

Diagnostic de l'efficacité productive par la méthode DEA

Application à des élevages porcins

Jean-Philippe BOUSSEMARY
Benoît DERVAUX

**Evaluation of
productive efficiency
through DEA.**

**Application to pig
farms**

Summary – *The measure of productive efficiency of firms interests not only economists but also management specialists who want to make a pertinent diagnosis of the decision making units they manage or advice.*

The general idea of estimation of efficiency is the following: the efficiency of a production unit is characterized by the distance between the observed production level and the maximal attainable level of outputs that could be reached by the same unit in case of optimal use of its inputs. This optimal use is defined relatively to the analyzed sample of productive units.

In the literature, many parametric and non parametric methods have been developed. In this article, we adopt a specific non parametric method for measuring the productive efficiency (data envelopment analysis method proposed by Charnes, Cooper and Rhodes, 1978) and we show its capacity of establishing an operational diagnosis of firms performance. In such an approach, no functional form is assumed concerning the relationship between the inputs and the outputs and all the distance between the observed data and the production frontier measures the inefficiency.

Based on linear programming giving easier interpretation than the econometric methods, DEA establishes a technical and scale efficiencies diagnosis for each decision making unit. The factors savings can be quantified and the origin of the inefficiency can be classified between bad scale of the production and/or bad use of the inputs. Then the long-run optimal level of activities (most productive scale size) can be calculated.

From an application on 62 pig breedings, using data from ITP's survey (Institut technique du porc) the coherence of the DEA evaluation with the analysis of the usual technical and financial ratios is demonstrated.

Key-words:

*productive efficiency,
data envelopment
analysis, ratios analysis,
pig breedings*

Our study shows that a simple specification of the production function (one output and six inputs) is able to carry the same information than usual technical and financial ratios but that final diagnosis is built on the best and not on the average practices of the sample. Furthermore, the diagnosis made by DEA tends to respect the production process of the evaluated units.

**Diagnostic de
l'efficacité productive
par la méthode DEA.
Application à des
élevages porcins**

Mots-clés:

*efficacité productive,
méthode DEA,
analyse de ratios,
élevages porcins*

Résumé – *La mesure de la performance productive des firmes intéresse non seulement les économistes mais aussi les praticiens de la gestion qui souhaitent dresser un diagnostic pertinent des entreprises qu'ils conseillent ou dirigent. Dans cette perspective, cet article présente une méthode de mesure de l'efficacité productive (méthode DEA) et démontre sa capacité à établir un diagnostic opérationnel de performance des entreprises. A partir d'une application sur 62 élevages porcins, il révèle la cohérence du diagnostic DEA avec les démarches usuelles d'analyse de ratios techniques et financiers et la pertinence des informations nouvelles générées.*

* *Université de Lille 3, CREA-LABORES (URA CNRS 362), 1 rue Norbert Segard, 59046 Lille.*

** *CRESGE-LABORES (URA CNRS 362) IESEG, 1, rue Norbert Segard, 59046 Lille.*

DANS une vision proprement économique, l'appréciation de l'efficacité productive dépasse la simple analyse des ratios de productivité partielle ou globale des facteurs et se réfère explicitement au concept de fonction de production. A dotation factorielle donnée, l'efficacité productive d'une entreprise se mesure comme l'écart existant entre le niveau de production observé et le niveau d'output maximal déterminé par la frontière de production⁽¹⁾.

L'estimation de cette frontière constitue donc une étape centrale dans toute analyse de l'efficacité productive et différentes méthodologies ont été développées (Thiry et Tulkens, 1988). Si en ce domaine, les travaux académiques sont nombreux, ils résultent, pour la plupart, de recherches qui demeurent encore au stade expérimental. A terme, leur crédibilité ne pourra résulter que d'un emploi à plus grande échelle par les praticiens de la gestion, en complément des autres méthodes quantitatives plus fréquemment utilisées (calcul des indices de productivité, *scoring*, analyse des ratios financiers ...).

Dans cette perspective, cet article se donne un double objectif. Il s'agit d'une part de présenter la méthode DEA (*data envelopment analysis*: Charnes, Cooper et Rhodes, 1978) et de démontrer sa capacité à établir un diagnostic opérationnel de la performance productive des entreprises. Basée sur la programmation linéaire, d'interprétation plus aisée pour les professionnels que l'économétrie, cette méthode dresse un diagnostic d'efficacité technique et de rendements à l'échelle pour chacune des firmes expertisées sans qu'il soit nécessaire de spécifier au préalable une forme fonctionnelle pour la frontière de production⁽²⁾. Elle permet ainsi de chiffrer des économies réalisables sur chacune des ressources, de hiérarchiser le problème de l'inefficacité entre une taille inadéquate et une mauvaise gestion technique et, enfin, de calculer le niveau optimal d'activité. A partir d'une application, il s'agit aussi de révéler la cohérence de ce diagnostic avec les démarches usuelles d'analyse de ratios techniques et financiers et la pertinence des informations nouvelles obtenues par cette méthode.

Dans une première partie, après avoir brièvement redéfini les concepts d'efficacité globale, technique et d'échelle, nous présentons la méthode DEA. Ayant ainsi introduit les notions essentielles de l'analyse de l'efficacité productive, nous procédons à une application sur un échantillon de 62 ateliers porcins du Poitou-Charentes. Nous utilisons les données technico-économiques (GTE 90) élaborées par l'Institut

⁽¹⁾ Nous parlons indistinctement de fonction ou de frontière de production.

⁽²⁾ La frontière de production estimée est dite déterministe et non paramétrique.

technique du porc (ITP)⁽³⁾ et nous confrontons les diagnostics établis par la méthode DEA aux critères de gestion usuellement retenus par les conseillers de gestion et les techniciens pour juger la performance d'un élevage.

L'EFFICACITÉ PRODUCTIVE ET SA MESURE

Efficacité et productivité

Il existe une différence importante entre le concept d'efficacité productive et le concept de productivité partielle ou globale des facteurs. L'efficacité correspond à l'écart entre la production maximale autorisée, compte tenu des inputs consommés et la production réalisée⁽⁴⁾, alors que la productivité partielle (globale) se définit comme le rapport de l'output réalisé à un input particulier (à l'ensemble des inputs)⁽⁵⁾.

Toutefois ces deux concepts sont complémentaires. Leur association permet d'établir, à processus technologique inchangé, un diagnostic d'efficacité technique (compte tenu de l'output réalisé, le niveau des inputs dépensés par l'entreprise est-il minimal?) et un diagnostic d'efficacité d'échelle ou de taille (l'entreprise techniquement efficace peut-elle, en modifiant sa taille, accroître la productivité des inputs qu'elle utilise?). Avec le seul indicateur de productivité globale, on compare l'entreprise à la firme la plus productive, même si cette dernière utilise une technologie différente.

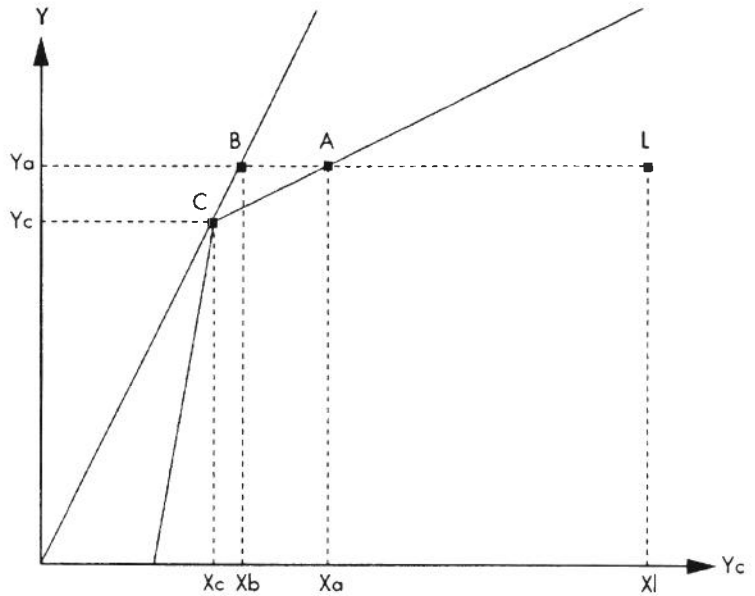
Dans le cas d'un output et d'un input, la figure 1 nous permet de visualiser ces différents concepts. L'entreprise *L* doit diminuer sa quantité d'input pour venir sur la frontière de production en *A*. Son niveau d'efficacité technique se mesure par le rapport X_a / X_L . Cependant, au point *A*, le ratio Y_a / X_a est plus faible que la productivité maximale Y_c / X_c observée pour l'entreprise *C*. Par rapport à cette dernière qui se situe à la taille optimale, *L* souffre d'une inefficacité d'échelle mesurée par le rapport X_b / X_a . Son inefficacité totale combine les deux formes d'inefficacité et se mesure par le rapport X_b / X_L .

⁽³⁾ Ces données nous ont été aimablement communiquées par la Chambre régionale d'agriculture du Poitou-Charentes.

⁽⁴⁾ Les économistes privilégient la notion d'efficacité relative (référence aux meilleures pratiques observées et non à un idéal technique déterminé par des lois physiques).

⁽⁵⁾ La productivité peut aussi se mesurer par différence entre les outputs et les inputs via l'utilisation d'un système de pondération (indice Tornquist ou compte de surplus).

Figure 1.



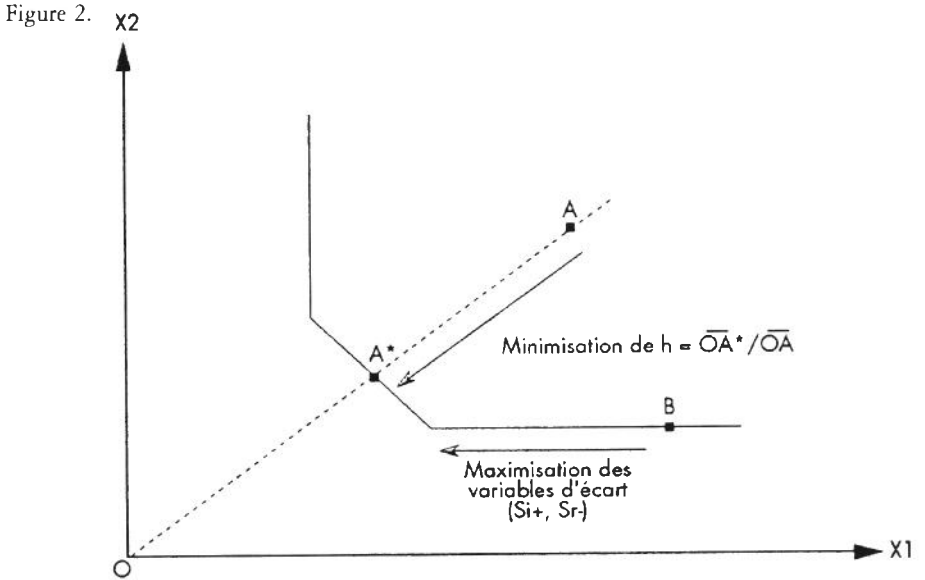
La mesure de l'efficacité productive par la méthode DEA

Pour faciliter l'exposé de la méthode DEA et permettre une représentation graphique de la procédure suivie et des résultats obtenus, nous privilégions, dans la suite du texte, des exemples d'entreprises soit « monoproduit » utilisant deux facteurs de production, soit « monoproduit-monofacteur ». Cependant nous écrivons les programmes linéaires correspondant au cas général (m produits et p facteurs).

Les entreprises sont projetées dans le plan $[X_1, X_2]$. A chacune d'entre elles correspond un processus « X_2 / X_1 » et un niveau de production Y . La méthode DEA cherche à estimer la fonction de production $Y = f(X_1, X_2)$ par une courbe enveloppe formée des segments de droite joignant les entités efficaces (d'où sa dénomination: *data envelopment analysis*).

L'entreprise sera jugée inefficace en inputs si d'autres firmes ou combinaisons de firmes peuvent produire le même niveau d'outputs en utilisant moins de quantités d'un ou de plusieurs facteurs. De manière équivalente, cette même entreprise ne sera pas efficace en outputs s'il existe d'autres firmes ou des combinaisons de firmes qui, à dotation factorielle égale, produisent plus. En se reportant à la figure 2, le degré d'efficacité se mesure par le rapport des distances $OA^*/OA = b^*$ (dotations optimales/dotations initiales) s'assimilant à un coefficient d'utilisation des ressources (Debreu, 1951).

Toutefois, cette première mesure de l'efficacité respectant le processus de production de l'entité évaluée présente un inconvénient majeur. Les entreprises inefficaces, opérant sur les branches verticales ou horizontales des isoquants, bien que consommant trop de ressources, peuvent apparaître efficaces au seul regard du coefficient b^* qui prend la valeur 1. Dès lors, dans l'évaluation de l'efficacité productive de ces firmes, il faut tenir compte des économies potentielles sur chacun des facteurs (cf. le point B, figure 2).



Dans le cas général de m produits et p facteurs, on établira le diagnostic d'efficacité d'une firme grâce au programme linéaire suivant ⁽⁶⁾ :

$$\text{Min } b - \varepsilon \sum_{r=1}^m S_r^- + \sum_{i=1}^p S_i^+ \quad [1]$$

sous les contraintes :

- 1) $\sum_{j=1}^n \mu_j Y_{rj} - S_r^- = Y_{r0} \quad \forall r = 1, \dots, m$
- 2) $bX_{i0} - \sum_{j=1}^n \mu_j X_{ij} - S_i^+ = 0 \quad \forall i = 1, \dots, p$
- 3) $\mu_j \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n$

⁽⁶⁾ Il faut donc résoudre autant de programmes linéaires de ce type qu'il y a d'entreprises à évaluer.

avec j = indice des firmes, i = indice des facteurs, r = indice des produits et 0 = indice de la firme évaluée.

ε représente un scalaire suffisamment petit (par exemple 0,00001) pour que la maximisation des variables d'écart (S_r^-, S_r^+) demeure un objectif secondaire par rapport à la minimisation du coefficient d'utilisation des ressources b .

L'interprétation économique de ce programme linéaire s'avère relativement aisée. Pour une entreprise efficace, le coefficient b^* vaut 1 et toutes les variables d'écart s'annulent. Il est alors impossible de trouver, dans l'ensemble de référence, une autre firme ou combinaison de firmes produisant autant (ou plus) de chacun des biens (respect des contraintes 1) et utilisant une quantité moins importante d'un facteur (respect des contraintes 2).

Une entreprise inefficace peut réduire de $(1 - b^*) X_j + S_j^{+*}$ la quantité de facteur i (cette expression mesure l'économie réalisable sur ce facteur) et/ou augmenter de S_r^{+*} la production de l'output r . Le coefficient b^* s'applique à l'ensemble du vecteur des inputs, il s'agit donc d'une mesure radiale de l'efficacité (cf. figure 2).

Il convient de remarquer que la méthode DEA n'exige aucune forme fonctionnelle pour la fonction de production mais impose l'hypothèse de convexité de l'ensemble de production.

Le programme linéaire [1] suppose des rendements d'échelle constants (Banker, Charnes, Cooper, 1984). Dans ces conditions, le coefficient b^* mesure l'inefficacité totale prenant en compte à la fois l'inefficacité technique et l'inefficacité d'échelle telles que nous les avons définies précédemment. De plus, $\sum \mu_j^*$ mesure les caractéristiques d'échelle de la firme évaluée. Prenons l'exemple d'une entreprise A (figure 3) techniquement efficace présentant des rendements d'échelle décroissants. D'après le programme linéaire [1], elle sera projetée en A' sur la frontière d'efficacité totale (I) au-dessus de sa taille optimale (point C). Le vecteur \vec{OA} se définit bien comme une combinaison linéaire des vecteurs \vec{OC} et \vec{OA} de pondération respective $\mu_C^* > 1$ et $\mu_A^* = 0$ ($\sum \mu_j^* > 1$). A l'inverse, une combinaison linéaire de \vec{OC} et \vec{OB} avec $\mu_C^* < 1$ et $\mu_B^* = 0$ ($\sum \mu_j^* < 1$) détermine la projection B' d'une entreprise B techniquement efficace mais opérant en dessous de sa taille optimale.

Pour estimer l'inefficacité technique seule, il faut donc affaiblir l'hypothèse des rendements d'échelle constants et adjoindre au programme linéaire [1] la contrainte supplémentaire $\sum \mu_j = 1$.

On obtient ainsi le programme linéaire [4]:

$$\text{Min } g - \varepsilon \sum_{r=1}^m S_r^- + \sum_{i=1}^p S_i^+ \quad [2]$$

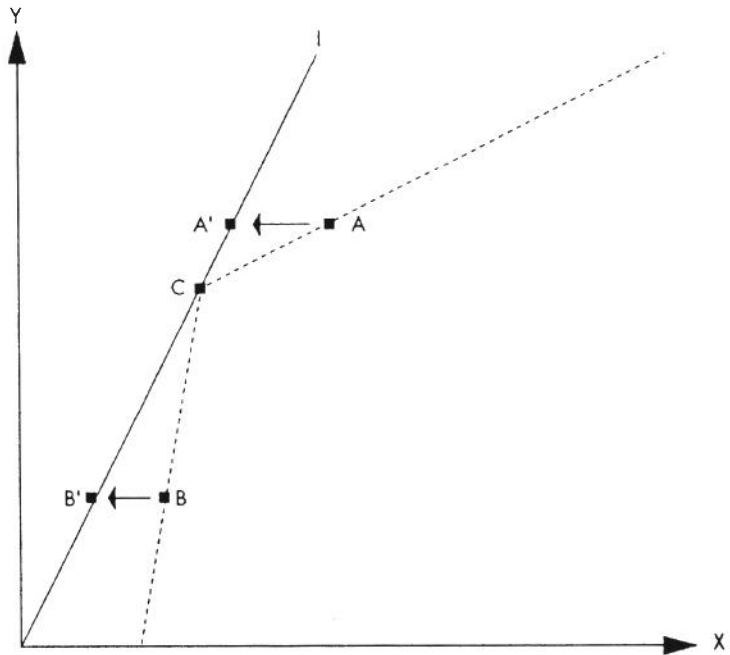
sous les contraintes :

- 1) $\sum_{j=1}^n \mu_j Y_{rj} - S_r^- = Y_{r0} \quad \forall r = 1, \dots, m$
- 2) $gX_{i0} - \sum_{j=1}^n \mu_j X_{ij} - S_i^+ = 0 \quad \forall i = 1, \dots, p$
- 3) $\sum_{j=1}^n \mu_j = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n$
- 4) $\mu_j \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n$

En résolvant successivement les programmes linéaires [1] et [2], on obtient trois scores d'efficacité :

- le score d'efficacité totale égal à b^* du programme [1],
- le score d'efficacité technique égal à g^* du programme [2],
- le score d'efficacité d'échelle égal au rapport b^*/g^* .

Figure 3.



Pour déterminer la taille optimale de production, les dotations factorielles et les productions optimales avec l'hypothèse des rendements d'échelle constants sont divisées par $\sum \mu_j^*$ du programme linéaire [1].

En conclusion, il convient de mentionner que la méthode DEA, comme toute méthode d'estimation de frontière de production détermi-

niste, présente certains inconvénients liés à la sensibilité des scores d'efficacité à la présence de données aberrantes dans l'échantillon (Vermeresch *et al.*, 1992), au choix des arguments de la fonction de production (inputs et outputs) et au niveau d'agrégation de ces derniers. Pour les méthodes non paramétriques de ce type se pose aussi le problème de la qualité de l'enveloppement des données (niveaux des variables d'écart).

APPLICATION À L'ÉVALUATION DES EFFICACITÉS PRODUCTIVES ET DES TAILLES OPTIMALES

Cette partie expose les résultats d'une recherche menée en collaboration avec l'ADEME⁽⁷⁾ et la Chambre d'agriculture régionale du Poitou-Charentes. A partir de données comptables et technico-économiques (fichier GTE 90) de 62 ateliers porcins du type « naisseurs-engraisseurs », nous avons mesuré par la méthode DEA pour chaque exploitation : l'efficacité technique, l'efficacité totale, l'efficacité d'échelle et la taille optimale.

Dans un premier point, nous décrivons rapidement l'échantillon et nous spécifions la fonction de production estimée. Dans le second point, nous rapprochons les résultats DEA des indicateurs habituellement utilisés par les gestionnaires pour juger la performance d'un élevage (marge brute, productivité des truies, coût de production, indice de consommation ...) de manière à tester la cohérence entre ces deux approches et, ainsi, mettre en évidence le caractère opérationnel de la méthode DEA.

Fonction de production et choix des critères d'évaluation

Pour décrire l'activité des ateliers d'élevage de porcs, nous avons retenu, en prenant conseil auprès d'éleveurs et de conseillers de gestion, la fonction de production suivante :

$$PA = f(TP, AMT, CA, CV, FE, TRAV)$$

PA, produit de la vente des animaux (unité = 10 000 F). Nous pouvions naturellement choisir comme indicateur d'activité le tonnage produit en distinguant plusieurs catégories de viande. Le faible nombre d'observations, $n = 62$, nous a contraints à retenir le chiffre d'affaires comme seul output. La pondération des quantités par les prix de vente unitaires permet de prendre en compte les différences de qualité de viandes⁽⁸⁾.

⁽⁷⁾ Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, auparavant Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME).

⁽⁸⁾ Ce choix conduit néanmoins à mélanger efficacité technique et efficacité allocative. Mais ce biais demeure limité puisque les éleveurs d'une même région sont confrontés à des structures de prix relatifs voisines.

TP, nombre de truies présentes dans l'atelier (unité = une truie) mesurant l'importance du capital constitué par le cheptel reproducteur. Cet indicateur tient compte du temps de présence effectif des truies dans l'élevage.

AMT, dotation aux amortissements pour la part de chaque investissement affectée à l'atelier porc de l'exploitation (unité = 10 000 F). A défaut de pouvoir mesurer les services effectivement rendus par le capital physique d'un élevage (bâtiments, matériels), nous nous contentons de cet indicateur comptable. Au regard de l'augmentation rapide du coût du bâtiment, il paraît important de veiller au bon emploi de ces immobilisations.

CA, valeur totale des aliments consommés, y compris la production à façon sur l'exploitation valorisée au coût de fabrication (unité = 10 000 F). Ce poste constitue la principale charge des ateliers. En moyenne, les dépenses en aliments représentent 60 % à 70 % du coût de production des élevages naisseurs-engraisseurs.

CV, autres charges variables (unité = 10 000 F), tels les produits et honoraires vétérinaires, petits matériels, eau ...

FE, consommation d'énergie se rapportant à l'atelier (unité = 10 000 F). Nous isolons ce poste dans la mesure où 24 élevages ont bénéficié récemment de diagnostics et de travaux de maîtrise de l'énergie (l'ADEME souhaitait évaluer l'impact sur l'efficacité globale des ateliers de ses actions spécifiques à l'énergie).

TRAV, temps de travail familial et salarié affecté à l'atelier (unité = 100 heures). Dans la base de données GTE, la rémunération horaire du travail est fixée de manière forfaitaire à deux fois le SMIC, la valorisation n'apporte aucune information supplémentaire sur la qualification des emplois par rapport à l'indicateur retenu. Ce poste représente environ 11 % à 12 % du coût de production pour les naisseurs-engraisseurs.

Parmi les ratios techniques et économiques permettant de juger la performance d'un élevage, les professionnels retiennent :

PTA, nombre de porcelets par truie par an. La productivité du capital reproducteur joue un rôle primordial sur les résultats économiques de l'élevage.

ICG, indice de consommation globale. Cet indicateur technique mesure la quantité d'aliments consommés nécessaire à la production d'un kilo de viande.

CKC, coût de kilo de croît. Il se calcule en multipliant l'indice de consommation globale par le prix moyen des aliments consommés.

MCA, marge sur coût alimentaire par truie. Il s'agit de l'indicateur économique de base compte tenu de l'importance des achats d'aliments dans le compte d'exploitation des ateliers. Il tient compte à la fois du

prix de vente de la viande, du coût du principal facteur de production et de la performance technique.

MB, marge brute par truie. Elle se calcule en retirant de la *MCA* les dépenses diverses (petit matériel, énergie, entretien, etc.) généralement mal évaluées. Elle ne représente pas une marge brute au sens strict, dans le mesure où son calcul intègre des charges non opérationnelles. Par construction, ce ratio est très corrélé avec la marge sur coût alimentaire.

MBA, marge brute d'autofinancement par truie. Elle mesure les rémunérations du capital propre investi et de la main-d'œuvre familiale. Elle s'obtient en soustrayant de la marge brute les frais financiers et le coût du travail salarié.

RTT, revenu du travail par truie. Solde entre la marge brute et les amortissements, les frais financiers et la rémunération des capitaux propres, il concerne toute la main-d'œuvre, qu'elle soit salariée ou familiale.

En comparant notre échantillon à la population nationale des élevages « naisseurs-engraisseurs », nous n'observons pas de différence significative tant au niveau de la taille des ateliers (mesurée par le nombre de truies présentes) que des principaux indicateurs techniques ou économiques mentionnées ci-dessus (cf. tableau 1).

Tableau 1.
Comparaison de
l'échantillon Poitou-
Charentes avec la base
de données GTE
(1990 France entière)

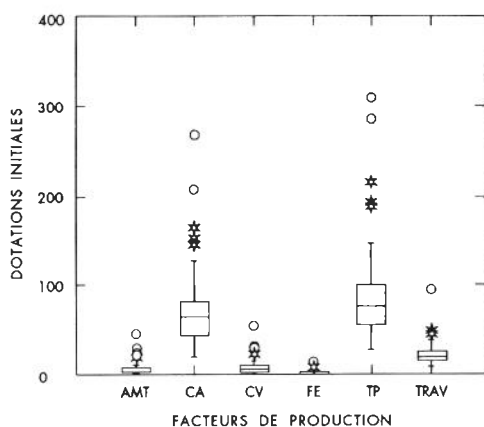
	ECHANTILLON (n = 62)		GTE 90 (n = 1437)	
	m	std	m	std
<i>TP</i>	91,6	56,2	90,9	50,4
Résultats techniques et économiques (par truie présente)				
<i>PTA</i>	17,6	2,3	17,7	2,2
<i>ICG</i>	3,3	0,3	3,2	0,2
<i>CKC</i>	4,7	0,5	4,8	0,5
<i>MCA</i>	6223	1560	6133	1529

m = moyenne, std = écart-type

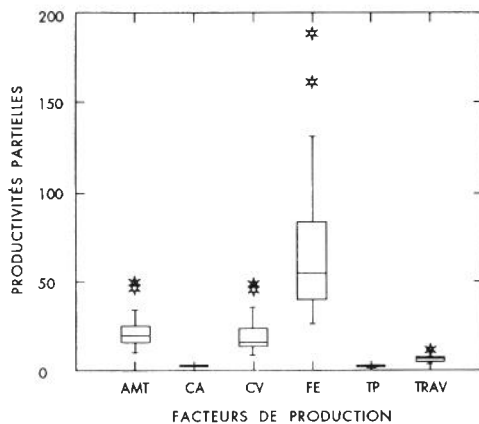
Par ailleurs, les coefficients de variation calculés pour les arguments de la fonction de production et pour les productivités partielles des facteurs montrent une assez bonne homogénéité des caractéristiques techniques des élevages. Seule la productivité partielle de l'énergie se distingue par une plus forte dispersion, ce qui nous amènera à analyser la stabilité des scores d'efficacité entre deux spécifications, la première retenant explicitement les dépenses d'énergie dans la fonction de production (spécification 1), la seconde les cumulant aux autres charges variables (spécification 2).

Description de l'échantillon

Graphique 1. Dotations initiales



Graphique 2. Productivités partielles



Confrontation des résultats avec les indicateurs au niveau de l'échantillon

Avec la première spécification, l'échantillon se caractérise par une inefficacité totale moyenne de 13,1% (cf. graphique 3), les inefficacités technique et d'échelle valant respectivement 6,3% et 6,8%. 45 ateliers (soit 72,6%) affichent des rendements d'échelle croissants, 11 d'entre eux (17,7%), des rendements d'échelle décroissants; la taille optimale moyenne s'établit à 100,7 truies soit environ 10 truies de plus que la moyenne observée (91,6 truies).

Tableau 2. Economies réalisables sur les facteurs de production (en pourcentage de la dotation initiale, valeur médiane)

	Efficacité technique (en %)	Efficacité totale (en %)
TP	9,7	14,3
AMT	10,5	16,5
CA	10,0	13,2
CV	18,5	22,7
FE	35,3	47,1
TRAV	13,9	29,4

Dans notre échantillon, il n'y a pas d'élevage inefficace naturellement enveloppé au sens de Bessent *et al.* (1988); seuls 32% des élevages se trouvent projetés sur une facette définie par au moins quatre entités efficaces. Par conséquent, nous devons tenir compte simultanément de la