Réforme de la Politique Agricole Commune : évolution des rendements céréaliers entre inefficacité technique et prix-efficacité

Dominique Vermersch, Jean-Philippe Boussemart, Benoît Dervaux, Isabelle Piot-Lepetit

Institut National de la Recherche Agronomique

Station d'Economie et Sociologie Rurales
65, rue de St-Brieuc - 35042 Rennes cedex

Unité de Recherche environnement et revenu des agriculteurs

REFORME DE LA POLITIQUE AGRICOLE COMMUNE

EVOLUTION DES RENDEMENTS CEREALIERS ENTRE INEFFICACITE TECHNIQUE ET PRIX-EFFICACITE

Direction : VERMERSCH Dominique

Collaboration : BOUSSEMART Jean-Philippe [1]
DERVAUX Benoît [2]
PIOT Isabelle [3]

Décembre 1992

Etude financée par le Ministère de l'Economie et des Finances, Direction de la Prévision
(contrat INRA 30.9238 D)

[1] Université de Lille 3 et CREA-LABORES (UA-CNRS n°362)
[2] CRESGE-LABORES (UA-CNRS n°362) et IESEG
[3] INRA-ESR Rennes

RESUME

Cette étude tente de justifier, au sein du secteur agricole, l'hypothèse suivant laquelle le niveau d'efficacité micro-économique conditionne largement le degré d'efficience des politiques de régulation des marchés. L'illustration porte sur la toute récente réforme de la Politique Agricole Commune qui s'est donnée comme catalyseur une baisse notable du prix des céréales.

Nous utilisons ici un cadre méthodologique non paramétrique permettant de révéler les inefficacités proprement techniques de même que les inefficacités allocatives, c'est-à-dire relatives au système de prix. Cette approche est appliquée à l'examen d'échantillons d'exploitations céréalières du RICA (Réseau d'Information Comptable Agricole) pour les années 1987 à 1990. Les inefficacités techniques observées s'interprètent comme des gains potentiels de productivité traduits ici sous forme d'accroissement des rendements céréaliers à l'hectare. Pour l'année 1990, l'inefficacité technique serait en moyenne d'environ 10 % sur l'échantillon considéré. La résorption de cette seule inefficacité technique pourrait conduire à une augmentation de 11,2 % des rendements céréaliers. L'effet escompté du gel de 15 % des terres sur l'offre céréalière sera donc vraisemblablement amorti. Ce résultat global se différencie selon les régions et la taille des exploitations.

L'évolution dans l'après-réforme des rendements céréaliers est aussi analysée dans un cadre paramétrique formalisant une situation d'efficacité-prix de la technologie (les producteurs maximisent leur profit et réagissent instantanément à la variation des prix). Si la baisse des rendements apparaît sans ambiguïté pour les divers cas envisagés, nous mettons en évidence l'existence d'effets amortisseurs de celle-ci : gel des terres, situation de rendements décroissants, situation de fixité pour certains facteurs tels que la terre ou le travail.

La Commission Européenne justifie aujourd'hui la compatibilité du pré-accord du GATT de Novembre 92 avec la réforme de la PAC, sur la base notamment de deux hypothèses : un accroissement futur des rendements céréaliers inférieur à 1 % et une situation où les céréaliers produiront des rendements inférieurs au rendement de référence régional sur lequel est indexée l'aide directe. Cependant, l'analyse non paramétrique des inefficacités rend fortement improbable une telle évolution des rendements et l'approche paramétrique, reposant sur l'hypothèse d'efficacité-prix de la technologie (hypothèse la plus favorable à la baisse des rendements), met en évidence des situations optimales supérieures au rendement de référence, notamment dans le cas des petits producteurs.

INTRODUCTION GENERALE

EFFICACITE MICROECONOMIQUE ET EFFICIENCE DES POLITIQUES DE REGULATION DES MARCHES

L'évolution à court et moyen terme des rendements céréaliers français mais aussi européens conditionne aujourd'hui de manière cruciale tant la réussite de la réforme de la Politique Agricole Commune (PAC) de mai 92 que sa compatibilité avec le pré-accord de novembre dernier entre Européens et Américains dans le cadre des négociations du GATT. Si l'on a assisté à un ralentissement de la croissance des rendements ces dernières années, le taux de croissance au niveau européen avoisine encore 1,8 % sur les cinq dernières années ; de plus, la Commission Européenne escompte dès l'après-réforme une croissance de la productivité céréalière inférieure à 1 % avec l'hypothèse que les producteurs ne dépasseront pas les rendements céréaliers régionaux de référence qui déterminent l'aide directe qui leur sera accordée [1]. Le catalyseur initial de la réforme consiste en une baisse notable des prix de soutien accordés aux céréales. Le prix indicatif baisserait de 29 % d'ici 1995 ou 1996, date à laquelle il atteindrait 110 Ecus par tonne. Au travers du rôle joué par les céréales, tant au niveau des combinaisons productives adoptées sur l'exploitation agricole que dans leur utilisation dans l'alimentation animale, les effets escomptés se déduisent simplement d'une mécanique d'équilibre partiel : raffermissement de la demande (notamment au travers d'une récupération des parts de marché grignotées par les PSC2), effet-prix sur les marchés des porcs, volailles, oeufs et, dans une moindre mesure sur la viande bovine.

L'intensité de ces effets a été estimée de diverses manières (Guyomard et Mahé, 1992 ; Mathieu et Ramanantsoa, 1992) ; certaines incertitudes demeurent, liées tant au comportement stratégique des grands pays agricoles exportateurs qu'à celui des producteurs individuels.

---

[1] AGRA Europe, 27 Novembre 1992.

[2] PSC = Produits de Substitution des Céréales. Il s'agit notamment des tourteaux de soja, du manioc, du gluten de maïs, des mélasses et des sons.

Nous intéressant ici au niveau microéconomique, la baisse des prix des céréales est compensée, sur la base d'un rendement céréalier départemental de référence, par des aides directes pour les surfaces cultivées et pour celles soumises au gel des terres[3]. La modélisation d'un tel effet-prix a souvent été conduite jusqu'ici en considérant initialement une offre concurrentielle, c'est-à-dire fondée sur un comportement 'profit-maximizer' du producteur. A l'évidence, cela conduit à une prévision optimiste quant à la baisse escomptée de l'offre céréalière.

Plusieurs éléments de nature empirique mettent en doute cependant le résultat précédent. D'une part, on ne peut oublier que l'augmentation des rendements, faisant suite notamment à l'exploitation des économies d'échelle de court terme, a constitué jusqu'à maintenant l'amortisseur essentiel de la baisse des prix, en termes réels, des céréales (Vermersch, 1990). D'autre part, les baisses de prix automatiques associées aux stabilisateurs budgétaires introduits en 1988 se sont révélées impuissantes à contenir la progression des quantités offertes. Dans un souci de minimiser le coût d'ajustement suite à la baisse des prix, cette dernière constitue initialement pour le producteur une incitation à la résorption des inefficacités techniques et allocatives, autant de gains potentiels de productivité. Dans un tel cas de figure, l'efficience de la régulation apparaît donc fortement dépendante du niveau d'efficacité microéconomique. Une telle relation se retrouve par ailleurs s'agissant de mesures d'internalisation des effets externes : en effet, et à titre d'exemple, les externalités causées par l'utilisation d'intrants azotés peuvent être éliminées en partie par la seule résorption d'inefficacités techniques microéconomiques (Vermersch et al. 1991). Un raisonnement quelque peu analogue semble s'appliquer également pour ce qui concerne les pesticides avec pour contexte une situation d'information incomplète. Dès lors, la mesure d'efficacité microéconomique contribue à évaluer plus finement le degré d'efficience tant des politiques de régulation par les prix que des politiques environnementales.

Telle est la thèse centrale du travail présenté ici, à savoir que le niveau d'efficacité des producteurs conditionnera largement le degré d'efficience des politiques de régulation des marchés. A des fins d'illustration, l'observation des faits précédents laisse place ici à une formalisation intègrant les divers seuils d'efficacité microéconomique, depuis l'inefficacité technique jusqu'au comportement prix-efficace qui réagit instantanément à la variation de prix.

Dès lors, l'approche retenue tente de se démarquer quelque peu d'une mécanique convexe classique réduisant les chocs de politique économique par le déplacement des agents le long d'une frontière d'efficacité technique voire d'efficacité-prix. A l'inverse, nous avons

---

[3] Une distinction est faite entre les petits producteurs qui ne sont pas soumis à l'obligation de gel des terres et les producteurs professionnels dont les surfaces consacrées aux céréales, oléagineux et protéagineux excèdent une production théorique de 92 tonnes.

le long d'une frontière d'efficacité technique voire d'efficacité-prix. A l'inverse, nous avons adopté une analyse non paramétrique qui ne stipule a priori aucune hypothèse d'efficacité technique relative aux producteurs. Cette approche devrait permettre d'expliquer les frottements subis par une politique de régulation des marchés par les prix ; cette dernière fournirait en fait un stimulus pour résorber les inefficacités individuelles. Cette résorption constituerait ainsi autant de gains potentiels de productivité que nous pourrons traduire sous forme d'accroissement des rendements céréaliers.

PLAN DU RAPPORT

Cette étude comprend trois chapitres. Le premier résulte pour l'essentiel d'un mémoire de DEA d'Isabelle Piot, sous la direction de Dominique Vermersch, et précise la méthodologie de l'approche non paramétrique. Après un bref survey historique de la mesure des efficacités au niveau microéconomique, en reprenant les travaux les plus récents, nous proposons à l'instar des approches primale et duale désormais classiques de la théorie du producteur, une présentation analogue et relative à la construction non paramétrique des frontières de production.

Le deuxième chapitre, réalisé par Jean-Philippe Boussemart et Benoît Dervaux, applique la méthodologie précédente pour construire des frontières de production non paramétriques et évaluer ainsi le niveau d'efficacité des exploitations agricoles. La résorption des inefficacités est interprétée ici comme un gain potentiel de productivité céréalière exprimé sous forme de rendements à l'hectare. Les calculs ont été menés sur les OTEX 11 et 12 du RICA, années 1987 à 1990.

Le troisième chapitre formalise enfin l'évolution des rendements céréaliers dans une situation d'efficacité-prix de la technologie agricole. Si la détermination du sens de l'évolution des rendements ne nécessite aucune estimation économétrique, nous mettons en évidence l'existence d'effets amortisseurs de la baisse escomptée ainsi que les effets de l'aide directe sur la structure des technologies agricoles mises en oeuvre.

I. APPROCHE NON PARAMETRIQUE DES EFFICACITES

Isabelle PIOT
Dominique VERMERSCH

Nous remercions Jean-Philippe BOUSSEMART et Benoît DERVAUX pour les conseils apportés lors de la rédaction de cette première partie.

I. 1. INTRODUCTION

Ces dernières années, les analyses micro-économétriques du secteur agricole se sont particulièrement intéressées à l'approche duale en théorie de la production. Se donnant conjointement un ensemble de possibilités de production et une hypothèse de comportement économique, cette approche fournit une "lecture duale" de la technologie agricole. Cependant, cette lecture est conditionnée par la plus ou moins bonne adéquation de cette hypothèse au processus exact d'optimisation du producteur.

La spécification des technologies agricoles mises en oeuvre à l'aide d'une approche non paramétrique primale devrait éviter les biais issus de l'hypothèse de comportement et de son unicité. Elle permet de calculer les inefficacités relatives à une frontière générée par les observations les plus efficaces.

Dans un premier temps, la notion d'efficacité économique sera regardée au travers des quatre mesures existantes, dans la littérature : efficacité technique, efficacité d'échelle, efficacité de coût et efficacité allocative. Puis, nous présenterons l'approche non paramétrique qui se fonde sur une enveloppe des observations approchant la technologie sans estimation des coefficients d'une forme fonctionnelle particulière mais par comparaison des observations entre elles, depuis l'article de Farrell de 1957.

Ensuite nous formaliserons l'approche non paramétrique. La méthode DEA (Data Envelopment Analysis) introduite par Charnes, Cooper et Rhodes en 1978 permet de caractériser l'efficacité technique des plans de production des firmes observées. Nous parlerons d'Approche Non Paramétrique Primale pour la différencier de celle qui introduit l'environnement prix des agents et que nous nommerons Approche Non Paramétrique Duale. Cette dernière encadre la technologie à l'aide de deux enveloppes des observations et permet de mesurer l'efficacité technique et allocative des firmes observées.

I.2. MESURE DES EFFICACITES DEPUIS FARRELL

I.2.1. La notion d'efficacité économique

La notion d'efficacité, en théorie de la production, est contingente à l'existence d'une frontière pour l'ensemble des possibilités de production, souvent décrite en première approximation par une fonction de production ou de transformation.

Dès lors, pour mesurer de telles efficacités, il est nécessaire de déterminer cette fonction-frontière. Deux approches ont été utilisées pour l'estimation de ces fonctions en économie :

- ***L'approche paramétrique***, la plus connue, jusqu'à ces dernières années, a été la plus largement utilisée. L'estimation se fait après avoir défini une forme fonctionnelle explicite pour la fonction frontière de production et très fréquemment, après avoir spécifié une distribution pour les termes d'efficacité ou perturbations. Cependant, tant les formes fonctionnelles adoptées que les lois de probabilités restent contestables et peuvent infirmer la généralité du réel observé.

- ***L'approche non paramétrique***, introduite par Farrell (1957), ne requiert aucune hypothèse sur la forme fonctionnelle mais permet d'approcher la frontière technologique à l'aide d'une enveloppe des observations. L'efficacité d'une firme est mesurée par rapport aux autres entreprises de l'échantillon.

La plupart des travaux renvoie à quatre formes d'efficacité des activités productives :

- ***L'efficacité technique*** consiste, pour tout niveau donné de production, à utiliser le moins de facteurs possibles ou de manière équivalente à réaliser le plus d'outputs possibles pour un niveau donné d'inputs. Le qualificatif de technique rappelle qu'il n'est fait aucune référence aux prix que ce soient des produits ou des facteurs pour déterminer l'efficacité. Nous sommes dans une situation où la firme opère sur sa frontière de production. C'est ce même critère d'efficacité technique qui préside à la détermination de l'ensemble global de production, agrégation des ensembles des possibilités de production de chaque entreprise. Analogue enfin est la recherche d'efficacité parétienne d'une économie.

- ***L'efficacité d'échelle*** caractérise une firme qui a atteint son échelle de production de long terme. Implicitement, on suppose que la technologie est fixe à long terme et que la firme opère sur une frontière de production présentant des rendements

d'échelle constants.

- ***L'efficacité coût*** concerne le choix des combinaisons factorielles permettant de produire les niveaux d'outputs. Prenant en compte le prix des inputs, nous sommes dans une situation où la firme produit au coût minimum. Cette forme d'efficacité implique l'efficacité technique. .

- ***L'efficacité allocative ou prix*** englobe l'efficacité coût. Elle prend en compte le prix des outputs et porte sur le choix des prix auxquels seront vendus les produits aux agents économiques. Nous sommes dans une situation où la firme cherche à maximiser son profit. Tout écart entre les prix des produits et les coûts marginaux de production constitue une forme d'inefficacité prix.

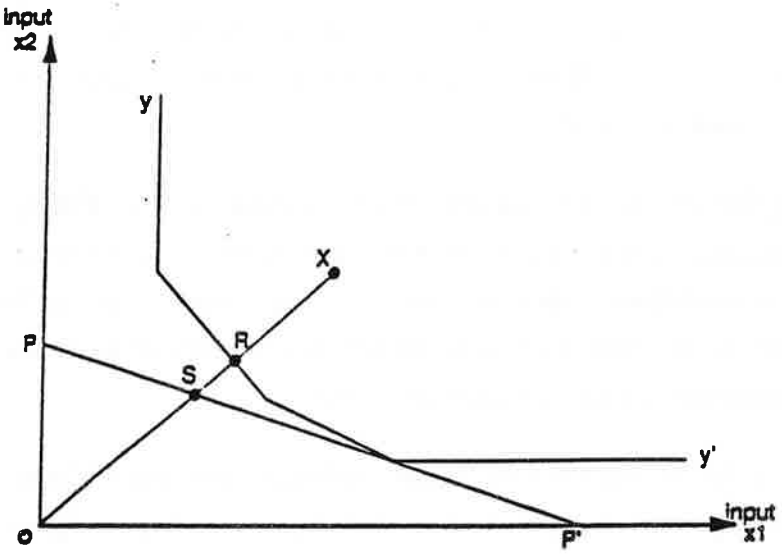
Remarquons enfin que ces diverses formes d'efficacité sont emboîtées et sont associées implicitement à un comportement d'optimisation, technique voire économique du producteur. Seule l'efficacité d'échelle tente de traduire, mais à notre avis imparfaitement, une évolution dans le temps de l'efficacité technique des entreprises.

I.2.2. Mesure des efficacités de Farrell (1957)

Farrell fut le premier à proposer une mesure des efficacités techniques et allocatives. Dans son article de 1957, il ne spécifie aucune forme fonctionnelle a priori pour la fonction-frontière de production mais utilise une fermeture linéaire par morceaux des observations. La technologie de production étudiée est très restrictive car elle se base sur les hypothèses de libre disposition en inputs, de convexité et de rendements d'échelle constants.

Soit une firme utilisant deux inputs x1 et x2 pour produire un output y. La frontière technologique est caractérisée par l'isoquante yy' et le rapport des prix des inputs par la droite PP'.

Figure 1 : Frontière de coût - Efficacités technique et allocative de Farrell



Si la combinaison productive observée de la firme est X alors l'efficacité technique est mesurée par le ratio OR/OX, ce qui représente l'éloignement du point observé X de l'isoquante yy' le long du rayon OX et l'efficacité prix est mesurée par OS/OR, ce qui correspond à l'éloignement du point techniquement efficace R du plan de minimisation du coût le long du rayon OX.

A la suite de l'article de 1957, d'autres auteurs ont tenté de poursuivre l'approche non paramétrique des efficacités. Cette méthode qui ne suppose aucune forme fonctionnelle pour la frontière de production dont il faudrait estimer les paramètres, s'articule autour de deux pôles suivant l'information disponible. L'approche non paramétrique primale permet une mesure de l'efficacité dans l'espace des biens alors que l'approche non paramétrique duale incorpore aussi l'espace des prix.

I.2.3. Approche non paramétrique primale

La mesure des efficacités technique et allocative, proposée par Farrell (1957), utilise une fermeture des observations basée sur les hypothèses de libre disposition en inputs, de convexité et de rendements d'échelle constants. En 1962, Farrell et Fieldhouse poursuivent cette approche en l'étendant à une technologie de production moins restrictive admettant des

rendements d'échelle croissants, tout en restant dans un cadre monoproduit-multifacteurs. L'enveloppe linéaire par morceaux des observations est déterminée à l'aide d'un programme linéaire.

Afin de mettre en évidence des économies d'échelle potentielles dans l'industrie de l'électricité hydraulique, Seitz (1971) reprend les approches précédentes. Il mesure les efficacités techniques et allocatives à échelle de production donnée et sans contrainte d'échelle. En 1986, Grosskopf reprendra une formalisation monoproduit pour montrer que les technologies frontières s'emboîtent les unes dans les autres en fonction des restrictions imposées en terme de rendements d'échelle (constants, non croissants ou variables) ou en terme de libre disposition en inputs (faible ou forte).

En 1978, Charnes, Cooper et Rhodes associent les notions développées par Farrell à un ratio d'efficacité technique permettant de passer d'une situation monoproduit à une situation multiproduits. Cette méthode appelée "Data Envelopment Analysis" (DEA) permet une mesure de l'efficacité technique d'une firme par comparaison avec les autres firmes observées.

Banker, Charnes et Cooper, en 1984, étendent le travail de Farrell et Fieldhouse (1962) au cas multiproduits en relachant l'hypothèse de rendements d'échelle constants posée par Farrell (1957) et conservée par Charnes, Cooper et Rhodes (1978). De plus, en utilisant les relations formelles développées par Shephard (1970) entre la technologie de production et la fonction de coût, ils mettent en évidence une équivalence entre le ratio d'efficacité introduit par Charnes, Cooper et Rhodes et l'inverse de la fonction distance de Shephard (1970).

L'approche non paramétrique a été utilisée notamment dans le secteur bancaire comme en témoignent les études de Sherman et Gold (1985) et d'Aly, Grabowski, Pasurka et Rangan (1990) ou dans le secteur agricole (Haag, Jaska et Semple, 1992).

I.2.4. Approche non paramétrique duale

Dans les premiers travaux, l'approche non paramétrique de l'activité de production a utilisé des données primales pour construire l'ensemble de production permettant les mesures d'efficacité. Färe et Grosskopf (1985) montrent comment une approche par la méthode DEA à partir de données sur les outputs et les coûts totaux de production des firmes observées permet d'obtenir une information en terme d'efficacité coût. Antérieurement cependant, Hanoch et Rothschild (1972) avaient proposé des tests pour vérifier la validité des hypothèses usuelles en théorie de la production sans paramétrisation particulière du modèle. Ils raisonnent dans un

cadre multiproduits-multifacteurs. Le principe de construction du test consiste à déterminer l'enveloppe convexe des observations et à regarder si cette approximation de la technologie mise en oeuvre vérifie les restrictions que l'on désire imposer à la fonction que l'on veut estimer.

Varian (1984) va développer l'un des tests proposés par Hanoch et Rothschild (1972, p 267) qui est celui de la cohérence des observations avec le comportement d'optimisation postulé pour le producteur. L'idée est que le comportement d'une firme n'est pas donné par les fonctions d'offre et de demande mais par le choix qu'elle fait d'une combinaison productive pour le système de prix auquel elle fait face. Si la firme est rationnelle, on en déduit que son choix la conduit à un niveau de profit au moins aussi élevé que celui résultant de n'importe quel autre choix possible pour un même système de prix.

L'enveloppe technologique issue des observations ne peut pas être, dans ce cas, déterminée explicitement mais elle sera comprise entre deux approximations :

- ***La fermeture intérieure de la vraie technologie*** correspond au plus petit ensemble fermé, convexe et monotone générant le comportement observé. Cette ensemble est l'intersection de toutes les enveloppes technologiques compatibles avec les observations.

- ***La fermeture extérieure de la vraie technologie*** est la réunion de toutes les enveloppes technologiques compatibles avec le comportement observé car elle contient tous les vecteurs inputs-outputs qui auraient pu permettre d'atteindre un résultat identique ou inférieur à celui réellement observé.

Banker et Maindiratta (1988) reprennent l'approche de Varian, lui associent celle de Farrell (1957) et mettent en place des mesures des efficacités techniques et allocatives sur les deux enveloppes approchant la vraie technologie.

Ces techniques ont été appliquées par Fawson et Shumway (1988) pour déterminer si le comportement des producteurs dans dix régions et sur l'ensemble des Etats-Unis de 1939 à 1982 est cohérent avec l'hypothèse de maximisation du profit, de technologie convexe et de progrès technique non régressif.

Une telle approche, que nous qualifions de non paramétrique duale, devrait être le préalable à toute estimation économétrique des fonctions de coût, de profit et de leurs dérivées.

CONCLUSION

L'efficacité économique qualifie la manière dont un agent réalise au mieux l'objectif comportemental le concernant. Formalisés dans le cadre de la dualité existant entre l'espace des biens et l'espace des prix, il apparaît opportun de classer les divers types d'inefficacité passés en revue selon deux catégories :

- L'inefficacité technique mesurée dans l'espace des biens, suivant un plus ou moins large sous-ensemble de cet espace, sous-ensemble décrivant les possibilités d'ajustement des différents inputs et outputs.

- L'inefficacité prix mesurée le long de la frontière d'efficacité technique, suivant un plus ou moins large sous-ensemble de l'espace des prix des biens que l'agent peut librement allouer ou produire en vue d'optimiser sa fonction d'objectif.

La suite de ce travail reprend cette distinction pour formaliser l'approche non paramétrique primale et duale en s'appuyant sur un cadre hypothétique analogue à celui couramment utilisé en théorie duale de la production. La seule connaissance des plans de production des agents nous permet de définir des mesures d'efficacité technique des unités de production. Puis grâce à l'incorporation d'une information supplémentaire sur l'environnement prix des agents, nous définirons des mesures d'efficacités technique et allocative.

I.3. APPROCHE NON PARAMETRIQUE PRIMALE

1.3.1. Détermination de l'enveloppe des observations

Soit J l'ensemble des indices des observations : $J = \{1,\ldots,J\}$

Chaque j représente un producteur. Ce dernier dispose de N facteurs de production ou inputs, $n = 1,\ldots N$ pour produire M produits ou outputs, $m = 1,\ldots M$. Le plan de production de l'entreprise j est représenté par le vecteur de R^{M+N} : (X_j, Y_j) où $X_j = (X_{1j},\ldots,X_{nj},\ldots,X_{Nj})$ désigne le vecteur des facteurs et $Y_j = (Y_{1j},\ldots,Y_{mj},\ldots,Y_{Mj})$ le vecteur des produits.

Nous supposons qu'au moins un output et au moins un input sont positifs et que chaque unité de décision j utilisée dans les comparaisons d'efficacité consomme les mêmes inputs et

produit les mêmes outputs.

Soit (p_X^j, p_Y^j, X_j, Y_j) le comportement observé de la firme j, $j \in J$. p_X^j et p_Y^j correspondent aux vecteurs prix des inputs et des outputs observés pour l'entreprise j.

Nous considérons que toutes les firmes de J ont un comportement compétitif sur le marché et que les prix des biens dépendent des prix de marché mais aussi des différents coûts (transport, information,...) liés à l'acquisition des inputs ou à la vente des outputs.

Soit P l'enveloppe des observations (ou ensemble des possibilités de production) observée. Le corps des hypothèses relatif à la technologie P est :

[P1] P contient toutes les observations $(X_j, Y_j), j \in J$

[P2] P est un ensemble régulier[1]

[P3] P est caractérisé par la libre disposition en inputs et en outputs :

$$\forall (X,Y) \in P \text{ soient } \overline{X} > X \text{ et } \overline{Y} < Y \text{ alors } (\overline{X}, \overline{Y}) \in P$$

[P4] P est convexe

$$\forall (X,Y) \text{ et } (\overline{X}, \overline{Y}) \in P,\ \forall \alpha \in [0,1] \text{ alors } \alpha(X,Y) + (1-\alpha)(\overline{X}, \overline{Y}) \in P$$

[P5] Postulat d'extrapolation minimale

P est l'ensemble intersection de tous les ensembes vérifiant P1 à P4.

A partir de ces propriétés, nous pouvons définir un certain nombre de contraintes linéaires. Soient les combinaisons convexes des points de P suivantes

$$\sum_{j=1}^{J} \lambda_j X_j \text{ et } \sum_{j=1}^{J} \lambda_j Y_j \text{ avec } \lambda_j \geq 0\ \forall j \in J \text{ et } \sum_{j=1}^{J} \lambda_j = 1$$

Comme P est un ensemble convexe, toute combinaison convexe de points de P appartient aussi à P et nous avons :

---

[1]Un ensemble régulier est un ensemble non vide, fermé et tel qu'aucune production sans facteur n'est possible (Mac Fadden, 1978, I, p 7).
De plus, nous supposons qu'aucune quantité infinie de produits ne peut être obtenue à partir d'une dotation factorielle finie.

$$(\sum_{j=1}^{J}\lambda_j X_j, \sum_{j=1}^{J}\lambda_j Y_j) \in P$$

De plus, la propriété P2 de libre disposition nous conduit à écrire que si

$$X \geq \sum_{j=1}^{J}\lambda_j X_j \; et \; Y \leq \sum_{j=1}^{J}\lambda_j Y_j \; alors \; (X,Y) \in P$$

Ces deux inégalités permettent de faire entrer dans l'enveloppe des observations, toute firme qui produit une quantité donnée d'outputs avec plus d'inputs que nécessaire et/ou moins d'outputs que la quantité possible avec une dotation factorielle donnée.

Donc, les contraintes linéaires issues des postulats de base de la méthode DEA sont données par le système suivant :

$$\begin{cases} X \geq \sum_{j=1}^{J}\lambda_j X_j \\ Y \leq \sum_{j=1}^{J}\lambda_j Y_j \\ \sum_{j=1}^{J}\lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0 \;\; j = 1,\ldots,J \end{cases}$$

Chacune de ces contraintes caractérise un demi-espace fermé. L'intersection d'un nombre fini de demi-espaces (propriété P5) définit un polyèdre convexe qui est, ici, l'enveloppe des observations P.

$$P = \left\{ (X,Y) \Big/ X \geq \sum_{j=1}^{J}\lambda_j X_j \,,\, Y \leq \sum_{j=1}^{J}\lambda_j Y_j \,,\, \sum_{j=1}^{J}\lambda_j = 1 \; et \; \lambda_j \geq 0 \,,\, \forall j \in J \right\}$$

P contient tous les plans de production possibles, étant donnée la technologie observée et les hypothèses posées.

L'adjonction d'une hypothèse supplémentaire a pour conséquence de modifier l'enveloppe des observations. Dans le cas d'une hypothèse de rendements d'échelle constants $(\forall (X,Y) \in P \; et \; \forall k > 0 \; alors \; (kX,kY) \in P)$ l'ensemble s'écrit :

$$P=\left\{(X,Y)\Big/ X\geq \sum_{j=1}^{J}\lambda_j X_j\,,Y\leq \sum_{j=1}^{J}\lambda_j Y_j \text{ et } \lambda_j\geq 0\ \forall j\in J\right\}$$

L'introduction de cette hypothèse supplémentaire revient à supprimer la contrainte existant sur la somme des coefficients des combinaisons convexes. En effet, en supposant que le point $(\sum_{j=1}^{J}\mu_j X_j,\sum_{j=1}^{J}\mu_j Y_j)$ avec $\mu_j\geq 0\,,\forall j\in J$ et $\sum_{j=1}^{J}\mu_j=1$ soit un élément de P, l'hypothèse de rendements d'échelle constants permet d'écrire que

$$\forall k>0\,,(k\sum_{j=1}^{J}\mu_j X_j,k\sum_{j=1}^{J}\mu_j Y_j)\in P$$

D'autre part, en posant $\lambda_j=k\mu_j\,,j\in J$, nous obtenons :

$$\lambda_j\geq 0\,,\forall j\in J \text{ et } \sum_{j=1}^{J}\lambda_j=\sum_{j=1}^{J}k.\mu_j=k\sum_{j=1}^{J}\mu_j=k>0.$$

Or, la condition sur la somme λ_j est déjà vérifiée car les rendements d'échelle sont supposés constants. Cela nous amène à omettre inégalité lors de l'écriture de l'ensemble P.

De même, l'hypothèse de rendements d'échelle non croissants $(\forall(X,Y)\in P \text{ et } \forall k\in[0,1[\text{ alors } (kX,kY)\in P)$ conduit à modifier la contrainte sur la somme des λ_j. Nous avons :

$$\forall k\in[0,1[\,,(k\sum_{j=1}^{J}\mu_j X_j,k\sum_{j=1}^{J}\mu_j Y_j)\in P$$

Si nous posons $\lambda_j=k.\mu_j\,,\forall j\in J$,nous obtenons :

$$\lambda_j\geq 0\,,\forall j\in J \text{ et } \sum_{j=1}^{J}\lambda_j=\sum_{j=1}^{J}k.\mu_j=k$$

d'où $0\leq\sum_{j=1}^{J}\lambda_j<1$ et l'enveloppe P des observations devient :

$$P = \left\{ (X,Y) \Big/ X \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda_j X_j \,,\, Y \leq \sum_{j=1}^{J} \lambda_j Y_j \,,\, \sum_{j=1}^{J} \lambda_j < 1 \, et \, \lambda_j \geq 0 \,,\, j \in J \right\}$$

I.3.2. Mesure de l'efficacité technique

Shephard (1970) montre qu'il est possible d'associer deux sous-ensembles à un ensemble de possibilités de production tel que l'ensemble P.

- L'ensemble des possibilités de facteurs *X(Y)* contenant l'ensemble des vecteurs d'inputs permettant la production du niveau Y d'outputs, étant donnée la technologie observé :

$$X(Y) = \{ X \in R^N / (X,Y) \in P \}$$

- L'ensemble des possibilités de produits *Y(X)* contenant l'ensemble des vecteurs de produits pouvant être obtenus à partir du niveau X de facteurs de production, étant donnée la technologie observée :

$$Y(X) = \{ Y \in R^M / (X,Y) \in P \}$$

Si, dans un premier temps, nous ne considérons que l'ensemble des possibilités de facteurs *X(Y)*, la notion de fonction distance de Shephard (1970, p 206) peut y être appliquée.

Soit g_X la fonction distance de la firme j sur l'ensemble *X(Y)* :

$$g_X(X,Y) = \frac{1}{h_X(X,Y)}$$

avec $h_X(X,Y) = Min\{ h_X / h_X . X \in X(Y), h_X \geq 0 \}$

Nous recherchons ainsi la plus petite valeur du coefficient h_X telle que le vecteur $h_X . X$ appartienne toujours à l'ensemble des possibilités de facteurs *X(Y)*.

Cela nous permet d'obtenir une nouvelle définition pour l'ensemble des possibilités d'inputs (Shephard, 1970, p 208) :

$$X(Y) = \{ X / g_X(X,Y) \geq 1 \}$$

ce qui peut encore s'écrire :

$$X(Y) = \{X / h_X(X,Y) \leq 1\}$$

Soit $\overline{X(Y)}$ la frontière de l'ensemble des possibilités de facteurs $X(Y)$

$$\overline{X(Y)} = \{X / h_X(X,Y) = 1\}$$

et soit $X_E(Y)$ l'ensemble des points efficaces de la frontière $\overline{X(Y)}$:

$$X_E(Y) = \{X / h_X(X,Y) = 1 \text{ avec } X < \overline{X}, \overline{X} \notin X(Y)\}$$

Nous avons : $X_E(Y) \subseteq \overline{X(Y)} \subseteq X(Y)$

D'où le plan de production (X_j, Y_j) de la firme j sera dit efficace si la dotation factorielle Xj choisie par l'entreprise est un élément de la frontière efficace de l'ensemble des possibilités d'inputs $X_E(Y_j)$. Nous noterons E l'ensemble des indices des observations appartenant à $X_E(Y_j)$ tel que $E \cup \overline{E} = J$ et $E \cap \overline{E} = \emptyset$.

En appliquant les notions précédentes à l'ensemble des possibilités de production P définit comme suit :

$$P = \left\{ (X,Y) \Big/ X \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda_j X_j, Y \leq \sum_{j=1}^{J} \lambda_j Y_j, \sum_{j=1}^{J} \lambda_j = 1 \text{ et } \lambda_j \geq 0, \forall j \in J \right\},$$

où (X_j, Y_j) est le plan de production observé de la firme j et (X,Y) un plan de production quelconque de l'ensemble des possibles, nous obtenons :

$$X^P(Y_j) = \left\{ X \Big/ h_X . X \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda_j X_j, Y_j \leq \sum_{j=1}^{J} \lambda_j Y_j, \sum_{j=1}^{J} \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j = 1,\ldots,J \right\}$$

Pour définir la frontière efficace des observations, nous devons déterminer la valeur h_X^j de chacune des entreprises observées.

$$h_X^j(X_j, Y_j) = \{h_X / h_X . X_j \in X^P(Y_j), h_X \geq 0\}$$

Ce qui revient au programme linéaire suivant :

$$h_X^j = Min\, h_X$$

$$s/c\begin{cases} Y_j \leq \lambda.\mathbf{Y} \\ h_X.X_j \geq \lambda.\mathbf{X} \\ \sum_{j=1}^{J} \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0\,,\, j \in J \end{cases} \qquad \text{[PL1]}$$

avec $\mathbf{X}$ la matrice de dimension (J,N) des facteurs de production et $\mathbf{Y}$ celle de dimension (J,M) des produits.

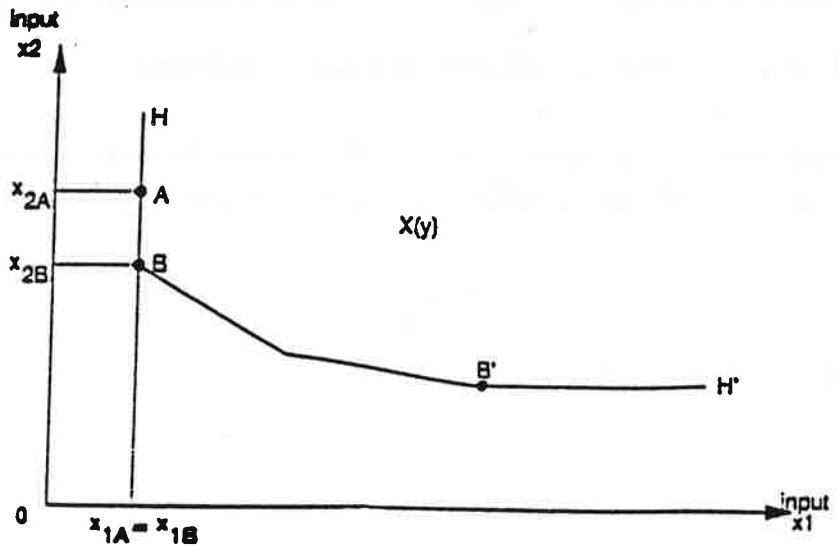
Ce programme détermine la valeur de h_X^j pour la firme j grâce à la valeur de la fonction objectif ainsi que la frontière de l'ensemble des possibilités d'inputs $X^P(Y_j)$, notée $\overline{X^P(Y_j)}$ qui est l'enveloppe linéaire par morceaux joignant toutes les observations tel que $h_X^j = 1$.

Les firmes A et B de la figure 2, produisent la même quantité d'output y à partir de dotations factorielles différentes $X_A = (x_{1A}, x_{2A})$ et $X_B = (x_{1B}, x_{2B})$. Elles se situent sur l'isoquante HH' représentant la frontière de l'ensemble des possibilités d'inputs $\overline{X(y)}$ d'où $h_X^A(X_A, y) = h_X^B(X_B, y) = 1$

Des deux firmes observées, seule la firme B sera dite efficace car sa dotation en facteur 2 est inférieure à celle de A $(x_{2A} > x_{2B})$ pour une dotation identique en facteur 1 $(x_{1A} = x_{1B})$ et un même niveau de production y.

La frontière efficace $X_E(y)$ est, donc, représentée par la portion BB' de l'isoquante HH'.

Figure 2 : Frontière efficace de l'ensemble des possibilités de facteurs : $X_E(y)$



$h_X^B(X_B,y)$ mesure l'efficacité technique de la firme B c'est à dire l'inverse de la distance séparant l'observation de la frontière efficace de l'ensemble des possibilités de facteurs de l'ensemble P.

Pour une firme j contenue dans l'ensemble technologique P, nous avons :

$$X_E^P = \left\{ X / h_X^j(X,Y_j) = 1 \text{ avec } \overline{X} < X \quad \overline{X} \notin X^P(Y_j) \right\}$$

qui caractérise la frontière efficace de l'ensemble des possibilités de facteurs et

$$h_X^{Ej}(X_j,Y_j) = \left\{ h_X / h_X . X_j \in X_E^P(Y_j), h_X \geq 0 \right\}$$

qui mesure l'efficacité technique de mla firme j. Cela revient à introduire des variables d'écart dans le programme linéaire précédent pour poser toutes les contraintes à l'égalité. Nous obtenons :

$$h_X^{Ej}(X_j,Y_j) = Min\left\{ h_X - \varepsilon\left(\sum_{m=1}^{M} S_{mj}^- + \sum_{n=1}^{N} S_{nj}^+ \right) \right\}$$

$$s/c \begin{cases} \lambda.\mathbf{Y} - Y_j - S_j^- = 0 \\ h_X.X_j - \lambda.\mathbf{X} - S_j^+ = 0 \\ \sum_{j=1}^{J} \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \in R_+^J, S_j^- \in R_+^M, S_j^+ \in R_+^N \end{cases} \qquad \text{[PL2]}$$

avec ε une quantité suffisamment petite ("Non Archimedian Quantity") pour que la maximisation des variables d'écart S^- et S^+, demeure un objectif secondaire par rapport à la minimisation du coefficient h_X.

Ce programme détermine la frontière efficace de l'ensemble des possibilités d'inputs $X_E^P(Y_j)$ ainsi que l'inverse de la fonction distance mesurant l'écart séparant l'observation j et $X_E^P(Y_j)$. h_X^{Ej} fournit alors une mesure de l'efficacité technique de la firme j.

De même, nous pouvons appliquer la notion de fonction distance à l'ensemble des possibilités de produits $Y(X)$ (Shephard, 1970, p 207). Cette dernière est définie par :

$$g_Y(X,Y) = \frac{1}{h_Y(X,Y)}$$

avec $h_Y(X,Y) = Max\{h_Y / h_Y.Y \in Y(X), h_Y \geq 0\}$

et l'ensemble des possibilités de produits est alors défini par :

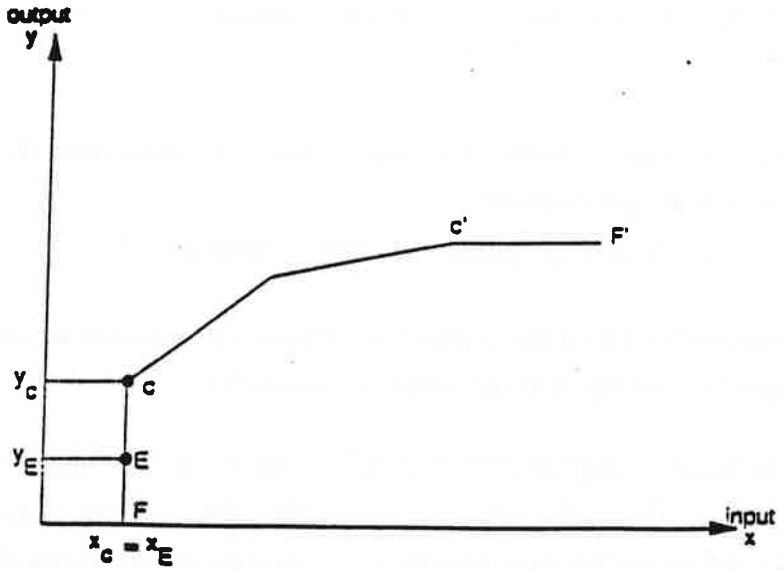
$$Y(X) = \{Y/g_Y(X,Y) \leq 1\} = \{Y/h_Y(X,Y) \geq 1\}$$

La frontière de cet ensemble est donnée par :

$$\overline{Y(X)} = \{Y/h_Y(X,Y) = 1\}$$

et correspond à l'isoquante FF' de la figure 3 où E et C sont deux firmes observées produisant des quantités différentes d'outputs (y_E et y_C) à partir d'une dotation factorielle identique $x = x_E = x_C$.

Figure 3 : Frontière efficace de l'ensemble des possibilités de produits : $Y_E(x)$.



La frontière efficace de l'ensemble des possibilités d'outputs est définie par :

$$Y_E(X) = \{Y/h_Y(X,Y) = 1 \text{ avec } \overline{Y} > Y, \overline{Y} \notin Y(X)\}$$

et est représentée par le segment CC' de l'isoquante FF'.

L'application de ces notions à l'ensemble des possibilités de production P donne :

$$Y^P(X_j) = \left\{ Y \Big/ X_j \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda_j X_j, h_Y.Y \leq \sum_{j=1}^{J} \lambda_j Y_j, \sum_{j=1}^{J} \lambda_j, \lambda_j \geq 0, j = 1,\ldots,J \right\}$$

comme définition de l'ensemble des possibilités de production et

$$h_Y^j(X_j,Y_j) = Max\{h_Y / h_Y.Y_j \in Y^P(X_j), h_Y \geq 0\}$$

comme mesure de l'inverse de la fonction distance de Shephard pourla firme j.

La même méthodologie que celle mise en oeuvre pour l'ensemble des possibilités de

facteurs nous permet de déterminer une mesure de l'efficacité technique des firmes observées quand la dotation factorielle est fixée et que seules les quantités d'inputs peuvent varier.

I.4. APPROCHE NON PARAMETRIQUE DUALE

I.4.1. Axiome faible de maximisation du profit

La liste $(p_X^j, p_Y^j, X_j, Y_j), j \in J$ caractérise le comportement et l'environnement prix observés de la firme j.

Soit T un ensemble de possibilités de production contenant tous les plans de production possibles étant donnée la technologie observée.

$$T = \{(X,Y)/Y \text{ peut être produit à partir de } X\}$$

T vérifie les propriétés P1 à P4 définies plus haut (l'inclusion de toutes les observations, la régularité, la libre disposition en inputs et outputs et la convexité).

A partir du comportement observé, nous recherchons s'il existe une famille d'ensembles de possibilités de production {T} qui donnent un sens aux données en terme de maximisation du profit c'est à dire telle que toutes les observations contenues dans les ensembles de la famille soient cohérentes avec un comportement de maximisation du profit.[2]

Varian (1984, p 583) montre qu'il existe une famille d'ensembles fermés, convexes et monotones qui rationalisent les données si et seulement si

$$\forall j \in J, p_Y^j Y_j - p_X^j X_j \geq p_Y^j Y - p_X^j X, \forall (X,Y) \in T$$

Cette condition constitue l'*Axiome Faible de Maximisation du Profit*[3]. A partir des données observées, il permet de définir des ensembles de production pour lesquels le choix observé du producteur j est le meilleur choix possible en terme de maximisation du profit étant donnés les prix auxquels il fait face et les autres combinaisons productives possibles.

Nous pouvons alors introduire la définition de rationalisation forte de l'ensemble des

---

[2]On retrouve ici, par analogie avec le consommateur, la théorie des préférences révélées.

[3]Cette condition est une généralisation du test d'existence de rendements d'échelle décroissants à partir de données observées développé par Hanoch et Rothschild (1972, p 267).

observations J.

Un ensemble de possibilités de production ***rationalise fortement*** l'ensemble des observations J si tous les éléments de J vérifient l'axiome faible de maximisation du profit c'est à dire :

T rationalise fortement J si

i) $\forall j \in J, (X_j, Y_j) \in T$

ii) $\forall j \in J, p_Y^j Y_j - p_X^j X_j \geq p_Y^j Y - p_X^j X \text{ pour tout } (X,Y) \in T$

Comme il peut exister de nombreux ensembles cohérents avec un nombre fini d'observations sur un comportement économique, Varian (1984, p 590) propose de limiter les possibilités technologiques par deux ensembles de possibilités de production P et D :

- ***La fermeture intérieure de la technologie P*** est le plus petit ensemble fermé, convexe et monotone générant le comportement observé. P. Elle est construite comme la fermeture convexe et monotone des observations et correspond à l'intersection de tous les ensembles de production appartenant à la famille {T} :

$$P = \left\{ (X,Y) \Big/ Y \leq \sum_{j \in J} \lambda_j Y_j, X \geq \sum_{j \in J} \lambda_j Y_j, \sum_{j=1}^{J} \lambda_j = 1, X \geq 0, Y \geq 0 \text{ et } \lambda_j \geq 0 \ \forall j \in J \right\}$$ [4]

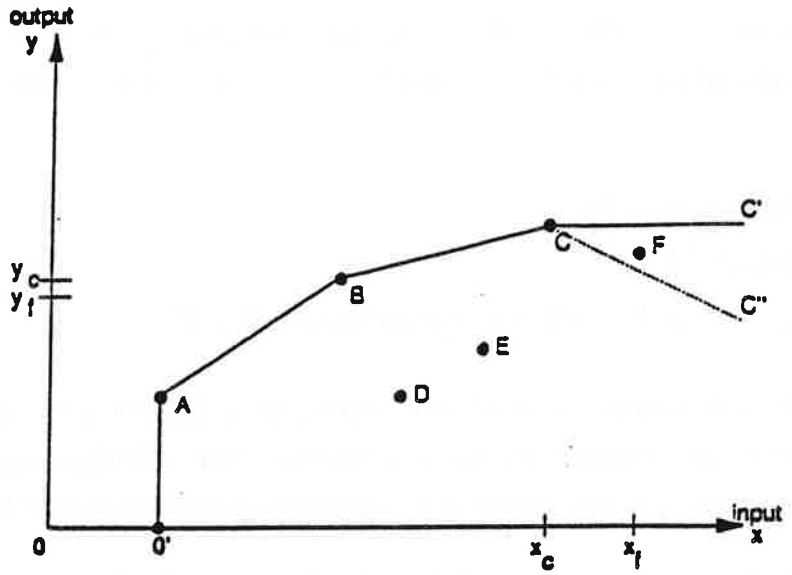
- ***La fermeture extérieure de la technologie D*** est le plus grand ensemble fermé, convexe et monotone générant le comportement observé. Elle correspond à la réunion de tous les ensembles de production appartenant à la famille {T} et contient tous les vecteurs inputs-outputs qui auraient pu donner un résultat inférieur ou identique à celui observé :

$$D = \left\{ (X,Y) / p_Y^j Y_j - p_X^j X_j \geq p_Y^j Y - p_X^j X, \forall j \in J, X \geq 0, Y \geq 0 \right\}$$

Une illustration de P est fournie figure 4, dans un cadre monoproduit-monofacteur. La fermeture convexe et monotone des observations A,B,C,D et E est représentée par l'ensemble compris entre la demi-droite Ax et le segment linéaire par morceaux O'ABCC'.

[4] P peut aussi être obtenu à partir des quatre postulats de base de la méthode DEA présentés plus haut.

Figure 4 : Fermeture intérieure de la technologie : P



Le segment OO' n'est pas inclus dans l'ensemble P car les biens peuvent présenter des indivisibilités. Les segments O'A et CC' résultent de l'hypothèse de libre disposition en inputs et en outputs (monotonicité) :

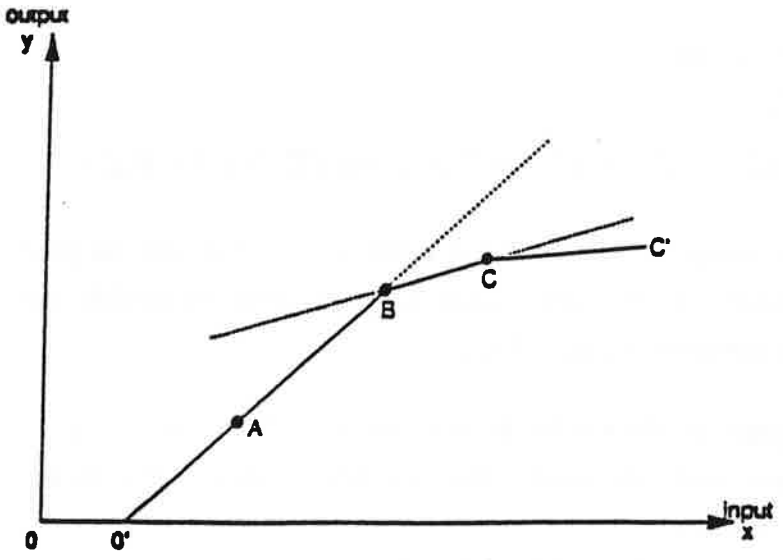
$$\forall (X,Y) \in T, \text{ soient } \overline{X} \geq X \text{ et } \overline{Y} \leq Y \text{ alors } (\overline{X},\overline{Y}) \in T$$

Si nous avions le segment CC" au lieu de CC' comme limite de l'enveloppe alors le point F, qui est non observé mais qui aurait pu l'être, est tel que : $y_F < y_C$ et $x_F > x_C$

D'après l'hypothèse de monotonicité, F appartient à P.

La figure 5 illustre l'ensemble D dans le cas d'un output y et d'un input x. Pour chacune des activités observées A,B et C, supposées vérifier l'axiome faible de maximisation du profit, nous pouvons déterminer leur droite d'isoprofit car nous connaissons les prix des outputs et des inputs auxquels fait face chacune des entreprises. Toutes les combinaisons productives non observées qui sont telles que le profit qu'elles procurent reste inférieur ou égal à celui de la firme pour un même vecteur de prix, appartiennent à l'ensemble D.

Figure 5 : Fermeture extérieure de la technologie D
Varian (1984)



L'ensemble D est délimité par la demi-droite O'x et le segment O'BCC'. Il appartient à la famille des ensembles de production {T}, comme l'ensemble P d'où il vérifie aussi les propriétés de fermeture, convexité et monotonicité. Notons que toutes les observations sont situées sur la frontière de l'ensemble car elles sont toutes supposées vérifier l'axiome faible de maximisation du profit. Si ce n'était pas le cas, nous ne pourrions pas déterminer de limite extérieure pour la technologie à partir de la définition donnée par Varian (1984).

I.4.2. Rationalisation faible des observations

Cependant, dans la plupart des cas, nous constatons que des observations sont non cohérentes avec l'axiome faible de maximisation du profit de Varian car il existe des inefficacités techniques et/ou allocatives dans les opérations de certaines firmes. Il est alors impossible de mettre en place une fermeture extérieure de la technologie.

L'étude de Banker et Maindiratta (1988) permet d'étendre la définition de forte rationalisation des données de Varian en introduisant celle de faible rationalisation.

Un ensemble de possibilités de production ***rationalise faiblement*** l'ensemble des observations J s'il rationalise fortement E, le sous-ensemble de J des firmes efficaces tel que $E \cup \overline{E} = J$ et $E \cap \overline{E} = \emptyset$. D'où

T rationalise faiblement T si

i) $\forall j \in J, (X_j, Y_j) \in T$

ii) $\forall j \in E, p_Y^j Y_j - p_X^j X_j \geq p_Y^j Y - p_X^j X \text{ pour tout } (X,Y) \in T \text{ et } E \subseteq J$

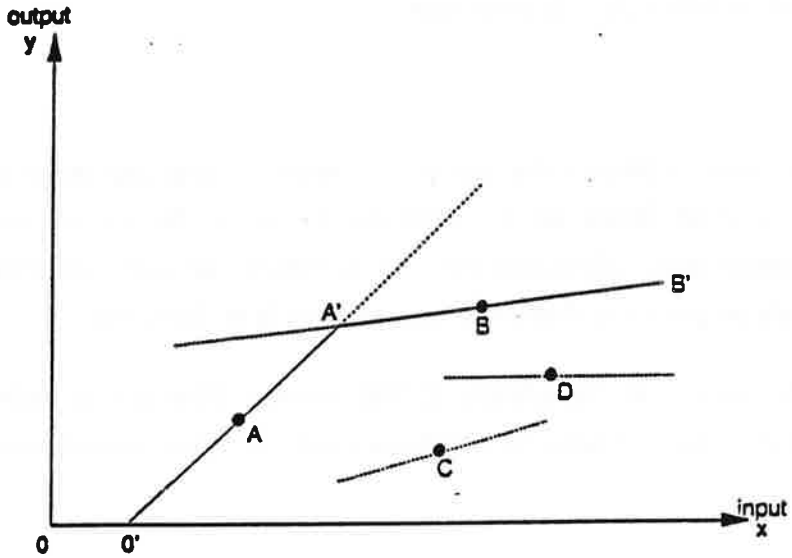
Si une observation j vérifie l'axiome faible de maximisation du profit alors elle est cohérente avec l'hypothèse de maximisation du profit pour l'ensemble des possibilités de production T et elle appartient à l'ensemble E.

L'affaiblissement de l'hypothèse de rationalisation revient à dire que toutes les firmes n'ont pas un comportement de maximisation du profit. Nous obtenons ainsi une nouvelle enveloppe des observations :

$$D = \{(X,Y) / p_Y^j Y_j - p_X^j X_j \geq p_Y^j Y - p_X^j X, \forall j \in E \subseteq J, Y \geq 0 \text{ et } X \geq 0\}$$

La figure 6 illustre la fermeture extérieure de Banker et Maindiratta (1988) dans le cas d'un output y et d'un input x. Seules les activités A et B vérifient l'axiome faible de maximisation du profit. Elles sont situées sur la frontière de l'ensemble D qui est délimité par la demi-droite O'x et le segment O'A'B'. A et B sont des éléments de E.

Figure 6 : Fermeture extérieure de la technologie : D
Banker et Maindiratta (1988)



Les activités C et D ne sont pas cohérentes avec un modèle de maximisation du profit, elle sont inefficaces par comparaison à A et B.

La rationalisation faible des observations due à Banker et Maindiratta (1988, p 1316) nous permet de toujours déterminer une fermeture extérieure pour la technologie à partir des données observées. Nous allons maintenant tenter d'analyser, d'une manière similaire à celle de Farrell (1957), les efficacités techniques et allocatives des firmespar rapport aux deux ensembles de possibilités de production P et D que nous venons de définir.

I.4.3. Mesures de l'efficacité technique et allocative

L'introduction du système de prix de l'agent nous amène à définir les mesures à l'aide de ratios de profit alors que les mesures d'efficacités techniques et allocatives de Farrell sont indépendantes des prix. Nous supposons que le profit observé des firmes est toujours positif.

Soient α_T^j, β_T^j et γ_T^j respectivement l'efficacité allocative, technique et totale (technique*allocative) de la firme observée j par rapport à l'ensemble des possibilités de production T. Nous avons :

$$\gamma_T^j = Min\left\{\frac{\pi_j}{\pi_\gamma^{opt}}\right\}$$

avec $\pi_j = p_Y^j Y_j - P_X^j X_j$ le profit observé de la firme j et $\pi_\gamma^{opt} = p_Y^j Y - p_X^j X, \forall (X,Y) \in T$ le profit optimal pour le système de prix (p_X^j, p_Y^j) de la firme j.

$$\beta_T^j = \left\{\frac{\pi_j}{\pi_\beta^{opt}}\right\}$$

avec $\pi_\beta^{opt} = p_Y^j Y - p_X^j X, \forall (X,Y) \in T, Y = Y_j \; et \; X = X_j$ où h_X^j correspond à l'inverse de la fonction distance de Shephard.

$$\alpha_T^j = \frac{\gamma_T^j}{\beta_T^j}$$

Ces différentes mesures d'efficacités dépendent de l'ensemble des possibilités de

production par rapport auquel elles sont estimées. En utilisant les ensembles P et D, nous pouvons donner les limites inférieures et supérieures des mesures d'efficacité. Nous avons :

pour l'efficacité totale :

$$\gamma^j_{inf} = \underset{T}{Min}\, \gamma^j_T = \gamma^j_D$$

$$\gamma^j_{sup} = \underset{T}{Max}\, \gamma^j_T = \gamma^j_P$$

pour l'efficacité technique :

$$\beta^j_{inf} = \underset{T}{Min}\, \beta^j_T = \beta^j_D$$

$$\beta^j_{sup} = \underset{T}{Max}\, \beta^j_T = \beta^j_P$$

et pour l'efficacité allocative :

$$\alpha^j_{inf} = \underset{T}{Min}\, \alpha^j_T = \alpha^j_D$$

$$\alpha^j_{sup} = \underset{T}{Max}\, \alpha^j_T = \alpha^j_P$$

Puisque les ensembles P et D sont définis par des inégalités linéaires, les limites inférieures γ^j_{inf} et β^j_{inf} et supérieures γ^j_{sup} et β^j_{sup} des efficacités respectivement totale et technique peuvent être déterminées par la résolution de programmes linéaires :

$$\gamma^j_{inf} = \frac{\pi_j}{\pi_{Max}}$$

avec π_j l.e profit observé de la firme j et π_{Max} le profit optimal par rapport à l'enveloppe D des observations :

$$\pi_{Max} = Max\{p^j_Y Y - p^j_X X / p^j_Y Y_j - p^j_X X_j \geq p^j_Y Y - p^j_X X, \forall j \in E, Y \geq 0 \text{ et } X \geq 0\}$$

$$\gamma^j_{sup} = \frac{\pi_j}{\pi_{Min}}$$

avec π_{Min} le profit optimal par rapport à l'enveloppe P des observations :

$$\pi_{Min} = Max\left\{ p^j_Y Y - p^j_X X / Y \leq \sum_{j \in J} \lambda_j Y_j, X \geq \sum_{j \in J} \lambda_j X_j, \sum_{j \in J} \lambda_j = 1, Y \geq 0, X \geq 0 \text{ et } \lambda_j \geq 0 \ \forall j \in J \right\}$$

Les limites inférieures et supérieures de la mesure de l'efficacité technique peuvent être déterminées par la résolution de programmes similaires en posant :

$$Y = Y_j, X = h_X^j X_j \text{ et } 0 \leq h_X^j \leq 1.$$

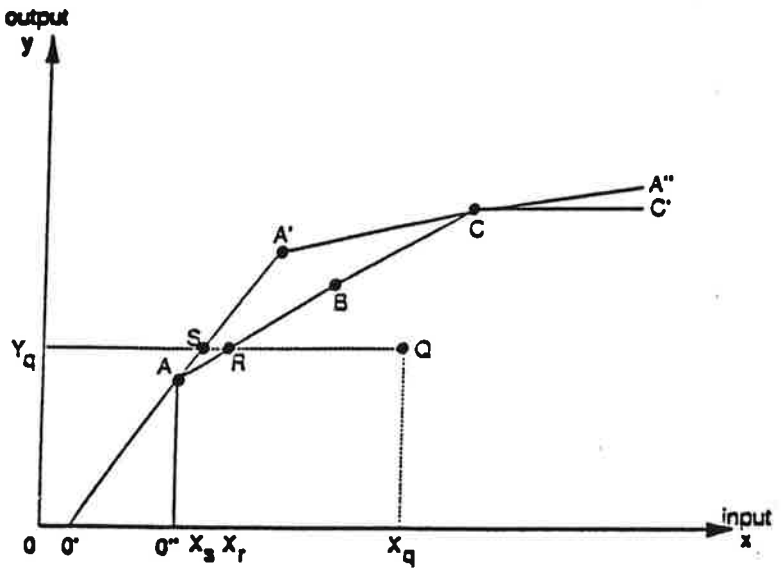
Cependant, les limites inférieures et supérieures des efficacités allocatives ne peuvent être déterminées aussi facilement que celles des efficacités totales et techniques. La complexité vient de la définition de la mesure en tant que ratio :

$$\alpha_T^j = \frac{\gamma_T^j}{\beta_T^j}$$

Nous devons nous référer à la fois au point totalement efficace et au point techniquement efficace d'une firme pour déterminer quel est l'ensemble de possibilités de production qui maximise ou minimise la valeur de α_T^j. L'utilisation de deux programmes non linéaires permet de caractériser les valeurs α_{inf}^j et α_{sup}^j. Nous ne les développerons pas ici, néanmoins, ils sont présentés dans l'article de Banker et Maindiratta (1988, p 1322).

Les limites inférieures et supérieures de l'efficacité technique d'une activité Q sont illustrées figure 7 dans le cas d'un output y et d'un input x.

Figure 7 :
Fermetures intérieure et extérieure de la technologie P et D
Limites inférieure et supérieure de l'efficacité technique β^Q



La fermeture intérieure de la technologie est décrite par l'ensemble compris entre la demi-droite 0"x et la courbe linéaire par morceaux 0"C' alors que la fermeture extérieure est

comprise entre la demi-droite 0'x et la courbe linéaire par morceaux 0'A".

La firme Q a la possibilité de maintenir un niveau constant de produit y_Q tout en diminuant sa consommation d'input x_Q. La dotation factorielle optimale est comprise entre x_R et x_S où R est le point techniquement efficace pour Q par rapport à la frontière intérieure de la technologie P et S le point techniquement efficace de Q par rapport à la frontière extérieure de la technologie D.

Les activités A et C sont techniquement efficaces par rapport aux deux enveloppes de la technologie P et D. Par contre, B ne l'est que par rapport à l'ensemble P.

I.5. CONCLUSION

L'approche non paramétrique de Banker et Maindiratta (1988) enveloppe les observations à l'aide de deux ensembles : la fermeture intérieure P et la fermeture extérieure D de la technologie. L'utilisation de programmes linéaires permet d'expertiser une population d'entreprises sans spécifier de forme fonctionnelle pour la fonction de production et de définir des mesures d'efficacité technique et totale pour chacune des firmes. L'efficacité allocative, plus complexe à définir, nécessite l'utilisation de programmes non linéaires.

Les mesures d'efficacités étant conditionnées par l'ensemble de production par rapport auquel elles sont estimées, nous obtenons, en nous référant aux deux fermetures de la technologie P et D, une limite inférieure et une limite supérieure pour chacune des mesures d'efficacité.

II. EVALUATION DES GAINS POTENTIELS DES RENDEMENTS CEREALIERS PAR L'ESTIMATION DE FRONTIERES DE PRODUCTION NON PARAMETRIQUES

Une application de la méthode "Data Envelopment Analysis" aux exploitations céréalières du RICA

Jean-Philippe BOUSSEMART
Benoît DERVAUX

Nous tenons à remercier Nathalie GIRARD et Isabelle PIOT pour l'aide apportée à la réalisation de cette deuxième partie.

NOTE PRELIMINAIRE

L'efficacité technique (CCRV), mesurée dans cette partie, est obtenue par l'application du programme linéaire [PL2] sur les échantillons retenus (cf. partie I.2.2.)

Dans ce cas, l'enveloppe des observations sera dite à rendements d'échelle variables pour la différencier de celle définie sous hypothèse de rendements d'échelle constants (cf. partie I.2.1.), qui permet une mesure de l'efficacité totale (CCRC) en suivant la même méthodologie que précédemment.

De plus, une firme totalement efficace sera considérée, ici, comme ayant atteint sa taille optimale de production. Si une exploitation est techniquement efficace et totalement inefficace alors elle présente une inefficacité d'échelle. Cette notion de taille optimale demeure certes discutable, les rendements d'échelle de long terme étant supposés constants. Cela constitue néanmoins une première approximation, les mesures duales précédentes ne pouvant être ici mises en oeuvre correctement du fait d'un manque d'information sur les prix.

Par référence à la frontière présentant des rendements d'échelle constants et à la suite de Banker (1984), nous pouvons caractériser les rendements d'échelles de chaque firme observée : croissants, décroissants ou constants. cette dernière propriété ne doit pas être confondue avec les hypothèses de rendements d'échelle nécessaires à la construction des frontières, hypothèses qui se réduisent au cas constant ou variable (dans le sens non-croissant).

II.1. INTRODUCTION

La mise en oeuvre de la réforme de la politique agricole commune (PAC) vise principalement à réduire le déséquilibre du marché communautaire des céréales par une baisse des prix. En effet, il est prévu que cette baisse des prix compensée par des aides pour les surfaces cultivées devrait d'une part orienter les exploitations vers des systèmes de production moins intensifs, ce qui aboutirait à moyen terme à une diminution de l'offre amorcée à court terme par le gel des terres, et d'autre part augmenter la demande des céréales désormais concurrentielles aux produits substituables notamment pour l'alimentation animale .

Cette perspective de diminution de l'offre à court et moyen terme repose néanmoins sur l'hypothèse d'un maintien voire d'une diminution des rendements céréaliers. Or jusqu'à présent, l'augmentation continuelle de la productivité de la terre a permis aux exploitants de pallier la baisse des prix réels des céréales. Parallèlement des gains de productivité globale peuvent encore apparaître également dans la recherche de meilleures combinaisons factorielles et de résorption d'inefficacités techniques, allocatives et d'échelle. Dès lors ces gains de productivité partielle ou globale risquent encore d'être exploités pour compenser une baisse des prix des céréales. Ainsi, la contraction de l'offre basée sur une hypothèse forte de gel des rendements céréaliers pourrait ne pas être observée dans toute son ampleur attendue.

Précisément dans cette deuxième partie, le développement d'un approche non paramétrique du type DEA sur des données microéconomiques nous permettra d'évaluer les gains de productivité potentiels en termes de résorption d'inefficacités techniques et d'échelle des systèmes céréaliers (OTEX 11 et OTEX12) du RICA pour les années 1987, 1988, 1989 et 1990.

A partir des données comptables et techniques des exploitations retenues, DEA a mesuré successivement pour chaque entité microéconomique : l'efficacité technique et l'efficacité d'échelle en supposant une frontière de production à rendements constants, les rendements d'échelle pour chaque firme et la taille oprimale.

Dans une première section, nous décrivons l'échantillon et spécifions la fonction de production estimée. Dans une deuxième section, nous présentons les scores d'efficacité, les économies réalisables sur chacun des facteurs de production et les gains potentiels sur les rendements céréaliers et nous rapprochons les résultats DEA des caractéristiques des exploitations expertisées (région, statut juridique, formation du chef d'exploitation, productivités partielles, indicateurs économiques et financiers). La troisième section affine l'analyse précédente en mesurant des scores d'efficacité par région (Aquitaine, Centre, Ile de France) et par taille de producteur.

II.2. LES DONNEES ET LA FONCTION DE PRODUCTION

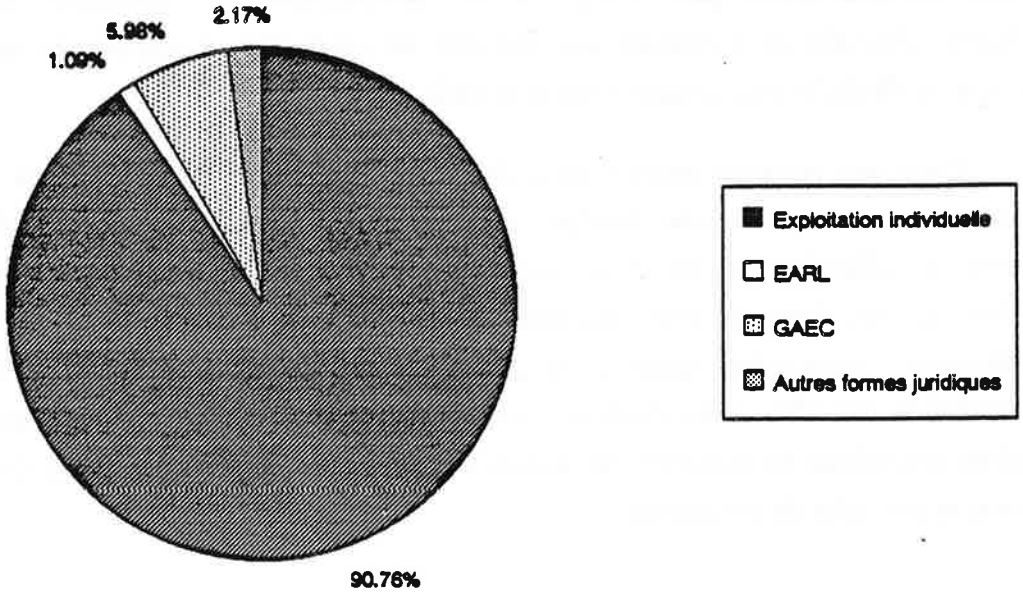
II.2.1. Description des échantillons

Pour les applications DEA sur les quatre années (1987, 1988, 1989, 1990) nous avons retenu respectivement des échantillons de 187, 178, 210 et 184 exploitations de l'OTEX 11. En moyenne, 91 % d'entre elles sont des exploitations individuelles (les autres formes juridiques sont peu fréquentes), 30% se localisent dans la région Centre, 16% en Ile de France et 12 % en Aquitaine. Plus de 70% des chefs d'exploitation n'ont au plus qu'une formation agricole et/ou générale primaire. Le chiffre d'affaires moyen s'élève à 665.000 F (dont 72% en production céréalière) pour une SAU de 81 ha (59 ha de céréales et 22 ha d'autres SAU). Enfin, 98% des entités correspondent à la définition de "gros producteurs" (production de céréales supérieure à 92 tonnes) établie dans le cadre de la réforme de la politique agricole commune.

Tableau 1. Dimension des exploitations (année 1990)

	Production céréales en F	Autres produits en F	SAU céréales en ha	Autres SAU en ha
Moyenne	478751	186431	59	22
Médiane	428324	158328	55	20
Ecart-type	293210	135758	32	18
Minimum	71093	0	10	0
Maximum	1494657	804672	215	132

Graphique 1. Répartition des exploitations selon leur forme juridique (année 1990)



Graphique 2. Répartition des exploitations par région
(année 1990)

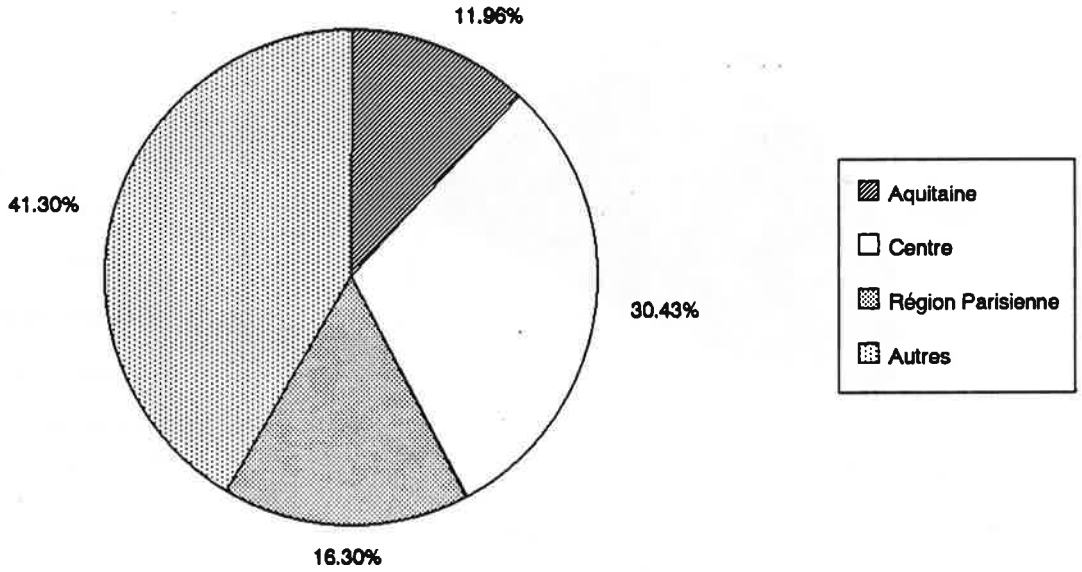
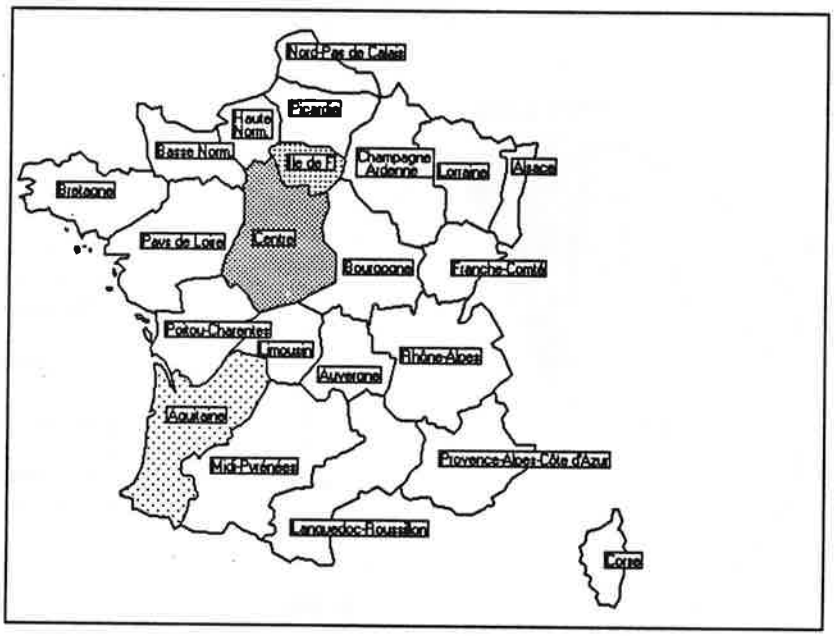
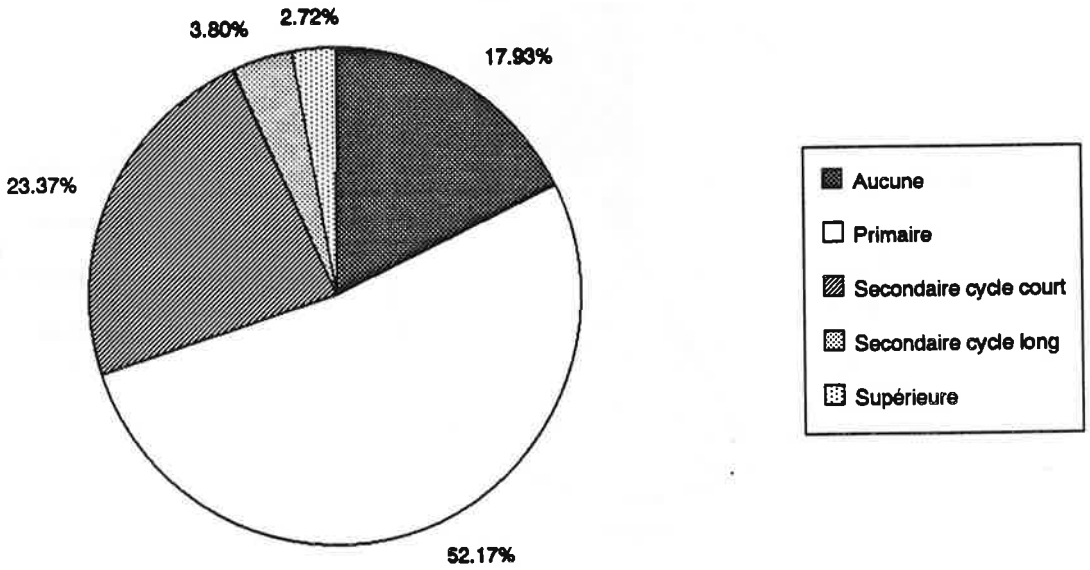


Figure 1. Répartition géographique des exploitations
(année 1990) *

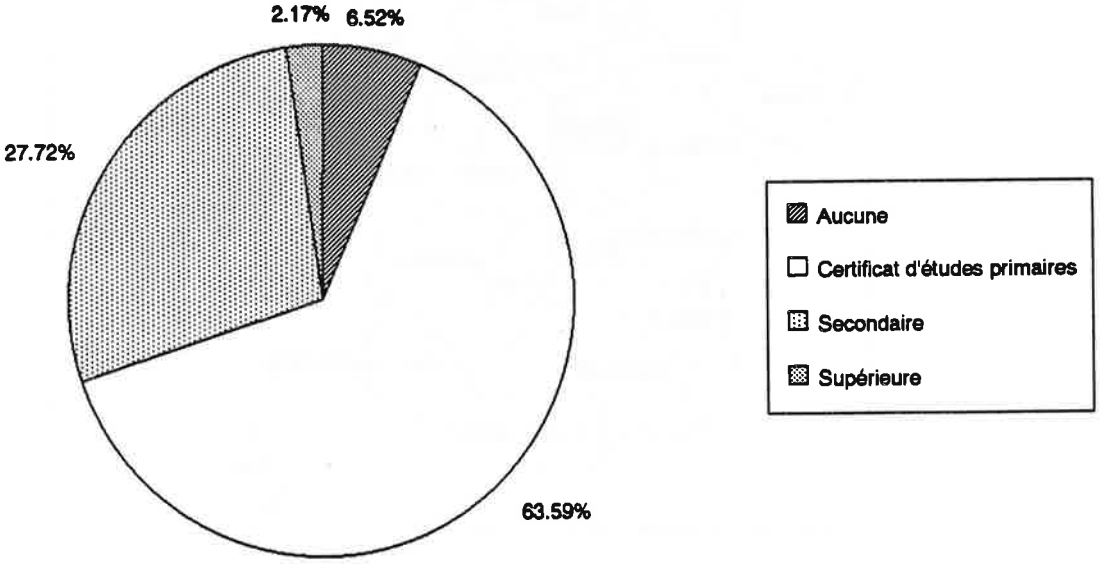


* Plus la concentration des points est forte, plus la région est représentée dans l'échantillon.

Graphique 3. Répartition des chefs d'exploitation selon leur formation agricole (année 1990)



Graphique 4. Répartition des chefs d'exploitation selon leur formation générale (année 1990)



II.2.2. La fonction de production

Nous avons retenu une fonction de production à deux outputs et cinq inputs :

- Y1, la production céréalière en francs,

- Y2, les autres productions en francs,

- X1, la surface agricole destinée aux céréales en ares,

- X2, la surface agricole destinée aux autres productions en ares,

- X3, le travail familial et salarié en centième d'UTA,

- X4, les dépenses en matériel en francs, comprenant : les frais de location de matériel, les travaux et services pour productions végétales, l'entretien du matériel et les amortissements du matériel de l'exercice.

- X5, les consommations intermédiaires en francs comprenant : les engrais, les phytosanitaires, les amendements, le carburant et les lubrifiants, les semences et les plants, l'eau d'irrigation, le petit matériel et outillage, les aliments pour animaux et les honoraires et produits vétérinaires.

Les principales statistiques sur les arguments de la fonction de production sont reprises dans le tableau suivant :

Tableau 2. Caractéristiques des arguments de la fonction de production selon les années

	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
Moyenne							
1990	479045	191144	5836	2122	136	133799	219900
1989	487833	213842	5875	2032	135	135022	213133
1988	462896	169631	5475	1789	133	122441	195613
1987	432331	204323	5594	2056	134	117312	197219
Médiane							
1990	427566	156273	5400	1891	118	113435	190485
1989	420432	168997	5310	1709	105	108617	187434
1988	431223	145348	4995	1606	109	102711	170478
1987	386644	185043	5130	1825	109	101778	180902
Ecart-type							
1990	300393	144994	3214	1834	50	83656	125839
1989	313068	171842	3186	1709	60	93738	124393
1988	266451	118356	2722	1300	52	74897	106728
1987	243578	150785	3050	1602	46	74751	113771
Minimum							
1990	36392	0	980	0	82	17268	36464
1989	56583	-600	950	0	82	12346	31572
1988	33880	643	890	0	82	18237	24873
1987	15629	-34945	800	0	80	2755	23953
Maximum							
1990	1494657	804672	21494	13150	500	497766	768865
1989	2181738	864493	22700	12200	626	629521	790513
1988	1528036	563076	17737	7550	540	367725	580087
1987	1648857	1035244	24700	11200	350	596158	803688

Tableau 3. Caractéristiques des productivités partielles selon les années

	Rendement céréales*	Productivité de la SAU*	Productivité du travail**	Productivité du matériel	Productivité des C.I.
Moyenne					
1990	8109	8744	502738	5.47	3.13
1989	8189	9124	535565	5.84	3.35
1988	8332	8960	489377	5.71	3.31
1987	7867	8815	486558	6.59	3.39
Médiane					
1990	7885	8202	472024	5.09	3.04
1989	8073	8605	491749	5.26	3.21
1988	8249	8621	430211	5.12	3.22
1987	7723	8137	433513	5.48	3.31
Ecart-type					
1990	2481	3223	263132	2.07	0.82
1989	2036	3326	279928	2.75	0.91
1988	1988	3198	256343	2.30	0.98
1987	2283	3389	234102	7.81	0.87
Minimum					
1990	1779	2492	90450	2.32	1.35
1989	3536	3446	116726	2.48	1.65
1988	1613	2606	110990	1.92	1.34
1987	1839	3835	106251	2.54	1.73
Maximum					
1990	16811	24325	1295298	18.69	6.85
1989	14966	29936	1609066	28.50	10.28
1988	14306	32244	1301846	15.40	11.79
1987	24736	37452	1163006	113.05	8.73

* francs par hectare
** francs par UTA

Les tableaux 2 et 3 font apparaître l'existence de données aberrantes (chiffre d'affaires négatifs, dotations factorielles nulles ou trop faibles, ...) correspondant dans la plupart des cas à des situations trop particulières (fortes intraconsommations, absence d'autres productions, matériel déjà amorti, ...) qui risquent de biaiser les résultats DEA. Pour contrer ce problème, nous avons repéré les exploitations dites "atypiques" à partir des calculs des productivités partielles. Sur chaque facteur, les entités présentant une productivité partielle s'écartant de plus ou moins trois écart-types de la moyenne sont éliminées du référentiel. Pour mesurer la sensibilité de DEA à la présence ou non de ces unités "atypiques", une comparaison des résultats obtenus à partir de l'effectif total à ceux issus de l'effectif corrigé sera effectuée dans la section 2. Néanmoins, les tableaux 4, 5 et 6 visualisent de suite, les nouvelles distributions des variables de la fonction de production qui permettent de constater de manière générale que

les moyennes des productivités partielles diminuent légèrement lorsque l'on retire les données atypiques.

Tableau 4. Effectif des échantillons avec ou sans exploitations atypiques

Années	Echantillon total	Echantillon corrigé
1990	199	184
1989	240	210
1988	208	178
1987	210	187

Tableau 5. Caractéristiques des arguments de la fonction de production selon les années sans les exploitations atypiques

	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
Moyenne							
1990	478751	186431	5883	2170	135	132478	219844
1989	484201	206834	5862	2042	135	133988	213520
1988	460083	168596	5549	1957	135	122708	196347
1987	441187	205292	5805	2163	135	120713	203177
Médiane							
1990	428324	158329	5546	2018	116	110062	191599
1989	420432	168997	5465	1800	105	110863	189553
1988	424136	145348	5040	1775	110	105742	172101
1987	402468	187096	5500	2000	113	106883	188498
Ecart-type							
1990	293211	135758	3156	1759	50	82139	126247
1989	294356	151161	2919	1456	62	88874	118130
1988	260356	105222	2660	1274	54	69923	102663
1987	244952	134687	3050	1466	46	74414	114616
Minimum							
1990	71093	0	980	0	82	20418	36464
1989	56583	12742	950	12	82	21520	49306
1988	75828	643	890	100	82	22445	43664
1987	65897	7667	800	100	80	12485	28992
Maximum							
1990	1494657	804672	21494	13150	500	497766	768865
1989	2099629	836018	17900	9700	626	629521	790513
1988	1528036	563076	17737	7550	540	367725	512839
1987	1648857	907440	24700	11200	350	596158	803688

Tableau 6. Caractéristiques des productivités partielles selon les années sans les exploitations atypiques

	Rendements céréales*	Productivité de la SAU*	Productivité du travail**	Productivité du matériel	Productivité des C.I.
Moyenne					
1990	8027	8397	498486	5.37	3.09
1989	8130	8785	526500	5.61	3.24
1988	8181	8414	482875	5.49	3.22
1987	7655	8277	491415	5.91	3.30
Médiane					
1990	7887	8074	457416	5.06	3.02
1989	8063	8576	490868	5.31	3.16
1988	7952	8295	423587	5.13	3.21
1987	7474	7992	451254	5.38	3.25
Ecart-type					
1990	2200	2524	261004	1.77	0.75
1989	1999	2605	259772	1.96	0.65
1988	1871	2098	243103	1.86	0.66
1987	1819	1953	229175	2.16	0.71
Minimum					
1990	3259	2492	112539	2.32	1.35
1989	3536	3446	134697	2.48	1.65
1988	2486	2606	110990	1.92	1.34
1987	3046	3835	106251	2.54	1.73
Maximum					
1990	15244	17215	1291767	13.14	5.40
1989	14170	19661	1229722	13.44	4.98
1988	12603	15262	1261570	11.58	5.49
1987	13455	16043	1163006	15.14	7.04

* francs par hectare
** francs par UTA

II.3. DIAGNOSTICS D'EFFICACITE ET ANALYSE DES RESULTATS DEA

II.3.1. Efficacité relative et instabilité des scores d'efficience

L'interprétation des résultats DEA doit être prudente car l'efficacité mesurée est relative et non pas absolue. Elle dépend du nombre d'observations et de la présence d'unités "atypiques" dans le référentiel. En effet, cela a été expliqué dans le premier chapitre, DEA est une méthode d'estimation de frontière non paramétrique et déterministe basée sur la programmation linéaire (l'écart entre la situation optimale et la situation réelle est entièrement

attribuée à de l'inefficacité) qui risque d'être fortement influencée par les situations extrêmes. Dans un souci d'obtenir des résultats plus robustes, nous comparons deux applications DEA (l'une sur l'ensemble des effectifs et l'autre sur les échantillons corrigés). A l'exception de l'année 1988 où il y a d'assez grands écarts, les estimations montrent de manière générale que les scores d'efficacité totale (CCRC) ou technique (CCRV) sont relativement stables. Par contre, pour toutes les années, les situations individuelles des rendements à l'échelle ainsi que les économies réalisables sur la SAU "destinée aux autres productions" apparaissent assez tributaires de la présence des données atypiques. Dans la suite du texte, nous ne présentons que les tableaux relatifs à l'année 1990 (ceux correspondant aux trois autres années sont reportés en annexe).

Tableau 7. Comparaisons des applications DEA avec ou sans les données atypiques (année 1990)

Scores d'efficacité totale et technique

CCRC	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum
	199	0.78	0.78	0.16	0.35
	184	0.81	0.81	0.15	0.36
CCRV	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum
	199	0.89	0.91	0.11	0.58
	184	0.90	0.92	0.10	0.60

Rendements à l'échelle

Effectifs	Croissants	Décroissants	Constants	Total
199	67.34%	18.09%	14.57%	100.00%
184	69.02%	13.04%	17.93%	100.00%

Economies réalisables en % des dotations initiales

Rendements constants	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
199	-0.03	-0.75	28.27	41.22	27.80	22.47	23.72
184	-0.08	-1.96	26.35	29.41	22.72	21.48	22.45
Rendements variables	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
199	0.00	0.00	11.79	12.21	12.44	11.80	11.67
184	0.00	0.00	10.08	10.14	10.87	10.01	10.00

II.3.2. Scores d'efficacité, taille optimale, économies réalisables et gains potentiels des rendements céréaliers

En 1990, l'OTEX 11 se caractérise par une inefficacité totale de 19% (valeur moyenne), les inefficacités technique et d'échelle valant respectivement 10% et 9%. 127 exploitations

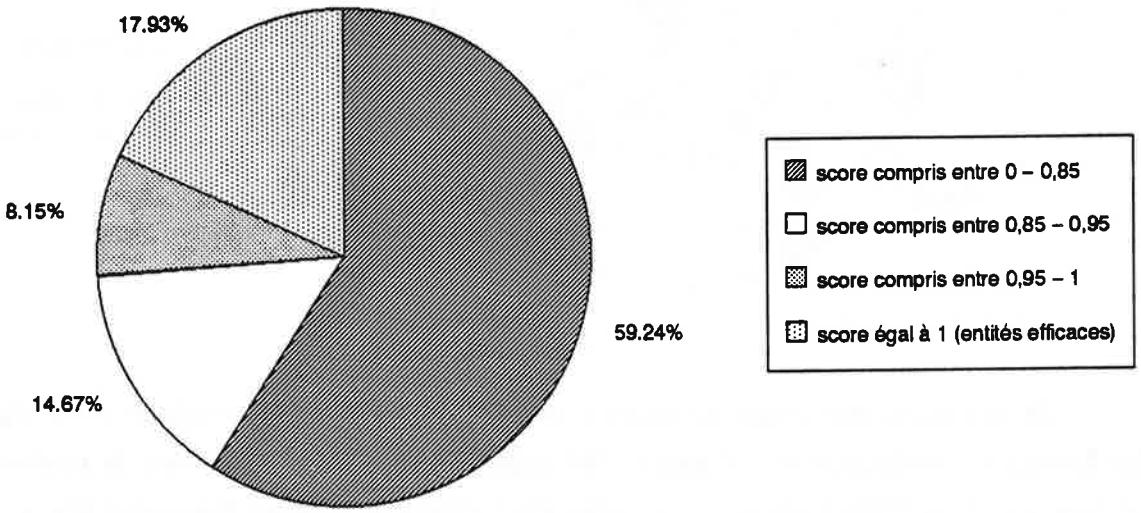
exhibent des rendements à l'échelle croissants (soit 69% de l'échantillon), 24 des rendements à l'échelle décroissants (13%) et 33 sont à leur taille optimale (18%). La taille optimale moyenne s'élève en termes de SAU à 52 ha de céréales et à 15 ha d'autres surfaces contre respectivement 59 ha et 22 ha de moyennes observées alors qu'en termes de chiffre d'affaires les valeurs optimales sont de 618.000 F en céréales et de 247.000 F en autres productions contre à peine 479.000 F et 186.000 F (niveaux observés).

Tableau 8. Caractéristiques des tailles optimales
(année 1990)

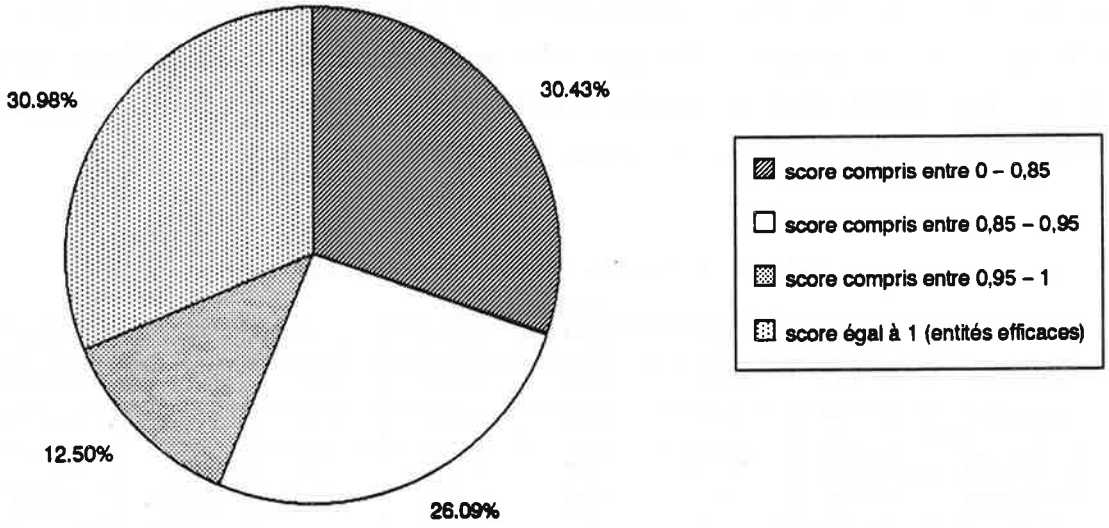
	Y1*	Y2*	X1**	X2**	X3***	X4*	X5*
moyenne	617851	246562	5554	1930	137	131909	218181
médiane	607129	232507	5384	1648	131	119792	194119
écart-type	261832	129737	2090	1518	38	61079	100910
minimum	108636	0	1400	0	91	20418	36464
maximum	1367905	724459	12320	13150	500	444483	618417

* en francs
** en ares
*** en centièmes d'UTA

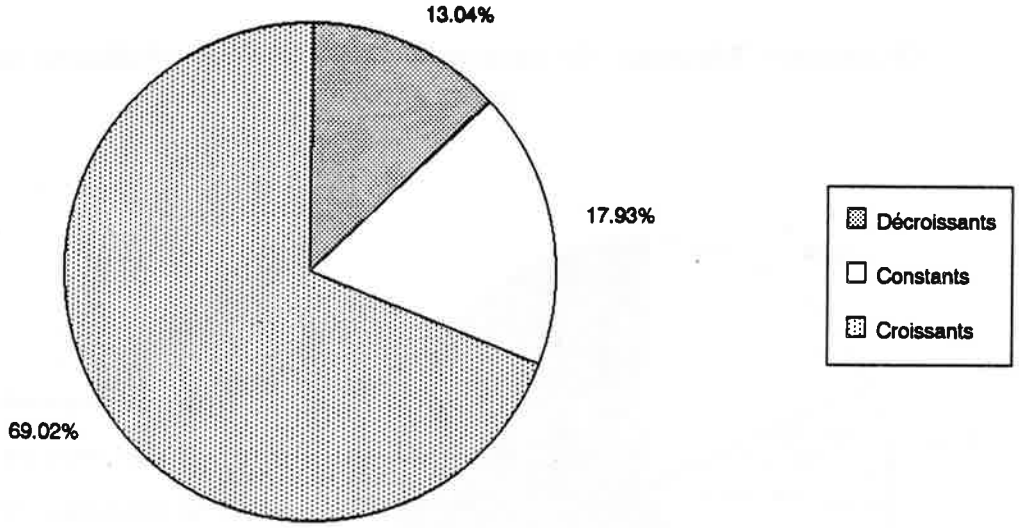
Graphique 5. Répartition des exploitations selon leur score d'efficacité totale
(année 1990)



Graphique 6. Répartition des exploitations selon leur score d'efficacité technique (année 1990)



Graphique 7. Répartition des exploitations selon leur situation de rendements d'échelle (année 1990)



Un diagnostic plus précis est possible en chiffrant les économies réalisables sur chacun des facteurs de production (cf tableau 7, 184 exploitations). Sous l'hypothèse de rendements d'échelle variables, DEA annonce un potentiel d'économies de 10% sur l'ensemble des facteurs tout en maintenant au même niveau les outputs. Des économies encore plus spectaculaires (de l'ordre de 22% à 29% selon les facteurs) sont repérées par DEA (bien que difficilement envisageables à court et moyen terme) si l'on projette les exploitations sur la frontière d'efficacité totale (maximum de productivité globale). Les résultats pour les autres années

oscillent entre 8,5% et 12% d'économies réalisables pour résorber l'inefficacité technique et entre 20% et 30% pour atteindre l'efficacité totale.

Une conséquence des résorptions éventuelles des inefficacités techniques serait une augmentation de 11,2% des rendements céréaliers moyens consécutive à une baisse de 10% des surfaces pour l'année 1990. Les hausses des rendements pour les années 1989, 1988 et 1987 seraient respectivement de 10,5%, 9,8% et 13,6% (cf tableau 9).

Tableau 9. Gains potentiels des rendements céréaliers selon le type d'inefficacité

Rendements (F/A)	Situation initiale	Efficacité technique	Efficacité totale
1990	81.38	90.50	110.57
1989	82.60	91.28	104.28
1988	82.91	91.05	103.80
1987	76.01	86.34	96.64

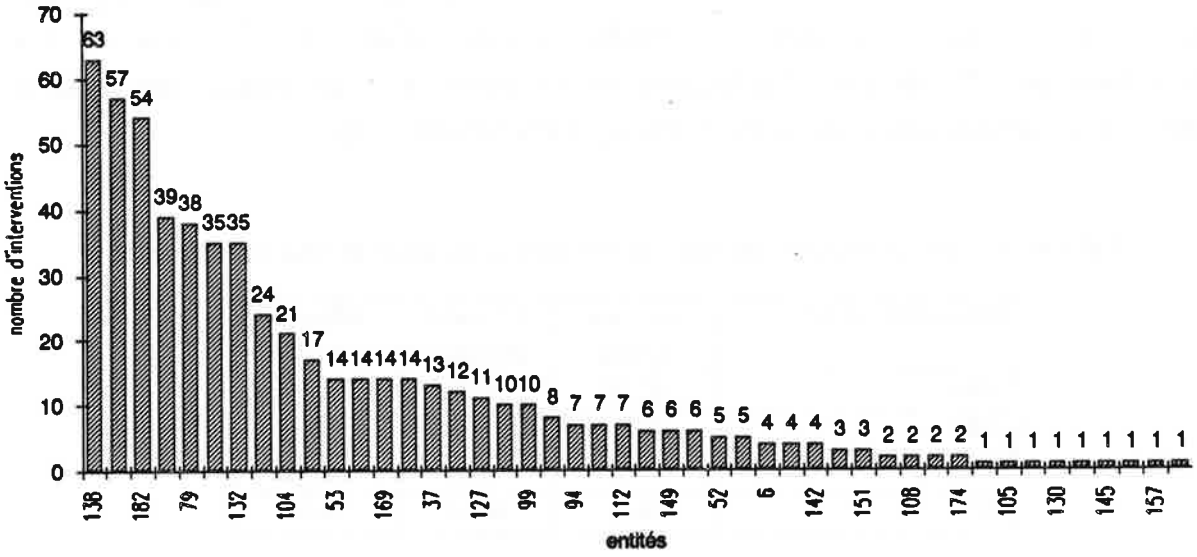
II.3.3. Fréquence d'interventions des exploitations efficaces

Une exploitation est déclarée efficace par DEA si elle n'est dominée par aucune autre firme ou aucune combinaison d'entités présentes dans le référentiel. Cependant, parmi les exploitations efficaces deux cas de figure se présentent :

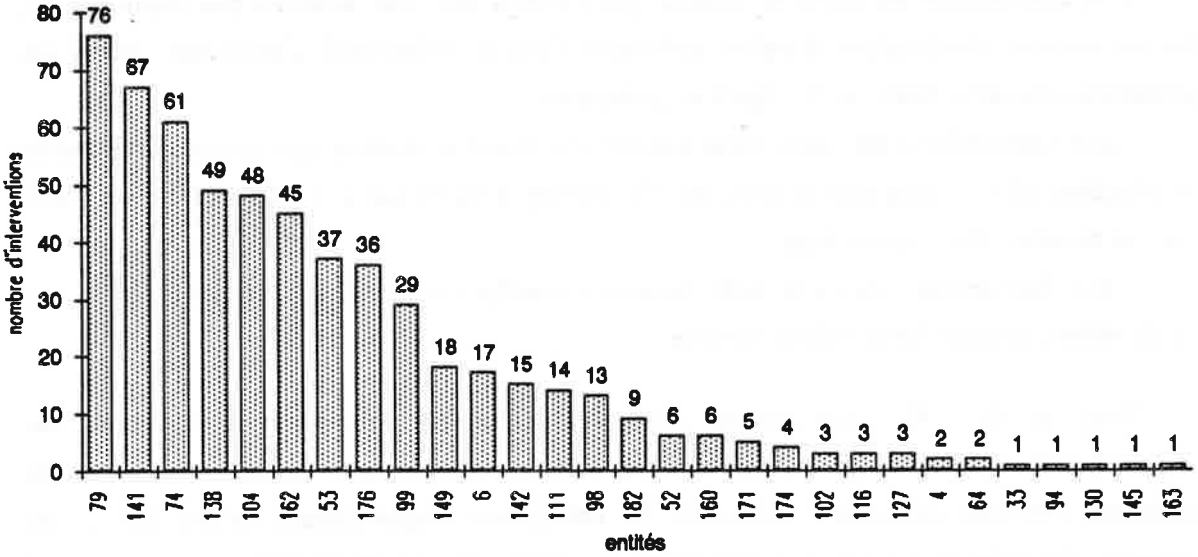
- soit l'entreprise n'intervient dans aucune combinaison linéaire optimale d'autres unités de production (elle ne peut que se dominer elle-même), dans ce cas son efficacité risque d'être liée à une situation trop particulière.
- soit l'entreprise intervient dans plusieurs solutions optimales et constitue ainsi une sorte de référence pour l'échantillon observé.

Pour l'année 1990, si l'on reprend l'ensemble des exploitations repérées "efficaces" par DEA, la distribution du nombre d'interventions dans les combinaisons linéaires montre qu'en rendements d'échelle variables, moins de 10 entreprises n'apparaissent qu'une fois (5 en rendements d'échelle constants) et 9 entreprises interviennent plus de 20 fois.

Graphique 8. Distribution du nombre d'interventions en rendements d'échelle variables (année 1990)



Graphique 9. Distribution du nombre d'interventions en rendements d'échelle constants (année 1990)



II.3.4. Validations et analyses des résultats DEA

Pour valider et analyser les diagnostics DEA de l'année 1990, nous avons comparé différents sous-groupes d'exploitations sur plusieurs critères de performances techniques et économiques usuels. Les comparaisons confrontent en premier lieu quatre classes d'exploitations réparties selon leurs scores d'efficacité technique ou totale, en second lieu deux groupes établis en fonction du nombre d'interventions dans les combinaisons linéaires et enfin trois catégories basées sur les situations des rendements à l'échelle.

II.3.4.1. Les variables retenues

Outre quelques caractéristiques socio-structurelles (formation agricole et générale, forme juridique, région), les variables retenues dans la fonction de production et les productivités partielles, nous avons pris comme critères de comparaison les indicateurs qui suivent :

a) La valeur ajoutée brute (VAPBR)

Elle se définit comme la confrontation entre le flux global d'activité, production en ce qui nous concerne, ou marge commerciale et les consommations intermédiaires. C'est la différence entre ce que l'entreprise a fourni et ce qu'elle a reçu en biens et services de la part de tiers, soit la contribution productive, ou la richesse créée par l'entreprise, grâce à la mise en oeuvre des éléments constitutifs de son potentiel productif (force de travail, capital fixe). Les données dont nous disposons nous permettent d'estimer la valeur ajoutée de la façon suivante :

VAPBR = produit brut (PBRUT) - loyers, fermages et autres charges locatives - entretien du matériel - location de matériel - entretien des bâtiments - charges d'amendement - charges de carburants et de lubrifiants - charges en engrais - charges phytosanitaires - charges en semences et plans - eau d'irrigation - petit matériel et outillage - aliments pour animaux - honoraires et produits vétérinaires - travaux et services pour la production végétale - autres travaux et services extérieurs,

où PBRUT = Y1 + Y2, Y1 représente la production de céréales en francs et Y2 les autres productions en francs.

Les données suivantes sont manquantes pour obtenir le montant exact de la valeur ajoutée : 1) les combustibles, les fournitures, les aliments grossiers et les produits vétérinaires, en ce qui concerne les charges d'approvisionnement, 2) les travaux pour élevage, l'eau, le gaz

et l'électricité, les autres fournitures, les redevances de crédit-bail, les loyers des animaux, les assurances, les autres honoraires, les transports et déplacements et les frais divers de gestion, en ce qui concerne les autres charges et services extérieurs. Il s'agit donc de manier cette estimation avec quelques réserves. En effet, si les charges concernant l'élevage n'ont que peu d'importance car elles ne constituent pas l'essentiel des dépenses des exploitations étudiées (exploitations céréalières), les autres charges requièrent certainement un intérêt non négligeable.

La valeur ajoutée présente un intérêt analytique dans deux domaines :

- elle se prête aux comparaisons inter-entreprises, sans introduire de distorsions entre des entreprises situées à différentes phases du processus de transformation ou de distribution, dans la mesure où elle neutralise l'incidence des consommations intermédiaires.

- elle mesure enfin, ce qui présente un intérêt particulier dans le cadre de notre étude, la richesse créée, soit le montant avec lequel l'entreprise pourra, d'une part dégager des fonds pour reconstituer ses immobilisations et autres éléments sujets à dépréciation et d'autre part, assurer la rémunération des différents ayant-droits concernés par l'activité de l'entreprise (salariés, créanciers, associés, fisc).

b) La capacité d'autofinancement (AUTFI)

Il s'agit d'un indicateur monétaire relatif aux résultats de l'exercice. Il résulte de la confrontation entre l'ensemble des produits susceptibles de donner lieu à encaissement et l'ensemble des charges susceptibles de donner lieu à décaissement, y compris l'impôt sur les sociétés. A l'image de l'excédent brut d'exploitation (EBE), il ne tient pas compte des délais de stockage ni de règlement, ce qui nous amène à présenter ces indicateurs comme des indices de surplus monétaires virtuels.

En ce qui concerne son interprétation :

- la capacité d'autofinancement représente le montant des ressources additionnelles sécrétées par l'activité globale de la période, et qui pourront être affectées au financement de l'entreprise, soit un surplus monétaire potentiel. En d'autres termes, il s'agit du montant maximal que l'autofinancement peut atteindre, montant qui intervient en ressource du tableau de financement de l'entreprise.

- elle intervient comme un indicateur relatif aux performances de l'entreprise, soit à l'ajustement du tableau de financement, même si elle ne s'y trouve pas explicitement présentée. C'est la notion clef pour l'appréciation de la rentabilité de l'entreprise et l'analyse dynamique de l'équilibre financier.

La capacité d'autofinancement tient compte des éléments du résultat induits par tous les aspects de l'activité à la différence de l'excédent brut d'exploitation (EBE) où, comme son nom l'indique, seule l'activité d'exploitation est prise en considération. Enfin, la capacité d'autofinancement souffre d'un biais introduit par la connotation fiscale de la politique d'amortissement et de provisions de l'entreprise, mais qui ne suffit pas à l'invalider.

c) La marge brute végétale (MARGV)

Elle représente le cumul de la production brute végétale, y compris horticole, des intraconsommations de produits végétaux par les animaux, et des terres louées, duquel il a été déduits, les travaux pour culture et l'eau d'irrigation, les charges d'engrais, d'amendement, de semences et de produits phytosanitaires, et les fournitures pour végétaux.

d) L'actif (ACTIF) et les capitaux permanents fin d'exercice (PERM8)

Par construction comptable, cette variable est égale au poste équivalent du passif. Elle peut donc s'exprimer de la manière suivante : ACTIF = capitaux propres fin d'exercice (TCAP8) + dettes à moyen-long terme fin d'exercice (ELMT3) + dettes à court terme fin d'exercice (EMCT3),

où TCAP8 représente le cumul de la situation nette (essentiel des capitaux propres) et des subventions d'équipement - subventions accordées par l'Etat, les collectivités publiques ou éventuellement par des tiers, en vue d'acquérir ou de créer des immobilisations : bâtiments d'élevage, améliorations foncières (drainage), dotation aux jeunes agriculteurs... -, où ELMT3 récapitule les emprunts souscrits à plus de deux ans quelque soit l'objet du financement et EMCT3 les emprunts souscrits à moins de deux ans.

La notion de capital permanent représente la part du passif permettant de couvrir les besoins de financement durable de l'exploitation. Les capitaux permanents sont donc constitués des dettes à moyen-long terme et des capitaux propres.

e) Ratios de marge d'exploitation

R1 = ratio de productivité = marge végétale / production céréalière.

R3 = valeur ajoutée brute / produit brut.

Il s'agit d'approcher, par des indicateurs du résultat de plus en plus fins, l'efficacité dont l'entreprise fait preuve dans la conduite de son activité commerciale.

f) Ratios de passif

Ils permettent d'apprécier la politique financière de l'entreprise.

- Ratios de composition du passif

R7 = capitaux permanents / passif = l'exigible à moyen-long terme.

1 - R7 = dettes à court terme / passif = l'exigible à court terme.

Ces deux premiers ratios évaluent la stabilité du financement en fonction de la maturité des ressources recensées au passif.

R4 = dettes à court et moyen-long termes / capitaux permanents.

R5 = dettes à court terme / dettes à court et moyen-long termes.

- Ratios d'autonomie financière

Les deux premiers ratios évaluent l'autonomie financière globale, alors que les autres permettent la même interprétation à terme. Les deux derniers ratios sont d'ailleurs plus significatifs dans la mesure où ils analysent les capitaux permanents, de nature plus homogène car présentant tous un caractère financier.

R6 = dettes à court et moyen-long termes / passif = taux d'endettement.

1 - R6 = capitaux propres / passif.

R8 = capitaux propres / dettes à moyen-long terme.

1/R8 = dettes à moyen-long terme / capitaux propres = ratio de levier.

Avec les données dont nous disposons, le ratio de levier nous permet d'apprécier la capacité d'endettement de l'entreprise, sachant que l'on considère généralement que cette dernière atteint la saturation quand le ratio s'approche de 1. En d'autres termes, les possibilités d'endettement sont d'autant plus larges ou faibles que l'on oscille entre 0 et 1. Cependant cette limite d'endettement n'est pas absolue puisqu'en pratique, des entreprises ont emprunté au-delà de leurs capitaux propres. Nous verrons cependant que cet indicateur ne présente qu'un intérêt limité dans les développements qui vont suivre, dans la mesure où il n'intervient qu'une seule fois comme élément de différenciation, donc comme critère retenu pour l'élaboration d'une typologie.

f) Taux d'intérêt

Ils procurent une information sur les conditions de crédits accordées à l'entreprise.

R10 = (charges financières à moyen-long terme + charges financières à court terme + autres charges financières) / (dettes à moyen-long terme + dettes à court terme) = taux d'intérêt moyen.

R11 = charges financières à moyen-long terme / dettes à moyen-long terme = taux d'intérêt à moyen-long terme.

g) Autres ratios

R2 = capacité d'autofinancement / produit brut, où la capacité d'autofinancement intervient comme estimation de la marge brute d'autofinancement (MBA = capacité d'autofinancement + comptes courants privés - remboursement de capital). C'est un indicateur de rentabilité de l'exploitation.

R9 = totalité des charges financières de l'exploitation/ valeur ajoutée. Ce ratio mesure le poids du financement du crédit dans l'activité de l'entreprise.

PARV = part des céréales dans le total de la production de l'exploitation. Cet indicateur permet de repérer le niveau de spécialisation ou de diversification de l'entité.

II.3.4.2 Comparaisons des caractéristiques des exploitations classées selon leurs scores d'efficacité

Les 184 exploitations ont été réparties en quatre groupes d'efficacité technique ou totale :

- groupe 1, les entités efficaces;
- groupe 2, scores compris entre 0,95 et 1,
- groupe 3, scores compris entre 0,85 et 0,95,
- groupe 4, scores inférieurs à 0,85.

Les test de X^2 à partir des tableaux croisant les scores DEA aux différentes modalités des variables qualitatives (formation agricole, formation générale, région) font apparaître un degré de dépendance significatif (moins de 5% de risque d'erreur) entre l'efficacité et le niveau

de formation agricole. Par contre pour les deux autres variables aucune liaison avec le niveau de performance n'est décelée.

Tableau 10. Croisement "Formation agricole" et Scores d'efficacité

Formation CCRC*	Aucune	Primaire	Secondaire cycle court	Secondaire cycle long	Supérieure	Total
0 - 0,85	18	63	26	1	1	109
0,85 - 0,95	7	9	9	2	0	27
0,95 - 1	4	7	3	1	0	15
1	4	17	5	3	4	33
Total	33	96	43	7	5	184

Formation CCRV**	Aucune	Primaire	Secondaire cycle court	Secondaire cycle long	Supérieure	Total
0 - 0,85	12	31	13	0	0	56
0,85 - 0,95	7	26	14	1	0	48
0,95 - 1	5	9	7	2	0	23
1	9	30	9	4	5	57
Total	33	96	43	7	5	184

* dépendance à un risque de 1%
** dépendance à un risque de 5%

Les exploitations efficaces selon le score CCRC (groupe 1) se distinguent par rapport aux moins efficaces (groupe 4) par des niveaux de productivités partielles supérieures. En fait, leurs productions céréalière et "autres" sont nettement plus importantes malgré des dotations factorielles non significativement différentes. Elles affichent de meilleurs indicateurs de marge ou de rentabilité et apparaissent plus diversifiées (leur part moyenne des céréales dans la production totale n'atteint que 67% contre 73% pour les autres). En outre, elles semblent bénéficier de meilleures conditions d'accès au crédit de moyen et long termes puisque leurs taux d'intérêt sont respectivement inférieurs de 2 points à ceux supportées par les moins efficaces.

Plus précisément, si nous comparons les exploitations efficaces aux moins performantes selon le score CCRV, nous constatons en premier lieu que les niveaux des deux outputs et de l'indice de diversification ne sont plus discriminants ; ces variables semblent donc liées à l'efficacité d'échelle. Par contre à partir de ce même score CCRV, les différences significatives entre les deux groupes sur les productivités partielles, sur les indicateurs de rentabilité et sur le taux d'intérêt à moyen et long termes suggèrent que les liaisons entre la performance des exploitations et ces variables s'expliquent d'abord par l'inefficacité technique.

Tableau 11. Comparaisons des moyennes entre les groupes des efficaces et des moins efficaces (pour les variables dont les moyennes sont significativement différentes)

		Groupe 1	Groupe 4
	Effectif	33	109
CCRC	Signifiance	Moyenne	Moyenne
Y2	1%	259490.00	160148.00
Productivité de la SAU "céréales" *	1%	91,00	73,99
Productivité des SAU "autres" *	1%	178,64	79,79
Productivité du travail **	1%	6,38	4,79
Productivité des CI	1%	3,65	2,80
Productivité de la SAU totale *	1%	102,85	74,69
Valeur ajoutée	1%	535183.00	361888.00
R1	1%	0,91	0,79
R3	1%	0,68	0,60
Production totale	5%	788482.00	584186.00
Productivité du matériel	5%	5883,25	4320,80
Marge végétale	5%	480830.00	353024.00
Part des céréales dans la production totale	5%	0,67	0,73
R10	5%	0,09	0,13
R11	5%	0,08	0,10
Y1	10%	528992.00	424038.00
R2	10%	0,13	0,04

		Groupe 1	Groupe 4
	Effectif	57	56
CCRV	Signifiance	Moyenne	Moyenne
Productivité de la SAU "céréales" *	1%	89,28	77,06
Productivité des SAU "autres" *	1%	154,64	83,26
Productivité du travail **	1%	5558,71	4180,76
Productivité du matériel	1%	6,15	4,88
Productivité des CI	1%	3,51	2,84
Productivité de la SAU totale *	1%	97,87	77,54
R1	1%	0,90	0,79
R3	1%	0,67	0,60
Valeur ajoutée	10%	503514.00	41359.00
R11	10%	0,08	0,11

* en francs par are
** en francs par centième d'UTA

II.3.4.3. Comparaisons des caractéristiques des exploitations classées selon leur fréquence d'intervention dans les combinaisons linéaires

Les 184 exploitations ont été réparties en deux groupes :

- groupe 1, celles qui interviennent deux fois ou plus considérées comme réellement performantes;

- groupe 2, celles qui ne sont pas efficaces ou qui ne dominent qu'elles mêmes considérées comme non performantes.

La lecture du tableau 12 nous indique que les performances (définies selon la fréquence d'intervention) technique et totale apparaissent statistiquement dépendantes du niveau de formation agricole. Par contre la région et la formation générale n'influenceraient pas les fréquences d'intervention.

Tableau 12. Croisement "Formation agricole" et Performances

CCRC*

Formation / Fréquence d'intervention	Aucune	Primaire	Secondaire cycle court	Secondaire cycle long	Supérieure	Total
0 - 1 fois	30	82	41	4	3	160
> 1 fois	3	14	2	3	2	24
Total	33	96	43	7	5	184

CCRV

FOAGR / Fréquence d'intervention	Aucune	Primaire	Secondaire cycle court	Secondaire cycle long	Supérieure	Total
0 - 1 fois	27	76	39	4	1	147
> 1 fois	6	20	4	3	4	37
Total	33	96	43	7	5	184

* dépendance à un risque de 1%

Selon le score CCRC, les entités performantes présentent une meilleure utilisation de leur potentiel productif. En effet, toutes leurs productivités partielles sont nettement supérieures à celles des autres . Elles dégagent une production "autres" plus importante, la part des céréales dans l'ensemble de l'activité est plus faible. De plus, tous les indicateurs ou ratios

de marge sont plus élevés, ces exploitations sont donc économiquement plus rentables. Enfin, en ce qui concerne le financement de leurs activités, la variable autofinancement se détache positivement (il est à noter que c'est le seul cas où cette variable intervienne en différence) et les taux d'intérêt sont inférieurs à ceux des autres entités, ce qui traduit de meilleures conditions d'accès au crédit.

L'analyse à partir du score CCRV, ne modifie pas beaucoup l'ordre des résultats en terme de productivité, de productions, de diversification et de marges. Seule la marge végétale et le produit brut ne se différencient plus de façon significative.

Par contre, de nouveaux indicateurs se détachent :

- le ratio R7 traduit une part plus importante de l'exigible à moyen-long terme dans le passif des entités performantes, ce qui a pour corollaire un plus petit ratio R5 (part des dettes à court terme dans l'ensemble des dettes),

- le ratio R4 (part des encours dans les capitaux permanents) plus faible, montre, de son côté, que les dettes sont, en moyenne, mieux couvertes par le groupe des entités intervenantes.

Ces trois indicateurs suggèrent que la performance technique est associée à une situation financière plus saine.

Tableau 13. Comparaisons des moyennes entre les groupes des performantes et des non performantes
(pour les variables dont les moyennes sont significativement différentes)

		Groupe 1	Groupe 2
	Effectif	37	147
CCRV	Signifiance	Moyenne	Moyenne
Productivité de la SAU "céréales" *	1%	90,44	77,71
Productivité du matériel	1%	6,68	5,03
Productivité des CI	1%	3,49	2,99
Productivité de la SAU totale *	1%	99,47	80,06
R1	1%	0,91	0,82
R3	1%	0,67	0,62
R7	1%	0,99	0,97
Y2	5%	245269.00	171621.00
Productivité des SAU "autres" *	5%	156,03	94,42
Productivité du travail **	10%	5869,31	4762,24
Valeur ajoutée	10%	517892.00	407403.00
Part des céréales dans la production	10%	0,69	0,73
R4	10%	0,24	0,33
R5	10%	0,03	0,07

* en francs par are
**en francs par centième d'UTA

II. 3.4.4. Comparaison des caractéristiques des exploitations classées selon leurs rendements à l'échelle

Rappelons qu'en 1990, 69% des exploitations ont des rendements à l'échelle croissants, 18% sont à leur taille optimale et 13% supportent des déséconomies d'échelle.

L'analyse des tableaux croisés (14, 15 et 16) entre les situations de rendements à l'échelle (croissants, constants, décroissants) et les niveaux de formation ou les régions montrent une forte dépendance statistique entre ces variables. D'une part, on s'aperçoit que les chefs d'exploitation ayant bénéficié d'une formation plus élevée se retrouvent

proportionnellement plus nombreux dans la zone des rendements d'échelle constants ou décroissants (notamment en ce qui concerne la formation générale). Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus précédemment entre l'efficacité et la formation (cf point 2.4.1), ce qui n'est pas surprenant puisque les exploitations en rendements constants sont totalement efficaces. D'autre part, la majorité des tailles optimales ainsi que des exploitations en rendements croissants se situent dans la région Ile de France, les exploitations en rendements décroissants se regroupant davantage dans l'ensemble "autres" (hors Ile de France, Aquitaine et Centre).

Tableau 14. Croisement formation agricole et rendements à l'échelle

*FOAGR / Rendements	Aucune	Primaire	Secondaire cycle court	Secondaire cycle long	Supérieure	Total
Décroissants	5	7	10	1	1	24
Constants	4	17	5	3	4	33
Croissants	24	72	28	3	0	127
Total	33	96	43	7	5	184

Tableau 15. Croisement formation générale et rendements à l'échelle

**FOGEN / Rendements	Aucune	Primaire	Secondaire	Supérieure	Total
Décroissants	1	13	10	0	24
Constants	1	19	10	3	33
Croissants	10	85	31	1	127
Total	12	117	51	4	184

Tableau 16. Croisement régions et rendements à l'échelle

**Régions / Rendements	Aquitaine	Centre	Ile de France	Autres	Total
Décroissants	0	6	7	11	24
Constants	7	2	14	10	33
Croissants	15	22	55	35	127
Total	22	30	76	56	184

* dépendance à un risque de 1%
** dépendance à un risque de 5%

Puisque les entités en rendements constants sont totalement efficaces, on retrouve en grande partie les résultats des points précédents. Elles sont en moyenne plus petites, rentables et diversifiées. Elles présentent une bonne utilisation de leur capacité de production, de manière globale et pour chaque facteur. Elles bénéficient de meilleures conditions de crédit.

Les entités en rendements croissants regroupent surtout des exploitations en difficulté. Il s'agit de petites exploitations céréalières qui présentent une productivité globale et des productivités partielles généralement moins bonnes que celles des deux autres groupes d'entités. Elles disposent d'une relative autonomie financière à terme, mais cela est à rapprocher des conditions d'accès aux crédits qui sont moins favorables, point d'autant plus inquiétant que ces exploitations devraient investir pour augmenter leur taille.

Enfin, les entités en rendements décroissants regroupant évidemment les plus grandes exploitations céréalières, présentent de bonnes performances de productivité sauf pour les "autres SAU". Pour cette catégorie d'exploitations, les productions non céréalières n'apparaissent pas prioritaires. Par contre, l'autonomie financière à terme est limitée et, en sens inverse, le ratio de levier, se rapprochant de la valeur 1 (0,95), montre une certaine saturation de l'endettement à terme, ce qui est par ailleurs confirmé par la faible capacité d'autofinancement par rapport au produit brut dégagé. Ceci peut s'expliquer en partie par les investissements nécessaires vu la grande taille de ces entités. Enfin, les conditions de crédits restent relativement satisfaisantes.

Tableau 17. Comparaison des moyennes selon les types de rendements à l'échelle

		Décroissants	Croissants
	Effectif	24	127
	Signifiance	Moyenne	Moyenne
Y1	1%	840364	397360
Y2	1%	299861	146011
Production totale	1%	1140226	543372
X1	1%	9626	5226
X2	1%	3306	1889
SAU totale	1%	12932	7115
Productivité de la SAU "céréales" *	1%	88,97	75,83
Productivité des SAU "autres" *	1%	6132,09	4534,62
Productivité des CI	1%	3,36	2,89
Productivité de la SAU totale *	1%	90,32	77,86
Valeur ajoutée	1%	770035	337861
Marge végétale	1%	740263	331334
Actif	1%	2080979	1199885
Capitaux permanents	1%	2043312	1173087
R3	1%	0,67	0,60
Productivité du matériel	5%	5,74	5,03
R1	5%	0,88	0,81
R8	10%	4,98	10,97
R9	10%	0,07	0,10
R10	10%	0,10	0,14

		Décroissants	Constants
	Effectif	24	33
	Signifiance	Moyenne	Moyenne
Y1	1%	840364	528992
Production totale	1%	1140226	788482
X1	1%	9626	5693
SAU totale	1%	12932	8114
Valeur ajoutée	1%	770035	535183
Marge végétale	1%	740263	480830
Productivité des SAU "autres" *	5%	98,78	178,64
Actif	5%	2080979	1444572
Capitaux permanents	5%	2043312	1413852
R2	5%	0,00	0,13
Productivité de la SAU totale *	10%	90,32	102,85
Part des céréales dans la production	10%	0,73	0,67
R11	10%	0,10	0,08

		Croissants	Constants
	Effectif	127	33
	Signifiance	Moyenne	Moyenne
Y2	1%	146011	259490
Production totale	1%	543372	788482
Productivité de la SAU "céréales" *	1%	75,83	91,00
Productivité des SAU "autres" *	1%	90,90	178,64
Productivité du matériel	1%	5,03	6,38
Productivité des CI	1%	2,89	3,65
Productivité de la SAU totale *	1%	77,86	102,85
Valeur ajoutée	1%	337861	535183
R1	1%	0,81	0,91
R3	1%	0,60	0,68
R10	1%	0,14	0,09
R11	1%	0,97	0,75
Y1	5%	397360	528992
Productivité du travail **	5%	4534,62	5883,25
Marge végétale	5%	331334	480830
Part des céréales dans la production	10%	0,73	0,67

* en francs par are
** en francs par centième d'UTA

II.4. ESTIMATION DES SCORES ET DES GAINS POTENTIELS DE RENDEMENTS PAR REGION ET PAR TAILLE DE PRODUCTEURS

II.4.1. L'analyse par région

La reprise des résultats précédents (point 2.2) mais en différenciant les exploitations selon leur origine géographique permet d'évaluer les écarts entre les régions en termes d'inefficacité totale ou technique et de gains potentiels de rendements céréaliers.

Les moyennes des scores d'efficacité totale ne sont pas significativement différentes entre les régions, par contre l'Aquitaine apparaît en moyenne techniquement plus efficace que le Centre et l'Ile de France, ces deux dernières ne se distinguant pas entre elles. En effet, le tableau 19 montre que les exploitations de l'Ile de France et du Centre peuvent respectivement diminuer de 12% et de 10% leurs dotations factorielles alors que les exploitations de l'Aquitaine n'ont qu'un potentiel d'économie d'environ 6%. En conséquence, les rendements céréaliers augmenteraient de 6,4% en Aquitaine, de 11,4% pour le Centre et de 12,3% pour l'Ile de France, seuite à une résorption totale des inefficacités.

Tableau 18. Comparaisons des scores d'efficacité totale et technique entre les régions

CCRC	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum
Aquitaine	22	0.83	0.82	0.17	0.41
Centre	56	0.80	0.81	0.16	0.50
Ile de France	30	0.79	0.81	0.14	0.46
Autres	76	0.82	0.81	0.15	0.36
Total	184	0.81	0.81	0.15	0.36

CCRV	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum
Aquitaine	22	0.94	1.00	0.08	0.77
Centre	56	0.88	0.91	0.12	0.62
Ile de France	30	0.87	0.86	0.11	0.60
Autres	76	0.91	0.93	0.09	0.70
Total	184	0.90	0.92	0.10	0.60

Il convient cependant de demeurer prudent par rapport à ces derniers résultats ; les combinaisons productives se différencient régionalement alors que la frontière d'efficacité utilisée est la même pour l'ensemble des exploitations.

Tableau 19. Augmentation des outputs et économies réalisables en % des dotations initiales

Rendements constants							
	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
Aquitaine	-0.52	-0.87	17.23	25.59	28.76	15.68	20.73
Centre	-0.05	-1.65	26.99	29.36	21.78	21.82	23.90
Ile de France	0.00	-1.51	29.05	29.21	21.72	25.36	24.26
Autres	-0.08	-2.66	25.72	29.91	22.14	20.42	20.35
Total	-0.08	-1.96	26.35	29.41	22.72	21.48	22.45

Rendements variables							
	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
Aquitaine	0.00	0.00	6.04	8.04	6.15	5.58	6.41
Centre	0.00	0.00	10.22	10.53	12.40	10.18	10.36
Ile de France	0.00	0.00	11.92	11.50	13.55	12.35	12.06
Autres	0.00	0.00	9.62	9.18	9.86	9.57	9.18
Total	0.00	0.00	10.08	10.14	10.87	10.01	10.00

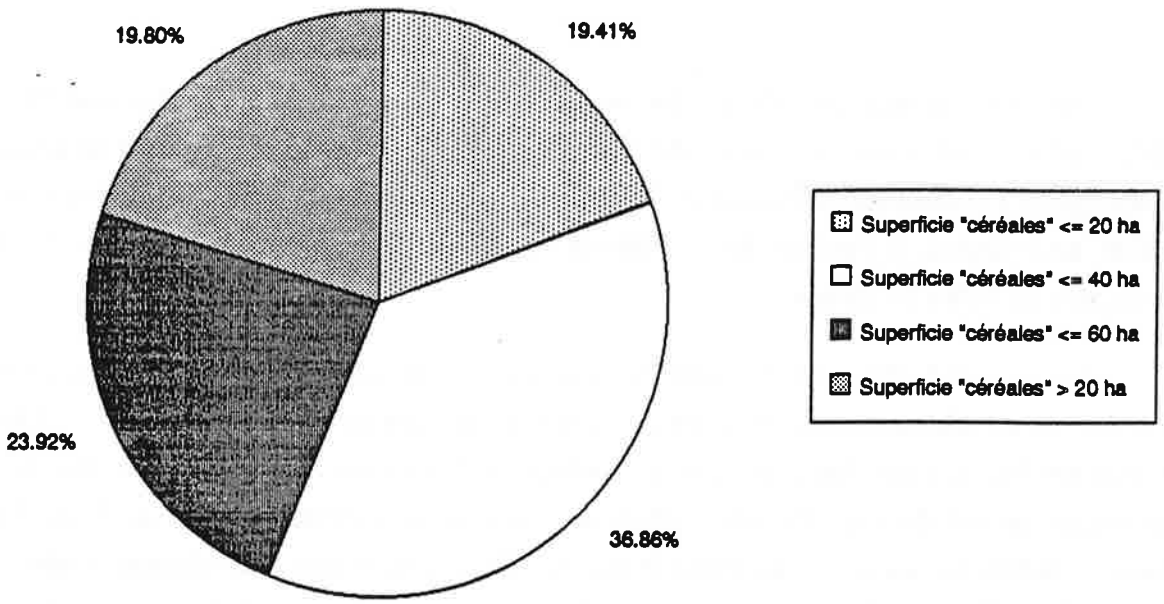
Tableau 20. Gains potentiels des rendements céréaliers selon le type d'efficacité et la région

Rendements (F/A)	Situation initiale	Efficacité technique	Efficacité totale
Aquitaine	82.81	88.13	100.57
Centre	81.11	90.35	111.15
Ile de France	80.62	91.53	113.62
Autres	81.81	90.52	110.21

II. 4.2. L'analyse selon la taille des exploitations

Une dernière analyse a consisté à comparer les gains potentiels de rendements entre les gros et les petits producteurs différemment affectés par la réforme de la politique agricole commune. L'estimation des frontières de production n'a pu se faire sur l'OTEX 11 regroupant trop peu de petits producteurs (à peine 4 exploitations recensées sur les 184 en 1990). Les résultats présentés ci-après concernent l'OTEX 12 "grandes cultures" du RICA qui rassemble 510 exploitations dont 99 cultivent moins de 20 ha de céréales et 101 plus de 60 ha.

Graphique 10. Répartition des exploitations "grandes cultures" selon leur taille (année 1990)



Pour chaque catégorie de taille en hectare d'exploitations, nous avons procédé à une estimation spécifique de frontière de production sous l'hypothèse de rendements d'échelle variables. Les résultats indiquent des potentiels de rendements plus élevés chez les petits producteurs (de l'ordre de 12 à 10%) alors que les producteurs cultivant entre 40 ha et 60 ha de céréales ne bénéficient que de 5,6% de gains possibles, les plus gros atteignent pour leur part environ 9%.

Tableau 21. Gains potentiels des rendements céréaliers selon la taille des producteurs

Taille (ha)	Effectif	Situation initiale	Efficacité technique
<= 20	99	72.34	80.89
<20 et <= 40	188	78.15	86.25
<40 et <= 60	122	82.9	87.51
> 60	101	82.57	89.88

II. 5. CONCLUSION

Dans cette application DEA sur les systèmes céréaliers du RICA pour les années 1987, 1988, 1989 et 1990, nous avons tenté d'évaluer les gains de productivité potentiels en termes de résorption d'inefficacités technique et d'échelle. Il s'agissait de révéler l'existence éventuelle d'effets amortisseurs à l'impact de la réforme de la politique agricole commune sur la contraction de l'offre de céréales.

Par ces estimations de frontière de production non paramétriques, nous avons pu constater un certain nombre de résultats tant méthodologiques qu'opérationnels qu'il convient de rappeler.En premier lieu, les scores d'efficacité individuels calculés selon les deux hypothèses de rendements d'échelle varient en fonction de l'effectif des échantillons. Ces sources d'instabilité des scores illustrent le fait que DEA mesure une performance relative et non pas une efficacité absolue, essayant de déterminer les meilleures pratiques au sein d'un groupe d'observations.

En deuxième lieu, la présence de données atypiques peut provoquer un biais significatif dans la détermination de la frontière d'efficacité productive. En effet, comme nous l'avons vu sur l'OTEX 11, il suffit que quelques entités (repérées comme atypiques à partir des niveaux des productivités partielles) soient insérées dans le référentiel pour que l'analyse DEA donne des résultats moins robustes en termes de scores et d'économies réalisables. Dès lors il convient de les retirer de l'échantillon et de procéder à une nouvelle application DEA pour obtenir des résultats plus satisfaisants.

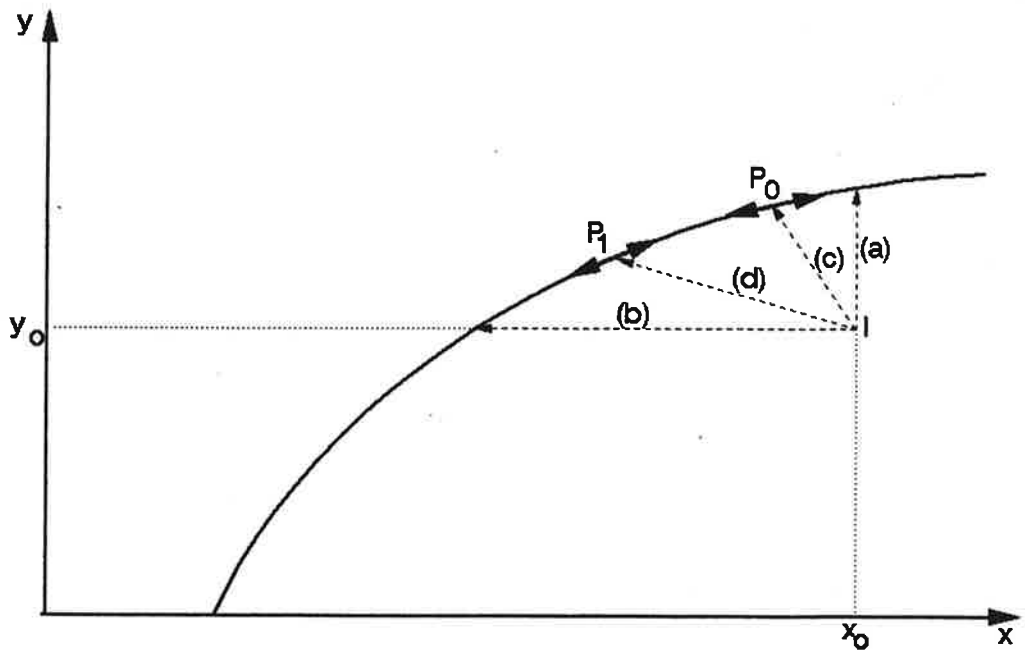
Parallèlement, nous avons procédé à une validation des scores en les confrontant à des indicateurs technico-économiques et financiers usuels. Cette confrontation nous permet de conclure que la méthodologie DEA, dans les limites et les précautions d'application évoquées précédemment, s'avère être un outil d'aide pertinent pour évaluer les performances de systèmes de cultures par une approche microéconomique.

Nos analyses ont mis en évidence des situations d'inefficacités totales ou techniques respectivement de l'ordre de 20% et de 10% pour l'année 1990. Une conséquence des résorptions éventuelles de ces inefficacités techniques serait une augmentation de 11,2% des rendements céréaliers. Un maintien du niveau de la production est possible malgré une baisse de 10% de la sole céréalière. L'effet escompté du gel de 15% des terres sur l'offre sera vraisemblablement amorti.

Cependant, les exploitations ne pourront augmenter de manière uniforme leurs rendements, leurs marges de manoeuvre étant plus ou moins larges selon leur origine géographique et leurs dimensions. Ainsi, les exploitations d'Aquitaine déjà plus proches de leurs optimums techniques ne bénéficient que d'un potentiel de 6% de gains de rendements alors que les exploitations du Centre et de l'Ile de France jouissent d'une amélioration possible de 11% à 12%. Les calculs de scores à partir de frontières de production spécifiques à chaque catégorie de taille en hectare montrent également des situations diverses : par rapport aux autres, les petits producteurs ont un meilleur potentiel de gains de rendements.

Enfin, nous sommes tentés à l'issue de cette analyse non paramétrique des inefficacités de rejoindre le point de vue de Stigler (1976) selon lequel les inefficacités ne sont qu'apparentes et reflètent notre ignorance quant au processus exact d'optimisation ; il y aurait donc de ce point de vue sur-estimation de la mesure. A l'inverse, il faut nous rappeler que les inefficacités ont été définies par rapport à la frontière primale (intersection de toutes les frontières vérifiant P1 à P4, cf. chapitre I) ; celles-ci sont dès lors sous-estimés relativement par exemple à une approche non paramétrique duale. Le graphique 11 nous introduit au chapitre III.

Graphique 11 . Résorption des inefficacités techniques vers une situation prix - efficace



III. EVOLUTION DES RENDEMENTS CEREALIERS DANS UNE SITUATION "D'EFFICACITE-PRIX" DE LA TECHNOLOGIE AGRICOLE

Dominique VERMERSCH

Je remercie Jean-Philippe Boussemart pour les conseils apportés lors de la rédaction de ce chapitre, de même que Jean-Paul Fouet pour l'assistance économétrique et informatique.

III.1. INTRODUCTION

Le développement d'une approche non paramétrique sur données microéconomiques a permis d'apprécier les gains de productivité potentiels en termes de résorption d'inefficacités techniques des systèmes céréaliers. S'agissant par ailleurs d'évaluer l'impact, sur les rendements céréaliers, de la baisse des prix, une résorption totale de ces inefficacités constitue une hypothèse pour le moins pessimiste quant à l'intensité escomptée de la baisse des rendements. Cela étant, les inefficacités mesurées ne sont que relatives à l'échantillon disponible mais surtout peuvent se révéler apparentes dans le sens où elles reflèteraient notre ignorance quant au processus exact d'optimisation de l'exploitant céréalier. Ainsi, il apparaît difficile d'appréhender et d'intégrer sérieusement l'aversion du producteur par rapport au risque ; le constat d'inefficacités relatives pourrait traduire en fait l'omission d'autres facteurs explicatifs de la technologie mise en oeuvre : diversité de la qualité des terres cultivables, contraintes culturales non observées, ... Nécessité s'en suit dès lors d'établir du moins formellement une évolution potentielle des rendements fondée sur une situation hypothétique d'efficacité de l'ensemble des producteurs ; telle sera notre hypothèse "optimiste" d'évolution des rendements. A cette fin, nous nous proposons de développer ici un modèle paramétrique et prix-efficace de la technologie céréalière qui compare les situations d'avant et d'après-réforme. Formalisant un cas de figure des plus favorables pour la baisse des rendements, le modèle est présenté dans un premier temps sous forme d'une technologie monoproduit à deux facteurs, puis généralisé à un nombre quelconque de biens soumis ou non à une fixité. Nous mettons en évidence l'existence d'effets amortisseurs de la baisse ainsi que les effets de l'aide directe sur la structure des technologies agricoles mises en oeuvre.

III.2. MODELE PARAMETRIQUE A DEUX FACTEURS

Considérons en première analyse, une technologie céréalière monoproduit décrite par la fonction de production suivante :

$$y = Ax^{\alpha}T^{\gamma} \qquad [1]$$

La quantité y désigne le produit céréalier valorisé, avant réforme, au prix p_o. Posant $\alpha + \gamma < 1$, nous disposons ainsi d'une technologie 'Cobb-Douglas' à rendements d'échelle décroissants, spécifiée ici avec deux facteurs ; la quantité agrégée x (prix associé w_x), désigne l'ensemble des consommations intermédiaires alors que T (prix associé w_T) représente le facteur terre supposé fixe à court terme dont la qualité peut être révélée par l'élasticité de production associée γ. La constante A regroupe les autres facteurs de producteurs (capital,

travail) et pourra intégrer éventuellement un indice de progrès technique.

III.2.1. Evolution des rendements avant et après réforme

En guise de premier résultat, nous nous proposons de mettre en évidence l'existence d'effets amortisseurs de la baisse escomptée des rendements. La réforme céréalière se décrit formellement suivant :

- le nouveau prix des céréales : p_1 (après dégressivité de trois ans)
- seuil de scission petits producteurs/producteurs professionnels : 92 Tonnes
- taux de gel : $1-\rho$ (=15 % pour la campagne 93-94)
- rendement départemental de référence : r.

Les exploitants céréaliers étant prix-efficaces, ceux-ci maximisent avant réforme le profit restreint soit :

$$\underset{x}{Max}\left[p_o A x^{\alpha} T^{\gamma} - w_x . x\right] \qquad [2]$$

La technologie étant supposée convexe, la condition nécessaire du premier ordre est suffisante ce qui aboutit à la solution :

$$\bar{x}_o = \left[\frac{w_x}{p_o \alpha A T^{\gamma}}\right]^{1/\alpha-1} \qquad [3]$$

$$\bar{r}_o = \left[\frac{w_x^{\alpha} T^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_o \alpha)^{\alpha}}\right]^{1/\alpha-1}$$

$\bar{r}_o$ désignant le rendement céréalier optimal $(\bar{y}_o / T)$ avant réforme. La situation après-réforme se différencie suivant le type de modalité : producteur professionnel (PP) ou petit producteur (pp) ; dans le premier cas, les exploitants céréaliers sont tenus de geler un pourcentage prédéterminé, ρ, de leur sole de céréales, d'oléagineux et de protéagineux, ceci afin de bénéficier des aides compensatoires, calculées sur la base d'un rendement départemental de référence. L'optimisation ne faisant intervenir que la variable x, l'écriture du profit restreint n'intègre pas l'aide directe :

$$\underset{x}{Max}\, p_1 A x^{\alpha} (\rho T)^{\gamma} - w_x . x \qquad [4]$$

En réalité, la combinaison productive qui sera adoptée n'est pas complètement décrite par ce programme ; il y a obligation, en effet, d'entretenir la surface jachère $(1-\rho)T$: travail du sol, désherbage, semis d'engrais vert, ... Excepté pour le cas d'une culture à usage non-alimentaire et contrat de livraison avec un industriel, les producteurs seront amenés à minimiser le coût d'entretien, révélateur en quelque sorte d'une défaillance ponctuelle dans la libre-disposition du facteur terre. Le prix de revient de la jachère ne devrait pas excéder 500 F/ha[1].

On en déduit le rendement optimal après réforme :

$$\bar{r}_1 = \left[\frac{w_x^{\alpha} (\rho T)^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_1 \alpha)^{\alpha}} \right]^{1/\alpha-1} \qquad [5]$$

Les petits producteurs (pp) quant à eux, ne sont pas soumis au gel des terres après réforme, soit :

$$\underset{x}{Max}\, p_1 A x^{\alpha} T^{\gamma} - w_x . x \qquad [6]$$

ce qui aboutit au rendement optimal :

$$\bar{r}_1 = \left[\frac{w_x^{\alpha} T^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_1 \alpha)^{\alpha}} \right]^{1/\alpha-1} \qquad [7]$$

En vue de comparer plus finement l'évolution microéconomique des rendements céréaliers, nous considérons également ici le caractère quasi-fixe du facteur terre. En effet, selon les régions et dans la période de baisse des prix garantis, certaines exploitations pourront bénéficier de restructurations réalisant ainsi un ajustement optimal de la dotation foncière. Dès lors, le programme de comportement s'écrit avant réforme :

$$\underset{x,T}{Max}\, p_o A x^{\alpha} T^{\gamma} - w_x . x - w_T . T \qquad [8]$$

soit :

---

[1] d'après un calcul de l'ITCF (Institut Technique des Céréales et Fourrages), La France Agricole, 21/08/92, p 24.

$$r_o^* = \frac{w_T}{p_o \gamma} \qquad [9]$$

Cette dernière expression montre que si le prix p_o diminue, r_o^* augmente ; ce résultat, apparemment étonnant, s'explique par le fait que nous avons supposé une technologie à rendements d'échelle décroissants qui implique, lorsque p_o décroît, une diminution plus rapide de T que celle de l'offre optimale y_o^*.

Dans le cas où le facteur terre se prête à un ajustement optimal, les programmes PP et pp s'écrivent respectivement :

$$PP: \underset{x,T}{Max}\ p_1 A x^{\alpha} (\rho T)^{\gamma} - w_x . x + (p_o - p_1) r . T - w_T . T \qquad [10]$$

$$pp: \underset{x,T}{Max}\ p_1 A x^{\alpha} T^{\gamma} - w_x . x - w_T . T + (p_o - p_1) r T$$

Ce n'est qu'à ce niveau qu'intervient, dans l'écriture du profit restreint du programme PP, l'aide directe à l'hectare $(p_o - p_1) r T$ qui se décompose en :

. $(p_o - p_1) r \rho T$: pour les hectares cultivés (45 Ecus/tonne pour un prix indicatif de 110 Ecus/tonne).

. $(1-\rho) T (p_o - p_1) r$: aide compensatoire au titre du gel des terres, équivalente à celle accordée pour les hectares cultivés sur la base d'un prix indicatif de 110 Ecus/tonne.

Le tableau 1 récapitule ces premiers cas de figure en déclinant les rendements optimaux pour chaque situation suivant le classement de l'exploitation (PP) ou (pp) et la possibilité d'ajustement du facteur terre[2].

---

[2] (–) indique une situation de fixité pour la terre ; (*) un ajustement optimal de ce même facteur.

Tableau 1. Evolution des rendements céréaliers optimaux

Situation du producteur	$(PP),(\overline{T})$	$(PP),(T^*)$	$(pp),(\overline{T})$	$(pp),(T^*)$
Situation actuelle avant réforme	$\left[\frac{w_x^\alpha T^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_o\alpha)^\alpha}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}}$ (I)	$\frac{w_T}{p_o\gamma}$ (II)	$\left[\frac{w_x^\alpha T^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_o\alpha)^\alpha}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}}$ (III)	$\frac{w_T}{p_o\gamma}$ (IV)
Situation après réforme (à 3 ans)	$\left[\frac{w_x^\alpha(\rho T)^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_1\alpha)^\alpha}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}}$ (Ia)	$\frac{w_T-(p_o-p_1)r}{p_1\gamma\rho}$ (IIa)	$\left[\frac{w_x^\alpha T^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_1\alpha)^\alpha}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}}$ (IIIa)	$\frac{w_T-(p_o-p_1)r}{p_1\gamma}$ (IVa)

Nous comparons les situations avant et après réforme dans chaque cas. Le groupe I (producteurs professionnels, terre fixe), révèle deux effets concurrents quant à l'évolution des rendements : un effet à la baisse dû à la diminution du prix (exposant $\frac{-\alpha}{\alpha-1}$ compris entre 0 et $+\infty$) ; un autre positif consécutif à l'obligation de gel au taux $1-\rho$ (exposant $(1-\alpha-\gamma)/(\alpha-1)$ compris entre -1 et zéro et ρ <1) ; nous recensons trois effets pour le groupe II (Producteurs professionnels, terre variable) : un effet 'aides directes' dépresseur sur les rendements ; deux effets positifs : l'effet-prix dans une situation de rendement d'échelle décroissants décrit précédemment et un effet gel, l'offre optimale étant réalisée sur une surface inférieure à la situation initiale. Seul le groupe III (petits producteurs, terre fixe) ne soulève pas d'ambiguïté dans la mesure où n'apparaît qu'un seul effet-prix dépresseur sur l'évolution des rendements. Nous retrouvons enfin dans le groupe IV (petits producteurs, terre variable) les effets vus en II, excepté l'effet gel, les producteurs n'y étant pas astreints. Pour ces deux groupes, l'effet réforme sur les rendements se traduit en fait simplement comme une variation du rapport des prix céréales-foncier, celui-ci passant de $\frac{w_T}{p_o}$ à $\frac{w_T-(p_o-p_1)r}{p_1}$. A moyen terme, cependant, l'effet-dépresseur de l'aide directe sur les rendements risque d'être partiellement annulé par son transfert, sous forme de rente, dans le coût du foncier, ce qui favorisera une nouvelle croissance des rendements.

La comparaison des expressions analytiques du tableau 1 permet d'illustrer précisément l'évolution prévisible et de cerner les variables-clés de cette évolution.

Considérons ainsi à nouveau le groupe I ; il y aura accroissement du rendement céréalier si :

$$\left[\frac{w_x^{\alpha}(\rho T)^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_1\alpha)^{\alpha}}\right]^{1/\alpha-1} > \left[\frac{w_x^{\alpha}T^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_o\alpha)^{\alpha}}\right]^{1/\alpha-1} \qquad [11]$$

soit encore si :

$$\rho^{1-\alpha-\gamma} < \left(\frac{p_1}{p_o}\right)^{\alpha} \qquad [12]$$

Par ailleurs, ρ, p_1 et p_o étant connus et fixés, nous aboutissons à une condition sur les paramètres de la technologie qui s'écrit pour ρ = 0.85, p_o = 155 Ecus/tonne et p_1 = 110 Ecus/tonne :

$$\frac{1-\alpha-\gamma}{\alpha} > 2.11 \qquad [13]$$

En-deça de toute application économétrique, il apparaît peu vraisemblable que cette dernière inégalité soit vérifiée ; nous assisterons donc à un effet global à la baisse des rendements.

Le groupe II (producteurs professionnels, terre variable) sera incité à augmenter les rendements céréaliers si :

$$\frac{w_T}{p_0\gamma} < \frac{w_T-(p_0-p_1)r}{p_1\gamma\rho} \qquad [14]$$

autrement dit si :

$$w_T > \frac{(1-\lambda)p_o r}{(1-\lambda\rho)} \qquad [15]$$

avec $\lambda = \frac{p_1}{p_0}$. Le terme de droite de l'inégalité précédente joue le rôle de prix de seuil pour le foncier. Ce résultat du modèle est indépendant des paramètres de la technologie et donne à w_T et r le statut de variables-clés quant à l'évolution des rendements. L'annexe III.1 reprend le calcul de ce prix de seuil pour chaque département, évalué sur la base des rendements de référence départementaux. Nous pouvons nous interroger raisonnablement sur

les valeurs élevées de ce prix de seuil, compris entre 3 300 F et 6 500 F/hectare. Une autre façon de poser la question consiste à déterminer les diverses composantes du coût du foncier w_T, non spécifiées par le modèle. En réalité, le caractère approximatif de ce dernier rend composite la valeur w_T assimilée au coût du foncier. Cette valeur intègre, différemment selon la localisation géographique, des coûts fixes associés à l'entrée dans l'activité agricole, des remboursements d'emprunts occasionnés par l'achat ou l'amélioration foncière (irrigation, drainage, ...), la rémunération des capitaux investis, des procédures de "pas de porte", ... Par ailleurs, le prix de seuil calculé incorpore implicitement l'aide directe $(p_o - p_1)r$, préfigurant ici ce qui risque de se produire à moyen terme, à savoir une capture dans les transactions foncières de la prime à l'hectare et ceci d'une manière quelque peu analogue aux transactions incluant les droits à produire associés aux quotas laitiers.Il importe de demeurer vigilant par rapport à ce dernier mouvement ; en effet, le surcroît de charges foncières ou relatives aux droits à produire contribuera à retarder l'obtention des nouveaux gains de productivité issus de l'adoption des progrès techniques futurs.

L'analyse du groupe IV est identique au facteur ρ près ; quant au groupe III, nous avons vu que sous la forme paramétrique considérée, le modèle ne laissait pas d'incertitude quant à la baisse des rendements. Le calcul différentiel permet, par approximation, de rendre compte de la variation relative des rendements céréaliers, soit $\frac{\Delta R}{R}$. Le tableau 2 présente ces variations pour chaque cas étudié, les calculs préalables étant présentés en annexeIII.2..

Tableau 2. Variation relative des rendements $(\Delta t = 3 années)$

	$(PP),(\overline{T})$	$(PP),(T^*)$	$(pp),(\overline{T})$	$(pp),(T^*)$
$\frac{\Delta R}{R}$	$\frac{\alpha}{1-\alpha}\frac{\Delta p}{p}+\frac{\alpha+\gamma-1}{1-\alpha}(\rho-1)$ (I)	$-\left[1-\frac{w_{IT}p_o}{w_{oT}p_1\rho}\right]$ (II)	$\frac{\alpha}{1-\alpha}\frac{\Delta p}{p}$ (III)	$-\left[1-\frac{w_{IT}p_o}{w_{oT}p_1}\right]$ (IV)

La notation est légèrement modifiée, à savoir :

$w_{oT} = w_T$: coût du foncier avant réforme.

$w_{IT} = w_{oT} - (p_o - p_1)r$: coût perçu du foncier après réforme, c'est-à-dire dégrevé de l'aide directe.

Ceci permet de constater, pour les groupes (II) et (IV) que l'effet à la baisse sur les rendements sera annulé dès lors que l'évolution du marché des transactions foncières accompagnera celle des prix céréaliers, autrement dit et plus ou moins au facteur ρ près selon les cas :

$$\frac{w_{IT}}{w_{oT}} = (\rho)\frac{p_I}{p_o} \qquad [16]$$

Cette dernière équation stipule en quelque sorte la condition nécessaire à long terme pour la poursuite de l'exploitation des gains de productivité potentiels de la technologie céréalière. La modélisation, sur le marché foncier, d'anticipations prospectives liées à la réforme de la PAC intègre dans l'estimation de la valeur des transactions les rentes institutionnelles liées au gel des terres (Cavailhès et Richard, 1992) ; au sein de la diversité des micro-marchés fonciers associés à des systèmes de production spécifiques, ces derniers auteurs notent, avec d'autres analystes, que les signes précurseurs d'une reprise de la hausse sont réunis.

Les cas (I) et (III) (terre fixe) précisent plutôt l'évolution à court terme. Nous observons que l'effet prix $\frac{\Delta P}{P}$ se reporte sur les rendements avec un coefficient de transmission $\frac{\alpha}{1-\alpha}$ [3] ; dès lors que α est supérieur (inférieur) à 1/2, il y a amplification (amortissement) de l'effet prix sur les rendements, ce dernier étant amorti pour le groupe I par l'effet-gel. Les calculs rassemblés dans le tableau 2 peuvent être réitérés, prenant en compte le caractère progressif de la baisse des prix, échelonnée sur trois années ; à l'évidence, cette progressivité se reporte sur l'effet à la baisse des rendements, finalement relativement faible dans les premières années de l'après-réforme.

L'approche duale de la théorie du producteur révèle ainsi, en-deçà de toute application économétrique chiffrée, l'existence d'efffets amortisseurs à court et à moyen terme de la baisse escomptée des rendements suite à la diminution du prix des céréales. Par ailleurs, la dynamique d'ajustement à long terme du facteur terre (Ia -> IIa, IIIa ->IVa) sera fortement conditionnée par le niveau du rendement départemental de référence r, catalyseur d'une pression foncière différenciée selon les régions céréalières. Cette même dynamique rendra compte également du futur des rendements. C'est ce que nous proposons d'apprécier maintenant en utilisant la notion de prix dual.

---

[3] Rappelons que nous travaillons en variation relative et que R(α) (rendement fonction de α) demeure croissante en α.

III.2.2. Prix dual du facteur terre et évolution corrélative des rendements céréaliers [4]

Dans le cas des producteurs professionnels (PP) soumis à la contrainte de fixité foncière, la demande factorielle $\bar{x}_1$, solution de[4] s'écrit :

$$\bar{x}_1 = \left[\frac{w_x}{p_1 A \alpha (\rho T)^{\gamma}} \right]^{1/\alpha - 1} \qquad [17]$$

On en déduit la fonction de profit restreint associée :

$$\begin{aligned} \pi_R(w_x, p_1, \rho, T) &= \underset{x}{Max}\, p_1 A x^{\alpha} (\rho T)^{\gamma} - w_x . x \\ &= w_x . \bar{x}_1 \left[\frac{1}{\alpha} - 1 \right] \end{aligned} \qquad [18]$$

Supposant une double différentiabilité de cette fonction par rapport à ses principaux arguments, on définit notamment :

$$\overline{w}_T = \frac{\delta \pi_R}{\delta T} = w_x \frac{\gamma}{\alpha} \frac{\bar{x}_1}{T} \qquad [19]$$

$\overline{w}_T$ est le prix dual de la terre et représente l'accroissement marginal du profit restreint consécutif à un accroissement marginal de T. Le calcul précédent (expression [19]) se réitère pour chaque situation du tableau 1 où la fixité de la terre est effective (groupes I et III). Exprimant alors les niveaux de rendements correspondants non plus en fonction de T mais du prix dual $\overline{w}_T$, spécifié suivant chaque cas, nous pouvons reprendre le tableau 1 sous une forme nettement simplifiée (voir annexe III.2.2. pour le calcul).

---

[4] Nous utiliserons indifféremment dans ce qui suit prix dual ou prix fictif.

Tableau 3. Evolution des rendements céréaliers optimaux en fonction des prix réels / fictifs du foncier

Situation du producteur	$(PP),(\overline{T})$	$(PP),(T^*)$	$(pp),(\overline{T})$	$(pp),(T^*)$
Situation actuelle avant réforme	$\frac{\overline{w_T}}{p_o\gamma}$ (I)	$\frac{w_T}{p_o\gamma}$ (II)	$\frac{\overline{w_T}}{p_o\gamma}$ (III)	$\frac{w_T}{p_o\gamma}$ (IV)
Situation après réforme	$\frac{\overline{w_T}}{p_1\gamma\rho}$ (Ia)	$\frac{w_T-(p_o-p_1)r}{p_1\gamma\rho}$ (IIa)	$\frac{\overline{w_T}}{p_1\gamma\rho}$ (IIIa)	$\frac{w_T-(p_o-p_1)r}{p_1\gamma}$ (IVa)

A la lecture du tableau 3, nous devinons que le prix fictif s'identifie au prix du foncier perçu par le producteur dans le cas où le facteur terre peut s'ajuster de manière optimale. En effet, reprenons le cas (PP) des producteurs professionnels :

la fonction de profit total π_T solution de [10] peut encore s'écrire :

$$\pi_T(w_x,w_T,p_o,p_1,\rho,r) = \underset{T}{Max}\,\pi_R(w_x,p_1,\rho,T)-[w_T-(p_0-p_1)r]T \quad . \quad [20]$$

On en déduit les conditions nécessaires du premier ordre :

$$\frac{\delta\pi_R}{\delta T} = w_T-(p_o-p_1)r \quad [21]$$

soit l'égalité entre le prix fictif et le prix du foncier réellement perçu par le producteur après réforme. Tout se passe comme si, en effet, l'aide directe $r(p_o-p_1)$ modifie, à hauteur de cette valeur et à la baisse, le coût foncier. Ainsi, au-delà de l'incitation, fournie par la réforme, à la résorption des inefficacités techniques, les aides directes à l'hectare modifieront vraisemblablement et parallèlement la dynamique de résorption d'inefficacités-prix, relatives au facteur terre et que l'on peut apprécier par l'écart entre le niveau actuel T et l'allocation optimale T^*, solution de [20].

Il importe de savoir si $T < T^*$ ou $T > T^*$; dans le court terme de l'après-réforme, il est probable que l'allocation initiale soit inférieure à T^*. Pour s'en convaincre, une application

économétrique sur la fonction de profit restreint permettrait de comparer [19] et [21]. Dès lors que $\overline{w_T} \geq w_T - (p_o - p_l)r$, [17] et [19] indiquent que $T \leq T^*, w_T - (p_o - p_l)r$ s'identifiant à $\overline{w_T}$ pour la valeur $T = T^*$.

Renseigné sur la comparaison entre T et T^*, cela nous permet d'apprécier l'évolution des rendements suite au relâchement du caractère quasi-fixe de la terre. Reprenant le tableau 1 et dans le cas des producteurs professionnels, l'expression (IIa) est équivalente à (Ia) au niveau $T = T^*$. Dès lors, il y a accroissement du rendement céréalier pour $T \rightarrow T^*$ si :

$$\left[\frac{w_x^{\alpha}(\rho T)^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_l\alpha)^{\alpha}}\right]^{1/\alpha-1} < \left[\frac{w_x^{\alpha}(\rho T^*)^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_l\alpha)^{\alpha}}\right]^{1/\alpha-1} \qquad [22]$$

Autrement dit, si T tend vers T^* par valeurs supérieures. Le cas des petits producteurs (pp) est identique. Inversement, dans le cas où $T < T^*$, l'ajustement optimal du facteur terre contribuera à une baisse des rendements, toutes choses égales par ailleurs. Cette dernière hypothèse doit être relâchée à moyen terme dans les régions les plus favorisées relativement aux rendements de référence. En effet, dans ce cas, le coût du foncier w_T, et notamment la composante fermage, risque d'être modifiée à la hausse en incorporant l'aide directe associée ; d'où un effet corrélatif amortisseur de la baisse des rendements.

En définitive, nous sommes quasiment toujours dans le cas où $T \leq T^*$, dans la mesure où l'aide directe agit à la baisse sur le coût perçu du foncier. De ce fait, nous montrons ainsi que la fixité du facteur terre à court terme constitue un amortisseur de la baisse escomptée des rendements. A l'inverse, la logique du principe de Le Châtelier-Samuelson [5] rend compte d'une évolution opposée si l'on s'intéresse à une fixité du foncier à l'optimum. Ce principe rappelle qu'à l'équilibre de long terme, l'élasticité-prix propre d'un facteur ou d'un produit noté x est d'autant plus forte en valeur absolue que le nombre de facteurs ou produits, pouvant s'ajuster à la variation du prix de x est important. Cette mécanique peut s'illustrer dans le cadre du modèle ; prenons ainsi le cas (PP) des producteurs professionnels. En situation où la terre est flexible et dans l'avant-réforme, le rendement s'écrit :

$$r = \frac{w_T}{p_o\gamma} \qquad [22a]$$

Identifiant cette expression avec le rendement à terre fixe (expression I du tableau 1) on dérive ainsi le niveau optimal T^* avant réforme, soit :

[5] voir, à ce sujet, Lau (1976) ; Diewert (1981).

$$T^* = \left[\frac{w_T^{\alpha-1} p_o A \alpha^\alpha}{w_x^\alpha \gamma^{\alpha-1}} \right]^{1/1-\alpha-\gamma} \qquad [22b]$$

Supposons maintenant que cette allocation du foncier soit maintenue à [22b]. Dans l'après-réforme, le rendement céréalier optimal s'écrit comme l'expression (Ia) du tableau 1 avec pour valeur de T, l'expression T^* précédente, ce qui donne :

$$\overline{r_1^*} = \frac{w_T}{p_1 \gamma \rho} . \rho^{-\gamma/\alpha-1} . \left(\frac{p_o}{p_1} \right)^{1/\alpha-1} \qquad [22c]$$

Comme $p_1 < p_o$ et $\alpha + \gamma < 1$, le rendement $\overline{r_1^*}$ est inférieur au rendement optimal obtenu en cas d'une flexibilité du facteur terre, soit $w_T / p_1 \gamma \rho$, hormis l'effet aide directe.

A l'évidence, l'évolution des rendements sera fortement conditionnée également par les mouvements de réallocation foncière entre exploitations agricoles où l'effet de seuil petits producteurs - producteurs professionnels jouera également[6]. Le modèle présenté ici ne peut en rendre compte d'une manière précise ; il montre simplement l'intérêt d'évaluer finement le prix fictif associé qui pourrait être estimé également dans le cadre d'une approche non-paramétrique. La section suivante précise l'évolution sommaire du niveau d'intensification.

III.2.3. Evolution dans l'après-réforme du niveau d'intensification.

Le freinage de l'intensification est censé accompagner celui des rendements. Nous la définissons ici comme l'accroissement du rapport de facteurs consommations intermédiaires-terre, formalisé en première approximation par x/T dans le modèle. Reprenant les mêmes cas de figure que dans le tableau 1, le tableau 4 présente les niveaux d'intensification optimaux avant et après réforme.

---

[6] voir à ce sujet, par exemple, Leathers, 1992.

Tableau 4. Evaluation des niveaux d'intensification optimaux

situation du producteur	$(PP),(\overline{T})$	$(PP),(T^*)$	$(pp),(\overline{T})$	$(pp),(T^*)$
situation avant réforme	$\left[\frac{w_x T^{1-\alpha-\gamma}}{Ap_o\alpha}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}}$	$\frac{w_T}{w_x}\frac{\alpha}{\gamma}$	$\left[\frac{w_x T^{1-\alpha-\gamma}}{Ap_o\alpha}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}}$	$\frac{w_T}{w_x}\frac{\alpha}{\gamma}$
situation après réforme	$\left[\frac{w_x(\rho T)^{1-\alpha-\gamma}}{Ap_1\alpha}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}}$	$\frac{[w_T-(p_o-p_1)r]}{\rho w_x}\frac{\alpha}{\gamma}$	$\left[\frac{w_x T^{1-\alpha-\gamma}}{Ap_1\alpha}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}}$	$\frac{[w_r-(p_o-p_1)r]}{w_x}\frac{\alpha}{\gamma}$

Comme précédemment, nous comparons les situations avant et après réforme dans chaque cas. Nous retrouvons dans le groupe I deux effets concurrents : un effet-prix à la baisse et un effet-gel à la hausse.

L'accroissement du niveau d'intensification sera conditionné par :

$$\rho^{1-\alpha-\gamma} < \frac{p_1}{p_o} \qquad [23]$$

autrement dit, une inégalité contraire à l'hypothèse de rendements d'échelle décroissants ($\alpha + \beta < 1$). Nous observons dans le groupe II un effet aide directe à la baisse et un effet gel à la hausse. Idem à l'expression [15], on retrouve un seuil pour le coût du foncier :

$$w_T > \frac{(1-\lambda)p_o r}{1-\rho} \qquad [24]$$

avec $\lambda = \frac{p_1}{p_o}$.

Les groupes III et IV ne soulèvent pas d'ambiguité, chacun d'entre eux étant soumis à un seul effet dépresseur différent sur le niveau d'intensification.

Suivant un calcul analogue à celui présenté en annexe 2, le tableau 5 présente les variations relatives des niveaux d'intensification

Tableau 5. Variation relative des niveaux d'intensification

situation du producteur	$(PP),(\overline{T})$	$(PP),(T^*)$	$(pp),(\overline{T})$	$(pp),(T^*)$
$\frac{\Delta I}{I}$	$\frac{1}{1-\alpha}\frac{\Delta p}{p}+\frac{\alpha+\gamma-1}{1-\alpha}(\rho-1)$	$-\left[1-\frac{w_{IT}}{\rho w_{oT}}\right]$	$\frac{1}{1-\alpha}\frac{\Delta P}{P}$	$-\left[1-\frac{w_{IT}}{w_{oT}}\right]$

Par comparaison avec le tableau 2, et du fait d'une logique de rendements décroissants, nous observons que la diminution $\frac{\Delta I}{I}$ est plus prononcée que celle, correspondante de $\frac{\Delta R}{R}$.

III.3. Généralisation du modèle - Comparaison rendement de régérence rendement optimal

III.3.1. Technologie multiproduits-multifacteurs

Les remarques précédentes, faites à propos de la quasi-fixité du foncier et de son ajustement à moyen terme, conduisent à s'intéresser également à d'autres quasi-fixités factorielles : travail familial, suréquipement matériel, ... De manière formelle, il s'agit de décomposer la constante A du modèle suivant les différents facteurs quasi-fixes, voire également en fonction d'un indice de progrès technique ; autrement dit, de formaliser la mécanique d'ajustement dans un référentiel d'équilibre moins partiel (ou plus général). En effet, nous pouvons nous demander dans quelle mesure la paramétrisation du modèle et le référentiel d'équilibre partiel adoptés jusqu'ici infirment-ils la formalisation et l'amplitude réelles des ajustements qui vont s'opérer suite à la baisse des prix des céréales. Un premier résultat concerne tant le choix de la forme paramétrique de la fonction de production (i.e. la forme fonctionnelle), le caractère mutiproduit - multifacteur de la technologie que le nombre de biens soumis à fixité. Le scénario envisagé dans cette partie (hypothèse optimiste d'évolution des rendements et prix-efficacité de la technologie) nous impose de partir d'une situation à rendements d'échelle locaux décroissants. A ce propos, notons que dès l'instant où une situation de fixité est supposée pour certains biens, la convexité de l'ensemble de production T n'est exigée que sur le sous-ensemble de T sur lequel se réalise l'optimisation de court terme. Cela étant, d'autres formes fonctionnelles plus flexibles que la "Cobb-Douglas" pourraient être adoptées n'imposant pas, par exemple, la constance des élasticités de production (α et γ dans le modèle précédent). Nous montrons ci-après que quelque soit :

- le choix de la forme fonctionnelle,

- le nombre de facteurs et produits de la technologie mise en oeuvre et soumis ou non à une quelconque fixité,

la formalisation des rendements optimaux telle que présentée dans le tableau 3 demeure inchangée si l'on caractérise γ comme étant l'élasticité de production du foncier estimée au niveau où se fait l'observation $(\gamma_0 \, ou \, \gamma_1)$.

Supposons dans un premier temps un ajustement optimal possible pour l'ensemble des facteurs et produits. Le comportement du producteur est formalisé suivant :

$$\underset{x,y}{Max} \quad p_y{}'.y - w_x{}'.x$$
$$f(x,y) = o \qquad (\alpha) \qquad [25]$$

p_x et p_y désignent respectivement les vecteurs-prix des facteurs et produits ; f représente la fonction de transformation. Pour ce qui relève du prix des céréales p_C et du coût du foncier w_t, les conditions, nécessaires du premier ordre s'écrivent :

$$\frac{w_T}{P_c} = -\frac{f_T}{f_c} \qquad [26]$$

avec $f_T = \frac{\partial f}{\partial x_T}$ et $fc = \frac{\partial f}{\partial y_c}$. Le rendement céréalier optimal s'écrit quant à lui :

$$r^* = \frac{y_C^*}{x_T^*} = \frac{y_C^* . \partial yc \ / \ \partial x_T}{x_T^* . \partial yc \ / \ \partial x_T} = \frac{\partial yc \ / \ \partial x_T}{\gamma} \qquad [27]$$

avec $\gamma = \frac{\partial ln y_c}{\partial ln x_T}$, l'élasticité de production céréalière par rapport au foncier. Par ailleurs, en différentiant totalement la contrainte technologique (α) et en considérant la variation consécutive du produit y_c suite à une variation différentielle de la qualité de terre x_T, il vient :

$$\frac{\partial y_c}{\partial x_T} = -f_T / f_c \qquad [28]$$

d'où, en utilisant [26] :

$$r = \frac{w_T}{p_c \gamma} \qquad [29]$$

soit l'expression générale du tableau [3] dans le cas de la terre variable.

Considérons maintenant le cas plus général d'une fixité formalisée par z pour certains

produits et facteurs, et notamment la terre. En reprenant des notations semblables, le programme de comportement devient :

$$\underset{x,y}{Max} \quad p'_y \cdot y - w'_x \cdot x$$
$$y_c = f(x, y_{-c}, z) \qquad [30]$$

Par commodité, et sans perte de généralité, la fonction de transformation est formalisée sous forme explicite, le produit céréalier y_c étant exprimé comme fonction des autres produits, y_{-c}, et des facteurs variables x et quasi-fixes z.

Les conditions nécessaires du premier ordre conduisent à :

$$p_c = \frac{w_i}{f_i} = -\frac{p_j}{f_j} \qquad [31]$$

i désignant l'indice courant pour les facteurs variables, $j \neq c$ celui des produits variables (i.e. non soumis à fixité). Par ailleurs, la fonction de profit restreint associée s'écrit :

$$\pi R(p_y, w_x, z) = \underset{x,y}{Max}\left[p'_y \cdot y - w'_x ; y_c = f(x, y_{-c}, z)\right]$$
$$= p'_y \cdot \bar{y}(p_y, w_x, z) - w'_x \bar{x}(p_y, w_x, z) \qquad [32]$$

$\bar{x}, \bar{y}$ étant la solution de [30]. On en déduit l'expression du prix dual pour le foncier en différentiant par rapport à z_T :

$$\frac{\partial \pi R}{\partial z_T} = p_c \cdot \frac{\partial \bar{y}_c}{\partial z_T} + \sum_{j \neq c} p_j \cdot \frac{\partial \bar{y}_j}{\partial z_T} - \sum_i w_i \cdot \frac{\partial \bar{x}_i}{\partial z_T} \qquad [33]$$

Utilisant [31] et le fait que $\bar{y}_c = f(\bar{x}, \bar{y}_{-c}, z)$, il vient [7] :

$$\overline{w_T} = \frac{\partial \pi R}{\partial z_T} = p_c \left(\frac{\partial f}{\partial z_T}\right)_{\bar{x}, \overline{y_{-c}}, z_{-T}} \qquad [34]$$

---

[7] $\left(\frac{\partial f}{\partial z_T}\right)_{x, \overline{y_{-c}}, z_T}$ désigne la dérivée partielle de la fonction de production calculée au point $(\bar{x}, \bar{y}_{-c,z})$, $(\bar{x}, \bar{y}_{-c})$ étant solution de [30] et $(\bar{x}, \bar{y}_{-c}, z_{-T})$ étant maintenu constant.

Le rendement céréalier optimal, en présence de facteurs quasi-fixes s'écrit :

$$\bar{r} = \frac{\bar{y}_c}{x_T} = \frac{(\partial y_c/\partial z_T)}{\gamma} = \frac{1}{\gamma}\left(\frac{\partial f}{\partial z_T}\right)_{x,y_{-c},z_T}$$

soit encore, en utilisant [34]

$$\bar{r} = \frac{\overline{w_T}}{p_c\gamma} \qquad [35]$$

Nous retrouvons donc l'expression générale du tableau (3) ; le prix dual $\overline{w_T}$, de même que l'élasticité de production γ sont des fonctions de p_y, w_x et z, donc des niveaux de déséquilibre caractérisant d'autres facteurs de production ou le niveau d'offre des produits autres que céréaliers.

Nous avons vu précédemment que le futur des rendements sera expliqué par la résorption de l'inefficacité allocative associée au foncier, autrement dit de la convergence de $\overline{w_T}$ vers w_T. Cette résorption sera assurée tout autant par l'évolution de la quantité de terre que par celle des autres facteurs et produits, selon leur degré de flexibilité : main d'oeuvre familiale, équipement matériel, ...

La fonctionnelle f utilisée ici peut inclure enfin un indice de progrès technique qui, en réalité, modifie temporellement la structure factorielle : en général, il s'agit encore d'une économie de main d'oeuvre associée à la nécessité d'une ressource humaine plus qualifiée, d'un accroissement de l'intensité capitalistique, ... Le progrès technique conduit ainsi à des gains de productivité mais néanmoins difficiles à isoler économétriquement du fait de la dépendance avec des effets d'échelle, les aléas climatiques, ... En observant les trends sur longue période, la croissance du rendement moyen à l'hectare pour le blé tendre a été d'environ 3 % par an entre 1959 et 1991.

Les résultats concernant la généralisation du modèle permettent de reprendre les tableaux [2] et [3] précédents afin de proposer une mesure générale de la variation relative des rendements, englobant l'ensemble des cas de figure, soit :

$$\frac{\Delta R}{R} = \left[\frac{p_o\gamma_o\overline{w_T}}{(\rho)p_1\gamma_1\overline{w_{oT}}}\right] \qquad [36]$$

$\overline{w_{oT}}$ et $\overline{w_{IT}}$ désignent les prix fictifs du foncier, respectivement avant et après réforme [8]. Ces prix sont en quelque sorte une mesure duale du déséquilibre factoriel dans le sens où ils sont dérivés de la fonction de profit restreint ; ils s'identifient au prix du foncier dans le cas où ce facteur se trouve alloué de manière optimale. Les termes γ_o et γ_1 désignent les élasticités de production du foncier estimées respectivement aux niveaux de production de l'avant et de l'après-réforme. Le terme correctif ρ est adjoint à [36]) pour la modalité "producteurs professionnels".

Quelque soit la modalité envisagée, petit producteur ou producteur professionnel, terre fixe ou variable, l'effet-prix apparaît clairement dépresseur sur les rendements. cela étant, une application économétrique permettrait de mesurer l'amplitude des effets amortisseurs de cette baisse : effet-gel, situation de rendements décroissants, fixité à court terme de certains facteurs ou produits, ... par ailleurs, celle-ci nécessite une approche duale pour estimer les prix fictifs du foncier (cf. expression [36]) et donc la construction de prix (coûts d'usage, salaire d'opportunité, prix implicites,...). Une telle construction est objectivement hasardeuse sur les données individuelles du RICA dont nous disposons mais surtout capture les inefficacités techniques et allocatives qui caractérisent les exploitations agricoles. Une autre raison motive une extrême prudence lors d'éventuelles applications économétriques. Nous avons raisonné en effet dans le cadre d'un équilibre partiel, prenant en compte un plus ou moins grand nombre de facteurs ou produits susceptibles à court ou moyen terme de s'ajuster à la baisse des prix céréaliers. Dès lors, dans quelle mesure, le sous-ensemble de biens et prix retenu pour la mécanique d'équilibre partiel peut-il être considéré comme pertinent ? Autrement dit, l'idée est de sélectionner une mécanique d'équilibre partiel incluant les prix et les quantités les plus flexibles à la baisse des prix céréaliers. Dès lors, la modélisation microéconomique ne rend pas compte exhaustivement et à court terme de l'effet possible sur les rendements. Il semble ainsi probable, ne serait-ce qu'au vu des récentes évolutions des prix des consommations intermédiaires, que l'effet prix céréalier sera également amorti à court terme par un ajustement des prix d'autres biens associés à la combinaison productive agricole : engrais, produits phytosanitaires, équipement matériel mais aussi les prix des substituts céréaliers. Nous décrivons ici la mécanique du principe de Le Châtelier - Samuelson généralisé selon lequel l'élasticité d'une offre du bien ρ sera d'autant moins forte que le nombre de marchés pouvant s'ajuster à la variation du prix de ρ est important (Diewert, 1981).

---

8 Rappelons que dans le tableau 2, les expressions $\frac{\Delta R}{R}$ obtenues dans le cas "terre fixe" sont des approximations. On montre facilement que ces dernières correspondent aux premiers termes du développement limité de l'expression [34] ou [35], fonction des facteurs et produits variables.

III.3.2. Comparaison rendement de référence rendement optimal

Les producteurs céréaliers ne produiront pas au-delà du rendement de référence régional : tel est le présupposé sur lequel s'appuie la Commission européenne pour vérifier la compatibilité entre le pré-accord de novembre 1992 et la réforme de la PAC. La logique du modèle présenté ici permet d'en douter, du moins pour certains cas de figure. En effet, prenant le cas des petits producteurs, il nous faut comparer le rendement après réforme et celui de référence sur lequel se fonde l'aide directe, soit à déterminer le signe de :

$$\frac{w_T - (p_o - p_1)r}{p_1\gamma} - r \qquad [37]$$

Les céréaliers seront incités à produire au-delà de r si :

$$r < \frac{w_T}{(p_o - p_1) + p_1\gamma} \qquad [38]$$

soit encore en faisant apparaître l'expression du rendement avant-réforme (en supposant γ constant) :

$$r < \frac{w_T}{p_o\gamma\left[\frac{1}{\gamma}(1 - \frac{p_1}{p_o})\right]} \qquad [39]$$

Le rendement de référence régional est la moyenne écrêtée des rendements céréaliers constatés entre 1986/87 et 1990/91 ; au niveau français, le rendement de référence retenu est en fait la moyenne pondérée du rendement national pour 1/3 et du rendement départemental pour 2/3. Dès lors, nul doute que, du moins pour les régions les mieux loties d'un point de vue agronomique, le rendement de référence soit largement inférieur au rendement régional optimal $w_T / p_o\gamma$ avant réforme [9].

Connaissant le rapport $\frac{p_1}{p_o}$ après réforme, le rendement de référence sera clairement

[9] Cela s'illustre en partie par la demande de références individuelles faites par certaines organisations professionnelles.

dépassé dans le cas des petits producteurs dès que $\left[\frac{1}{\gamma}(1-\frac{p_1}{p_o})\right]<1$ soit, $\gamma>0,29$.. L'effet "dépassement de r" sera d'autant plus soutenu que l'écart entre ce dernier et le rendement optimal est important.

III.4. CONCLUSION

L'hypothèse d'un comportement prix-efficace adopté dans ce troisième chapitre ne laisse aucune ambiguïté quant à l'évolution à la baisse des rendements céréaliers, du moins à court terme. Plusieurs effets amortisseurs de cette baisse ont été mis en évidence : situation de rendements d'échelle décroissants, l'obligation de gel des terres et la situation d'inefficacité allocative pour certains facteurs ou produits. Le niveau d'intensification suit les mêmes tendances.

L'aide directe à l'hectare peut s'interpréter comme une baisse du coût réel du foncier ; le rendement céréalier optimal s'ajuste aussi au nouveau rapport de prix céréales-foncier. Par ailleurs, cette aide directe est en réalité une rente différentielle risquant d'être capturée à moyen terme par le jeu des transactions foncières.

L'expression des rendements céréaliers optimaux, telle que proposée dans le tableau 3 s'applique également à une technologie multiproduit-multifacteurs et demeure indépendante de la forme fonctionnelle de la fonction de production. Dans le cas d'une situation de fixité pour le foncier, le prix dual de la terre apparaît comme la variable-clé ; une approche non-paramétrique sera intéressante à développer pour estimer de tels prix duaux.

L'issue de la comparaison rendement optimal-rendement de référence proposée par le modèle laisse apparaître des incertitudes. Le cas des petits producteurs révèle les possibilités non négligeables du dépassement de la référence.

CONCLUSION GENERALE

L'évolution des rendements céréaliers a été analysée ici en parcourant les diverses situations possibles d'efficacité micro-économique, depuis l'inefficacité technique jusqu'à l'efficacité-prix. Ce niveau d'efficacité conditionnera vraisemblablement l'efficience de la régulation de l'offre céréalière. Parallèlement, la formalisation qui a été adoptée a mis en évidence différents effets de l'aide directe sur la structure de l'offre agricole ; cette aide peut s'interpréter comme une rente foncière différenciée régionalement. Dans les régions les mieux loties, cette rente risque d'être capturée à moyen terme par le jeu des transactions foncières et constituer dès lors un frein à l'obtention des gains futurs de productivité. Dans les régions les moins bien loties, le faible niveau de l'aide ne peut qu'accélérer et achever l'éviction du travail agricole.

Les prolongements de cette étude peuvent s'inscrire dans plusieurs directions. Au travers tout d'abord de la construction de frontières non paramétriques duales révélant les inefficacités allocatives. Les résultats obtenus dans le chapitre II nécessitent aussi d'être confirmés à partir d'échantillons plus importants.

Par ailleurs, l'ensemble de la formalisation peut être réappliqué sur d'autres systèmes de production associant notamment l'élevage. Enfin, l'harmonisation de ces résultats de type micro-économique avec une modélisation macro-économique serait intéressante à développer suivant la logique du principe de Le Châtelier-Samuelson généralisé, une logique qui conduit à formaliser une mécanique d'équilibre partiel ne retenant que les biens et prix les plus flexibles à la politique de régulation qui est analysée.

ANNEXES (relatives au chapitre II)

Tableau 1. Comparaisons des applications DEA avec ou sans les données atypiques (année 1989)

Scores d'efficacité totale et technique

CCRC	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum
	240	0.80	0.80	0.15	0.35
	210	0.82	0.83	0.14	0.38
CCRV	**Effectif**	**Moyenne**	**Médiane**	**Ecart-type**	**Minimum**
	240	0.89	0.91	0.10	0.53
	210	0.91	0.92	0.10	0.59

Rendements à l'échelle

Effectifs	Croissants	Décroissants	Constants	Total
240	70.00%	14.58%	15.42%	100.00%
210	76.20%	8.60%	15.20%	100.00%

Economies réalisables en % des dotations initiales

Rendements constants	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
240	-0.11	-0.65	20.60	42.14	23.25	22.04	19.94
210	-0.01	-0.69	20.79	30.80	22.92	24.79	18.03
Rendements variables	**Y1**	**Y2**	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**
240	0.00	0.00	10.86	11.14	11.19	10.50	10.65
210	0.00	0.00	9.51	9.76	9.77	9.12	9.38

Tableau 2 Comparaisons des applications DEA avec ou sans les données atypiques (année 1988)

Scores d'efficacité totale et technique

CCRC	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum
	208	0.74	0.73	0.16	0.35
	178	0.82	0.81	0.13	0.41
CCRV	**Effectif**	**Moyenne**	**Médiane**	**Ecart-type**	**Minimum**
	208	0.87	0.89	0.12	0.53
	178	0.91	0.93	0.09	0.61

Rendements à l'échelle

Effectifs	Croissants	Décroissants	Constants	Total
208	72.60%	16.83%	10.58%	100.00%
178	65.73%	18.54%	15.73%	100.00%

Economies réalisables en % des dotations initiales

Rendements constants	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
208	-0.17	-0.31	27.02	53.11	34.34	27.51	28.74
178	-0.44	-2.13	19.78	26.01	27.25	18.97	20.08
Rendements variables	**Y1**	**Y2**	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**
208	0.00	0.00	13.00	14.21	14.45	12.18	12.80
178	0.00	0.00	8.94	9.49	9.26	8.64	8.86

Tableau 3. Comparaisons des applications DEA avec ou sans les données atypiques (année 1987)

Scores d'efficacité totale et technique

CCRC	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum
	210	0.76	0.75	0.15	0.45
	187	0.81	0.80	0.14	0.51
CCRV	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum
	210	0.85	0.86	0.12	0.49
	187	0.88	0.90	0.11	0.52

Rendements à l'échelle

Effectifs	Croissants	Décroissants	Constants	Total
210	62.87%	23.33%	13.81%	100.00%
187	64.17%	17.65%	18.18%	100.00%

Economies réalisables en % des dotations initiales

Rendements constants	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
210	-0.07	-0.10	23.96	35.20	28.18	26.19	22.93
187	-1.00	-0.79	20.56	25.01	22.93	20.80	19.03
Rendements variables	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4	X5
210	0.00	0.00	14.60	14.61	16.12	13.86	14.25
187	0.00	0.00	11.97	11.96	12.73	11.37	11.84

Tableau 4. Comparaison des rendements céréaliers (Y1/X1 en francs/are)
(avec ou sans les données atypiques)

Année 1990				Année 1989			
199 entitées	Initiale	Efficacité technique	Efficacité totale	*240 entitées*	Initiale	Efficacité technique	Efficacité totale
rendement moyen	82.09	93.06	114.47	rendement moyen	83.09	93.21	104.76
moyenne	81.09	92.2	114.64	moyenne	81.89	91.73	105.79
médiane	78.85	90.6	116.64	médiane	80.73	92.38	106.62
écart-type	24.81	27.18	23.87	écart-type	20.36	20.98	15.57
minimum	17.79	17.78	17.79	minimum	35.36	35.36	42.81
maximum	168.11	168.11	168.11	maximum	149.66	149.66	149.66
184 entitées	Initiale	Efficacité technique	Efficacité totale	*210 entitées*	Initiale	Efficacité technique	Efficacité totale
rendement moyen	81.38	90.5	110.57	rendement moyen	82.6	91.28	104.28
moyenne	80.27	89.64	110.29	moyenne	81.3	89.63	104.7
médiane	78.87	87.42	114.61	médiane	80.63	89.52	105.76
écart-type	22	24.04	21.75	écart-type	19.99	20.32	14.21
minimum	32.59	37.3	42.94	minimum	35.36	35.36	58.81
maximum	152.44	152.44	152.44	maximum	141.7	141.7	141.7
Année 1988				Année 1987			
208 entitées	Initiale	Efficacité technique	Efficacité totale	*210 entitées*	Initiale	Efficacité technique	Efficacité totale
rendement moyen	84.55	97.18	116.05	rendement moyen	77.29	90.49	101.71
moyenne	83.32	96.43	119.78	moyenne	78.67	92.36	106.79
médiane	82.49	96.03	121.94	médiane	77.23	89.87	103.57
écart-type	19.88	21.68	14.9	écart-type	22.83	24	22.79
minimum	16.13	16.13	74.01	minimum	18.39	18.39	48.39
maximum	143.06	143.06	143.06	maximum	247.36	247.36	247.36
178 entitées	Initiale	Efficacité technique	Efficacité totale	*187 entitées*	Initiale	Efficacité technique	Efficacité totale
rendement moyen	82.91	91.05	103.8	rendement moyen	76.01	86.34	96.64
moyenne	81.81	86.63	104.1	moyenne	76.55	86.8	99.24
médiane	79.52	90.15	106.58	médiane	74.74	87.82	97.4
écart-type	18.71	18.93	13.55	écart-type	18.19	18.9	14.85
minimum	24.86	27.35	60.97	minimum	30.46	30.46	30.46
maximum	126.03	126.03	126.03	maximum	134.55	134.55	134.55

Tableau 5
Caractéristiques des tailles optimales

Année 1989

	Y1*	Y2*	X1**	X2**	X3***	X4*	X5*
Moyenne	523596	241828	5372	1881	125	110502	191241
Médiane	502221	230734	5088	1715	118	95789	186272
Ecart-type	198129	113554	2429	1233	23	64177	91317
Minimum	73093	7667	1620	100	91	12485	28992
Maximum	1648857	907440	24700	11200	209	596158	803688

* en francs
** en ares
*** en centièmes d'UTA

Année 1988

	Y1*	Y2*	X1**	X2**	X3***	X4*	X5*
Moyenne	545860	198492	5253	1664	117	116159	182746
Médiane	533676	193273	5178	1657	109	107366	174046
Ecart-type	190863	73647	1715	949	37	50550	64166
Minimum	187487	19352	1870	100	91	23286	70622
Maximum	1528036	503482	13400	7550	540	335128	398284

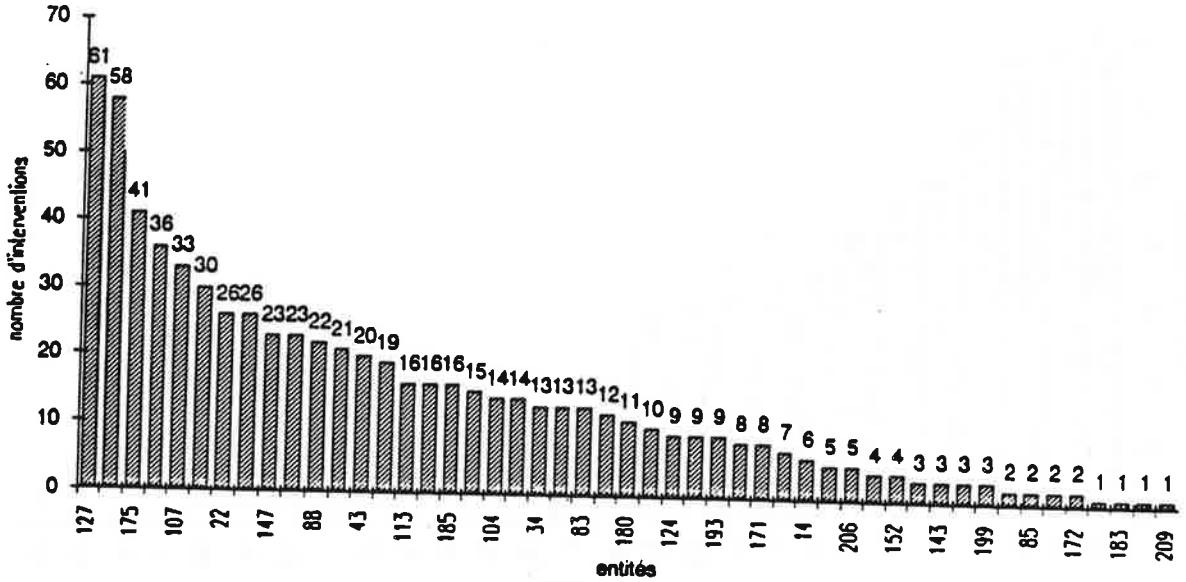
* en francs
** en ares
*** en centièmes d'UTA

Année 1987

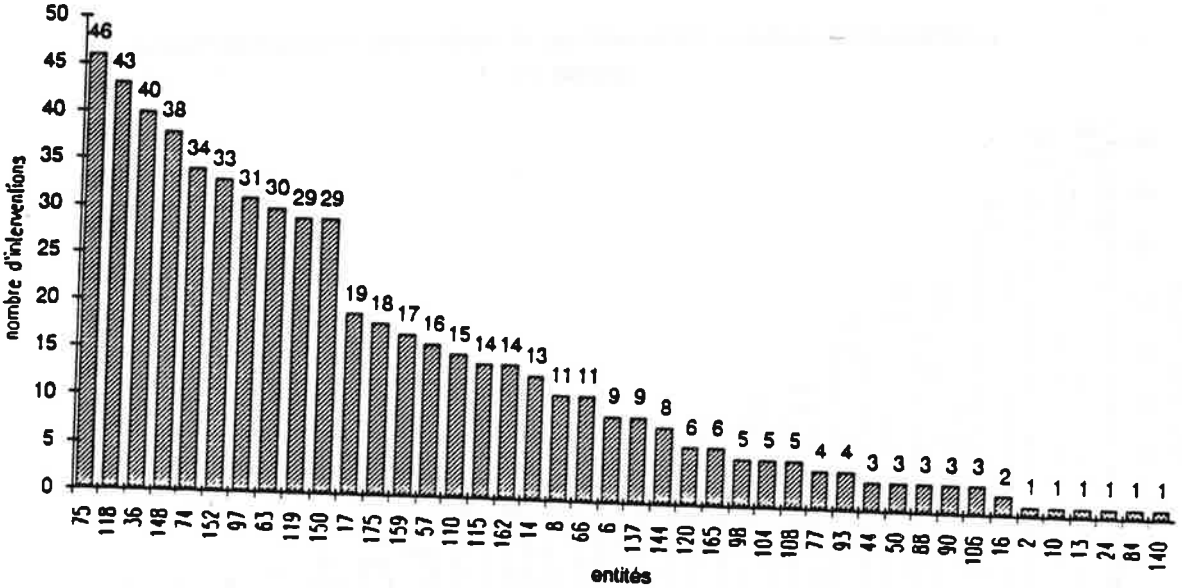
	Y1*	Y2*	X1**	X2**	X3***	X4*	X5*
Moyenne	523596	241828	5372	1881	125	110502	191241
Médiane	502221	230734	5088	1715	118	95789	186272
Ecart-type	198129	113554	2429	1233	23	64177	91317
Minimum	73093	7667	1620	100	91	12485	28992
Maximum	1648857	907440	24700	11200	209	596158	803688

* en francs
** en ares
*** en centièmes d'UTA

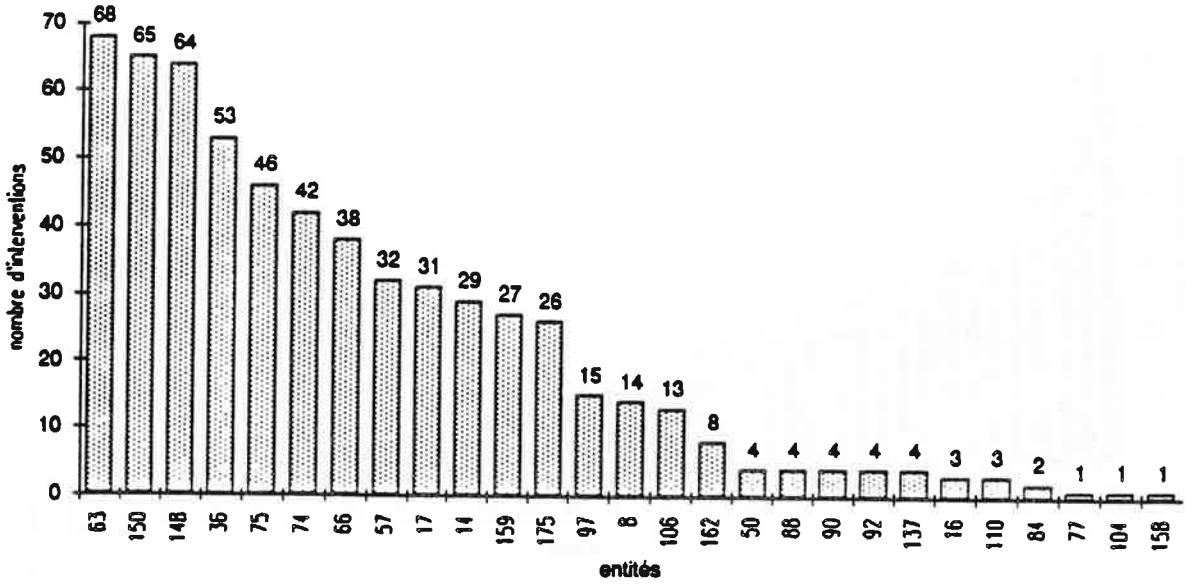
Distribution du nombre d'interventions en rendements d'échelle variables
(année 1989)



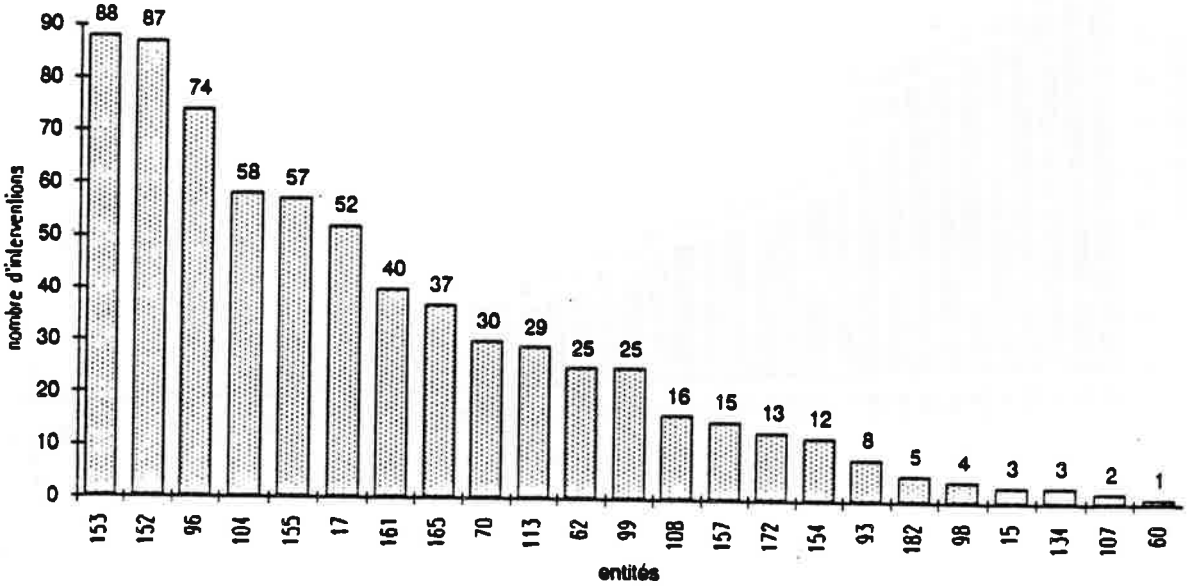
Distribution du nombre d'interventions en rendements d'échelle variables
(année 1988)



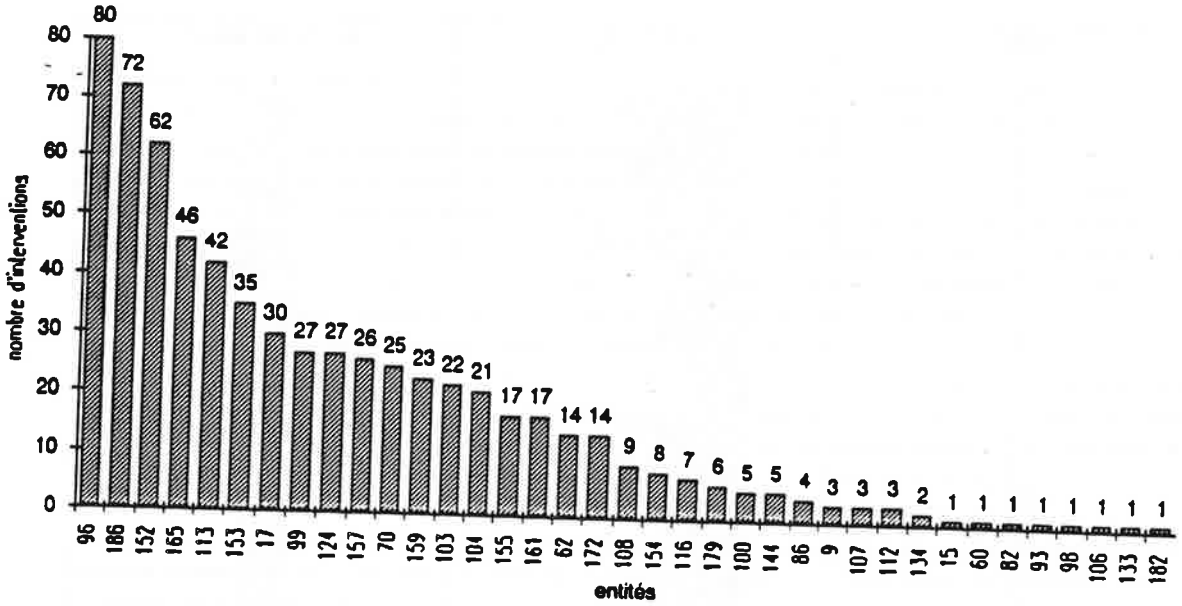
Distribution du nombre d'interventions en rendements d'échelle constants
(année 1988)



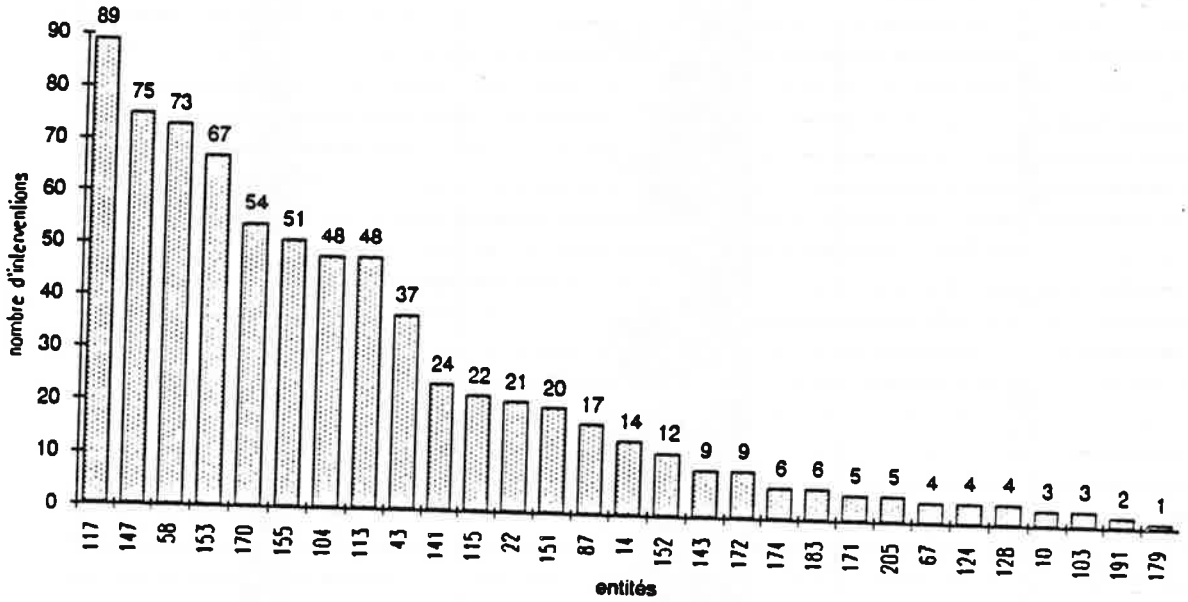
Distribution du nombre d'interventions en rendements d'échelle constants
(année 1987)



Distribution du nombre d'interventions en rendements d'échelle variables
(année 1987)



Distribution du nombre d'interventions en rendements d'échelle constants
(année 1989)



ANNEXE III. 1. PRIX DE SEUIL DU FONCIER
(gros producteurs - terres variables)

OBS	DEPARTEMENT	PRIX DE SEUIL
1	SNETMARN	6083
2	SNOISE	6083
3	ARDENNE	5707
4	MARNE	6155
5	HTE MARNE	4945
6	AUBE	6038
7	AISNE	6182
8	SOMME	6280
9	OISE	6083
10	EURE	5931
11	SNMARITI	6164
12	LOIRETCH	5214
13	INDRE	4927
14	LOIRET	5411
15	CHER	5124
16	EURETLOI	5850
17	INDRETLOI	5035
18	ORNE	5393
19	CALVADOS	5976
20	MANCHE	5098
21	NIEVRE	4936
22	SAONETLO	4488
23	YONNE	5250
24	COTED'OR	5008
25	PAS-CALA	6146
26	NORD	6173
27	MEURETMO	5008
28	MEUSE	5026
29	MOSELLE	4892
30	VOSGES	4560
31	HAUTRHIN	6271
32	BASRHIN	5895
33	JURA	4820
34	DOUBS	4650
35	TERBELF	4551
36	HTESAONE	4892
37	MAYENNE	5295
38	SARTHE	5142
39	MAINETLO	4883
40	VENDEE	5080
41	LOIRATLA	4641
42	CNNORD	5304
43	ILLETVIL	4883
44	MORBIHAN	4954
45	FINISTER	4918
46	CHAMARI	5429
47	CHARENTE	5035
48	VIENNE	5017
49	DEUSEVR	4515
50	GIRONDE	5904

51	DORDOGNE	4524
52	LOTETGAR	5124
53	PYRATLAN	5805
54	LANDES	6495
55	HTEGARD	4542
56	TARN	4417
57	GERS	4883
58	LOT	3969
59	ARIEGE	4668
60	TARNETGAR	5053
61	HTEPYREN	5528
62	AVEYRON	3960
63	CREUSE	3754
64	HTEVIENNE	4175
65	CORREZE	3897
66	LOIRE	4121
67	HTESAVO	4650
68	RHONE	4847
69	DROME	4775
70	ISERE	5044
71	SAVOIE	5322
72	ARDECHE	3807
73	AIN	5071
74	PUYDOME	5169
75	CANTAL	4076
76	ALLIER	4596
77	HTELOIR	3897
78	HERAULT	3503
79	AUDE	4040
80	GARD	3718
81	PYRORIEN	3386
82	LOZERE	3485
83	HTEALPE	4013
84	VAUCLUSE	3960
85	VAR	3700
86	BOURHONE	3897
87	ALPMARIT	3333
88	ALPHPRO	4022
89	CORSE	4121
90	FRANCE	5331

ANNEXE III.2.

2.1. VARIATION RELATIVE DES PRIX ET VARIATION RELATIVE DES RENDEMENTS

Nous précisons ici la variation relative des rendements en fonction de celle des prix des céréales et ceci pour les quatre cas étudiés précédemment.

1) $(PP),(\overline{T})$

Ecrivons le rendement comme une fonction de p (prix des céréales) et de T :

$$R(p,T)=\left[\frac{w_x^{\alpha}T^{1-\alpha-\gamma}}{A(p\alpha)^{\alpha}}\right]^{\frac{1}{\alpha-1}}.$$

La différentielle totale s'écrit :

$$dR=\frac{\partial R}{\partial p}dp+\frac{\partial R}{\partial T}dT$$

soit encore :

$$\frac{dR}{R}=\frac{\alpha}{1-\alpha}\frac{dp}{p}+\frac{1-\alpha-\gamma}{\alpha-1}\frac{dT}{T}$$

Pour de faibles variations de p et T (ce qui n'est pas réellement le cas ici) nous avons l'approximation suivante en $\Delta T=\rho T-T$

$$\frac{\Delta R}{R}\approx\frac{\alpha}{1-\alpha}\frac{\Delta P}{P}+\frac{\alpha+\gamma-1}{1-\alpha}(\rho-1)$$

2) $(PP),(T^{*})$

Soient R_0 et R_1 les rendements optimaux avant et après réforme.

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{R_1 - R_o}{R_o} = \left[\frac{w_T - (p_o - p_1)r}{p_1 \gamma \rho} - \frac{w_T}{p_o \gamma} \right] \frac{p_o \gamma}{w_T}$$

soit encore:

$$\frac{\Delta R}{R} = -\left[1 - \frac{w_{\pi T} p_o}{w_{oT} p_1 \rho} \right]$$

en posant $w_{oT} = w_T$: coût du foncier avant réforme

$w_{\pi T} = w_{oT} - (p_o - p_1)r$: coût perçu du foncier après réforme, c'est-à-dire dégrevé de l'aide directe.

3) $(pp),(\bar{T})$

analogue à (1) mais sans obligation de gel

$$\frac{\Delta R}{R} \approx \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{\Delta P}{P}$$

4) $(pp),(T^*)$

analogue à (2) sans obligation de gel :

$$\frac{\Delta R}{R} = -\left[1 - \frac{w_{\pi T} p_o}{w_{oT} p_1} \right]$$

2.2. EXPRESSION DU RENDEMENT OPTIMAL EN FONCTION DU PRIX DUAL DE LA TERRE

Dans le cas de la figure $\left[(PP),(\bar{T}) \right]$, nous avons :

$$\bar{w}_T = \frac{\partial \pi R}{\partial T} = w_x \frac{\gamma}{\alpha} \frac{\bar{x}_1}{T}$$

soit, encore, en substituant [17] :

$$\overline{w}_T = \left[\frac{w_x^{\alpha}}{p_1 A \alpha \rho^{\gamma}} \right]^{1/\alpha - 1} . \frac{\gamma}{\alpha} . T^{\frac{1-\alpha-\gamma}{\alpha-1}}$$

Par cette dernière expression, on en déduit T fonction de $\overline{w}_t$ que l'on remplace dans le rendement $\overline{R}_l$ après réforme, soit :

$$\overline{R}_l = \left[\frac{w_x^{\alpha} (\rho^T)^{1-\alpha-\gamma}}{A(p_1 \alpha)^{\alpha}} \right]^{1/\alpha - 1} = \frac{\overline{w}_T}{p_1 \gamma \rho}$$

BIBLIOGRAPHIE

AGRA EUROPE, 27 Nov. (1992).

ALY H.Y., GRABOWSKI R., PASURKA C., RANGAN N. (1990), Technical, Scale and Allocative Efficiencies in U.S. Banking : an empirical investigation. Review of Economics and Statistics, vol. 72, n° 2, 211-218.

BANKER R.D., (1984), Estimation most productive scale size using data envelopment analysis - European Journal of Operational Research, 17, 35-44.

BANKER R.D., CHARNES A., COOPER W.W. (1984), Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, vol. 30, n° 9, 1078-1092.

BANKER R.D., MAINDIRATTA A. (1988), Nonparametric Analysis of Technical and Allocative Efficiencies in Production. Econometrica, vol. 56, n° 6, 1315-1332.

BOUSSEMART J.P., DERVAUX B. (1992), L'efficacité productive : définition et mesures par la méthode Data Envelopment Analysis. 9è Journées de Microéconomie Appliquée, Strasbourg, 4 et 5 Juin.

CAVAILHES J., RICHARD A., (1992), Marché Foncier et prix des terres agricoles - INRA Sciences Sociales, Septembre 1992.

CHARNES A., COOPER W.W., RHODES E. (1978), Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research, 2, 429-444.

CHAVAS J.P., COX T.L. (1988), A Nonparametric Analysis of Agricultural Technology. American Journal of Agricultural Economics, p. 303-310.

DIEWERT W.-E., (1981), The elasticity of Derived net supply and a Generalized Le Chatelier Principle, Review of Economic Studies, XLVIII, p.63-80.

FARE R., GROSSKOPF S. (1985), A Nonparametric Cost Approach to Scale Efficiency. Scandinavian Journal of Economics, 87(4), 594-604.

FARRELL M.J. (1957), The Measurement of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, Series A 120. Part. 3, 253-290.

FARRELL M.J., FIELDHOUSE M. (1962), Estimating Efficient Production Functions under Increasing Return to Scale. Journal of the Royal Statistical Society, Series A 120, part 2, 252-267.

FAWSON C., SCHUMWAY C.R. (1988), A Nonparametric Investigation of Agricultural Production Behaviour for U.S. Subregions. American Journal of Agricultural Economics, 311-317.

FORSUND F.R., HJALMARSON L. (1979), Generalised Farrell Measures of Efficiency : an application to milk processing in Swedish dairy plants. The Economic Journal, 89, 294-315.

FORSUND F.R., LOVELL C.A.K., SCHMIDT P. (1980), A Survey of Frontier Production Functions and their Relationship to Efficiency Measurement. Journal of Econometrics, 13, n° 1, 5-25.

GROSSKOPF S. (1986), The Role of the Reference Technology in Measuring Productive Efficiency. The Economic Journal, 96, 499-513.

GUYOMARD H., LEON Y. et MAHE L.-P., La réforme de la PAC et les négociations du GATT : un pas nécessaire pour un compromis minimal ? Economie et Statistique, n°254-255 - Mai - Juin 1992.

HAAG S., JASKA P., SEMPLE J. (1992), Assessing the relative efficiency of agricultural units in the Blackland Prairie, Texas. Applied Economics, 24, 559-565.

HANOCH G., ROTSCHILD M. (1972), Testing the Assumptions of Production Theory : A Nonparametric Approach. Journal of Political Economy, 80, 256-275.

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

LEATHERS H.-D., 1992, The market for land and the Impact of Farm Programs on Farm Numbers. Américan Journal of Agricultural Economics, May 92., 291-298.

MATHIEU M.A., RAMANANTSOA J., 1992, Quelles perspectives pour l'agriculture française après la réforme de la PAC ? Economie et Statistique, n° 254-255 - Mai-Juin 1992.

Mc FADDEN D., (1978), Cost, Revenue and Profit Functions" in Production Economics, A Dual Approach to Theory and Applications (M.Fuss and D.Mac Fadden, Eds), vol.I, North-Holland, Amsterdam.

SEITZ W.D. (1971), Productive efficiency in the steam-electric generating industry. Journal of Political Economy, 79, n° 4, 878-886.

SHEPHARD R.W. (1970), Theory of cost and production functions. Princeton University Pres, Princeton N.J.

STIGLER G.-J., 1976. "The Xistence of X-Efficiency", American Economic Review, vol. 66, p.213-216.

THILRY B., TULKENS H. (1989), Productivité, efficacité et progrès technique, notions et mesures dans l'analyse économique. Travaux et Actes de la Commision n° 5 du 8ème Congrès des Economistes Belges de Langue Française, Efficacité et Management, 17-51.

VARIAN H. (1984), The Nonparametric Approach to Production Analysis. Econometrics 52, 579-599.

VERMERSCH D. (1989), Economie et technologie des systèmes céréaliers : une approche duale et économétrique. Thèse, Université de Rennes I.

VERMERSCH D., (1990), "Une mesure des économies d'échelle locales de court terme : application au secteur céréalier". Revue d'Economie Politique, n°100, Mai-juin 1990, p. 349-362.

VERMERSCH D., BONNIEUX F., RAINELLI P. (1991), Can we expect abatement of agricultural pollution using economic incentives ? The case of intensive livestock farming in France. Second Annual Meeting of the European Association of Environmental and Resource Economists. Stockholm 11-14 June 1991.

TABLE DES MATIERES

Résumé. 2

Introduction Générale : Efficacité microéconomique et efficience des politiques de régulation des marchés 3

I. Approche non paramétrique des efficacités 6
I.1. Introduction 7
I.2. Mesure des efficacités depuis FARRELL 8
I.2.1. La notion d'efficacité économique 8
I.2.2. Mesure des efficacités de Farrell (1957) 9
I.2.3. Approche non paramétrique primale 10
I.2.4. Approche non paramétrique duale 11
I.3. Approche non paramétrique primale 13
I.3.1. Détermination de l'enveloppe des observations 13
I.3.2. Mesure de l'efficacité technique 16
I.4. Approche non paramétrique duale 22
I.4.1. Axiome faible de maximisation du profit 22
I.4.2. Rationalisation faible des observations 25
I.4.3. Mesures de l'efficacité technique et allocative 27
I.5. Conclusion 31

II. Evaluation des gains potentiels de rendements céréaliers par l'estimation de frontières de production non paramétriques 32
II.1. Introduction 34
II.2. Les données de la fonction de production 35
II.2.1. Description des échantillons 35
II.3. Diagnostics d'efficacité et analyse des résultats DEA 42
II.3.1. Efficacité relative et instabilité des scores d'efficience 42
II.3.2. Scores d'efficacité, taille optimale, économies réalisables et gains potentiels des rendements céréaliers 43
II.3.3.. Fréquence d'interventions des exploitations efficaces 46
II.3.4.Validations et analyses des résultats DEA 48
II.3.4.1. Les variables retenues 48
II.3.4.2 Comparaisons des caractéristiques des exploitations classées selon leurs scores d'efficacité 52
II.3.4.3. Comparaisons des caractéristiques des exploitations classées selon leur fréquence d'intervention dans les combinaisons linéaires 55
II. 3.4.4. Comparaison des caractéristiques des exploitations classées selon leurs rendements à l'échelle 57
II.4. Estimation des scores et des gains potentiels de rendements par région et par taille de producteurs 62
II.4.1. L'analyse par région 62
II.4.2. L'analyse selon la taille des exploitations 63
II. 5. Conclusion 65

III. Evolution des rendements céréaliers dans une situation "d'efficacité-prix de la technologie agricole 67
III.1. Introduction..... 68
III.2. Modèle paramétrique à deux facteurs..... 68
III.2.1. Evolution des rendements avant et après réforme
III.2.2. Prix dual du facteur terre et évolution corrélative des rendements céréaliers..... 76
III.2.3. Evolution dans l'après-réforme du niveau d'intensification..... 79
III.3. Généralisation du modèle - Comparaison rendement de régérence rendement optimal 81
III.3.1. Technologie multi-produits-multifacteurs..... 81
III.3.2. Comparaison rendement de référence rendement optimal 86
III.4. Conclusion..... 87

Conclusion générale 88

ANNEXES (relatives au chapitre II)..... 89

Annexe III.1. Prix de seuil du foncier..... 93

Annexe III.2.
2.1. Variation relative des prix et variation relative des rendements 95
2.2. Expression du rendement optimal en fonction du prix dual de la terre..... 96

Bibliographie..... 98