
Inefficacité technique et réduction des effluents d'origine animale : le cas de la production porcine

Isabelle Piot-Lepetit et Pierre Rainelli

Le programme de restauration des eaux de la rade de Brest, entrepris à l'initiative de la Communauté Urbaine de Brest, met l'accent sur la nécessité de maîtriser les flux de sels nutritifs provenant de l'agriculture. Ceux-ci, comme l'indique Chitrit (1995) représentent la majeure part des apports, les déjections animales constituant elles-mêmes, plus de la moitié de ces nutriments. Par ailleurs, ces mêmes élevages contribuent à la pollution bactérienne par le biais des germes pathogènes présents dans le lisier. De plus, leur caractère nauséabond lors des opérations d'épandage constitue un handicap important pour l'activité touristique.

Dans ces conditions, et compte-tenu du développement considérable des élevages hors-sol en Bretagne, on conçoit que des restrictions d'ordre réglementaire aient été apportées concernant les productions animales. Il n'est pas de notre propos d'évoquer ici le cadre juridique tant européen, que national ou départemental régissant les élevages. Nous évoquerons uniquement les possibilités existant au niveau des exploitations de réduire les pollutions au moindre coût pour les agriculteurs.

Pour cela nous nous référons à la notion d'efficacité, ou plus exactement à son contraire l'inefficacité, qui fait qu'un producteur utilise mal ses facteurs de production. Autrement dit, ses intrants mieux employés permettraient d'obtenir un niveau de produit plus élevé ; ou par rapport au problème qui nous intéresse, il s'agit de voir comment à niveau de production donné il est possible d'avoir le même résultat en économisant certains facteurs, notamment ceux qui sont à l'origine des pollu-

tions. Ainsi, on constate que des éleveurs ayant des excès de lisier achètent néanmoins des engrais minéraux, alors que techniquement ils pourraient remplacer une partie des engrais par leur lisier.

Cet article propose une évaluation de l'inefficacité technique d'un ensemble d'exploitations porcines issues du RICA (Réseau d'Information Comptable Agricole) à l'aide de l'approche DEA (Data Envelopment Analysis). Cette dernière, basée sur des techniques de programmation linéaire, est étendue au cas particulier de la production porcine où un co-produit, le lisier, peut être valorisé comme facteur de production.

Après une présentation de la notion d'inefficacité, essentiellement sous forme graphique, et des différentes méthodes permettant son évaluation, les premiers résultats obtenus à l'aide du modèle DEA sont analysés. Ils montrent que l'efficacité des producteurs est directement liée au capital humain et que des actions ciblées permettraient de réduire le volume des intrants polluants utilisés par les producteurs, de l'ordre de 9 % pour les engrais sans modification du niveau de production et donc de participer à l'amélioration de l'environnement.

La notion d'inefficacité

Dans le système de concurrence élaboré par les économistes, le marché joue un rôle fondamental dans l'allocation optimale des ressources entre les producteurs. Cette efficacité sociale ou collective, l'efficacité parétienne, correspond à une situation où il n'est plus possible de dégager de surplus distribuable sans pénaliser un individu. Toutefois, un tel mécanisme repose sur l'existence d'agents rationnels et

**Isabelle Piot-Lepetit
et Pierre Rainelli**
INRA-Economie
65, rue de St Briec
35042 Rennes Cedex

efficaces, c'est-à-dire allouant de manière optimale leurs ressources pour produire un niveau maximum de produits, compte tenu de la technologie et des marchés des produits et des facteurs.

Or dans la réalité, il peut exister un écart sensible entre le niveau maximum que l'on peut obtenir en intégrant toutes les contraintes précédentes et le niveau réellement atteint. Classiquement en économie, la notion de fonction de production est utilisée pour « indiquer le niveau maximum de production qui peut être obtenu à partir de tout ensemble spécifié de facteurs de production pour une technologie ou un 'état de l'art' donné » (Gould et Ferguson, 1982, p 145). Cette définition permet de caractériser l'inefficacité d'un ensemble d'observations comme la distance à la fonction de production. La mise en évidence de ces inefficacités et surtout de leur origine donne des indications sur les possibilités d'y remédier et donc d'améliorer les résultats économiques soit en produisant plus avec le même niveau de facteurs, soit en produisant autant avec moins d'intrants.

C'est à Debreu (1951) que l'on doit la première mesure de l'inefficacité appelée par ce dernier « coefficient d'utilisation des ressources » et calculée comme la réduction équi-proportionnelle maximale de tous les intrants permettant la production continue des biens produits. Ce coefficient fournit une évaluation numérique de la perte associée à une situation non optimale. Toutefois, c'est à Farrell (1957) que l'on doit une définition plus précise de l'inefficacité en dissociant ce qui est d'origine technique de ce qui résulte d'un mauvais choix par rapport au prix des intrants.

Soit une exploitation produisant la quantité Y de porcs à l'aide de deux types de facteurs : $X1$, agrégat regroupant les facteurs fixes (essentiellement capital et travail) et $X2$, agrégat regroupant les facteurs variables (principalement les aliments du bétail). Les facteurs fixes correspondent aux intrants qui sont difficilement ajustables à court terme à la différence des facteurs variables qui correspondent principalement aux charges d'exploitation. La fonction de production de porc techniquement réalisable à l'aide de ces deux intrants s'écrit $Y = f(X1, X2)$. Elle nous permet de construire l'isoquante unitaire U (figure 1) qui exprime toutes les combinaisons possibles de facteurs fixes (agrégat $X1$) et de facteurs variables (agrégat $X2$) qui autorisent la production d'un porc standard de la manière techniquement la plus efficace possible. Cette isoquante est aussi appelée frontière des possibilités de production.

Dans le cas de l'exploitation A , on remarque la présence d'une inefficacité technique car elle se situe au-dessus de la frontière de production U . La contraction du niveau utilisé de tous ses facteurs de production le long du rayon OA jusqu'en Q permet à l'exploitation A de produire un porc charcutier à partir d'un niveau de ressources plus faible. Ainsi, la résorption de l'inefficacité technique OQ/OA permet une réduction des coûts de production de l'exploitation A .

Si à présent l'agriculteur tient compte du prix des deux facteurs $X1$ et $X2$, la droite d'isocoût C_0C_1 indique les diverses quantités de facteurs pouvant être achetées pour un montant total donné. Le point de contact B entre cette droite d'isocoût et la frontière de production U donne le coût minimum de production pour la fabrication d'un porc charcutier. L'exploitation A présente une inefficacité allocative car pour produire au coût minimum elle devrait se situer en R . D'où la distance entre Q et R mesure le surcoût supporté dans l'utilisation des facteurs 1 et 2, car compte tenu des prix existant pour ces intrants, la combinaison factorielle choisie est non optimale.

Globalement l'exploitation A présente une inefficacité totale décrite par le rapport OR/OA pouvant se décomposer en une inefficacité technique et une inefficacité allocative :

$$OR/OA = OQ/OA \times OR/OQ$$

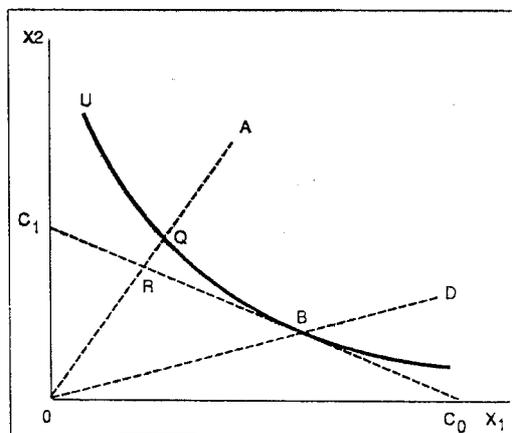


Figure 1. -
 Combinaison productive optimale et inefficacité technique et allocative

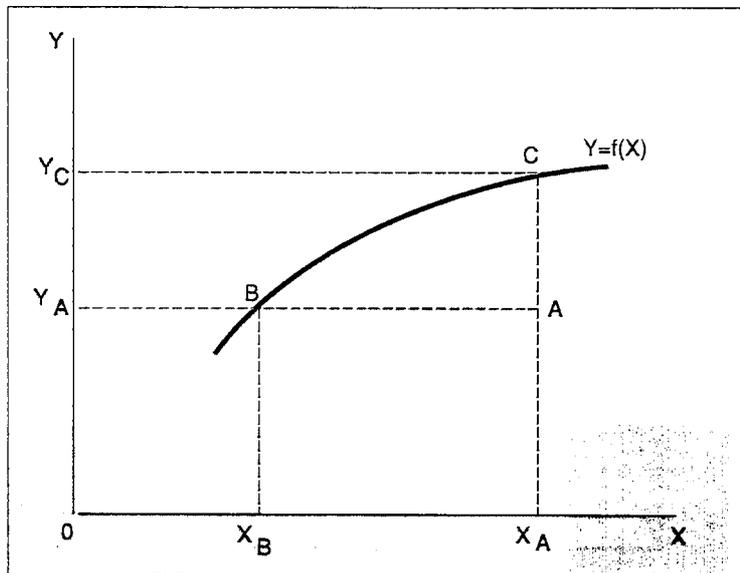
De la même manière, on peut dire que l'exploitation *D* présente une inefficacité technique tout en étant allocativement efficace.

La mesure de l'inefficacité technique

Au lieu de raisonner dans l'espace des facteurs de production, l'inefficacité peut aussi être mesurée dans l'espace des produits à partir du concept de fonction de production. La fonction de transformation, qui en est une généralisation au cas multiproduits-multifacteurs, spécifie les quantités maximales de production qui peuvent être obtenues pour tout niveau donné de facteurs. En la considérant comme la frontière de l'ensemble des possibilités de production des entreprises, elle caractérise la meilleure utilisation des facteurs dans le processus de production et toute variation par rapport à cette limite est alors interprétée comme étant une inefficacité.

Comme l'illustre la figure 2, dans un contexte monoproduit-monofacteur, la fonction de production est représentée par la courbe $Y = f(X)$ avec Y le niveau de production porcine, X étant l'aliment du bétail utilisé. L'exploitant *A*, est déclaré techniquement inefficace car il se situe à l'intérieur de l'ensemble des possibilités de production. La résorption de l'inefficacité technique par réduction du niveau de l'intrant conduit à projeter le plan de production sur la frontière en *B* d'où une économie de facteur mesurée par la distance séparant X_A et X_B . De manière alternative, en raisonnant par rapport au produit, la résorption de l'inefficacité se traduit par une augmentation du niveau de production tout en conservant une consommation inchangée des ressources productives (passage de *A* en *C* avec la production Y_C au lieu de Y_A).

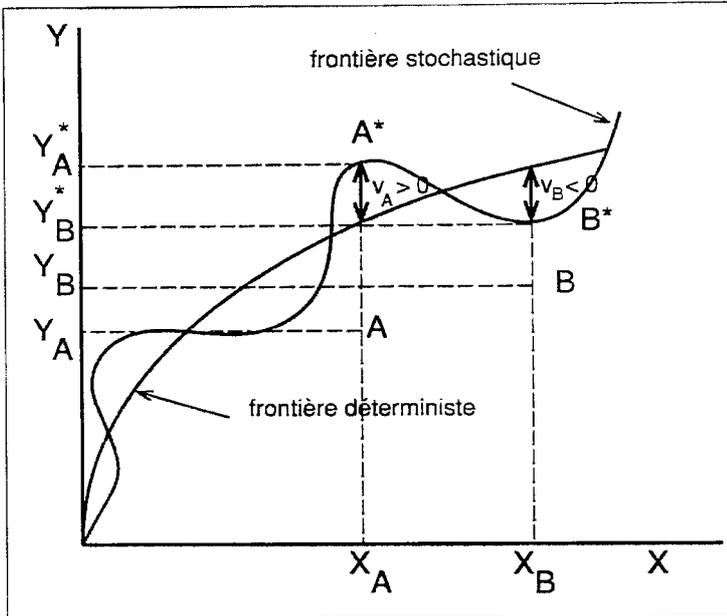
Pour mesurer cette inefficacité technique, plusieurs approches ont été proposées pour construire la frontière de production. La plus utilisée est l'approche paramétrique qui après avoir spécifié une forme fonctionnelle explicite pour la fonction de production, en estime les paramètres à l'aide des techniques économétriques usuelles. L'inefficacité technique est alors définie comme l'un écart u existant entre le niveau de production observé Y d'une exploitation et le niveau Y^* susceptible d'être atteint dans des conditions optimales de production. Cette approche à caractère déterministe présente un certain nombre de limites. La plus forte



tient au fait que les possibilités de perturbation des performances des observations générées par des facteurs aléatoires hors du contrôle de l'entreprise ne soient pas prises en considération.

▲ Figure 2. – Résorption de l'inefficacité technique

L'utilisation d'une frontière de production stochastique permet une décomposition du terme d'erreur en deux éléments dont l'un capture les erreurs de mesure et les chocs aléatoires échappant au contrôle de la firme et l'autre l'inefficacité technique des exploitations de l'échantillon considéré. Ce modèle conduit à ce que la production observée soit bornée par une quantité stochastique et non plus par une quantité déterministe, comme précédemment. La figure 3 illustre cette différence à partir de la situation des deux exploitations *A* et *B*. La frontière stochastique se situe autour de la frontière déterministe car le terme d'erreur aléatoire capte les chocs exogènes à l'activité de production. L'exploitation *A* utilise les intrants dans une proportion donnée par le vecteur X_A et obtient le produit Y_A . La quantité stochastique de référence est en A^* . Elle excède la valeur de la frontière déterministe car cette activité productive est associée à des conditions favorables qui font que l'erreur aléatoire est positive. Pour l'exploitation *B* qui utilise X_B d'intrants et produit Y_B , la quantité stochastique B^* associée est inférieure à celle fournie par la frontière déterministe puisque l'activité a lieu dans des conditions défavorables (erreur aléatoire négative).



▲ Figure 3. - Frontières de production déterministe et stochastique

A côté des modèles paramétriques, à ce jour les plus utilisés, Farrell (1957) a proposé une approche non paramétrique dont l'intérêt est l'absence d'hypothèse quant à la forme fonctionnelle de la frontière de production et la probabilité de distribution des erreurs aléatoires. L'approche non paramétrique décrit simplement la frontière technologique grâce à une enveloppe des observations présentant les meilleures performances (figure 1). L'inefficacité d'une exploitation est appréciée par rapport à ces observations. D'un point de vue technique en fonction des données disponibles on peut recourir soit à l'approche « Data Envelopment Analysis » (DEA) soit à l'approche du comportement révélé. La première est la moins exigeante. A partir des quantités de facteurs et de produits observées, elle permet une mesure de l'inefficacité technique de chaque observation, et à partir du prix de marché de chaque intrant et de chaque produit elle rend possible la détermination de l'efficacité allocative. La seconde suppose la connaissance des prix propres à chaque agent pour construire la frontière de production par rapport à laquelle l'inefficacité de chaque observation sera mesurée (Piot, 1994).

Dans la suite de l'étude, nous nous intéresserons uniquement à l'approche DEA en adaptant le modèle de Banker et al. (1984) au cas particulier de la production porcine et notamment au problème de la réduction des effluents d'origine ani-

male. Cette méthodologie présente l'avantage d'évaluer l'inefficacité des exploitations d'un échantillon par comparaison des performances de celles-ci sans postuler d'hypothèse comportementale pour le producteur (maximisation du profit, minimisation du coût...) ni d'hypothèse sur la forme de la frontière de production hormis la convexité de l'ensemble de production et la libre disposition des produits et facteurs. Toutefois les travaux de Deprins *et al.* (1984) permettent de se libérer de l'hypothèse de convexité en construisant une enveloppe des observations basée sur la notion de libre disposition. L'ensemble ainsi défini a la forme d'un escalier où chaque marche correspond à un plan de production techniquement efficace. Fare et Grosskopf (1983), quant à eux, proposent une frontière de production où l'hypothèse de libre disposition est affaiblie. Cette possibilité peut se révéler particulièrement intéressante dans le cas de la production porcine comme nous le verrons plus loin. Notons toutefois que l'approche DEA présente certains inconvénients, que nous illustrerons lors de la présentation des résultats.

Application à la technologie porcine

L'approche non paramétrique DEA a été appliquée à un échantillon de 107 exploitations porcines extraites du RICA OTEX 50 (classes d'exploitations spécialisées dans la production de granivores) pour l'année 1991. Les élevages concernés se situent à 77,6 % en Bretagne et sont principalement des exploitations individuelles (86,9 %).

La technologie agricole modélisée comprend trois produits : le produit animal, le produit végétal et l'azote organique disponible. Les deux premiers outputs sont exprimés en francs et correspondent, respectivement, à 88 % et 5 % du produit brut total. L'activité d'élevage est essentiellement porcine même si, sur certaines exploitations, l'on trouve des bovins et des volailles. Le dernier output, exprimé en kilogrammes, est évalué à partir des effectifs des animaux présents sur l'exploitation et des normes du CORPEN.

Parmi les huit facteurs de production utilisés pour décrire la technologie, quatre d'entre eux sont supposés fixes à court terme : la terre mesurée en hectares, le travail, essentiellement familial, en UTA¹ ainsi que le matériel et les bâtiments expri-

¹ Une UTA (unité de travailleur annuelle) est équivalente à 2 200 heures de travail par an à raison de 8 heures par jour pendant l'exercice, soit 275 jours de 8 heures. Pour un temps partiel, on calcule une UTA partielle égale au temps de travail divisé par 2 200 heures.

més en francs. Les autres facteurs variables sont : l'azote minéral exprimé en kilogrammes, les autres achats courants pour la production végétale, les achats courants pour la production animale ainsi que les autres charges d'exploitation. Les charges affectées à la production végétale correspondent pour 40 % aux travaux et services pour les cultures effectués par des tiers, pour 27 % aux achats de produits phytosanitaires et pour 25 % aux achats de semences. Les charges affectées à la production animale sont constituées à 92 % des achats d'aliments concentrés. Enfin, le volume d'azote minéral utilisé sur chaque exploitation est déterminé à partir des achats d'engrais. En l'absence d'information sur les surfaces d'épandage utilisées en dehors de l'exploitation, nous supposons que tous les effluents sont épandus sur la superficie agricole de chaque observation.

Notons que l'agrégation linéaire des produits et des facteurs en valeur peut introduire un biais si la mesure obtenue capture aussi l'impact de la structure des prix. Toutefois, un test fait à partir des travaux de Tauer et Hanchar (1993) nous permet d'affirmer que les résultats présentés ici reflètent principalement l'inefficacité technique des exploitations porcines de notre échantillon (Pior-Lepetit, 1995).

Le modèle DEA construit une frontière de production à partir des combinaisons linéaires des exploitations de l'échantillon qui sont non dominées par d'autres exploitations en termes d'utilisation des intrants, mais aussi de niveau produit, c'est-à-dire des firmes qui produisent plus que les autres à partir de moins de facteurs de production. Dans notre modèle DEA étendu, les apports azotés sont traités de manière différenciée selon leur origine. L'azote organique est incorporé au modèle comme un co-produit de l'activité d'élevage alors que les engrais sont introduits dans le même modèle comme facteur de production. De plus, étant donné l'utilisation des effluents animaux dans le processus de production comme fertilisant, l'azote organique sera ajusté lors de la résorption de l'inefficacité technique comme l'ensemble des facteurs de production variables².

La mesure de l'inefficacité technique des exploitations utilise la notion de fonction-distance de Shephard (1970) permettant une évaluation, le long d'un rayon issu de l'origine (cf. figure 1), de la distance séparant tout point de l'ensemble de la

frontière de production. Dans le cas que nous étudions, nous recherchons une réduction de l'inefficacité technique des exploitations observées par réduction radiale de l'ensemble des facteurs variables et de l'azote organique permettant de maintenir constant le niveau de production, étant donné le niveau des facteurs fixes ne pouvant pas s'ajuster à court terme.

Le score d'efficacité est en moyenne de 0,94 sur l'ensemble de l'échantillon. Une contraction de 6 % de tous les facteurs variables et de l'azote organique est possible pour l'ensemble des exploitations non efficaces. Cette réduction pouvant être détaillée par facteur, on observe qu'elle est alors de 9 % pour les engrais achetés.

Une distribution des exploitations selon leur score d'efficacité est présentée dans le tableau 1 ainsi qu'une caractérisation des différentes classes d'efficacité technique. A l'inverse de la surface agricole, l'âge apparaît comme un élément discriminant. Les éleveurs les plus jeunes sont techniquement plus efficaces (score de 1). Ils représentent plus de la moitié des exploitants de notre échantillon et possèdent un niveau de formation plus élevé que les autres éleveurs. En effet, dans cette classe, 2/3 des exploitants ont une formation agricole secondaire ou supérieure contre 44 % dans la classe de ceux dont le score est inférieur à 0,85.

Le bilan azoté des exploitations ramené à l'hectare est présenté par classe d'efficacité dans le tableau 2. Notons que les exportations d'azote ont été évaluées à partir du mode d'occupation du sol et des normes du CORPEN. Comme nous ne disposons d'aucune information sur les surfaces

2. Pour une présentation détaillée du modèle se reporter à Pior et Rainelli (1995) ou à Pior-Lepetit (1995, p 283 et suivantes).

Tableau 1. - Distribution des exploitations selon leur score d'efficacité et caractérisation des différentes classes ▼

	Score = 1	1 > Score > 0,85	Score < 0,85	Total
Nombre d'exploitations	55 (51,4 %)	34 (31,8 %)	18 (16,8 %)	107 (100 %)
Superficie moyenne (ha)	27,72	29,66	26,89	28,20
Age moyen	40	42	47	42
Formation agricole				
- aucune	7 (12,7 %)	4 (11,7 %)	4 (22,2 %)	15 (14,0 %)
- primaire	12 (21,8 %)	8 (23,5 %)	6 (33,3 %)	26 (24,3 %)
- secondaire	33 (60,0 %)	22 (64,7 %)	6 (33,3 %)	61 (57,0 %)
- supérieure	3 (5,5 %)	-	2 (11,1 %)	5 (4,7 %)
Formation générale				
- aucune	2 (3,6 %)	2 (5,9 %)	1 (5,6 %)	5 (4,7 %)
- primaire	15 (27,3 %)	12 (35,3 %)	7 (38,9 %)	34 (31,8 %)
- secondaire	18 (69,1 %)	20 (58,8 %)	10 (55,6 %)	68 (63,5 %)

d'épandage réelles, nous supposons que l'azote est intégralement épandu sur la superficie agricole de l'exploitation. Ceci conduit certainement à sous-estimer les exportations d'azote et donc à surestimer l'excédent d'azote.

Quel que soit leur niveau d'efficacité, les exploitants utilisent autant d'engrais achetés avec un écart-type plus important chez ceux ayant un score supérieur à 0,85. Une résorption de l'inefficacité technique pourrait conduire à une réduction de l'excédent global d'azote, notamment en substituant les apports animaux aux apports minéraux, moyennant peut-être des productions végétales mieux à même de valoriser le lisier.

Tableau 2. – Bilan azoté des exploitations porcines selon leur niveau d'efficacité ▼

	Score = 1		1 > Score > 0,85		Score < 0,85		Total	
kg/ha	moy.	écart-type	moy.	écart-type	moy.	écart-type	moy.	écart-type
Azote organique	823,7	2443,3	240,3	145,6	208,2	93,6	534,8	1771,6
Azote minéral	127,7	83,3	131,9	87,3	128,6	45,7	129,2	79,0
Azote total	951,5	2419,7	372,2	180,7	336,8	101,5	664,0	1755,8
Excédent d'azote	883,1	2422,9	245,7	195,3	230,4	1209	545,1	1758,8

Il ne faudrait pas que ce résultat amène à conclure qu'une réduction des inefficacités s'accompagne automatiquement d'un changement d'échelle et donc d'un accroissement de pollution. La classe des exploitations les plus efficaces (score de 1) contient les élevages les plus importants du point de vue du cheptel porcin mais aussi les plus petits. En effet, l'écart-type de 2 443 kg/ha traduit un intervalle de variation allant d'une entreprise disposant de 56 kg d'azote organique par hectare à une exploitation disposant de 16 042 kg/ha. De plus, il n'existe pas de différence significative de taille des troupeaux entre les exploitants dont le score est inférieur à 0,85 et ceux situés entre 0,85 et 1. Il serait alors intéressant de poursuivre l'étude en recherchant d'éventuelles économies d'échelle dans ce secteur d'activité.

Conclusion et extensions

Ce premier travail à caractère exploratoire a montré comment la méthode DEA (Data Envelopment Analysis) pouvait être mise en oeuvre dans le contexte de la production porcine. Les premiers résultats montrant que l'efficacité est directement liée au capital humain sont assez encourageants. Pour déboucher sur des mesures pratiques, il conviendrait, à partir d'échantillons de taille plus

importante, d'établir un diagnostic pour chaque exploitation inefficace en estimant ce qui ressort des phénomènes d'échelle et ce qui est dû au mauvais emploi des facteurs de production. En s'attardant plus particulièrement aux intrants polluants on peut ainsi proposer des actions très ciblées susceptibles d'améliorer la situation globale de l'environnement, notamment au regard de la mesure de l'inefficacité obtenue par rapport aux engrais achetés conduisant à une réduction potentielle de 9 % du volume total.

Toutefois, il convient de demeurer prudent face à ces premiers résultats. En effet, le manque d'information concernant les surfaces d'épandage réellement utilisées par les éleveurs conduit certainement à un biais dans la mesure de l'efficacité technique mais aussi dans le bilan azoté des exploitations de notre échantillon. Pour déboucher sur des mesures pratiques, la base de données demande à être complétée. D'autre part, il convient de bien garder à l'esprit que l'inefficacité estimée est relative, puisque la référence est constituée par les exploitations de l'échantillon ayant les meilleurs résultats. Cela signifie qu'avec une population plus large, incluant éventuellement des unités expérimentales, on aurait des scores différents et peut-être d'autres interprétations. Dans une perspective opérationnelle, outre l'élargissement de la base, deux extensions sont envisageables.

La première consiste en une recherche de la présence ou non d'éventuelles économies d'échelle dans ce secteur d'activité en mettant en place une mesure de l'efficacité d'échelle des exploitations reflétant l'écart existant entre la situation observée et une situation d'équilibre concurrentiel de long terme où les facteurs fixes sont parfaitement adaptés au niveau de production, c'est-à-dire qu'il n'y a aucune sous-capacité d'emploi par exemple de la terre ou du travail familial.

La seconde extension possible du modèle mis en place dans cette étude est l'affaiblissement de l'hypothèse de libre-disposition du produit azote organique pour construire la frontière de production. Les réglementations existantes en matière d'environnement, notamment le programme de maîtrise des pollutions d'origine animale, imposent des durées de stockage et des normes d'épandage du lisier afin de limiter la pollution. Ainsi l'azote organique n'est plus un bien dont le producteur peut librement disposer.

Résumé

Une brève revue de la littérature économique présente la notion d'inefficacité. Cette dernière se définit comme la distance séparant tout niveau de production observé du niveau optimal qui serait obtenu si tous les intrants étaient utilisés de manière techniquement efficace. Elle peut être mesurée à partir de différentes approches paramétriques ou non paramétriques. Cet article utilise une méthodologie non paramétrique appelée Data Envelopment Analysis (DEA) basée sur des techniques de programmation linéaire pour mesurer l'efficacité technique d'un ensemble de 107 exploitations porcines pour l'année 1991. Les premiers résultats montrent que la moitié de l'échantillon est techniquement efficace (score de 1) et que l'inefficacité est plus forte chez les éleveurs les plus âgés dont le niveau de formation est plus faible que celui des autres producteurs. Toutefois, cette approche demanderait à être étendue, notamment pour étudier l'existence d'économies d'échelle dans ce secteur d'activité.

Abstract

This paper begins with a brief survey of the firm inefficiency literature. This concept is defined by the distance between the observed production level and the maximum attainable level of output which could be reached when inputs use is technically efficient. In the literature, many parametric and nonparametric approaches are developed. Next, we employ a nonparametric method, Data Envelopment Analysis (DEA) based on linear programming to estimate the technical efficiency of a cross-section of 107 French pig farms. DEA permits a classification of the farms according to their technical efficiency. Half of these are estimated to be efficient with a score equal to 1. The results show that technical inefficiency is linked to low levels of education characterising the oldest farmers. A more complete approach would require a larger sample to compute both scale efficiency and technical efficiency.

Bibliographie

- BANKER, R.D., CHARNES, A., COOPER, W.W., 1984. Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30 (9) : 1078-1092.
- CHITRIT, J.J., 1995. Les rejets d'azote animal dans les communes du bassin versant de la rade de Brest. *3èmes Rencontres Scientifiques Internationales*, Communauté Urbaine de Brest, 14-16 mars 1995.
- DEBREU, G., 1951. The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, 19, 3, 273-292.
- DEPRINS, D., SIMAR, L., TULKENS, H., 1984. *Measuring labor efficiency in post offices*, in Marchand, M., Pestieau, P., Tulkens, H., *The performance of public enterprises : concepts and measurement*. North-Holland, Amsterdam.
- FÄRE, R., GROSSKOPF, S., 1983. Measuring congestion in production, *Zeitschrift für Nationalökonomie*. 43 : 257-271.
- FARRELL, M.J., 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, series A, 120, part. 3 : 253-281.
- GOULD, J.P., FERGUSON, C.E., 1982. Théorie microéconomique. *Economica*.
- Piot, I., 1994. Mesure non paramétrique de l'efficacité. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, 31, 13-41.
- PIOT, I., RAINELLI, P., 1995. Inefficacité technique et réduction des effluents d'origine animale : le cas de la production porcine. *3èmes Rencontres Scientifiques Internationales*, Communauté Urbaine de Brest, 14-16 mars 1995.
- PIOT-LEPETIT, I., 1995. Les excédents d'intrants polluants dus à des inefficacités des producteurs agricoles. *Thèse de Doctorat en Sciences Economiques*, Université de Bordeaux I, 297 p.
- SHEPHARD, R.W., 1970. *Theory of cost and production functions*. Princeton University Press, Princeton N.J.
- TAUER, L.W., HANCHAR, J.J., 1993. Nonparametric technical efficiency with N firms and M inputs : a simulation. *Staff paper 93-9*, Ithaca, N.Y. : Cornell University, Department of Agricultural Economics, 17 p.