



HAL
open science

Agriculture et environnement : une évaluation de la performance technique et environnementale d'exploitations bovines

Isabelle Piot-Lepetit

► To cite this version:

Isabelle Piot-Lepetit. Agriculture et environnement : une évaluation de la performance technique et environnementale d'exploitations bovines. Journées : Economie de l'environnement et des ressources naturelles, May 1998, Toulouse, France. 13 p. hal-02290696

HAL Id: hal-02290696

<https://hal.science/hal-02290696>

Submitted on 7 Jun 2020

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

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



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

Agriculture et Environnement : une évaluation de la performance technique et environnementale d'exploitations bovines

Isabelle Piot-Lepetit

INRA-Economie, 65 rue de Saint Brieuc 35042 Rennes cedex, France

tél : (33) 02 99 28 72 13, fax : (33) 02 99 28 53 80, Email : piot@roazhon.inra.fr

Journées de l'A.F.S.E.

"Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles"

Toulouse, 11-12 mai 1998

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRICOLE
Système d'Informations et de Documentation
DOCUMENTATION
65, Rue de St Brieuc
35042 RENNES CEDEX
Tél. : 02.99.28.54.08 et 09

1. Introduction

La pollution des eaux par les matières azotées et phosphorées est en grande partie imputable aux activités agricoles suite aux émissions de nitrates et de phosphates. Les pollutions ponctuelles correspondent à des rejets directs dans l'eau provenant par exemple des installations de stockage des déjections animales. Les pollutions diffuses participent à un phénomène beaucoup plus complexe. Elles se produisent à partir des terres agricoles. Elles sont liées à un apport trop important d'éléments fertilisants d'origine minérale suite à l'utilisation d'engrais ou organique lors de l'utilisation des effluents d'élevage. La capacité de fixation par le sol et la végétation étant dépassée, ces éléments sont entraînés à plus ou moins brève échéance dans les eaux souterraines par infiltration ou dans les eaux de surface par ruissellement.

Les déjections animales constituent une source importante d'azote. A titre d'exemple, une vache laitière produit en moyenne 73 kg N/an. Le développement des élevages intensifs s'accompagne d'une croissance importante des effluents et la concentration géographique de ces élevages sur certaines zones de production conduit à une saturation des surfaces d'épandage. Ceci se traduit par un apport sur les parcelles de doses d'azote supérieures à la capacité d'épuration des sols et des cultures et par conséquence, à des problèmes de pollutions importants (Ifen, 1996-1997). L'existence de surplus d'éléments fertilisants conduit aux phénomènes d'eutrophisation, aux pollutions atmosphériques avec dégagement d'ammoniac et à des nuisances liées aux odeurs. Cependant, la présence de nitrates dans l'eau potable reste la question la plus préoccupante au regard de l'opinion publique. Pour y répondre, une législation a été mise en œuvre au niveau européen avec la directive nitrates ainsi qu'au niveau national. Toutefois, l'utilisation des intrants d'une manière inefficace au cours du cycle de production demeure la principale cause de la pollution. Cette inefficacité se manifeste par un gaspillage des facteurs de production et par l'existence de résidus polluants. Dans ce contexte, la résorption des inefficacités techniques propres aux exploitations agricoles peut conduire à une amélioration de leur efficacité en matière environnementale.

DOCUMENTATION ÉCONOMIE RURALE RENNES



* 0 1 6 9 2 9 *

Dans un premier temps, l'approche Data Envelopment Analysis (DEA) est utilisée pour évaluer les potentialités de réduction des coûts de production et en particulier du niveau des engrais achetés pour un ensemble d'exploitations tout en maintenant leur niveau de production inchangé. Grâce à la notion d'efficacité technique (Farrell, 1957), on mesure l'écart existant entre le niveau des intrants observé pour chaque entreprise agricole et un niveau considéré comme optimal déterminé par rapport aux exploitations les plus performantes. Cette amélioration de la situation individuelle des producteurs présente un intérêt pour la société puisque par résorption de leur inefficacité relative aux intrants polluants, les producteurs contribuent à limiter l'impact négatif de l'agriculture sur l'environnement. Dans un deuxième temps, nous nous intéressons au co-produit particulier de l'activité agricole, que sont les déjections animales. Une mesure de performance environnementale est proposée afin d'estimer la part de l'inefficacité qui résulte de la présence d'un excès d'azote organique sur l'exploitation.

Après une présentation de la méthodologie employée, les différentes mesures d'efficacité et de performance environnementale sont appliquées à trois échantillons d'élevage bovins des régions Bretagne et Pays de la Loire pour l'année 1995.

2. Efficacité technique et performance environnementale

Pour repérer les potentialités de réduction des coûts de production et en particulier, du niveau des engrais achetés, nous utilisons la notion d'efficacité technique développée par Farrell (1957). Proche de l'esprit du coefficient d'utilisation des ressources de Debreu (1951), l'efficacité technique mesure la façon dont un entrepreneur combine ses facteurs de production pour obtenir un certain niveau de biens. Il existe une inefficacité technique lorsqu'une quantité moindre d'intrants permet de produire le même niveau de produits. Pour évaluer cette inefficacité, nous utilisons l'approche non paramétrique développée par Charnes *et al.* (1978) appelée Data Envelopment Analysis (DEA)¹. Elle utilise la programmation linéaire pour construire la frontière de l'ensemble de production sans qu'aucun vecteur de paramètre ne soit estimé. D'autre part, pour dériver un indice de performance environnementale, nous utilisons les approches développées par Färe *et al.* (1989), Ball *et al.* (1994) et Färe *et al.* (1996)² qui étudient la productivité de firmes en présence d'un certain nombre de produits non désirés. Dans le contexte de notre étude, nous considérons que l'azote organique participe à l'efficacité de la production par l'utilisation de son caractère fertilisant mais qu'au delà d'un certain niveau de production, il devient un produit non désiré puisqu'un certain nombre de mesures sont prises pour en limiter l'épandage et en réglementer le stockage.

¹ Pour une présentation des différentes approches possibles permettant de construire une frontière de production et de mesurer l'efficacité se reporter à Coelli (1995) ou Piot-Lepetit (1995).

² Pour une présentation des différentes mesures de la performance environnementale des entreprises se référer à Tyteca (1996).

Afin de formaliser la technologie de production agricole, considérons $x \in R_+^N$, le vecteur des facteurs de production et $(y, y_A) \in R_+^M$ celui des produits avec y le vecteur des productions recherchées (animale et végétale) et y_A le niveau d'azote organique associé à l'activité d'élevage. La technologie représentant l'ensemble des plans de production techniquement possibles est définie par :

$$T = \{(x, y, y_A) : (y, y_A) \text{ est produit à partir de } x\} \quad (1)$$

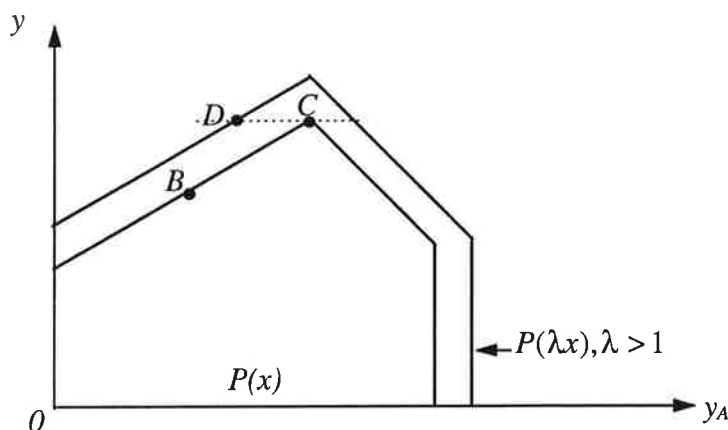
Nous supposons que les inputs sont librement disponibles ou éliminables. Le producteur peut utiliser plus d'intrants que nécessaire pour produire un certain niveau de produits, ce qui se formalise par : si $(x, y, y_A) \in T$ et $x' \geq x$ alors $(x', y, y_A) \in T$. De même, nous supposons que les outputs y vérifient l'hypothèse de libre ou forte disposition. A partir d'une quantité donnée d'intrants le producteur a la possibilité de produire une quantité plus faible de produits sans coût additionnel. Par contre, cette hypothèse ne peut être maintenue pour l'azote organique. En effet, au delà d'un certain niveau de production, la saturation des surfaces d'épandage disponibles, de même que les contraintes réglementaires liées au stockage des lisiers et fumiers entraînent un coût d'élimination de ce produit, surtout pour des niveaux élevés d'azote organique co-produit. Ce coût peut se traduire par une augmentation des intrants (travail, équipements spécifiques, capacités de stockage, ...) ou par une diminution des autres productions à niveau d'inputs donné. Nous supposons alors que l'azote organique est seulement faiblement disponible c'est à dire que :

si $(x, y, y_A) \in T$ et $y' \leq y$ alors $(x, y', y_A) \in T$ et

si $(x, y, y_A) \in T$ et $0 < \theta \leq 1$ alors $(x, \theta y, \theta y_A) \in T$

La figure 1 illustre les notions de disponibilités forte et faible des produits (Färe *et al.*, 1994). L'ensemble $P(x)$ désigne l'ensemble des couples (y, y_A) techniquement réalisables à partir de la dotation factorielle x . La forte disponibilité de y est caractérisée par le segment de droite parallèle à l'axe Oy et la faible disponibilité de y_A par le segment de droite oblique allant de l'axe Oy au point C . Pour une exploitation située en C , la réduction du niveau y_A conduit soit à une réduction de y pour un niveau donné de x (de C à B), soit une augmentation des intrants x à pour un niveau de y fixé (de C à D).

Figure 1 : Disponibilité faible et forte des produits



Sous ces différentes hypothèses et si nous disposons d'un échantillon contenant J exploitations agricoles ($j=1, \dots, J$), nous pouvons définir la technologie de production par une enveloppe linéaire par morceaux des observations :

$$T = \left\{ (x, y, y_A) : x \geq \sum_{j=1}^J \lambda^j x^j, y \leq \sum_{j=1}^J \lambda^j y^j, y_A = \sum_{j=1}^J \lambda^j y_A^j, \lambda \in R_+^J, \sum_{j=1}^J \lambda^j = 1 \right\} \quad (2)$$

où λ^j est le vecteur intensité servant à construire la technologie de production. La première contrainte signifie que toute dotation factorielle x supérieure ou égal à des combinaisons linéaires³ des dotations observées est possible car les inputs vérifient l'hypothèse de libre disposition. De même, pour la contrainte sur les y , tout niveau inférieur ou égal à des combinaisons linéaires de productions observées peut être réalisé. Par contre, l'hypothèse de faible disposition ou élimination postulée pour y_A , se traduit dans la troisième contrainte par le fait que tout niveau produit d'azote organique doit être au plus égal à des combinaisons linéaires de quantités effectivement produites. La dernière contrainte correspond à une hypothèse de rendements d'échelle variables (cf. Färe *et al.*, 1985, 1994).

Pour tenir compte du caractère de netput des déjections animales, nous cherchons à en réduire la consommation au même titre que les autres intrants. Pour chaque exploitation de l'échantillon, la mesure de l'efficacité technique se définit par :

$$ET^j(x, y, y_A) = \min_h \{h : (hx, y, hy_A) \in T\} \quad j = 1, \dots, J \quad (3)$$

Ce qui s'écrit encore:

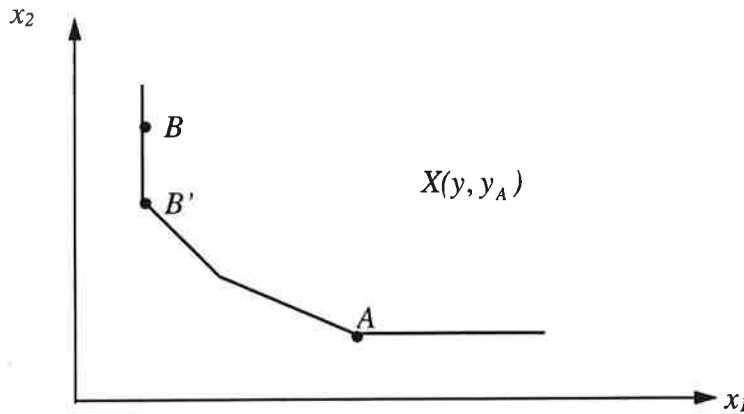
$$ET^j(x, y, y_A) = \min_{h, \lambda_1, \dots, \lambda_J} h$$

³ Nous supposons que la technologie est convexe. L'approche FDH (Free Disposal Hull) qui permet de se libérer de l'hypothèse de convexité de la frontière de production, se fonde sur l'hypothèse de libre disposition que nous cherchons à affaiblir pour l'azote organique (Deprins *et al.*, 1984).

$$s/c \left\{ \begin{array}{l} hx_n^j \geq \sum_{j=1}^J \lambda_j x_n^j \quad n = 1, \dots, N \\ y_m^j \leq \sum_{j=1}^J \lambda_j y_m^j \quad m = 1, \dots, M \\ hy_A^j = \sum_{j=1}^J \lambda_j y_A^j \\ \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, J \end{array} \right.$$

La valeur de $ET^j(x, y, y_A)$ donne une indication sur le montant dont les inputs variable et le niveau d'azote organique peuvent être simultanément réduits. Elle prend des valeurs comprises entre 0 et 1. Un score de 1 caractérise l'efficacité technique de l'exploitation j . Aucun ajustement des intrants n'est possible. Cette observation se situe sur la frontière de production. Lorsque la mesure prend une valeur inférieure à 1, l'exploitation considérée présente une inefficacité technique. Tous ses intrants et l'azote organique peuvent alors être réduits de manière équiproportionnelle du montant $1 - ET^j(x, y, y_A)$. Pour obtenir une mesure de l'inefficacité technique par facteur, nous utilisons des mesures ajustées (Torgensen *et al.*, 1996). En effet, après avoir déterminé l'efficacité technique de Farrell, certains inputs présentent des variables d'écart montrant ainsi qu'il subsiste une inefficacité qui n'a pas été prise en compte par la mesure de Farrell. Comme l'illustre la figure 2 les observations A et B sont déclarées techniquement efficaces par la mesure de Farrell car elles se situent sur la frontière de production de $X(y, y_A)$, l'ensemble de tous les intrants x permettant la production du niveau (y, y_A) d'outputs. Cependant, il subsiste une inefficacité pour B car la même quantité de produits (y, y_A) peut être obtenue à partir d'une quantité moindre de facteur 1. La mesure de la distance séparant B et B' est fournie dans la variable d'écart associée au facteur 1 pour l'exploitation B .

Figure 2 : Efficacité technique et variables d'écart



Les mesures ajustées utilisent l'information contenue dans les variables d'écart pour évaluer une efficacité technique par facteur définie par :

$$ET_m^j(x, y, y_A) = \frac{ET^j(x, y, y_A)x_m^j - S_m^j}{x_m^j} \quad m = 1, \dots, M \quad j = 1, \dots, J \quad (4)$$

où S_m^j est la variable d'écart associée à l'input m , $ET^j(x, y, y_A)$ la valeur de l'efficacité technique déterminée par (3) et x_m^j la quantité de facteur m utilisée par l'exploitation j pour produire le niveau de produits (y^j, y_A^j) . Cette mesure sera utilisée pour évaluer les réductions potentielles d'engrais achetés pouvant être réalisées par chaque exploitation lorsqu'elle cherche à résorber son inefficacité technique.

Pour évaluer la part de l'inefficacité des exploitations résultant de la présence d'azote organique, la mesure de performance environnementale définie par Färe et al (1996) peut être utilisée. Les auteurs utilisent une propriété de séparabilité de la fonction distance en input qui est l'inverse de la mesure de l'efficacité technique pour obtenir un indicateur de performance environnementale défini par :

$$EEnv^j = \frac{ET^j(x, y)}{ET^j(x, y, y_A)} \quad j = 1, \dots, J \quad (7)$$

où $ET^j(x, y)$ est une mesure de l'efficacité technique obtenue sur un sous ensemble de T pour lequel la contrainte correspondant à l'azote organique a été omise. Ainsi on a :

$$ET^j(x, y) = \min_h \{h : (hx, y) \in \hat{T}\} \quad j = 1, \dots, J \quad (8)$$

$$\text{avec } \hat{T} = \left\{ (x, y) : x \geq \sum_{j=1}^J \lambda^j x^j, y \leq \sum_{j=1}^J \lambda^j y^j, \lambda \in R_+^J, \sum_{j=1}^J \lambda^j = 1 \right\}$$

Ce qui s'écrit encore :

$$ET^j(x, y) = \min_{h, \lambda_1, \dots, \lambda_j} h$$

$$s/c \begin{cases} hx_n^j \geq \sum_{j=1}^J \lambda_j x_n^j & n = 1, \dots, N \\ y_m^j \leq \sum_{j=1}^J \lambda_j y_m^j & m = 1, \dots, M \\ \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0 & j = 1, \dots, J \end{cases}$$

Cet indicateur prend des valeurs comprises entre 0 et 1. Lorsqu'une exploitation présente une efficacité environnementale $EEnv=1$ c'est à dire que la même mesure de l'efficacité technique est obtenue par rapport à T et \hat{T} . L'omission de la contrainte sur l'azote organique ne modifie pas l'efficacité de l'exploitation. Le co-produit considéré ici n'est pas contraignant pour cette exploitation. Par contre, toute valeur de l'efficacité environnementale inférieure à 1 met en évidence une perte d'efficacité due à la présence de la contrainte sur l'azote organique.

3. Application aux élevages bovins

La méthodologie DEA présentée dans la section précédente, a été appliquée à un échantillon d'exploitations du RICA (Réseau d'Information Comptable Agricole) produisant des bovins au cours de l'année 1995 en Bretagne et Pays de Loire. 229 exploitations sont spécialisées dans la production de lait, 79 dans celle de bovins-viande et 95 exploitations associent les deux spécialités précédentes. Nous emploierons le qualificatif de production mixte pour les désigner dans la suite du texte.

Pour représenter la technologie de production, trois produits sont pris en compte : la production animale (lait, animaux), les autres productions (dont les céréales) et l'azote organique co-produit par l'activité d'élevage sur l'exploitation⁴. Parmi les huit facteurs de production utilisés pour décrire la technologie, trois d'entre eux sont supposés fixes⁵ : la terre (mesurée en hectares), le travail (mesuré en UTA)⁶ et les bâtiments. La variable bâtiment regroupe les charges affectées à l'entretien des bâtiments ainsi qu'à l'amortissement des constructions. Les cinq autres facteurs de production sont supposés variables. Ils correspondent aux charges de matériel, aux consommations intermédiaires affectées à la

⁴ L'azote organique co-produit par l'activité d'élevage est évalué à partir des effectifs des animaux présents sur l'exploitation et des normes du CORPEN (Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates provenant des activités d'élevage).

⁵ Nous supposons que ces trois facteurs ne pourront pas être ajustés par les producteurs au cours de l'année considérée du fait de rigidités liées au marché. Toutefois, sur une période de temps plus importante, cette contrainte peut être relâchée.

⁶ Une UTA (Unité de Travailleur annuel) correspond à 2200 heures de travail.

production animale, aux achats d'engrais, aux autres consommations intermédiaires affectées à la production végétale ainsi que les autres charges d'exploitation. Dans la variable matériel sont regroupées les charges de l'exercice liées à la location, l'amortissement ou l'entretien du matériel. Les charges d'élevage sont constituées principalement par les achats d'aliments à plus de 60 % quelle que soit l'orientation productive considérée. Quant aux autres charges liées à l'activité de culture, elles correspondent principalement aux services effectués par des tiers ainsi qu'à l'achat de semences et de produits phytosanitaires. Les variables utilisées sont présentées dans le tableau 1.

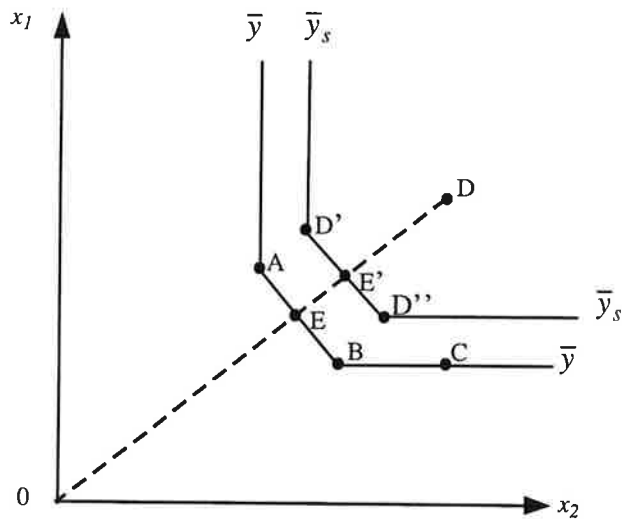
Tableau 1 : Présentation des variables du modèle selon l'orientation productive.

| | Lait | | Bovin Viande | | Mixtes | | Ensemble | |
|--------------------------------|---------|------------|--------------|------------|---------|------------|----------|------------|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Produits | | | | | | | | |
| production animale (FF) | 510485 | 218885 | 298286 | 172064 | 491298 | 291044 | 464365 | 243984 |
| Autres productions (FF) | 84040 | 82965 | 173201 | 142424 | 192798 | 267785 | 127156 | 164625 |
| azote organique (kg) | 3665 | 1446 | 2706 | 1625 | 4409 | 2188 | 3652 | 1769 |
| Facteurs quasi-fixes | | | | | | | | |
| Terre (ha) | 39.52 | 16.81 | 53.77 | 30.76 | 60.31 | 28.84 | 47.21 | 24.92 |
| Travail (AWU) | 1.50 | 0.56 | 1.34 | 0.48 | 1.61 | 0.58 | 1.49 | 0.55 |
| Bâtiments (FF) | 21645 | 18074 | 19047 | 19214 | 25740 | 29761 | 22101 | 21659 |
| Facteurs variables (FF) | | | | | | | | |
| Matériel | 65850 | 38066 | 52135 | 27820 | 78688 | 59005 | 66188 | 43150 |
| CI élevages | 89765 | 52532 | 77954 | 96862 | 120900 | 190226 | 94789 | 109900 |
| Engrais | 26886 | 15930 | 28199 | 17523 | 33424 | 18843 | 28685 | 17138 |
| Autres CI culture | 64003 | 31885 | 46413 | 28145 | 68371 | 40539 | 61585 | 34265 |
| Autres CI | 82151 | 66597 | 46753 | 27882 | 74208 | 69625 | 73340 | 63112 |

CI : Consommations Intermédiaires

Dans son article, Farrell considère que toutes les observations de utilisent la même technologie de production. Dans le cas de la production bovine, cette hypothèse peut être infirmée selon la spécialité des exploitations. Dans la suite de cette étude , l'efficacité technique des exploitations sera calculée par rapport à une frontière globale, basée sur l'ensemble des 403 observations dont nous disposons mais aussi par rapport à des frontières séparées, selon l'orientation productive des différents sous-échantillons. Les mesures obtenues permettent une comparaison des frontières production (Grosskopf et Valdmanis,1987). Sur la figure 3, les observations sont réparties en deux groupes : D, D', D'' et A, B, C . \bar{y} représente la frontière globale et \bar{y}_s, \bar{y}_s' la frontière de production du groupe d'observations D . L'efficacité technique du point D par rapport à la frontière globale \bar{y} est mesurée par la distance $TE = OE/OD$ et celle obtenue par rapport à la frontière spécifique de ce groupe par la distance $TE_s = OE'/OD$. La distance EE' mesure alors la différence existant entre les deux frontières de production et permet de définir une mesure d'efficacité entre les différents groupes $TE_b = OE/OE'$.

Figure 3 : Mesures d'efficacité technique selon la spécialisation des exploitations



Pour la lecture des résultats qui vont suivre, il faut se rappeler que les mesures d'efficacité évaluent la performance individuelle d'exploitations par rapport à une frontière de production construite à partir des observations de l'échantillon. Ainsi, les mesures obtenues sont relatives et non absolues. L'introduction d'observations additionnelles dans l'échantillon peut augmenter ou réduire l'efficacité mesurée par déplacement de la frontière servant de référence aux mesures d'efficacité. Cette méthode compare chaque exploitation avec les observations dont la composition du plan de production est la plus proche. De cette manière, la technologie représentée est révélée plutôt qu'imposée par l'approche DEA. Ceci réduit le risque d'erreur de spécification. Toutefois, comme l'approche demeure non paramétrique, aucun terme ne capture les erreurs de mesure. Pour palier à ce manque, une recherche des points atypiques de l'échantillon a été menée en appliquant la méthode non paramétrique proposée par Wilson (1995). Les observations considérées globalement ou selon leur spécialisation productive ne présentent pas de points venant déformer les différentes frontières considérées de manière significative.

Les moyennes et écarts types des différentes mesures d'efficacité calculées sont présentées dans le tableau 2. Une exploitation est déclarée techniquement efficace lorsqu'elle obtient une mesure de 1. La différence entre le score obtenu et 1 donne le pourcentage de réduction des inputs variables et de l'azote organique sans modification du niveau des autres biens produits pour que l'observation considérée se situe sur la frontière de production. Toutes les mesures d'efficacité reportées dans le tableau 2 sont en moyenne très élevées. Elles montrent aussi une grande disparité entre les exploitations puisque les observations obtenant le plus petit score doivent réduire leur consommation d'intrants variables et d'azote organique de 40 à 50 % pour se situer sur la frontière de production. Lorsque l'on considère l'ensemble

des 403 exploitations de l'échantillon, l'efficacité technique moyenne est comprise entre 0.91 et 0.94 d'où une réduction potentielle simultanée de l'azote organique et des intrants variables comprise entre 6 et 9 %, selon l'orientation productive. Ce sont les producteurs de bovins-viande qui présentent le score le plus élevé. Cependant, selon l'orientation productive, les mesures d'efficacité évaluées avec pour référence les frontières séparées sont plus élevées, principalement pour les producteurs de lait et mixtes. Ceci met en évidence une différence entre la frontière globale et les frontières séparées pour ces deux types d'exploitations. Comme l'illustre les mesures des distances entre les frontières, les producteurs de bovins-viande ont une frontière de production identique à la frontière globale alors les producteurs de lait et surtout les producteurs mixtes ont des frontières différentes.

Tableau 2. Efficacité technique

| | Moyenne | Ecart-type | Minimum |
|--------------------------------------|---------|------------|---------|
| Frontière globale | | | |
| lait | 0.920 | 0.116 | 0.509 |
| bovins-viande | 0.945 | 0.094 | 0.613 |
| mixtes | 0.910 | 0.133 | 0.529 |
| Frontières séparées | | | |
| lait | 0.955 | 0.079 | 0.685 |
| bovins-viande | 0.963 | 0.089 | 0.646 |
| mixtes | 0.973 | 0.070 | 0.707 |
| Distance entre les frontières | | | |
| lait | 0.971 | 0.154 | 0.780 |
| bovins-viande | 0.995 | 0.173 | 0.613 |
| mixtes | 0.940 | 0.158 | 0.529 |

Le tableau 3 présente les moyennes et les écarts-type des mesures d'efficacité technique spécifique aux engrais telles que définies par (4). Selon les orientations productives, cette efficacité varie de 0.85 à 0.90 quant on se réfère à la frontière globale. Ces mesures sont en moyenne plus petites que les mesures d'efficacité technique radiale présentée dans le tableau 2. Elles présentent une variabilité plus grande. La valeur minimale est de zéro, ce qui signifie qu'au moins une observation dans l'ensemble de l'échantillon et des sous-échantillons n'utilise pas d'engrais. Par rapport aux frontières séparées, l'efficacité moyenne des producteurs de lait et mixtes augmente alors que celle des bovins-viande reste inchangée.

Tableau 3. Efficacité technique dans l'utilisation des engrais

| | Moyenne | Ecart-type |
|----------------------------|---------|------------|
| Frontière globale | | |
| lait | 0.851 | 0.194 |
| bovins-viande | 0.881 | 0.252 |
| mixtes | 0.902 | 0.199 |
| Frontières séparées | | |
| lait | 0.926 | 0.139 |
| bovins-viande | 0.888 | 0.254 |
| mixtes | 0.939 | 0.166 |

Le tableau 4 présente les mesures de performance environnementale obtenues lorsque l'on compare les scores évalués avec et sans la présence d'azote organique dans le modèle DEA. Ces mesures reflètent la part de l'inefficacité due à la présence d'azote organique sur l'exploitation. Lorsque l'on se réfère à la frontière de production globale, les scores obtenus selon les spécialités évoluent entre 0.88 et 0.95. Ainsi 5 % de l'inefficacité technique moyenne mesurée pour les producteurs de bovins-lait et les producteurs mixtes s'explique par la présence d'azote organique sur l'exploitation. Pour les éleveurs de bovins-viande, la présence d'azote organique est encore plus contraignante puisque leur inefficacité est en moyenne de 12 %. L'omission de la contrainte sur l'azote organique dans le modèle conduit à une réduction potentielle supplémentaire de tous les intrants variables de l'ordre de 5 % ou de 12 % selon l'orientation productive. Une conclusion différente est obtenue pour chaque spécialité lorsque l'on considère des frontières de production séparées. La comparaison des exploitations bovines entre elles ne révèle aucune possibilité de réduction supplémentaire des intrants lorsque l'on omet la contrainte sur l'azote organique. Ces producteurs ont une technique de production très homogène dans leur gestion de l'azote organique. Pour les deux autres orientations productives, l'inefficacité technique moyenne résultant de la présence d'azote organique est plus élevée (6 %) pour les producteurs de lait et plus faible (3 %) pour les mixtes.

Tableau 4. Performance environnementale

| | Moyenne | Ecart-type | Minimum |
|-----------------------------------|---------|------------|---------|
| <i>Frontière globale</i> | | | |
| lait | 0.954 | 0.107 | 0.619 |
| bovins-viande | 0.886 | 0.132 | 0.514 |
| mixtes | 0.954 | 0.111 | 0.512 |
| <i>Frontières séparées</i> | | | |
| lait | 0.942 | 0.093 | 0.503 |
| bovins-viande | 0.992 | 0.059 | 0.657 |
| mixtes | 0.974 | 0.094 | 0.524 |

4. Conclusion

L'approche non paramétrique DEA a été utilisée pour mesurer la performance environnementale d'un ensemble d'exploitations bovines de Bretagne et Pays de Loire pour l'année 1995. Lorsque l'on considère l'échantillon dans son ensemble, elle met en évidence un potentiel de réduction des facteurs variables et de l'azote organique de l'ordre de 6 à 9 %, selon l'orientation productive. En particulier, les engrais peuvent être réduit de 10 à 15 %. La part de l'inefficacité résultant de la présence d'azote organique sur l'exploitation est de 5% pour les producteurs de lait et mixtes et de 12 % pour les producteurs de bovins-viande. Lorsque l'on considère les mesures obtenues à partir de frontières de production définies par spécialité, le potentiel de réduction de l'ensemble des facteurs variables et de l'azote organique est plus

faible (3 à 5 % selon l'orientation productive). Les possibilités de diminution de la consommation d'engrais sont alors de 6 à 12 % et la part de l'inefficacité résultant de la présence d'azote organique est au plus de 6 %. La technologie de production des éleveurs de bovins-viande apparaît plus homogène en ce qui concerne la gestion de l'azote organique que dans l'utilisation des engrais. En effet, par rapport à leur frontière de production, la mesure de la performance environnementale est maximale alors que l'inefficacité technique spécifique aux engrais est de 12 %.

Les mesures d'efficacité technique et de performance environnementale développées demeurent relatives à l'échantillon étudié et à la frontière spécifiée. Une étude de la sensibilité des mesures obtenues permettrait de valider les résultats (Thompson *et al.*, 1994, Parkin et Hollingsworth, 1997). De plus, la technologie agricole a été sans tenir compte des productions ou consommations intermédiaires (autres que l'azote organique) existant sur l'exploitation agricole. Lorsque les données le permettent, l'introduction de ce genre de contraintes dans le modèle fournit une plus grande flexibilité dans la recherche de l'efficacité (Färe et Whittaker, 1996).

Bibliographie

- Ball E., Lovell K., Nehring R., Somwaru A. (1994), Incorporating undesirable outputs into models of production: an application to U.S. agriculture, *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, 31, 60-74.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operations Research*, 2, 139-156.
- Coelli T.J. (1995), Recent developments in frontier modelling and efficiency measurement, *Australian Journal of Agricultural Economics*, 39, 3, december, 219-245.
- Debreu G. (1951), The coefficient of resource utilization, *Econometrica*, 19, 273-292.
- Deprins D., Simar L., Tulkens H. (1984), *Measuring labor efficiency in Post Offices*, in Marchand M., Pestieau P., Tulkens H. (eds), *The performance of public enterprises: concepts and measurement*, North Holland, Amsterdam.
- Färe R., Grosskopf, S., Lovell C.A.K. (1985), *The measurement of efficiency of production*, Boston: Kluwer-Nijhoff.
- Färe R., Grosskopf, S., Lovell C.A.K. (1994), *Production frontiers*, Cambridge university Press
- Färe R., Grosskopf, S., Lovell C.A.K., Pasurka C. (1989), Multilatéral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach, *Review of Economics and Statistics*, 71, 90-98.

- Färe R., Grosskopf, S., Tyteca D. (1996), An activity analysis model of the environmental performance of firms - Application to fossil fuel-fired electric utilities, *Ecological Economics*, 18 ,2, august, 161-175.
- Färe R., Whittaker, G. (1996), *Dynamic measurement of efficiency: an application to western public grazing*, in Färe R., Grosskopf S., *Intertemporal production frontiers: a dynamic DEA*, Kluwer Academic Publishers.
- Farrell M.J. (1957), The measurement of productive efficiency, *Journal of Royal Statistical Society*, series A 120 part. 3, 153-290.
- Grosskopf S., Valdmanis V. (1987), Measuring hospital performance: a non-parametric approach, *Journal of Health Economics*, 6,89-107.
- Ifen (1996-1997), Indicateurs de performance environnementale de la France.
- Parkin D., Hollingsworth B. (1997), Measuring production efficiency of acute hospitals in Scotland, 1991-94: validity issues in data envelopment analysis, *Applied Economics*, 29, 1425-1433.
- Piot-Lepetit I. (1995), *Les excédents d'intrants polluants dus à des inefficacités des producteurs agricoles*, Thèse de doctorat en Sciences économiques de l'Université de Bordeaux I, 297 p.
- Thompson R, Dharmapala P.S., Thrall R.M. (1994), *Sensitivity analysis of efficiency measures with applications to Kansas farming and Illinois coal mining*, in Charnes A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M., *Data envelopment analysis: theory, methodology, and application*, Kluwer Academic Publishers.
- Torgensen A.M., Forsund F.R., Kittelsen S.AC. (1996), Slack-adjusted efficiency measures and ranking of efficient units, *Journal of Productivity Analysis*, 7, 4, 379-398.
- Tyteca D. (1996), On the measurement of the environmental performance of firms - A literature review and a productive efficiency perspective, *Journal of Environmental Management*, 46, 3, march, 281-308.
- Wilson P.W. (1995), Detecting influential observations in data envelopment analysis, *Journal of Productivity Analysis*, 6, 27-45.

