût de production pour les charges suivantes : engrais et amendements (Y1), phytosanitaires (Y2), et les subventions (charges négatives) Y20 (subventions totales), Y20_1 (subventions du 1^{er} pilier) et Y20_2 (subventions du 2^{ème} pilier) – cf. annexe pour une typologie plus précise des subventions.

Pour ce faire, nous disposons des données individuelles des exploitations du RICA entre 1990 et 2007. Nous distinguerons dans nos estimations deux périodes de 7 ans : 1993-2000 et 2000-2007.

Nous estimerons deux modèles :

- un modèle avec 14 variables de production, qu'on aura choisies pour l'étude particulière des exploitations « grande culture ». Nous comparerons les estimations pour les exploitations « grande culture » avec l'ensemble des exploitations
- un modèle avec 23 variables de production, afin de procéder à des estimations pour chaque catégorie d'exploitation.

Modèle A avec 14 variables de production

LISTE DES PRODUITS			
Nature des produits	Nom dans programme	Nom dans la table	Libellé détaillé
Produits végétaux	Y1	V_P2120	Blé tendre
	Y2	V_P2121	Blé dur
	Y3	V_P2123	Orge
	Y4	V_P2126	Maïs
	Y5	V_P2122+V_P2124+V_P2125+V_P2127+V_P2128	Autres céréales
	Y6	V_P2329+V_P2330	Légumes secs
	Y7	V_P2130	Pommes de terre
	Y8	V_P2131	Betteraves
	Y9	V_P2331	Colza
	Y10	V_P2132	Tournesol
	Y11	V_P2333+V_P2334+V_P2133+V_P2134+V_P2135	Autres cultures industrielles
	Y12	V_P2136	Légumes plein champ
	Y13	V_P2137+V_P2138+V_P2140+V_P2141+V_P2337+V_P2349+V_P2350+V_P2351+V_P2352+V_P2353+V_P2354+V_P2355+V_P2356+V_P2281+V_P2282+V_P2285+V_P2286+V_P2287+V_P2288+V_P2289+V_P2290+V_P2139+V_P2157+V_P2158+V_P2283+V_P2160+V_P2161	Autres cultures végétales
Produits animaux	Y14	V_P0501+V_P0502+V_P0504+V_P0505+V_P0506+V_P0507+V_P0508+V_P2162+V_P2163+V_P2164+V_P2165+V_P2166+V_P2167+V_P2168+V_P2169+V_P2170	Production animale

LISTE DES CHARGES	
X1	Engrais et amendements
X2	Phytoprotecteurs
X20	Subventions et indemnités d'assurances
X20_1	Subventions du 1 ^{er} pilier
X20_2	Subventions du 2 ^{ème} pilier

Modèle B avec 23 variables de production

LISTE DES PRODUITS			
Nature des produits	Nom dans programme	Nom dans la table	Libellé détaillé
Produits végétaux	Y1	V_P2120 + V_P2121	Blé
	Y2	V_P2123	Orge
	Y3	V_P2126	Mais
	Y4	V_P2122+V_P2124+V_P2125+V_P2127+V_P2128	Autres céréales
	Y5	V_P2329+V_P2330	Légumes secs
	Y6	V_P2130	Pommes de terre
	Y7	V_P2131	Betteraves
	Y8	V_P2331 + V_P2332	Colza et tournesol
	Y9	V_P2333+V_P2334+V_P2133+V_P2134+V_P2135	Autres cultures industrielles
	Y10	V_P2136	Légumes de plein champ
	Y11	V_P2137	Légumes de plein air
	Y12	V_P2138	Légumes sous verre
	Y13	V_P2140+V_P2141	Fleurs
	Y14	V_P2337	Tomates
	Y15	V_P2349+V_P2350+V_P2351+V_P2352+V_P2353+V_P2354+V_P2355+V_P2356+V_P2281+V_P2282	Fruits
	Y16	V_P2286 + V_P2289	Vins de qualité
	Y17	V_P2287 + V_P2290	Vins de table
Produits animaux	Y18	V_P0502	Bovins
	Y19	V_P0506	Porcins
	Y20	V_P0507	Volailles
	Y21	V_P0501+V_P0504+V_P0505+V_P0508	Autres animaux
	Y22	V_P2162 +V_P2163	Lait et produits laitiers de vache
	Y23	V_P2163+V_P2164+V_P2165+V_P2166+V_P2167+V_P2168+V_P2169+V_P2170	Autres produits animaux

LISTE DES CHARGES	
X1	Engrais et amendements
X2	Phytoprotecteurs
X20	Subventions et indemnités d'assurances
X20_1	Subventions du 1 ^{er} pilier
X20_2	Subventions du 2 ^{ème} pilier

V.2 : Les méthodes d'estimation

On notera N le nombre d'exploitations et T le nombre d'années de la période étudiée, I le nombre de variables explicatives.

V.2.1 : Modèles à effets aléatoires et modèles à effets fixes

Nous disposons, avec les enquêtes annuelles RICA, de données de panels. Il est donc *a priori* judicieux d'utiliser une méthode d'estimation en données de panels afin d'utiliser l'information constituée par les disparités entre exploitations (grande variabilité inter-exploitations), permettant l'amélioration de la précision des estimateurs (moindre variance).

Deux modèles principaux sont utilisés pour traiter les variables individuelles inobservables ; le modèle à effet individuel aléatoire et le modèle à effet fixe. Le premier modèle postule une absence de corrélation entre les variables individuelles inobservables et les variables explicatives du modèle alors que le second modèle autorise cette corrélation.

a) Le modèle à effets aléatoires ou à erreurs composées

Le modèle à effets aléatoires est défini de la façon suivante (X = charge ; Y = productions + indice de productivité globale) ; Prod = indice de productivité globale) :

$$X = Y \beta + u \text{ avec : } Y = (Y_1 \dots Y_I \text{ Prod}) \text{ et } \beta = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_I \\ \beta_{I+1} \end{pmatrix}$$

Pour chaque exploitation f , et pour chaque année t ,

$$X_{f,t} = \sum_{i=1}^I \beta_i Y_{f,t}^i + \beta_{I+1} \text{Prod}_{f,t} + u_{f,t} = Y_{f,t} \beta + u_{f,t} \quad \text{avec } u_{f,t} = \varepsilon_{f,t} + \alpha_f$$

L'erreur est composée de deux variables aléatoires (d'où l'expression « erreurs composées ») :

– le premier terme un *bruit blanc* :

$$E(\varepsilon_{f,t}/Y) = 0 \text{ et } V(\varepsilon_{f,t}/Y) = \sigma_e^2 \quad \forall f, \forall t, \text{ ainsi que : } \text{Cov}(\varepsilon_{f,t}, \varepsilon_{f',t}/Y) = 0 \quad \forall f \neq f', \forall t, \text{ et } \text{Cov}(\varepsilon_{f,t}, \varepsilon_{f,t'}/Y) = 0 \quad \forall f, \forall t \neq t'$$

– la seconde composante du modèle, *l'effet aléatoire individuel*, vérifie : $E(\alpha_f/Y) = 0$, et $V(\alpha_f/Y) = \sigma_\alpha^2 \quad \forall f$

Avec :

$$\begin{aligned} \text{Cov}(\alpha_f, \alpha_{f'}/Y) &= 0 \quad \forall f \neq f' \\ \text{Cov}(\alpha_f, \varepsilon_{f',t}/Y) &= 0 \quad \forall f \neq f', \forall t \\ \text{Cov}(X_{f,t}, \alpha_f/Y) &= 0 \quad \forall f, \forall t \end{aligned}$$

Ceci revient à supposer qu'il existe une distribution des effets individuels dans la population totale, dont la moyenne est constante dans le temps et de variance σ_α^2 constante. Cet effet individuel n'est pas corrélé avec

l'erreur ε , ce qui correspond juste à une hypothèse visant à bien séparer les effets individuels des autres sources d'hétérogénéité. Enfin, les effets aléatoires individuels ne sont pas corrélés entre eux, ce qui revient à dire que toutes les corrélations entre les comportements des individus (exploitations) passent par les variables explicatives observables Y du modèle.

$$\Sigma = V(\mathbf{u}_f / \mathbf{Y}) = \begin{pmatrix} \sigma_e^2 + \sigma_\alpha^2 & \sigma_\alpha^2 & & \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_\alpha^2 & \sigma_e^2 + \sigma_\alpha^2 & & \sigma_\alpha^2 \\ \cdot & & \cdot & \cdot \\ \cdot & & \cdot & \cdot \\ \sigma_\alpha^2 & & & \sigma_e^2 + \sigma_\alpha^2 \end{pmatrix} = \sigma_e^2 \mathbf{I}_T + \sigma_\alpha^2 \mathbf{e}_T \mathbf{e}'_T \text{ pour } f=1 \dots N$$

Comme les perturbations des différentes exploitations ne sont pas corrélées, la variance du modèle empilé est :

$$\Omega = V(\mathbf{u} / \mathbf{Y}) = \begin{pmatrix} \Sigma & 0 & 0 \\ 0 & \Sigma & 0 \\ & 0 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & & \Sigma \end{pmatrix} = \mathbf{I}_N \otimes \Sigma$$

L'existence d'un effet aléatoire crée donc de l'auto-corrélation au sein de la série temporelle propre à l'exploitation. L'origine de cette auto-corrélation est claire : le même effet individuel influence les comportements d'un individu à toutes les dates.

L'estimation par les MCO est donc inefficace. L'estimateur optimal est celui des moindres carrés généralisés (MCG) :

$$\hat{\beta}_{mcg} = (\mathbf{Y}'\Omega^{-1}\mathbf{Y})^{-1}\mathbf{Y}'\Omega^{-1}\mathbf{X} \quad V(\hat{\beta}_{mcg}) = (\mathbf{Y}'\Omega^{-1}\mathbf{Y})^{-1}$$

Le modèle transformé (auquel on peut appliquer les MCO) alors :

$$\begin{aligned} \mathbf{X}^* &= \mathbf{Y}^* \beta + \mathbf{u}^* \text{ avec } \mathbf{X}^* = \Omega^{-1/2}\mathbf{X} \\ \mathbf{Y}^* &= \Omega^{-1/2}\mathbf{Y} \\ \mathbf{u}^* &= \Omega^{-1/2}\mathbf{u}, \text{ avec } E(\mathbf{u}^*/\mathbf{Y})=0, \text{ et } V(\mathbf{u}^*/\mathbf{Y})=\mathbf{I}_{NT} \end{aligned}$$

b) Le modèle à effets fixes

Le plus souvent (et ce sera ici le cas pour nos estimations), l'effet individuel est corrélé avec les variables explicatives du modèle (preuve de l'existence de variables manquantes). L'estimateur des MCG n'est alors plus convergent. La modélisation avec un effet fixe remet en cause l'hypothèse d'indépendance entre l'effet individuel et les variables explicatives du modèle.

Le modèle est alors le suivant :

$$\mathbf{X}_{f,t} = \sum_{i=1}^I \beta_i Y_{f,t}^i + \beta_{I+1} \text{Prod}_{f,t} + \mathbf{u}_{f,t} = \mathbf{Y}_{f,t} \beta + \mathbf{u}_{f,t}$$

avec $\mathbf{u}_{f,t} = \varepsilon_{f,t} + \alpha_f$ où α_f est un effet individuel constant (et donc pas une variable aléatoire).

On peut aussi écrire le modèle : $X_{f,t} = \sum_{i=1}^I \beta_i Y_{f,t}^i + \beta_{I+1} \text{Prod}_{f,t} + \sum_{j=1}^N a_j Z_{f,t}^j + \varepsilon_{f,t}$

avec $Z_{f,t}^j = 1$ si $j=f$ ($\forall t$) et $Z_{f,t}^j = 0$ si $j \neq f$ ($\forall t$)

On peut estimer les coefficients β_i directement par les MCO ou par l'estimation within (cf. ci-dessous).

Toutefois, l'intérêt d'un modèle à effets fixes est pour nous très limité : le modèle à effets fixes interdit en effet tout usage prédictif pour des exploitations étrangères à l'échantillon d'estimation. Or, le but n'est pas d'étudier les coûts de production d'une poignée d'exploitations, mais d'avoir une idée de la façon dont les coûts de production se répartissent selon les productions pour une exploitation lambda.

V.2.2 : Estimations « within » et « between »

Estimateur inter-individuelle (ou between)

Cet estimateur consiste à se focaliser sur les différences permanentes entre les individus (exploitations), en éliminant les différences conjoncturelles. Pour cela, on calcule les valeurs moyennes (sur la période étudiée) associées à chaque exploitation, puis on effectue une régression par les MCO sur les moyennes individuelles.

En partant du modèle de base : $X_{f,t} = \sum_{i=1}^I \beta_i Y_{f,t}^i + \beta_{I+1} \text{Prod}_{f,t} + u_{f,t} = Y_{f,t} \beta + u_{f,t}$ avec $u_{f,t} = \varepsilon_{f,t} + \alpha_f$

Les moyennes individuelles sont définies par : $\bar{X}_f = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_{f,t}$ $\bar{Y}_f = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T Y_{f,t}^i + \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \text{Prod}_{f,t}$

Prendre la moyenne revient à effectuer une projection orthogonale sur le sous espace vectoriel engendré par le terme constant $\text{Im}(e_T)$. On note B_T la matrice de projection orthogonale correspondante :

$$B_T = e_T (e_T' e_T)^{-1} e_T'$$

Pour chaque exploitation, on peut donc écrire : $\bar{X}_f = \bar{Y}_f \beta + \bar{u}_f$ ou $B_T X_f = B_T Y_f \beta + B_T u_f$

On définit la matrice « between » par $B = I_N \otimes B_T$

D'où le modèle empilé (avec l'ensemble des exploitations) suivant : $B X = B Y \beta + B u$

L'estimateur sans biais du modèle est $\hat{\beta}_B = (Y' B Y)^{-1} Y' B X$

La variance de la perturbation est $\Omega = \sigma_e^2 I_{NT} + T \sigma_\alpha^2 B$

On a $V(Bu/Y) = (\sigma_e^2 + T \sigma_\alpha^2) B$ et $V(\hat{\beta}_B / Y) = (\sigma_e^2 + T \sigma_\alpha^2) (Y' B Y)^{-1}$

Estimateur intra-individuel (ou within)

On effectue la transformation suivante au niveau individuel : $X_{f,t} - \bar{X}_f = (Y_{f,t} - \bar{Y}_f) \beta + (u_{f,t} - \bar{u}_f)$

Par cette transformation, les effets individuels (α_f) sont éliminés. Le modèle within ne contient pas de terme

constant⁶.

En posant $W_T = I_T - B_T$, et $W = I_N \otimes W_T$, le modèle transformé peut s'écrire : $W X = W Y \beta + W u$

L'estimateur sans biais du modèle est $\hat{\beta}_W = (Y' W Y)^{-1} Y' W X$

La variance des perturbations est $\Omega = \sigma_e^2 I_{NT} + T \sigma_\alpha^2 B$

On a $V(Wu/Y) = \sigma_e^2 W$ et $V(\hat{\beta}_W/Y) = \sigma_e^2 (Y' W Y)^{-1}$

L'estimateur within est convergent même en présence d'effets individuels corrélés avec les variables explicatives individuelles.

Estimation par les moindres carrés généralisés (MCG) à partir des estimations within et between

$$\Omega = \sigma_e^2 I_{NT} + T \sigma_\alpha^2 B = \sigma_e^2 W + (\sigma_e^2 + T \sigma_\alpha^2) B$$

$$\Omega^{-1} = \frac{1}{\sigma_e^2} W + \frac{1}{\sigma_e^2 + T \sigma_\alpha^2} B = \frac{1}{\sigma_e^2} (W + \theta^2 B) \text{ avec } \theta^2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_e^2 + T \sigma_\alpha^2}$$

Le paramètre θ^2 représente l'importance des variations intra-individuelles dans les variations totales. Plus ce paramètre sera élevé, plus la régression effectuée en within aura une erreur importante et moins il sera optimal d'y recourir. C'est ce qui explique que la pondération de la transformation between soit augmentée quand θ est élevé. Inversement quand θ est faible, cela signifie que l'erreur de la régression effectuée en within est également faible, c'est-à-dire que les estimations sont plus précises dans cette dimension. Il est alors optimal de réduire le poids de l'opérateur between dans la transformation pour se concentrer sur la transformation within.

On a $\hat{\beta}_{mcg} = (Y' (W + \theta^2 B) Y)^{-1} Y' (W + \theta^2 B) X = (Y^*{}' Y^*)^{-1} Y^*{}' X^*$

Avec $Y^* = (W + \theta B) Y$ et $X^* = (W + \theta B) X$

$$\hat{\beta}_{mcg} = (I - \pi) \hat{\beta}_B + \pi \hat{\beta}_W \text{ avec } \pi = (Y' (W + \theta^2 B) Y)^{-1} \theta^2 Y' B Y$$

L'estimateur MCG est donc une moyenne pondérée des estimateurs within et between

Pour une observation de l'exploitation f à la date t , nous avons transformé la variable expliquée (et donc les autres) selon la règle :

$$X_{f,t}^* = \underbrace{(X_{f,t} - \bar{X}_f)}_{\text{within}} + \theta \underbrace{\bar{X}_f}_{\text{between}} = X_{f,t} - (1 - \theta) \bar{X}_f \text{ avec } 0 < \theta < 1$$

$$V(\hat{\beta}_{mcg} / Y) = \sigma_e^2 (Y^*{}' Y^*)^{-1}$$

Remarque :

⁶ Dans le cas où les données ne sont pas pondérées ; comme nos échantillons sont constituées de données pondérées (avec des poids différents selon les exploitations), le modèle within n'éliminera pas la variable de poids.

- Quand $\sigma_\alpha^2 = 0$ [et donc $\theta^2 = 1$], l'estimateur des MCG est l'estimateur des MCO (pas d'effet individuel)
- Quand $\sigma_e^2 = 0$, l'estimateur des MCG est l'estimateur within (pas d'erreur dans la dimension intra-individuelle)

Estimation par les moindres carrés-quasi généralisés à partir des estimations within et between

On ne connaît pas la matrice Ω : on ne peut donc pas calculer directement l'estimateur des MCG. Il nous faut estimer la variance inter-individuelle et la variance intra-individuelle :

Estimation sans biais de la variance inter-individuelle : $\hat{\sigma}_B^2 = \frac{\hat{u}_B \hat{u}_B}{N - p}$; $E(\hat{\sigma}_B^2) = \sigma_e^2 + T \sigma_\alpha^2$

Estimation sans biais de la variance intra-individuelle : $\hat{\sigma}_W^2 = \frac{\hat{u}_W \hat{u}_W}{NT - N + p + 1}$; $E(\hat{\sigma}_W^2) = \sigma_e^2$

D'où $\hat{\sigma}_e^2 = \hat{\sigma}_W^2$ et $\hat{\sigma}_\alpha^2 = \frac{1}{T} (\hat{\sigma}_B^2 - \hat{\sigma}_W^2)$

Dans la pratique, on considère la régression sans duplication des moyennes. En effet, lorsque l'on applique la transformation « between », B_T , les moyennes individuelles sont répliquées T fois pour chaque individu. De ce fait on est amené à travailler sur NT observations au lieu de N observations. Ceci possède deux inconvénients : les calculs sont plus longs et les degrés de liberté sont faux puisqu'ils se basent sur NT observations au lieu de N observations.

On redéfinit alors l'estimation de la variance du résidu between (non dupliquée) : $\tilde{\sigma}_B^2 = \frac{1}{T} \hat{\sigma}_B^2$

D'où $\hat{\sigma}_\alpha^2 = \tilde{\sigma}_B^2 - \frac{\hat{\sigma}_W^2}{T}$

On pose $\hat{\theta}^2 = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_e^2 + T \hat{\sigma}_\alpha^2} = \frac{\hat{\sigma}_W^2}{\hat{\sigma}_B^2} = \frac{\hat{\sigma}_W^2}{T \tilde{\sigma}_B^2}$ et donc $\hat{\theta} = \frac{\hat{\sigma}_W}{\hat{\sigma}_B}$

Appliquer les MCQG revient donc à remplacer θ par son estimateur convergent $\hat{\theta}$ dans le but d'effectuer les transformations suivantes :

$$\tilde{X}_{f,t} = X_{f,t} - (1 - \hat{\theta}) \bar{X}_f ; \tilde{Y}_{f,t} = Y_{f,t} - (1 - \hat{\theta}) \bar{Y}_f$$

Puis on applique les MCO aux données ainsi transformées.

V.2.3 : Les tests de spécification

On distingue deux types de tests :

- Les tests visant à vérifier s'il existe un effet individuel significatif : on utilisera le test de Fischer
- Les tests visant à vérifier s'il existe un effet individuel corrélé avec les variables explicatives : on utilisera

les tests d'Hausman et de Mundlak

Ainsi :

- S'il n'y a pas d'effet individuel significatif, on utilisera les mco
- Si il y a un effet individuel significatif et qu'il n'est pas corrélé aux variables explicatives, on utilisera les moindres carrés quasi-généralisés (modèle à effets aléatoires)
- Si il y a un effet individuel significatif et qu'il est corrélé aux variables explicatives, on utilisera l'estimateur within (modèle à effets fixes)

a) Test de Fischer

On part du modèle à erreur composée et on souhaite savoir s'il existe un effet individuel significatif. Le test est le suivant :

$$H_0 : \sigma_\alpha^2 = 0$$

$$H_1 : \sigma_\alpha^2 > 0$$

$$\text{Sous l'hypothèse } H_0, F = \frac{\hat{\sigma}_B^2}{\hat{\sigma}_W^2} \rightarrow F(N-p, N(T-1)-(p-1))$$

Au seuil η , on rejette H_0 si $F > F_{N-p, N(T-1)-(p-1), 1-\eta}$

b) Test de Hausman

Le test d'Hausman repose sur une comparaison directe d'estimateurs. L'idée est de comparer, d'une part un estimateur convergent et asymptotiquement efficace sous H_0 (non corrélation entre l'effet individuel et les variables explicatives) – en l'occurrence l'estimateur des MCQG –, et d'autre part un estimateur convergent et asymptotiquement efficace sous H_0 et H_1 – en l'occurrence l'estimateur within.

Sous l'hypothèse H_0 , on est alors fondé à utiliser l'estimateur des MCQG qui est l'estimateur de variance minimale. Sinon, on ne peut qu'utiliser l'estimateur within.

$$\text{Sous l'hypothèse } H_0, H = (\hat{\beta}_W - \tilde{\beta}_{mcqg})' [V(\hat{\beta}_W/Y) - V(\tilde{\beta}_{mcqg}/Y)]^{-1} (\hat{\beta}_W - \tilde{\beta}_{mcqg}) \rightarrow \chi^2(p-1)$$

c) Test de Mundlak

Le test repose sur la même idée que le test de Hausman : on compare ici l'estimateur between (convergent uniquement sous l'hypothèse H_0) et l'estimateur within (toujours convergent).

$$\text{Sous l'hypothèse } H_0, M = (\hat{\beta}_W - \hat{\beta}_B)' [V(\hat{\beta}_W/Y) - V(\hat{\beta}_B/Y)]^{-1} (\hat{\beta}_W - \hat{\beta}_B) \rightarrow \chi^2(p-1)$$

On démontre que le test de Mundlak est numériquement identique au test de Hausman.

V.2.4 : Le modèle de Mundlak

L'estimation par la méthode de Mundlak permet de tenir compte de l'hétérogénéité fixe inobservable, qui fait que l'estimateur des MCG (et donc MCQG) est biaisé. Il s'agit d'introduire parmi les variables explicatives les moyennes individuelles des variables de production évoluant avec le temps. Cela revient à projeter les effets individuels sur les moyennes individuelles des variables explicatives :

$$\alpha_f = \sum_{i=1}^I k_i \bar{Y}_{f.}^i + \alpha'_f$$

Par ce procédé, on élimine les corrélations entre les effets individuels et les variables explicatives :

$$E(\bar{Y}_{f.}^i \alpha'_f) = 0 \quad \forall i$$

On peut alors écrire le nouveau modèle :

$$X_{f,t} = \sum_{i=1}^I \beta_i (Y_{f,t}^i - \bar{Y}_{f.}^i) + \beta_{I+1} \text{Prod}_t + \sum_{i=1}^I (\beta_i + k_i) \bar{Y}_{f.}^i + \alpha'_f + \varepsilon_{f,t}$$

Prod_t est ici l'indicateur de productivité au niveau « macro » (pour l'ensemble des exploitations) de l'année t. Il est par définition identique pour chaque exploitation.

$$X_{f,t} = \sum_{i=1}^I \beta_i (Y_{f,t}^i - \bar{Y}_{f.}^i) + \beta_{I+1} \text{Prod}_t + \sum_{i=1}^I g_i \bar{Y}_{f.}^i + \alpha'_f + \varepsilon_{f,t}$$

De façon matricielle, le modèle s'écrit : $X = W Y \beta + B Z g + u'$

En projetant sur les dimensions inter et intra-individuelles, on obtient :

$$W X = W Y \beta + W u'$$

$$B X = B Z g + B u'$$

Les coefficients β sont donc les estimateurs du modèle within.

On peut aussi écrire le modèle de la façon suivante :

$$X_{f,t} = \sum_{i=1}^I \beta_i Y_{f,t}^i + \beta_{I+1} \text{Prod}_t + \sum_{i=1}^I (g_i - \beta_i) \bar{Y}_{f.}^i + \alpha'_f + \varepsilon_{f,t}$$

$$X_{f,t} = \sum_{i=1}^I \beta_i Y_{f,t}^i + \beta_{I+1} \text{Prod}_t + \sum_{i=1}^I \gamma_i \bar{Y}_{f.}^i + \alpha'_f + \varepsilon_{f,t}$$

On estime alors les coefficients β et γ directement par les MCO. Pour les coefficients β , on trouve les mêmes résultats que par l'estimation within.

La procédure du test d'Hausman qui permet de choisir entre modèle à effets fixes et à erreurs composées, se fonde également sur une statistique qui peut être tirée de cette estimation : il correspond au test de l'égalité jointe à 0 des coefficients correspondant aux moyennes temporelles des variables explicatives introduites dans le modèle.

On peut tester la nullité de la corrélation (partielle) de chaque variable de production Y_i avec l'effet individuel à partir de l'estimation par la méthode de Mundlak. Il suffit de regarder si le coefficient estimé de MY_i (moyenne individuelle de la variable de production Y_i) est significativement différent de 0.

VI) Résultats des estimations

VI.1 : Remarques préliminaires

Sur la pondération des variables

Chaque exploitation est pondérée par un coefficient (qui varie d'une année sur l'autre). Il faut donc tenir de cette pondération avant de calculer les estimateurs, en multipliant les variables (y compris la variable constante) par la racine carré du poids de chaque exploitation.

Sur le caractère non cylindré des panels

Les panels ne sont pas cylindrés : des exploitations sortent et entrent dans l'échantillon d'une année sur l'autre. La plupart des estimations ont été réalisées sur les panels non cylindrés pour utiliser le maximum d'informations. Nous avons toutefois procédé à quelques estimations sur les panels cylindrés.

Sur la prise en compte d'une variable de productivité globale dans les estimations

Les coefficients de productivité sont la plupart du temps significatifs, ce qui justifie leur intégration dans la modélisation.

Ils sont notamment toujours significatifs dans les estimations within (pour une exploitation donnée, une amélioration de sa productivité se traduit par une baisse de la consommation d'inputs), mais pas toujours dans les estimations between (ce ne sont pas forcément les exploitations qui améliorent leur productivité qui ont les coefficients de coûts les plus faibles).

Elimination de certaines exploitations des panels

A cause de valeurs aberrantes, les exploitations avec les identifiants suivants n'ont pas été prises en compte dans les estimations : 1100044, 1100048, 1100050, 1100110, 1100220

Lecture des tableaux de résultats

Les coefficients suivis d'une « * » ne sont pas significatifs (à 5%).

Sur les résultats des tests de spécification

Pour l'ensemble des estimations (hormis le modèle de Mundlak), on obtient qu'il existe un effet individuel significatif (rejet de l'hypothèse H0 du test de Fischer) et que l'effet individuel est corrélé avec les variables explicatives (rejet de l'hypothèse H0 des tests d'Hausman et de Mundlak). D'où l'impossibilité d'utiliser la modélisation à effets aléatoires, et le fait qu'on utilise la modélisation de Mundlak.

**VI.2 : Modèle A avec panels cylindrés 1993-2000 et 2000-2007 :
Résultats des estimations par MCO, WITHIN, BETWEEN pour l'ensemble des
exploitations et pour les « grandes cultures »
[engrais et phytosanitaires]**

Panels cylindrés pour l'ensemble des exploitations sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X1 Engrais	1993-2000 Toutes exploitations			2000-2007 Toutes exploitations		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	1885	1799	2567	1703	1553	2501
Y1 : Blé tendre	178	200	109	151	157	93
Y2 : Blé dur	94	106	107	126	133	72
Y3 : Orge	243	280	124	226	245	97
Y4 : Maïs	134	137	111	135	138	92
Y5 : Autres céréales	268	256	308	147	170	23
Y6 : Légumes secs	6*	-73	63	37	-17*	44
Y7 : Pommes de terre	42	44	7	42	43	37
Y8 : Betteraves sucrières	74	65	99	55	52	78
Y9 : Colza	200	158	212	201	197	107
Y10 : Tournesol	181	156	151	167	165	82
Y11 : Autres cultures industrielles	55	61	17	18	23	9
Y12 : Légumes	32	35	22	32	37	17
Y13 : Autres cultures végétales	14	15	11	16	14	9
Y14 : Productions animales	15	15	16	13	14	11
Indice_Productivité_Globale	-168	-306*	-125	-151	13*	-118

Panels cylindrés pour les exploitations « grande culture » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X1 Engrais	1993-2000 Otex A			2000-2007 Otex A		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	2145	2085	3963	2103	1726	4198
Y1 : Blé tendre	133	133	93	128	121	91
Y2 : Blé dur	75	60	94	126	129	68
Y3 : Orge	202	230	103	210	227	85
Y4 : Maïs	138	143	107	135	140	90
Y5 : Autres céréales	140	132	181	121	138	15*
Y6 : Légumes secs	107	110	65	79	68*	38
Y7 : Pommes de terre	46	52	4*	41	42	36
Y8 : Betteraves sucrières	89	86	90	64	68	71
Y9 : Colza	252	240	233	217	243	88
Y10 : Tournesol	226	267	137	177	196	71
Y11 : Autres cultures industrielles	54	64	11*	18	24	9
Y12 : Légumes	33	34	28	29	33	6
Y13 : Autres cultures végétales	89	114	16*	46	47	21
Y14 : Productions animales	22	18	29	30	28	32
Indice_Productivité_Globale	-1362	-5350	-818	-1686	-942*	-1212

Panels cylindrés pour l'ensemble des exploitations sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X2 Phytosanitaires	1993-2000 Toutes exploitations			2000-2007 Toutes exploitations		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	884	748	1583	1624	1494	2242
Y1 : Blé tendre	222	235	154	215	230	136
Y2 : Blé dur	167	174	124	208	224	132
Y3 : Orge	200	207	150	153	148	102
Y4 : Maïs	81	82	61	72	70	68
Y5 : Autres céréales	78	97	9	72	81	14*
Y6 : Légumes secs	166	148	132	157	92	152
Y7 : Pommes de terre	91	96	42	87	89	63
Y8 : Betteraves sucrières	96	89	139	96	91	129
Y9 : Colza	193	175	188	230	232	128
Y10 : Tournesol	249	237	217	203	184	148
Y11 : Autres cultures industrielles	46	43	47	35	41	19
Y12 : Légumes	38	43	22	40	44	25
Y13 : Autres cultures végétales	32	33	18	27	28	13
Y14 : Productions animales	2	2	2	1*	1*	3
Indice_Productivité_Globale	-159	316*	-141	-109	214*	-93

Panels cylindrés pour les exploitations « grande culture » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X2 Phytosanitaires	1993-2000 Otex A			2000-2007 Otex A		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	1350	1100	3067	1536	1240	3752
Y1 : Blé tendre	212	225	140	211	221	130
Y2 : Blé dur	160	170	123	207	225	119
Y3 : Orge	193	207	126	144	137	102
Y4 : Maïs	67	69	53	60	60	57
Y5 : Autres céréales	127	142	62	87	99	-1*
Y6 : Légumes secs	168	154	114	180	130	147
Y7 : Pommes de terre	90	95	41	86	88	60
Y8 : Betteraves sucrières	97	90	136	96	95	120
Y9 : Colza	193	177	171	225	244	95
Y10 : Tournesol	181	161	178	175	160	114
Y11 : Autres cultures industrielles	43	40	43	36	44	17
Y12 : Légumes	42	44	28	50	55	27
Y13 : Autres cultures végétales	61	59	58	39	31*	44
Y14 : Productions animales	3*	1*	7*	26	23	50
Indice_Productivité_Globale	-1384	-1042*	-1031	-1560	-1565*	-1014

**VI.3 : Modèle A avec panels non cylindrés 1993-2000 et 2000-2007 :
Résultats des estimations par MCO, WITHIN, BETWEEN pour l'ensemble des
exploitations et pour les « grandes cultures »
[engrais et phytosanitaires]**

Panels non cylindrés pour l'ensemble des exploitations sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X1 Engrais	1993-2000 Toutes exploitations			2000-2007 Toutes exploitations		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	1893	1811	2500	1926	1830	2453
Y1 : Blé tendre	173	191	109	156	165	84
Y2 : Blé dur	110	118	105	121	124	73
Y3 : Orge	256	284	131	224	239	97
Y4 : Maïs	137	138	118	129	132	86
Y5 : Autres céréales	220	214	242	160	179	40
Y6 : Légumes secs	-11*	-73	68	13*	-38	26
Y7 : Pommes de terre	51	53	21	39	39	29
Y8 : Betteraves sucrières	68	60	107	62	58	82
Y9 : Colza	210	174	218	201	191	108
Y10 : Tournesol	198	185	151	157	154	65
Y11 : Autres cultures industrielles	32	34	11	12	14	8
Y12 : Légumes	31	34	21	28	32	14
Y13 : Autres cultures végétales	16	16	11	12	12	7
Y14 : Productions animales	16	15	15	9	9	10
Indice_Productivité_Globale	-17	-11*	-16	-96	-69*	-75

Panels non cylindrés pour les exploitations « grande culture » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X1 Engrais	1993-2000 Otex A			2000-2007 Otex A		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	2252	2074	3697	2134	1832	4087
Y1 : Blé tendre	133	138	91	130	128	78
Y2 : Blé dur	104	104	91	118	120	63
Y3 : Orge	220	242	111	202	212	84
Y4 : Maïs	136	138	115	128	132	82
Y5 : Autres céréales	161	159	172	119	130	28
Y6 : Légumes secs	66	49	69	51	34*	17*
Y7 : Pommes de terre	50	52	21	40	41	26
Y8 : Betteraves sucrières	83	80	107	74	77	78
Y9 : Colza	262	251	226	236	255	100
Y10 : Tournesol	210	218	135	176	193	59
Y11 : Autres cultures industrielles	28	31	8*	13	16	8
Y12 : Légumes	31	33	23	27	30	10
Y13 : Autres cultures végétales	25	25	15*	20	20	17
Y14 : Productions animales	20	19	22	19	18	29
Indice_Productivité_Globale	-1229	-1226	-921	-1427	-744	-1032

Panels non cylindrés pour l'ensemble des exploitations sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X2 Phytosanitaires	1993-2000 Toutes exploitations			2000-2007 Toutes exploitations		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	1006	919	1596	1534	1426	2134
Y1 : Blé tendre	218	226	153	224	240	125
Y2 : Blé dur	190	193	150	203	215	120
Y3 : Orge	190	195	134	164	161	106
Y4 : Maïs	89	89	80	77	77	62
Y5 : Autres céréales	98	108	46	82	89	24
Y6 : Légumes secs	143	135	111	124	78	99
Y7 : Pommes de terre	86	89	41	93	94	59
Y8 : Betteraves sucrières	96	90	129	78	71	121
Y9 : Colza	209	199	179	236	228	140
Y10 : Tournesol	251	249	199	210	199	120
Y11 : Autres cultures industrielles	50	50	39	38	44	14
Y12 : Légumes	39	44	21	37	40	24
Y13 : Autres cultures végétales	30	31	16	25	26	12
Y14 : Productions animales	1	1	2	0*	0*	3
Indice_Productivité_Globale	-58	-96	-11	-87	0*	-76

Panels non cylindrés pour les exploitations « grande culture » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X2 Phytosanitaires	1993-2000 Otex A			2000-2007 Otex A		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	842	632	2546	1596	1324	3486
Y1 : Blé tendre	212	219	141	218	232	121
Y2 : Blé dur	184	188	146	200	212	112
Y3 : Orge	194	203	117	155	151	98
Y4 : Maïs	85	86	75	64	64	58
Y5 : Autres céréales	131	133	106	93	101	13*
Y6 : Légumes secs	150	151	96	145	111	94
Y7 : Pommes de terre	84	88	38	92	94	56
Y8 : Betteraves sucrières	100	95	128	79	75	113
Y9 : Colza	202	197	153	230	232	111
Y10 : Tournesol	216	216	168	173	165	96
Y11 : Autres cultures industrielles	53	54	39	39	46	12
Y12 : Légumes	39	41	25	38	40	26
Y13 : Autres cultures végétales	51	50	49	20	19	21
Y14 : Productions animales	9	9	44	14	13	29
Indice_Productivité_Globale	-1383	-1093	-1007	-1468	-1330	-947

**VI.4 : Modèle B avec panels non cylindrés 1993-2000 et 2000-2007 :
Résultats des estimations par MCO, WITHIN, BETWEEN pour l'ensemble des
exploitations, pour les exploitations « grandes cultures », pour les exploitations
« viticulture », et pour les exploitations « polyculture / polyélevage »
[engrais et phytosanitaires]**

Panels non cylindrés pour l'ensemble des exploitations sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X1 Engrais	1993-2000 Toutes exploitations			2000-2007 Toutes exploitations		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	1080	977	2004	1213	1064	2227
Y1 : Blé	149	155	108	138	138	82
Y2 : Orge	248	271	129	224	236	96
Y3 : Maïs	149	152	121	139	143	87
Y4 : Autres céréales	208	200	241	141	155	41
Y5 : Légumes secs	52	27	69	52	30	225
Y6 : Pommes de terre	50	53	21	40	42	28
Y7 : Betteraves sucrières	80	76	110	73	74	83
Y8 : Colza et tournesol	247	237	204	222	232	97
Y9 : Autres cultures industrielles	35	38	12	14	17	8
Y10 : Légumes plein champ	36	37	25	30	31	17
Y11 : Légumes plein air	65	68	30	75	81	24
Y12 : Légumes sous abri	73	78	26	44	46	13
Y13 : Fleurs	36	37	22	29	31	13
Y14 : Tomates	-35	-40	-2*	-26	-28	1*
Y15 : Fruits	18	19	12	16	17	9
Y16 : Vins de qualité	6	7	2	5	5	2
Y17 : Vins de table	17	18	105	11	11	6
Y18 : Bovins	63	65	39	49	52	21
Y19 : Porcins	-5	-6	-1*	-6	-6	0*
Y20 : Volailles	-3	-3	-2*	4	-4	0*
Y21 : Autres animaux	29	30	16	21	23	8
Y22 : Lait et produits de vaches	37	36	43	22	22	26
Y23 : Autres produits animaux	-2	-2*	-3*	-3	-3	-1*
Indice_Productivité_Globale	-21	-14*	-17	-89	7*	-77

Panels non cylindrés pour les exploitations « grandes cultures » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X1 Engrais	1993-2000 Otex A			2000-2007 Otex A		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	2135	1980	3571	2035	1732	3979
Y1 : Blé	129	132	94	127	125	76
Y2 : Orge	225	245	115	205	216	84
Y3 : Maïs	137	139	117	129	133	82
Y4 : Autres céréales	156	154	175	119	130	30
Y5 : Légumes secs	75	64	65	63	54	17
Y6 : Pommes de terre	49	52	21	40	42	25
Y7 : Betteraves sucrières	83	80	106	75	77	78
Y8 : Colza et tournesol	247	243	202	221	240	90
Y9 : Autres cultures industrielles	25	276	9*	9	12	6
Y10 : Légumes plein champ	32	34	23	27	30	10
Y11 : Légumes plein air	-48*	-86*	-2*2	-66	-73	-26
Y12 : Légumes sous abri	-5*	-8*	65*	13*	17*	-19
Y13 : Fleurs	-78*	-95*	-23*	15*	10*	74
Y14 : Tomates	16	16	8*	18	13*	58
Y15 : Fruits	19	25*	-2*6	29	32	-1
Y16 : Vins de qualité	35	36*	16*	33	38*	43
Y17 : Vins de table	56	60	14*	23*	16*	47
Y18 : Bovins	74	76	47	65	63	67
Y19 : Porcins	-6*	-9*	17*	-5*	-5*	4
Y20 : Volailles	0*	-1*	11	2*	2*	8
Y21 : Autres animaux	-1*	-3*	28*	-2*	-5*	18
Y22 : Lait et produits de vaches	38	36	61	33	32	57
Y23 : Autres produits animaux	1*	2*	0*	-5*	-5*	8
Indice_Productivité_Globale	-1259	-1208	-949	-1430	-718*	-1042

Panels non cylindrés pour les exploitations « viticultures » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X1 Engrais	1993-2000 Otex C			2000-2007 Otex C		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	768	715	1097	681	660	712
Y1 : Blé	272	252	299	222	235	126
Y2 : Orge	409	450	250	228	264	87
Y3 : Maïs	250	251	242	184	290	98
Y4 : Autres céréales	177	132*	391	116	104	145
Y5 : Légumes secs	98*	78*	-26*	562	663	194*
Y6 : Pommes de terre	-181*	-179*	2899*	-521	-754*	-85*
Y7 : Betteraves sucrières	67	63*	157*	150	113	313
Y8 : Colza et tournesol	346	377	286	336	302	288
Y9 : Autres cultures industrielles	55*	54*	78*	27	26	20*
Y10 : Légumes plein champ	59	61	10*	32	12*	23*
Y11 : Légumes plein air	60*	61*	60*	33*	58*	-17*
Y12 : Légumes sous abri	112	143*	-56*	49*	120*	26*
Y13 : Fleurs	12*	14*	-34*	66	82	8*
Y14 : Tomates	44	50	27*	-70*	-215*	-33*
Y15 : Fruits	37	42	16*	26	23	27
Y16 : Vins de qualité	7	7	2	5	6	3
Y17 : Vins de table	15	16	7	10	11	6
Y18 : Bovins	86	91	50*	75	78	46
Y19 : Porcins	25*	72*	-70*	-4*	-6*	123*
Y20 : Volailles	-30	-35*	-15*	-14*	-15*	6*
Y21 : Autres animaux	-214	-224*	-100*	203*	166*	366*
Y22 : Lait et produits de vaches	65	65	61	31	31	14*
Y23 : Autres produits animaux	-26*	-22*	-69*	-23*	-36*	54*
Indice_Productivité_Globale	-3*	-11*	5*	-40	-22*	-32

**Panels non cylindrés pour les exploitations « polyculture/polyélevage »
sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007**

X1 Engrais	1993-2000 Otex J			2000-2007 Otex J		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	1268	1175	2270	1449	1299	2713
Y1 : Blé	169	175	119	132	141	67
Y2 : Orge	257	281	123	236	254	93
Y3 : Maïs	159	164	119	145	153	81
Y4 : Autres céréales	322	335	94	164	207	42
Y5 : Légumes secs	-11*	-33*	15*	23*	-16*	17*
Y6 : Pommes de terre	62	73	5*	77	83	55
Y7 : Betteraves sucrières	42	40	31*	59	59	-1*
Y8 : Colza et tournesol	237	231	177	214	217	75
Y9 : Autres cultures industrielles	33	37	9*	9*	12*	-1*
Y10 : Légumes plein champ	39	43	22	41	42	30
Y11 : Légumes plein air	43	39	31	12	5*	22
Y12 : Légumes sous abri	14*	8*	49	25	26	19
Y13 : Fleurs	39	40	15*	18	24	-12*
Y14 : Tomates	13*	19*	1*	-6*	-6*	-28
Y15 : Fruits	26	27	17	20	20	-11*
Y16 : Vins de qualité	24	24	21	34	33	5*
Y17 : Vins de table	27	26	32	26	23	31
Y18 : Bovins	68	68	52	52	51	29
Y19 : Porcins	-9	-11	7	-10	-12	3*
Y20 : Volailles	-9	-10	-4*	-6	-7	-3*
Y21 : Autres animaux	11	11*	11*	8	6*	8*
Y22 : Lait et produits de vaches	33	32	44	22	20	40
Y23 : Autres produits animaux	-2*	-2*	-2*	1*	1*	49*
Indice_Productivité_Globale	-117	-15*	-138	-15*	48*	-36*

Panels non cylindrés pour l'ensemble des exploitations sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X2 Phytosanitaires	1993-2000 Toutes exploitations			2000-2007 Toutes exploitations		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	775	663	1531	1171	1047	1942
Y1 : Blé	214	221	152	220	233	124
Y2 : Orge	196	203	133	176	175	106
Y3 : Maïs	904	91	80	78	77	63
Y4 : Autres céréales	101	110	46	87	94	26
Y5 : Légumes secs	151	146	113	135	96	97
Y6 : Pommes de terre	85	89	40	93	95	59
Y7 : Betteraves sucrières	99	94	130	81	75	122
Y8 : Colza et tournesol	226	219	185	236	230	134
Y9 : Autres cultures industrielles	51	52	39	39	46	14
Y10 : Légumes plein champ	39	43	23	39	41	27
Y11 : Légumes plein air	47	49	29	47	49	30
Y12 : Légumes sous abri	20	20	10	27	28	10
Y13 : Fleurs	13	13	9	8	9	4
Y14 : Tomates	-6	-6	1*	-19	-21	-4
Y15 : Fruits	75	78	43	65	67	35
Y16 : Vins de qualité	28	29	11	27	28	12
Y17 : Vins de table	94	98	41	89	93	43
Y18 : Bovins	-2	-1*	0*	-2	-2*	0*
Y19 : Porcins	2	2	3	1	1*	1*
Y20 : Volailles	-6*	0*	-1*	0*	0*	0*
Y21 : Autres animaux	-10	-9	-12	-11	-10	-10
Y22 : Lait et produits de vaches	8	8	9	7	7	14
Y23 : Autres produits animaux	-1*	-1*	-1*	-3	-3	-6
Indice_Productivité_Globale	-59	-96	-11	-107	-40*	-82

Panels non cylindrés pour les exploitations « grandes cultures » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X2 Phytosanitaires	1993-2000 Otex A			2000-2007 Otex A		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	872	670	2577	1545	1255	3439
Y1 : Blé	208	214	142	215	227	118
Y2 : Orge	194	203	116	160	159	98
Y3 : Maïs	84	86	75	64	64	58
Y4 : Autres céréales	125	127	105	89	96	17*
Y5 : Légumes secs	155	158	96	155	128	94
Y6 : Pommes de terre	84	88	38	92	94	56
Y7 : Betteraves sucrières	101	97	128	80	76	114
Y8 : Colza et tournesol	207	204	156	218	218	106
Y9 : Autres cultures industrielles	54	56	39	37	45	10
Y10 : Légumes plein champ	39	41	25	38	40	26
Y11 : Légumes plein air	24*	-67*	97	77	73*	103
Y12 : Légumes sous abri	-33	-35*	51	8*	15*	-67
Y13 : Fleurs	-56*	-55*	-24	6*	6*	-4*
Y14 : Tomates	43	41	67	11*	3*	92
Y15 : Fruits	28	32	-10	27	31	0*
Y16 : Vins de qualité	86	92	28	20*	25*	34*
Y17 : Vins de table	145	148	114	123	119	111
Y18 : Bovins	19	19	13	26	22	44
Y19 : Porcins	14	13*	4	10	11*	7*
Y20 : Volailles	0*	0*	3	1*	2*	-2*
Y21 : Autres animaux	1*	-1*	12	-4*	-3*	6*
Y22 : Lait et produits de vaches	19	18	9	36	32	94
Y23 : Autres produits animaux	8*	12*	-14	-8*	-9*	-1*0
Indice_Productivité_Globale	-1387	-1114	-997	-1461	-1321	-932

Panels non cylindrés pour les exploitations « viticultures » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X2 Phytosanitaires	1993-2000 Otex C			2000-2007 Otex C		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	2432	2192	4117	3403	3262	3753
Y1 : Blé	279	87*	447	137	2*	164
Y2 : Orge	684	783	129*	339	387	184
Y3 : Maïs	380	410	71*	253	266	126
Y4 : Autres céréales	88*	132*	-62*	122*	146*	16*
Y5 : Légumes secs	-720	-865*	29*	106*	-373*	-15*
Y6 : Pommes de terre	-1035*	-938*	-2352*	-1349	-1883*	73*
Y7 : Betteraves sucrières	-192	-114*	597*	-16*	35*	-163*
Y8 : Colza et tournesol	987	1331	419	692	1005	351
Y9 : Autres cultures industrielles	166	144*	227	0*	11*	-72*
Y10 : Légumes plein champ	96	107	-55	40*	30*	-5*
Y11 : Légumes plein air	-39*	26*	-62*	130	218*	27*
Y12 : Légumes sous abri	227*	192*	351	-120*	-280*	-108*
Y13 : Fleurs	-45*	-52*	-33*	81*	125*	-104*
Y14 : Tomates	-40*	-74*	36*	239*	608*	187*
Y15 : Fruits	112	131	35*	90	92	38
Y16 : Vins de qualité	23	24	6	21	22	10
Y17 : Vins de table	77	81	32	71	75	28
Y18 : Bovins	36*	51*	75*	38	54*	-46*
Y19 : Porcins	62*	124*	9*	16*	16*	-200*
Y20 : Volailles	11*	1*	21*	31*	28*	28*
Y21 : Autres animaux	-107*	-62*	272*	909	860*	965*
Y22 : Lait et produits de vaches	48*	33*	77*	17*	24*	29*
Y23 : Autres produits animaux	-2*	4*	4*	-165*	-179*	-140*
Indice_Productivité_Globale	-41	-87	9*	-177	-203*	-101*

**Panels non cylindrés pour les exploitations « polyculture/polyélevage »
sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007**

X2 Phytosanitaires	1993-2000 Otex J			2000-2007 Otex J		
	Mco	between	within	Mco	between	within
Constante	630	585	1028	664	543	1838
Y1 : Blé	218	231	150	191	209	100
Y2 : Orge	180	174	164	220	233	101
Y3 : Maïs	110	112	92	94	98	59
Y4 : Autres céréales	38	36	37	125	147	58
Y5 : Légumes secs	226	217	177	161	134	97
Y6 : Pommes de terre	116	124	62	139	139	116
Y7 : Betteraves sucrières	83	80	71	106	97	146
Y8 : Colza et tournesol	292	295	234	296	287	184
Y9 : Autres cultures industrielles	33	33	33	29	29	29
Y10 : Légumes plein champ	31	35	10	39	39	31
Y11 : Légumes plein air	23	23	14	35	39	-5*
Y12 : Légumes sous abri	40	42	25	30	31	22
Y13 : Fleurs	20	18	32	7*	8*	-7*
Y14 : Tomates	-12*	-14*	-11*	-21	-22	-26
Y15 : Fruits	80	83	35	69	72	33
Y16 : Vins de qualité	53	53	41	47	47	19
Y17 : Vins de table	12	113	77	160	165	91
Y18 : Bovins	1*	-1*	10	8	5*	13
Y19 : Porcins	5	3	20	5	4	8
Y20 : Volailles	-1*	-1*	2*	1*	-1*	-1*
Y21 : Autres animaux	-3*	-4*	-2*	0*	0*	-7*
Y22 : Lait et produits de vaches	9	8	21	12	10	27
Y23 : Autres produits animaux	4	3*	2*	2*	1*	4*
Indice_Productivité_Globale	-124	-98*	-110	-16*	41*	-44

**VI.5 : Modèle A avec panels non cylindrés 1993-2000 et 2000-2007 :
Résultats des estimations par la méthode de MUNDLAK pour l'ensemble des
exploitations et pour les exploitations « grandes cultures »
[engrais et phytosanitaires]**

On utilise comme variable explicative, soit l'indice de productivité globale, soit l'indice de productivité des phytosanitaires, soit l'indice de productivité des engrais.

Panels non cylindrés pour l'ensemble des exploitations sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X1 Engrais	Toutes exploitations					
	1993-2000 Productiv globale	2000-2007 Productiv globale	1993-2000 Productiv phyto	2000-2007 Productiv phyto	1993-2000 Productiv engrais	2000-2007 Productiv engrais
Constante	1862	1847	1818	1846	1964	1881
Y1 : Blé tendre	80	49	80	47	81	50
Y2 : Blé dur	81	41	79	40	82	42
Y3 : Orge	90	51	94	49	95	51
Y4 : Maïs	67	58	69	57	72	58
Y5 : Autres céréales	173	15*	174	13*	174	16*
Y6 : Légumes secs	24	-1*	27	-3*	27	-1*
Y7 : Pommes de terre	14	26	14	26	14	26
Y8 : Betteraves sucrières	102	24	106	24	103	24
Y9 : Colza	194	76	198	76	193	76
Y10 : Tournesol	105	14*	105	14*	99	15*
Y11 : Autres cultures industrielles	11*	0*	11*	-1*	12*	0*
Y12 : Légumes	12	6	11	6	12	6
Y13 : Autres cultures végétales	10	5	10	5	10	5
Y14 : Productions animales	9	7	9	7	9	7
MX1	112	119	112	121	111	118
MX2	31*	82	33	83	30*	81
MX3	198	191	195	193	193	191
MX4	75	73	73	74	70	73
MX5	45	171	44	173	44	171
MX6	-101	-40	-104	-38	-105	-40
MX7	38	11	38	11	38	10
MX8	-47	33	-51	33	-47	33
MX9	-21*	107	-25	107	-20*	106
MX10	91	139	92	139	96	139
MX11	18	13	18	13	18	13
MX12	23	23	24	23	23	23
MX13	5	8	6	8	6	8
MX14	6	1*	6	1*	6	1*
Indice-productivité	-5757	-719*	-1626	914*	-4503	-1213

Panels non cylindrés pour les exploitations « grandes cultures » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X1 Engrais	Otex A					
	1993-2000 Productiv globale	2000-2007 Productiv globale	1993-2000 Productiv phyto	2000-2007 Productiv phyto	1993-2000 Productiv engrais	2000-2007 Productiv engrais
Constante	1987	1848	1939	1808	2092	1881
Y1 : Blé tendre	71	54	70	53	72	56
Y2 : Blé dur	69	37	67	37	69	39
Y3 : Orge	85	43	86	45	89	43
Y4 : Maïs	63	61	64	59	65	61
Y5 : Autres céréales	147	13*	146	14*	148	13*
Y6 : Légumes secs	33	-13*	32	-14*	38	-13*
Y7 : Pommes de terre	13	23	13	23	12	23
Y8 : Betteraves sucrières	107	26	111	26	106	28
Y9 : Colza	207	73	209	73	200	76
Y10 : Tournesol	98	16*	98	16*	91	18*
Y11 : Autres cultures industrielles	8*	2*	8*	2*	8*	1*
Y12 : Légumes	8	0*	8	0*	8	1*
Y13 : Autres cultures végétales	-4*	5*	-4*	5*	-7*	5*
Y14 : Productions animales	14	15	14	15	14	15
MX1	67	74	68	75	66	72
MX2	29*	80	32*	80	29*	79
MX3	164	172	164	171	160	172
MX4	80	72	79	73	78	72
MX5	8*	120	9*	118	7*	119
MX6	17*	51	18*	52	13*	52
MX7	39	16	39	16	39	16
MX8	-31	51	-35	50	-29	48
MX9	44	178	41	179	50	176
MX10	136	181	136	181	143	180
MX11	18	13	18	13	18	14
MX12	24	27	25	28	24	27
MX13	29	2*	29	2*	31	2*
MX14	6*	2*	7*	2*	6*	2*
Indice-productivité	-2467	-3782	-1314	-5018	-4214	-3460

Panels non cylindrés pour l'ensemble des exploitations sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X2 Phytoprotecteurs	Toutes exploitations					
	1993-2000 Productiv globale	2000-2007 Productiv globale	1993-2000 Productiv phyto	2000-2007 Productiv phyto	1993-2000 Productiv engrais	2000-2007 Productiv engrais
Constante	984	1429	958	1433	984	1425
Y1 : Blé tendre	131	86	127	86	132	83
Y2 : Blé dur	128	69	122	69	128	66
Y3 : Orge	119	59	119	61	122	57
Y4 : Maïs	63	45	65	44	65	44
Y5 : Autres céréales	75	17*	74	19*	76	15*
Y6 : Légumes secs	73	74	78	77	74	72
Y7 : Pommes de terre	42	51	42	51	43	51
Y8 : Betteraves sucrières	116	76	119	75	118	75
Y9 : Colza	182	96	180	94	183	95
Y10 : Tournesol	166	77	163	77	165	77
Y11 : Autres cultures industrielles	36	2	35	3*	36	2*
Y12 : Légumes	16	7	15	7	15	7
Y13 : Autres cultures végétales	17	10	17	10	17	10
Y14 : Productions animales	4	4	3	4	4	4
MX1	93	155	97	155	93	158
MX2	64	148	70	147	64	150
MX3	72	107	71	106	69	109
MX4	25	33	23	33	23	34
MX5	27	69	28	67	26	71
MX6	34	-3*	60	-6*	63	-1*
MX7	46	40	46	40	46	40
MX8	-24	-6*	-27	-5*	-25	-5*
MX9	25	127	27	129	24	128
MX10	91	121	94	121	92	121
MX11	12*	43	12*	42	11*	43
MX12	27	29	27	29	28	29
MX13	12	15	13	15	13	16
MX14	-3	-4	-2*	-4	-3	-4
Indice-productivité	-3533	-1423	-5354	-4128	-832	111*

Panels non cylindrés pour les exploitations « grandes cultures » sur les périodes 1993-2000 et 2000-2007

X2 Phytoprotecteurs	Otex A					
	1993-2000 Productiv globale	2000-2007 Productiv globale	1993-2000 Productiv phyto	2000-2007 Productiv phyto	1993-2000 Productiv engrais	2000-2007 Productiv engrais
Constante	691	1241	677	1226	722	1252
Y1 : Blé tendre	128	80	123	81	128	80
Y2 : Blé dur	113	58	106	59	113	58
Y3 : Orge	115	47	116	49	119	47
Y4 : Maïs	64	43	66	44	67	43
Y5 : Autres céréales	111	-5*	110	-3*	111	-5*
Y6 : Légumes secs	66	73	69	74	68	73
Y7 : Pommes de terre	41	46	41	46	41	46
Y8 : Betteraves sucrières	110	72	116	73	112	73
Y9 : Colza	160	70	159	70	158	71
Y10 : Tournesol	154	55	152	55	148	55
Y11 : Autres cultures industrielles	33	1*	32	1*	33	1*
Y12 : Légumes	20	21	19	21	19	21
Y13 : Autres cultures végétales	53	7*	51	7*	51	7*
Y14 : Productions animales	3*	7*	3*	7*	4*	7*
MX1	89	154	93	152	89	153
MX2	74	156	82	155	75	156
MX3	84	111	83	109	80	111
MX4	20	23	18	23	18	23
MX5	23*	104	23*	103	23*	104
MX6	87	32*	85	31*	85	32*
MX7	47	45	47	45	47	44
MX8	-12*	1*	-18*	0*	-14*	0*
MX9	45	158	46	157	47	157
MX10	67	109	68	109	73	108
MX11	19	48	19	48	19	48
MX12	20	17	20	17	20	17
MX13	-13*	-12*	-11*	-12*	-11*	-12*
MX14	7*	6*	8*	6*	7*	6*
Indice-productivité	-4101	-1296	-5336	-2558	-3636	-1157

**VI.6 : Modèle A avec panels non cylindrés 1993-2000 et 2000-2007 :
Résultats des estimations par la méthode des MCO et de MUNDLAK pour
l'ensemble des exploitations et pour les exploitations « grandes cultures »
[subventions]**

	Toutes exploitations							
	X20 1993-2000	X20 2000-2007	X20_1 1993-2000	X20_1 2000-2007	X20_2 1993-2000	X20_2 2000-2007	X20 1993-2000	X20 2000-2007
Constante	7864	12172	5446	8052	2036	3624	7651	11758
Y1 : Blé tendre	415	435	449	509	-42	-74	211	111
Y2 : Blé dur	728	616	726	613	-13	-3*	235	2*
Y3 : Orge	587	653	557	590	8	22	165	107
Y4 : Maïs	394	334	388	336	-17	-26	117	55
Y5 : Autres céréales	444	678	353	567	54	105	139	10*
Y6 : Légumes secs	459	274	473	195	14	96	164	111
Y7 : Pommes de terre	-10	-17	-9	-19	0*	1*	-15*	-1*
Y8 : Betteraves sucrières	-13	2*	-20	-14	0*	2*	196	95
Y9 : Colza	840	581	792	460	19	71	474	45*
Y10 : Tournesol	1411	562	1436	606	-35	-41	756	223
Y11 : Autres cultures industrielles	141	79	117	69	-1*	2*	-90	-24*
Y12 : Légumes	-11	-4*	-9	-4*	-3	-4	-7*	3*
Y13 : Autres cultures végétales	-4	-8	-7	-8	-2	-4	-12	-16
Y14 : Productions animales	31	52	27	44	3	7	12	-1*
MX1							190	334
MX2							511	664
MX3							470	582
MX4							289	290
MX5							337	764
MX6							300	62*
MX7							6*	-18/
MX8							-212	-101
MX9							393	557
MX10							694	281
MX11							258	131
MX12							-7*	-10*
MX13							9	8
MX14							19	55
Indice_productivi té_Globale	-4196*	-12219	5562	-13824	-9918	4773	-11777	-144*

	Otex A							
	X20 1993-2000	X20 2000-2007	X20_1 1993-2000	X20_1 2000-2007	X20_2 1993-2000	X20_2 2000-2007	X20 1993-2000	X20 2000-2007
Constante	6350	7964	5575	6804	301	654	5407	6623
Y1 : Blé tendre	389	408	382	416	-2*	-11	134	51
Y2 : Blé dur	730	631	714	594	5	28	68*	-29*
Y3 : Orge	521	584	493	518	4	21	137	68
Y4 : Maïs	411	376	388	349	1	5	107	45
Y5 : Autres céréales	231	364	180	339	7	25	12*	-86
Y6 : Légumes secs	579	416	610	401	-4*	37	172	50*
Y7 : Pommes de terre	-4*	-5*	-3*	-7	1*	2*	-17*	-3*
Y8 : Betteraves sucrières	17	57	10	45	-1*	-1*	216	86
Y9 : Colza	882	670	858	590	3*	40	424	-22*
Y10 : Tournesol	1456	787	1442	762	9	35	594	193
Y11 : Autres cultures industrielles	146	94	120	76	7	10	-107	-27*
Y12 : Légumes	-7	2*	-10	-5	2	4	-2*	0*
Y13 : Autres cultures végétales	81	28	52	26	5	2*	-114	24*
Y14 : Productions animales	59	113	55	10	2	12	39	24*
MX1			-				238	358
MX2							687	700
MX3							421	540
MX4							323	351
MX5							231	489
MX6							462	346
MX7							15*	-3*
MX8							-198	-29*
MX9							516	763
MX10							952	619
MX11							290	156
MX12							-4*	5*
MX13							199	4*
MX14							21*	89
Indice_productivité_Globale	-6657	-15817	-3979	-13998	-94*	927	-10953	-2757

III) Bibliographie

Sur les techniques d'estimation

- AUFRANT M. (1983) : Les coûts de production des grands produits agricoles, *Collection Archives et documents de l'INSEE*, n°64
- BALTAGI B. (1985) : Pooling Cross-Sections with Unequal Time-Series Lengths, *Economic Letters*, 18, p.133-136
- BUTAULT JP. et CYNCINNATUS M. (1991) : Coûts de production et compétitivité des agricultures européennes, *Actes et Communications*, INRA Economie et sociologie rurales-INSEE, n°5, juillet
- DESBOIS D. (2006) : Méthodologie d'estimation des coûts de production agricole : comparaison de deux méthodes sur la base du RICA, *Revue Modulad*, n°35
- DESBOIS D. et LEGRIS B. (2007) : Prix et coûts de production de six grandes cultures, *INSEE Références*, p.23-36
- HALLAM D., BAILEY A., JONES P., et ERRINGTON A. (1999) : Estimating Input Use and Production Costs From Farm Survey Panel Data, *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 50, n°3, p.440-449
- HAUSMAN J.A. (1978) : Specification Tests in Econometrics, *Econometrica*, 46, p.1251-1271
- HAUSMAN J.A., TAYLOR T. (1981) : Panel Data And Unobservable Fixed Effects, *Econometrica*, 49, p.1377-1398
- MATYAS L., SEVESTRE, P. (1996) : *The econometrics of panel data : a handbook of the theory with applications*, Dordrecht : Kluwer academic publishers
- MUNDLAK, Y. (1978) : On the Pooling of Time Series and Cross-Section Data, *Econometrica*, 46, p.69-85
- PINGAULT N. et DESBOIS D. (2003) : Estimation des coûts de production des principaux produits agricoles à partir du RICA, *Notes et Etudes Economiques*, n°19, p. 9-51.
-
- POLLET P. (1997) - avec la collaboration de J-P. Butault (Inra) et E. Chantry (SCEES) - : *Le modèle sur les coûts de production agricole*, document de travail de l'INSEE n°E9802
-
- SEVESTRE, P. (2002) : *Econométrie des données de panels*, Dunod, Paris
- ZELLNER, A. (1962) : An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 57, No. 298, p. 348-368.

Sur la productivité

- ACCARDO J., JLASSI M. (1998) : La productivité globale des facteurs entre 1975 et 1996, *Document de travail de l'INSEE G9806*
- BOUSSARD J.M., FOULHOUZE I. (1980) : La productivité des exploitations du RICA, 1970-1977, *Economie rurale*, Vol 140 n°1, p.3-9
- BUREAU, BUTAULT, HASSAN, LEROUVILLOIS, ROUSSELLE (1991) : *Formation et répartition des gains de productivité dans les agricultures européennes 1967-1987*, Eurostat
- BUTAULT J.P. (1981) : Analyse de la déformation de la structure du prix global de la production agricole par un élargissement de la méthode des comptes de surplus, *Economie rurale*, Vol 144 n°1, p.51-56
- BUTAULT J.P. (2006) : *La baisse des revenus et l'essoufflement de la productivité dans l'agriculture française depuis 1998*, INRA Sciences sociales, n°2
- BUTAULT J.P. (2008) : La relation entre prix agricoles et prix alimentaires, *Revue française d'économie*, octobre
- CERC (1968) : Surplus de productivité globale et comptes de surplus, *Avant rapport*
- CERC (1971) : Productivité globale et les comptes de surplus des Charbonnages de France
- CERC (1987) : *La productivité globale dans l'entreprise*, Dunod
- COLLECTIF (1965) : Les progrès de productivité et leur utilisation à l'électricité de France de 1952 à 1962, *Études et conjoncture*, n°1
- COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1997) : *Entreprise et performance globale. Outils, évaluation, pilotage*, Economica
- COURBIS R. (1968), Productivité globale des facteurs, prévision des prix, et politique des revenus, *Revue économique*, Vol 19 n°4, p.563-606
- DECHAMBRE B. (2000) : *Le partage de la valeur ajoutée entre l'agriculture et son aval. Une application de la méthode des comptes de surplus*, Etude présentée à la CCAN, session du 19 juin 2000
- DESTAIS G., GILLOT-CHAPAZ A. (2000) : La productivité revisitée, *Cahiers de recherche* n°23
- LEGRIS B. (2001), *La productivité de la branche agriculture*, note de travail pour séminaire études DSE
- VINCENT A.L.A. (1965) : De la mesure de la productivité aux problèmes généraux de gestion économique, *Revue économique*, Vol 16 n°6, p.879-924
- VINCENT A.L.A. (1968) : *La mesure de la productivité*, Dunod, Paris
- VINCENT A.L.A. (1971) : Indices et surplus de productivité globale. Etude méthodologique comparative », *Revue économique*, Vol 22 n°1, p.1-42

ANNEXE

Typologie des subventions

Il nous a semblé utile de décomposer les subventions en 4 catégories (décomposition fondée sur la réforme de la PAC de 2003) :

- ⇒ le paiement unique découplé (DPU) [aides du 1^{er} pilier]
- ⇒ Les aides directes à la production animale [aides du 1^{er} pilier]
- ⇒ Les aides directes à la production végétale [aides du 1^{er} pilier]
- ⇒ Les aides du 2^{ème} pilier

Cette décomposition permet de classer les subventions en fonction des évolutions récentes de la PAC : distinction 1^{er} pilier / 2^{ème} pilier, et à l'intérieur du 1^{er} pilier distinction entre les aides découplées et les aides couplées (à la production végétale et à la production animale).

Cette classification peut nous permettre d'éclater l'agrégat « subventions » en plusieurs postes, afin d'examiner, grâce au modèle sur les coûts de production, l'effet d'un changement de structure de production sur le montant de chaque type de subvention.

Classification des variables de subvention

Paiement unique découplé (VDPU) : 90, 91, 92, 93

Aides directes à la production animale (VANI)

Prime aux vaches allaitantes (VANI1) : 20

Prime spéciale aux bovins mâles (VANI2) : 52, 53

Prime aux ovins et caprins (VANI3) : 17, 65, 66

Autres aides au secteur animal (VANI4) : 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 41, 50, 51, 56, 57, 67

Aides directes à la production végétale (VVEG)

Primes aux céréales (VVEG1) : 27, 30

Primes aux oléagineux et protéagineux (VVEG2) : 28, 29, 74

Primes au secteur horticole (VVEG3) : 23, 68, 69

Prime au secteur du vin (VVEG4) : 22

Prime au secteur des plantes industriels (VVEG5) : 24, 60, 61, 62

Aides aux jachères (VVEG6) : 26

Autres aides au secteur végétal (VVEG7) : 21, 25, 42, 63, 64, 70

Total subventions du 1^{er} pilier : VDPU + VANI + VVEG

Subventions du 2^{ème} pilier (développement rural) (VDEV)

Handicap géographique (VDEV1) : 31

Accident climatique (VDEV2) : 32

Aides agri-environnementales (VDEV3) : 34, 71, 72

Autres aides du 2^{ème} pilier (VDEV4) : 33, 39, 43, 73

Indemnités d'assurance (VASSU) : 00, 01, 02

Total subventions (hors indemnités assurances) : VSUBV = VDPU + VANI + VVEG + VDEV