Affaiblissement de la libre disposition sur l'azote organique et inefficacités techniques : application aux exploitations porcines françaises

I. Piot-Lepetit, D. Vermersch

▶ **To cite this version:**

I. Piot-Lepetit, D. Vermersch. Affaiblissement de la libre disposition sur l'azote organique et inefficacités techniques : application aux exploitations porcines françaises. 8. Congress : Redefining the roles for European agriculture, Sep 1996, Edimbourg, Royaume-Uni. 11 p. hal-01072892

HAL Id: hal-01072892
https://hal.science/hal-01072892

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

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
Station d'Economie et Sociologie Rurales
DOCUMENTATION
65, Rue de St Brieuc
35042 RENNES CEDEX
Tél. : 99.28.54.08 et 09

Edinburg

AFFAIBLISSEMENT DE LA LIBRE DISPOSITION SUR L'AZOTE ORGANIQUE ET INEFFICACITES TECHNIQUES : APPLICATION AUX EXPLOITATIONS PORCINES FRANÇAISES
(WEAK DISPOSABILITY AND SHADOW PRICE OF ORGANIC NITROGEN : AN APPLICATION TO FRENCH PIG FARMS)

Piot-Lepetit Isabelle, Vermersch Dominique
Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.), Station d'Economie et Sociologie Rurales (E.S.R.) de Rennes, France

8EME CONGRES DES ECONOMISTES AGRICOLES EUROPEENS (EAAE)
3-5 SEPTEMBRE 1996
EDINBURGH, SCOTLAND.

ABSTRACT

The nonparametric approach is used in order to measure individual technical inefficiency. Different models are estimated using a 1991 FADN data set of French pig farms. Organic nitrogen is incorporated as a by-product ; strong and weak disposability assumptions are successively associated with this output. In the latter case, the potential reduction in technical inefficiencies would lead to a lower emission of organic nitrogen. This would result into a better environmental efficiency. The shadow price for organic nitrogen is also calculated. It would be compared to the unitary cost of manure treatment processing plant.

RESUME

L'approche non paramétrique de la théorie du producteur est utilisée dans cet article afin de mesurer l'efficacité technique individuelle d'un échantillon d'exploitations porcines françaises. L'azote organique est intégré comme un co-produit de l'activité d'élevage, auquel nous associons successivement les hypothèses de libre disposition forte et faible. Dans ce dernier cas, la résorption de l'inefficacité technique se conjugue avec une moindre production d'azote organique, participant ainsi à une meilleure efficience environnementale. En corollaire, le calcul du prix implicite de l'azote organique permet de mesurer le coût unitaire de libre disposition de ce netput et peut être comparé au coût unitaire des différents processus de traitement des déjections animales actuellement disponibles.

INRA- ESR.
REN - IP
n°14

1. Introduction

L'intensification des productions animales s'exprime actuellement par un déséquilibre manifeste entre le nombre total d'animaux et la surface agricole disponible pour l'épandage des déjections. Dans certaines régions agricoles européennes telles que la Bretagne en France ou le Limburg aux Pays-Bas, le pouvoir épurateur du sol devient saturé. En 1995, le seul département breton du Finistère évalue à 12.000 tonnes l'excédent annuel structurel d'azote organique. Les élevages intensifs participent également largement aux phénomènes d'eutrophisation des étendues d'eau douce, aux pollutions atmosphériques avec dégagements d'ammoniac et à des nuisances liées aux odeurs.

La présence de nitrates dans l'eau potable reste cependant la question la plus préoccupante au regard de l'opinion publique. Au niveau européen, outre l'imposition de la norme des 50 mg de nitrates par litre d'eau, le principal élément du dispositif d'intervention est la directive 91/676/CEE concernant la protection des eaux contre la pollution des nitrates d'origine agricole. Cette directive oblige les Etats membres à définir des "zones vulnérables"[i] à l'intérieur desquelles la quantité d'azote d'origine animale épandue annuellement, y compris par les animaux eux-mêmes, ne dépassera pas 170 kg.

Si les politiques d'internalisation mises en oeuvre revêtent encore la forme d'une aide publique pour la modernisation des bâtiments d'élevage, la recherche d'une efficience en matière environnementale peut s'obtenir également dans la résorption des inefficacités techniques propres à l'exploitation agricole. A ce propos, des travaux antérieurs (Vermersch et al., 1993) ont montré que l'effet premier d'une taxation d'intrants polluants tels que l'azote se traduit sous la forme d'un stimulus incitant l'agriculteur à résorber tout d'abord les inefficacités techniques. Celles-ci s'expriment souvent dans la réalité par des excès d'apport azotés dans les bilans de fertilisation.

D'un point de vue formel, nous nous intéressons ici à un netput agricole particulier, à savoir les déjections animales co-produites par les activités d'élevage. Par sa teneur en azote organique, ce netput peut constituer un intrant de la production végétale et contribuer ainsi à l'efficacité technique des technologies mises en oeuvre. Néanmoins et 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 ces outputs : l'hypothèse de libre disposition forte n'est plus vérifiée.

Face à ce constat, cette étude utilise l'approche non paramétrique en théorie de la production afin de mesurer l'efficacité technique individuelle d'un échantillon d'exploitations porcines françaises. La deuxième section précise les mesures d'efficacité usitées ainsi que l'approximation conjointe de la technologie suivant les hypothèses de libre disposition adoptées pour le netput azote organique. La troisième section rapporte une application portant sur un échantillon d'exploitations porcines françaises issu du RICA (Réseau d'Information Comptable Agricole) pour l'année 1991. Les scores d'efficacité technique obtenus sont interprétés en termes de réduction potentielle des niveaux co-produits d'azote organique. La résolution des programmes linéaires permet également de calculer un prix implicite de ce netput, qui est à comparer avec le coût unitaire des différents processus de traitement des déjections animales actuellement disponibles. La quatrième section conclut sur de nouvelles perspectives méthodologiques.

2. L'approche non paramétrique de la libre disposition

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 de d'élevage. La technologie représente l'ensemble des plans de production techniquement possibles, soit encore :

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

Nous disposons par ailleurs d'un échantillon contenant J exploitations agricoles indicées par $j = 1,...,J$, ce qui nous permet d'approcher la frontière de T à l'aide d'une enveloppe des observations, représentation linéaire par morceaux de la technologie ; soit encore[ii] :

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

où λ^j est un vecteur intensité servant à construire la technologie de production.

L'azote organique, issu de l'activité porcine, est considéré comme un produit au niveau des contraintes associées à la technologie de production définie par (2). Le niveau observé pour chaque élevage est comparé aux volumes produits par l'ensemble des observations de l'échantillon. De manière standard, si pour un élevage particulier, il existe une combinaison linéaire d'exploitations produisant plus d'azote organique, alors l'exploitation considérée peut en adoptant cette technique de production produire plus. D'autre part, ce produit peut être valorisé sur l'exploitation comme un facteur de production lorsqu'il est épandu dans le but de fertiliser la surface agricole : il s'agit alors d'une intraconsommation qui exprime notamment la libre disposition forte de ce facteur.

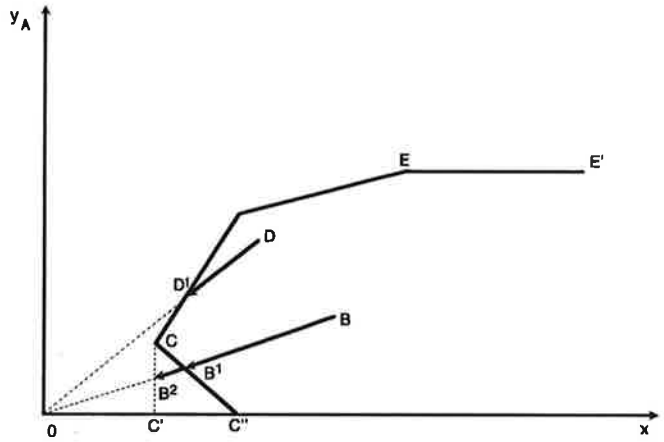
Opérée conjointement à l'approximation (2) de la technologie, la mesure de l'efficacité technique peut s'effectuer suivant plusieurs hyper-plans inclus dans T. Il est d'usage de raisonner classiquement soit à niveaux d'inputs constants, soit à niveaux d'outputs constants. Dans le contexte actuel, au-delà d'un certain niveau de production nette, le co-produit azote organique risque de se trouver faiblement éliminable. Le producteur sera dès lors incité à résorber l'inefficacité technique en cherchant à réduire parallèlement la quantité nette d'azote organique. Soit alors la mesure d'efficacité technique suivante :

$$ET(x_v, x_f, y, y_A) = \min_h \left\{h : (hx_v, x_f, y, hy_A) \in T\right\} \qquad (3)$$

Cette mesure s'effectue dans l'hyperplan défini par (x_v, y_A) ; x_v désigne le vecteur des facteurs variables et x_f celui des facteurs quasi-fixes. Nous distinguons, à court terme, ces deux types d'intrants car l'environnement des exploitations ne permet pas toujours d'opérer des ajustements équiproportionnels sur tous les facteurs de production, comme par exemple sur la terre, le travail familial ou les bâtiments (Piot et Vermersch, 1995).

Comme l'illustre la figure 1, présentant en abscisse un agrégat des facteurs de production variables et en ordonnée la quantité d'azote organique, la frontière de production est décrite par l'ensemble des points situés entre C' et E'. Il s'agit en fait d'une coupe de l'ensemble T, à y et x_f fixés. L'exploitation B présente une inefficacité technique car elle se situe à l'intérieur de l'ensemble des posssibilités de production. La résorption de cette dernière consiste en une projection, le long d'un rayon issu de l'origine, du point B sur la frontière. En B^2, l'exploitation produit le même niveau d'outputs y avec une moindre utilisation de facteurs variables et une co-production plus faible d'azote organique. De même, l'exploitation D présente une inefficacité technique alors que C, située sur la frontière, est considérée comme étant techniquement efficace par rapport à la technologie mise en oeuvre à la période de temps considérée.

Figure 1. Mesure de l'efficacité technique sous hypothèse de forte et faible disposition de l'azote organique



Par construction $ET(x_v, x_f, y, y_A) \leq 1$ si et seulement si $(x_v, x_f, y, y_A) \in T$. En d'autres termes, $1 - ET(x_v, x_f, y, y_A)$ représente la diminution équiproportionnelle potentielle de tous les facteurs variables et du niveau d'azote organique à volume produit y inchangé et pour un niveau donné de facteurs fixes. En reprenant la définition (2) de la technologie, la mesure de l'efficacité peut encore s'écrire :

$$ET(x_v, x_f, y, y_A) = \min_{h,\lambda} h$$

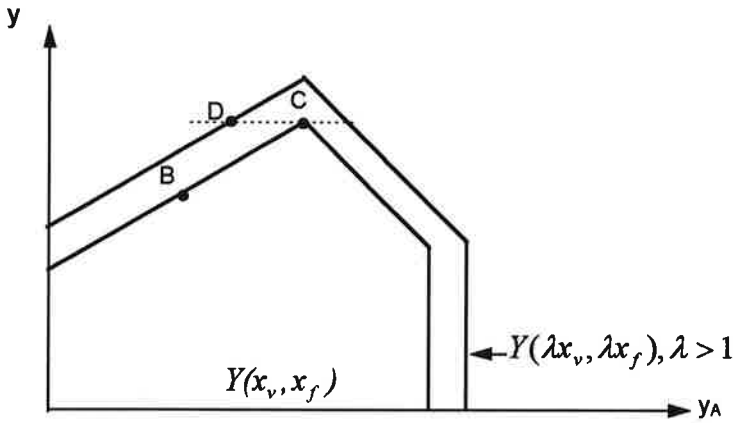
$$s/c \begin{cases} hx_v \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j x_v^j \\ x_f \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j x_f^j \\ y \leq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j y^j \\ hy_A \leq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j y_A^j \\ \sum_{j=1}^{J} \lambda^j = 1 \\ \lambda^j \geq 0 \qquad j = 1, \ldots, J \end{cases} \tag{4}$$

Cependant, les réglementations existantes imposent des durées de stockage des effluents et des normes d'épandage afin de limiter la pollution. La prise en compte de ce type de réglementation dans le modèle conduit à affaiblir l'hypothèse de libre disposition forte faite sur l'azote organique. L'élimination des déjections animales, ou le simple fait d'en disposer, entraîne un coût en intrants (travail, équipements spécifiques,.capacité de stockage,...) ou une diminution des autres productions à niveaux d'inputs fixés. Désormais, certaines régions initialement accessibles de l'ensemble des possibilités de production ne peuvent plus être atteintes lors de la résorption de l'inefficacité technique, n'étant plus techniquement possibles.

L'hypothèse de libre disposition faible d'un output est illustrée classiquement par la figure 2 (Färe et al., 1994). L'ensemble $Y(x_v, x_f)$ désigne les couples (y_A, y) techniquement réalisables moyennant la diposition de (x_v, x_f). Si l'on se situe au départ au point C, la

réduction du co-produit Y_A nécessite : soit une réduction de y à (x_v, x_f) fixés (de C à B) ; soit une augmentation des inputs (x_v, x_f) à y fixé (de C à D).

Figure 2 : Libre disposition faible et forte en outputs



La libre disposition faible est illustrée également sur la figure 1. Toute réduction du produit y_A à partir de C entraîne désormais une augmentation du niveau des intrants x : il s'agira par exemple de la mise en place d'un dispositif de traitement du lisier. Dans la réalité, l'absence de libre disposition forte s'observe pour des niveaux élevés d'azote organique co-produit.

Le modèle non paramétrique précédent se fonde sur l'hypothèse de libre disposition forte des produits et des facteurs, soit encore :

$\forall (x_v, x_f, y, y_A) \in T$ soit $y' \leq y$, $y'_A \leq y_A$ et $x'_v \geq x_v$, $x'_f \geq x_f$

alors $(x'_v, x'_f, y', y'_A) \in T$ (5)

En supposant que la disposition de y_A peut entraîner un coût pour son élimination, alors que tous les autres produits y et les facteurs x restent fortement disponibles, (5) se réécrit alors :

$\forall (x_v, x_f, y, y_A) \in T^W_{y_A}$ soit $0 \leq \theta \leq 1$ alors $(x_v, x_f, y, \theta y_A) \in T^W_{y_A}$ et

$\forall (x_v, x_f, y, y_A) \in T^W_{y_A}$ soit $y' \leq y$ et $x'_v \geq x_v$, $x'_f \geq x_f$ alors

$(x'_v, x'_f, y', y_A) \in T^W_{y_A}$ (6)

La représentation linéaire par morceaux de l'ensemble de production T défini par (2) devient :

$$T^W_{y_A} = \{(x_v, x_f, y, y_A) : x_v \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j x^j_v, x_f \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j x^j_f, y \leq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j y^j, y_A = \theta \sum_{j=1}^{J} \lambda^j y^j_A,$$

$$0 \leq \theta \leq 1, \lambda \geq 0, \sum_{j=1}^{J} \lambda^j = 1\} \quad (7)$$

avec l'égalité $y_A = \theta \sum_{j=1}^{J} \lambda^j y^j_A$ qui permet la contraction du polytôpe de C vers C'' sur la figure 1, ce qui traduit le coût d'élimination de l'output polluant. La mesure de l'efficacité technique est définie alors par :

$$ET^W(x_v, x_f, y, y_A) = \min_h \{h : (hx_v, x_f, y, hy_A) \in T^W_{y_A}\} \quad (8)$$

Ce qui revient à déterminer la solution du programme non linéaire suivant pour chacun des J individus de l'échantillon :

$$ET^W(x_v^j, x_f^j, y^j, y_A^j) = \min_{h,\theta,\lambda} h$$

$$s/c \begin{cases} hx_v^j \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j x^j \\ x_f^j \geq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j x_f^j \\ y^j \leq \sum_{j=1}^{J} \lambda^j y^j \\ hy_A^j = \theta \sum_{j=1}^{J} \lambda^j y_A^j, \quad 0 \leq \theta \leq 1 \\ \lambda \in R_+^J \\ \sum_{j=1}^{J} \lambda^j = 1 \end{cases} \qquad (9)$$

Posant $\theta = 1$, cette transformation laisse les valeurs maximales de h et de λ inchangées (Färe et al., 1985). De plus, comme $T_{y_A}^W \subseteq T$, on en déduit que :

$$0 \leq ET(x_v^j, x_f^j, y^j, y_A^j) \leq ET^W(x_v^j, x_f^j, y^j, y_A^j) \leq 1 \qquad j = 1, \ldots, J \qquad (10)$$

avec $ET(x_v^j, x_f^j, y^j, y_A^j)$ la mesure de l'efficacité technique obtenue lorsque tous les produits vérifient la libre disposition forte.

3. Application aux exploitations porcines françaises

L'approche non paramétrique que nous venons de présenter a été appliquée sur 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 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 et co-produit par l'activité d'élevage. Les deux premiers outputs sont exprimés en francs et correspondent, en moyenne respectivement, à 88 % et 5 % du produit brut. 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 [iii].

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 en UTA [iv] ainsi que le matériel et les bâtiments exprimés en francs. Le facteur travail est essentiellement familial (90 %). 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 trois derniers facteurs sont exprimés en francs. Les charges affectées à la production végétale correspondent, toujours en moyenne, 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, le reste correspondant aux frais de combustibles et de vétérinaire. Enfin, le volume d'azote minéral utilisé sur chaque exploitation est déterminé à partir des achats d'engrais. Le tableau 1 présente un résumé statistique des variables utilisées.

Tableau 1. Statistiques descriptives des variables du modèle

	Moyenne	Ecart-type
Produits		
Produit animal (F)	1 628 439	1 189 821
Produit végétal (F)	87 946	108 135
Azote organique (kg)	6 480	4 479
Facteurs fixes		
Terre (ha)	28,20	16,87
Travail (UTA)	1,83	0,60
Matériel (F)	93 407	77 730
Bâtiment (F)	98 264	80 125
Facteurs variables		
Azote minéral (kg)	3 744	3 062
Charges élevage (F)	923 653	673 254
Charges culture (F)	68 349	53 713
Autres charges (F)	198 484	268 384

Nous ne disposons pas d'information quant aux surfaces d'épandage utilisées en dehors de l'exploitation, de même que sur les quantités d'azote organique réellement épandues. Le modèle intègre donc les quantités brutes d'azote organique produites sur l'exploitation. Le processus d'intraconsommation de l'azote organique exprime la libre-disposition locale de ce netput en contribuant par ailleurs à l'efficacité de l'activité d'élevage. D'autre part, l'agrégation linéaire des produits et des facteurs en valeur peut introduire un biais dans la mesure de l'efficacité technique en caractérisant plus une efficacité économique que technique. Les scores d'efficacité calculés reflètent cependant pour une part une réelle inefficacité technique des exploitations porcines de l'échantillon (Tauer et Hanach, 1993 ; Piot-Lepetit, 1995).

Sous hypothèse de libre élimination de l'azote organique, l'efficacité technique de l'échantillon est, en moyenne, de 0,94. Une contraction de 6 % de tous les facteurs variables et de l'azote organique est possible pour que l'ensemble des exploitations techniquement inefficaces rejoignent la frontière de production, comprise entre E' et C' sur la figure 1. Sous hypothèse de faible élimination de l'azote organique, le score d'efficacité moyen est de 0,95. Une réduction équiproportionnelle de 5 % des facteurs variables et de l'azote organique peut permettre aux exploitations situées à l'intérieur de l'ensemble de production de rejoindre la frontière, comprise entre E' et C'' sur la figure 1. Autrement dit, la libre disposition faible de l'azote organique nécessite un coût en termes de facteurs variables qui vient en déduction du gain potentiel lié à la résorption de l'inefficacité technique. Le nombre d'exploitations techniquement efficaces augmente de 6 % lorsque l'on affaiblit l'hypothèse de libre disposition sur l'azote organique. Notons que dans ces deux cas de figure, les scores d'efficacité sont relativement élevés et traduisent le faible potentiel de réduction de la production d'azote organique à niveau d'output animal fixé.

La prise en compte des variables d'écart, permet un ajustement supplémentaire des facteurs et des produits afin de cheminer le long de la frontière de production vers la portion efficace de celle-ci. Ainsi, sur la figure 1, entre B^2 et C, il existe une variable d'écart associée au bien y_A car à partir d'un même niveau de facteurs variables : C', il est possible de produire plus d'azote organique en C qu'en B^2. Après résorption de l'inefficacité technique, les variables d'écart conduisent à une réallocation du panier des biens produits et consommés par l'exploitation. Sous hypothèse de libre disposition faible de l'azote organique, seules les observations projetées entre E et E' peuvent conduire à des variables d'écart positives. Le tableau 2 présente les variations potentielles en produits et en facteurs obtenues après résorption de l'inefficacité et réallocation de la combinaison productive .

Tableau 2. Variations potentielles en produits et facteurs après résorption de l'inefficacité sous hypothèses de forte et faible élimination de l'azote organique

%	(1)	(2)
Produits		
Produit animal	0,08	0
Produit végétal	11,51	8,50
Azote organique	2,08	-3,78
Facteurs fixes		
Terre	-16,68	-16,90
Travail	-19,35	-9,45
Matériel	-10,83	-8,54
Bâtiment	-7,27	-6,52
Facteurs variables		
Azote minéral	-9,61	-9,44
Charges élevage	-5,76	-4,09
Charges culture	-15,57	-12,85
Autres charges	-27,36	-22,49

(1) Forte disponibilité de l'azote organique

(2) Faible disponibilité de l'azote organique

Les variables d'écart S^- associées aux facteurs variables conduisent à une réallocation à la baisse des quantités obtenues après résorption de l'inefficacité technique : $x_v^* = hx_v - S^-$ et $x_f^* = x_f - S^-$. Ainsi, sous hypothèse de libre disposition, la diminution du volume d'azote minéral de 6 % peut être réduite, en moyenne sur l'échantillon de 156 kg. Ceci conduit à une réduction globale de 9,6 % des apports minéraux alors que sous hypothèse de faible élimination de l'azote organique, la réduction passe de 5 % à 9,4 % lorsque l'on tient compte des variables d'écart associées à l'azote minéral (204 kg, en moyenne).

A l'inverse, les variables d'écart S^+ associées aux produits permettent une modification de la combinaison productive à la hausse : $y_A^* = hy_A + S^+$ et $y^* = y + S^+$. Suite à la réduction de 6 % du volume d'azote organique, soit 389 kg en moyenne, sous hypothèse de libre disposition, le déplacement le long de la frontière conduit à une augmentation moyenne de 456 kg de celui-ci. D'où globalement, une hausse de 2 % du volume d'azote organique induite vraisemblablement par une variable d'écart positive liée à l'output animal. Sous hypothèse de libre disposition forte, la situation financière des agriculteurs peut être améliorée suite à la résorption de l'inefficacité technique conduisant à une réduction des charges variables et fixes. Ce gain d'efficacité privée n'est pas synonyme cependant d'une meilleure efficience environnementale, aucun changement du niveau de production d'azote n'étant obtenu.

Cette dernière conclusion est remise en cause par l'introduction de l'hypothèse de libre disposition faible de l'azote organique. En effet, la résorption de l'inefficacité et les variables d'écart conduisent à une baisse potentielle de l'ordre de 4 % de l'azote organique et de 9 % des engrais achetés pour un niveau constant de produit animal. En termes privés, la situation des éleveurs ne se dégrade pas. En effet, la réduction des charges compense la diminution du revenu sur les produits végétaux. Ainsi, dans ce contexte de contraintes réglementaires sur le stockage et l'épandage des effluents d'élevage, l'amélioration de l'efficacité privée des éleveurs devient compatible avec la réduction des effluents azotés recherchée par la collectivité.

Le tableau 3 présente les conséquences, sur le bilan azoté des exploitations, des hypothèses de libre disposition forte et faible relatives à l'azote organique, et ceci pour une

surface d'épandage constante. Globalement, le volume d'azote total diminue de 23 kg/ha lorsque l'azote organique est supposé faiblement éliminable, soit deux fois plus que dans le cas de forte disposition de ce produit.

Tableau 3. Bilan azoté sous hypothèses de faible et forte élimination de l'azote organique

kg/ha			Disponibilité de l'azote organique			
	Situation initiale		Forte		Faible	
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type
Azote organique	534,77	1771,58	539,26	1770,42	525,34	1773,14
Azote minéral	129,19	79,03	113,62	68,14	115,82	75,19
Azote total	663,96	1755,85	652,88	1756,89	641,17	1759,71

Alors que l'on observe une augmentation du volume des apports organiques et une réduction des apports minéraux dans le modèle vérifiant l'hypothèse de libre disposition forte de tous les produits, l'affaiblissement de cette hypothèse pour l'azote organique conduit à une diminution de 13,4 kg/ha de l'azote minéral soit 2 kg/ha de moins que précédemment et à une réduction de 9 kg/ha du volume des rejets azotés d'origine animale.

La résolution des programmes linéaires définis dans la deuxième section permet de calculer également le prix implicite de l'azote organique (Piot-Lepetit, 1995). Autrement dit, il s'agit du coût supplémentaire d'une unité d'azote organique co-produite. A cette fin, nous avons supposé un prix de marché de l'engrais azoté minéral de $4F^{v}$ et envisagé différentes hypothèses relatives à la libre disposition de l'azote organique et minéral.

Tableau 4. Prix implicite de l'azote organique

	moyenne des exploitations	exploitations épandant moins de 170 kg/ha	exploitations épandant plus de 170 kg/ha	exploita-tions efficaces	exploita-tions inefficaces
libre disposition de l'azote organique	- 0.84	- 0.57	- 1.01	- 0.44	- 1.26
faible disposition de l'azote organique	5.97	- 0.27	10	- 0.21	14.50
faible disposition de l'azote organique et minéral	8.46	10.09	7.41	1.99	18.10

Le premier cas de figure du tableau 4 suppose la libre disposition forte de l'azote organique. Dans toutes les modalités envisagées le prix implicite est négatif ; autrement dit, il apparaît un gain net à la disposition d'une unité supplémentaire d'azote organique. Ce gain peut exprimer par exemple l'intraconsommation de ce netput à des fins de fertilisation des cultures ; il est particulièrement net (-1.26) pour les exploitations déclarées inefficaces techniquement par le modèle. Le deuxième cas de figure inclut la libre disposition faible. Le prix implicite est positif en moyenne sur l'échantillon (5.97) et traduit le coût unitaire de disposition de l'azote organique, qui est à comparer avec le coût unitaire des différents processus de traitement des lisiers. Ce prix implicite est en moyenne négatif (-0.27) pour les exploitations situées au-dessous de la norme réglementaire : les exploitants peuvent alors "éliminer" librement l'azote organique par épandage ; il est également en moyenne négatif (-0.21) pour les exploitations déclarées efficaces par le modèle : celles-ci sont alors localisées pour la plupart sur des segments de la frontière de l'ensemble de production qui vérifient la

libre-disposition forte. Dans le troisième cas de figure où la libre disposition faible est supposée à la fois pour l'azote organique et minéral, quelle que soit la modalité envisagée, le prix implicite est positif.

4. Conclusion

Les nuisances environnementales occasionnées par les excédents d'effluents animaux constituent une externalité technologique de production qui affecte d'autres ensembles de production ou de consommation. Tout se passe comme si l'hypothèse de libre disposition faible adoptée à l'égard de ces intrants polluants exprime le coût d'internalisation de ces nuisances, coût associé à la technologie. Ce dernier s'exprime ici dans le calcul du prix implicite de l'azote organique ; celui-ci nécessite d'être précisé en introduisant notamment dans le modèle des possibilités de substitution entre azote minéral et azote organique, et de diversification des cultures végétales.

L'application du modèle aux exploitations porcines françaises a montré que la résorption de l'externalité conduit, certes partiellement, à un gain de profitabilité pour la firme et d'efficience environnementale et sociale. Autant, dès lors, utiliser une incitation moins pénalisante et administrativement moins coûteuse que la taxation. Cette incitation pourrait s'intégrer dans les actions existantes de vulgarisation des techniques agricoles ou dans le développement d'innovations technologiques facilitant l'usage d'azote organique co-produit sur l'exploitation ou dans le voisinage.

5. Bibliographie

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., Primont D., (1995), *Multi-output production and duality : Theory and applications*. Kluwer Academic Publishers.

Piot I., Vermersch D., (1995), Mesure de l'efficacité technique en présences de fixités factorielles : une application à l'économie céréalière. *Revue d'Economie Politique*, 105, 3, 457-479.

Piot-Lepetit I., (1995), *Les exédents d'intrants polluants dus à des inefficacités des producteurs agricoles*. Thèse de doctorat en Sciences Economiques de l'Université de Bordeaux I, 297 p.

Shephard R.W., (1953), *Cost and Production Functions*. Princeton University Press, Princeton N.J.

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. : Cornwell University, Department of Agricultural Economics, 17 p.

Vermersch D., Bonnieux F., Rainelli P., (1993), Abatement of agricultural pollution and economic incentives : the case of intensive livestock farming in France. *Environmental and Resource Economics* 3, 285-296.

---

[i] Zones où la teneur des eaux souterraines et de surface dépasse déjà le seuil limite de 50 mg/l ou zones dont les teneurs mesurées depuis plusieurs années ne cessent d'augmenter pour se rapprocher de ce seuil.

[ii] Par une telle approximation de T est un ensemble régulier, vérifiant la libre disposition en inputs et en outputs et convexe.

[iii] CORPEN : Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates, les phosphates et les produits phytosanitaires provenant des activités agricoles.
[iv] Une UTA (Unité de Travailleur Annuelle) est équivalente à 2200 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 2200 heures.
[v] Prix d'un kilogramme d'azote provenant d'un engrais azoté dit amonitrate 33,5 %. (Teyssier D., Index des prix et normes agricoles 1991-1992. Editions Synthèse Agricole).