

Conservation des eaux et du sol et efficacité technique de l'agriculture pluviale en zone aride. Cas du bassin versant de l'Oued Oum Zessar

NACEUR MAHDHI*, MOHAMED SALAH BACHTA**, MONGI SGHAIER*

Jel classification: Q250, Q240

1. Introduction

En raison de sa position géographique entre la Méditerranée et le Sahara, la Tunisie est un pays aride sur une grande partie de son territoire. Cette aridité, conjuguée à la variabilité du climat méditerranéen, fait de l'eau une ressource à la fois rare et inégalement répartie dans l'espace et dans le temps. Les ressources en eau conventionnelles de la Tunisie sont estimées égales, en moyenne interannuelle, à 4600 millions de m³/an (Mabrouk, 2003). Les eaux de surface contribuent pour environ 57% aux ressources globales dont 600 millions, soit 22%, potentiellement mobilisables par les ouvrages de conservation des eaux et des sols (Louati et al., 1998).

En zone aride, et plus précisément, dans le sud-est tunisien, la récolte des eaux de ruissellement constitue une ressource alternative devant la rareté et la faiblesse des ressources en eaux souterraines. Ces eaux, récoltées par une multitude d'ouvrages de petite hydraulique, jouent un rôle important dans le fonctionnement des systèmes de production agricoles non irrigués, majoritaires dans la région (Sghaier et al., 2002). Toutefois, si dans un passé non lointain, ces eaux de surface semblaient suffisantes, voire même abondantes pour le développement agricole de cette zone, la situation actuelle n'est plus tellement rassurante. La poussée démo-

Résumé

Devant la rareté et la faiblesse des ressources en eau, l'Etat tunisien s'est engagé, depuis les années soixante, dans une politique volontariste de mobilisation et de maîtrise des eaux de surface et de sauvegarde des terres en pente, à travers une panoplie de stratégies successives et complémentaires de Conservation des Eaux et du Sol (CES). Ces stratégies ont contribué à des changements perceptibles au niveau de l'affectation et de la répartition spatiale des eaux de ruissellement à l'échelle des bassins versants.

Cet article vise à étudier l'impact de ces stratégies (nouvelle redistribution spatiale des eaux de ruissellement) sur l'efficacité technique de l'agriculture pluviale. Le bassin versant d'Oued Oum Zessar (sud-est tunisien) est pris comme cas d'étude. En premier lieu, une fonction de production de type Cobb-Douglas a été estimée. Ensuite, une fonction de production frontière a été ajustée moyennant la méthode des Moindres Carrés Ordinaires Corrigés (MCOC). Enfin, l'efficacité technique par compartiment a été calculée en utilisant la méthode de mesure adoptée par Timmer (1971). Les résultats montrent une tendance générale vers la baisse avec une variabilité interannuelle de l'efficacité technique par compartiment et à l'échelle du bassin versant entre 1986 et 2000.

Abstract

To face the scarcity of water resources, in the sixties, the Tunisian government launched a policy for the mobilisation and control of surface water and land protection through a set of successive and complementary strategies on soil and water conservation. These strategies contributed to perceivable changes in the allocation and distribution of runoff water on the watershed scale.

This paper aims at studying the impact of these strategies (new spatial redistribution of surface waters) on the technical efficiency of rainfed farming. The Oued Oum Zessar watershed (south-eastern Tunisia) is the case-study area. First, a Cobb-Douglas production function has been estimated, followed by a deterministic frontier production function using the corrected ordinary least square (C.O.L.S) technique; last, the technical efficiency of rainfed agriculture using the Timmer method. The results show a general tendency towards the decrease with an interannual variability of the technical efficiency per zone and on the watershed scale between 1986 and 2000.

graphique, les développements agricoles et industriels ont entraîné une pression croissante sur ces ressources en eau et ont accentué l'écart entre ressources et besoins en eau.

Face à l'ampleur de ces phénomènes et à la priorité accordée au secteur agricole dans la politique de développement économique et social, l'Etat tunisien a pris la relève de la population concernant l'aménagement du territoire (étatatisation des travaux de CES). Il s'est engagé, depuis les années soixante, dans une politique de maîtrise des eaux de surface et de sauvegarde des terres en pente. Des stratégies successives et complémentaires de conservation des eaux et du sol ont été entreprises. Les objectifs prioritaires de ces stratégies étaient le renforcement de la complémentarité entre les dif-

férents types de ressources en eau en zone aride (entre des eaux de surface variables et incertaines et des eaux souterraines plus au moins renouvelables), l'amélioration de la productivité des terres agricoles, la maîtrise et la valorisation optimale des eaux de ruissellement et l'amélioration des revenus des agriculteurs.

En revanche, malgré l'importance des réalisations enregistrées jusqu'à nos jours et les efforts déployés par l'administration à travers les différents programmes de conservation des eaux et du sol, le développement rapide des travaux de CES dans les versants et dans les cours d'eau a contribué à une modification perceptible dans l'affectation et dans la distribution spatiale des eaux de ruissellement à

* Institut des Régions Arides de Médenine (IRA)

** Institut National Agronomique de Tunisie (INAT)

l'échelle des bassins versants. Ainsi, en zone aride, si une telle redistribution peut priver les zones aval, plus productives, que les zones amont, plus marginales, à l'échelle des bassins versants, il est probable que l'amélioration de l'efficacité technique de l'agriculture pluviale ne soit pas évidente.

Le présent travail cherche à vérifier cette hypothèse dans l'un des plus importants bassins versants du sud-est tunisien, le bassin versant de l'Oued Oum Zessar, retenu comme cas d'étude.

Pour évaluer l'impact des travaux de CES entrepris dans la zone d'étude entre 1986 et 2000 (période de démarrage des travaux importants de CES) sur l'efficacité technique, l'article a été structuré autour de deux axes : le premier à caractère plutôt méthodologique, le second étant basé sur l'analyse concrète des résultats. La première partie est consacrée à la présentation et à la justification de la zone, à l'introduction de la notion de l'efficacité et à la présentation de la méthode de calcul. La deuxième partie met en œuvre la méthode évoquée en proposant l'évolution de l'efficacité technique globale de l'agriculture pluviale par compartiment et à l'échelle du bassin versant durant la période 1986-2000. Ces résultats permettent d'illustrer l'intérêt de l'approche proposée.

2. Méthodologie

2.1 Présentation et justification du choix de la zone étudiée

Le bassin versant de l'Oued Oum Zessar est localisé dans le sud-est tunisien (nord-ouest du Gouvernorat de Médenine). Il couvre une superficie de 33.600 ha. Administrativement, il relève des trois Délégations (Médenine Nord, Sidi Maklouf et Bénikdache) du Gouvernorat de Médenine (carte 1).

Le choix de la zone d'étude est justifié par des raisons pratiques et aussi méthodologiques. En effet, ce bassin ver-

sant est considéré parmi les plus importants des bassins versants du sud-est tunisien (36600 ha) et il a bénéficié d'un grand intérêt socio-économique qui s'est concrétisé par la réalisation d'un certain nombre de projets de développement et d'importants programmes de conservation des eaux et du sol.

Trois grandes zones (ou compartiments) ont été identifiées ; la partie amont, la partie piedmont et la partie aval. Le volume d'eau ruisselé capté en piedmont est conditionné par le volume capté en amont par les ouvrages de CES. Le volume d'eau ruisselé capté en aval est conditionné par les volumes retenus en amont et en piedmont par les ouvrages de CES.

2.2 Notion d'efficacité technique

L'intérêt de l'étude de l'efficacité n'a été mis en évidence qu'au début des années soixante, suite aux innovations technologiques en général, et en particulier, pour les nouvelles technologies de production (Amara et Romain, 2000). A partir de cette date, la notion d'efficacité a pris une place grandissante dans les débats et les recherches scientifiques dans tous les secteurs de l'économie et notamment, dans l'agriculture soumise de plus en plus à une régulation par le marché.

Les premiers travaux fondateurs sur le concept d'efficacité sont attribués à Koopmans (1951) et Debreu (1951). Farrell (1957) fut le premier à définir d'une manière plus précise le concept d'efficacité économique et à distinguer les concepts d'efficacité technique et d'efficacité allocative.

Une unité de production est dite efficace si elle produit le maximum d'outputs possible à partir du panier d'intrants (inputs) qu'elle détient (output orientation), ou si elle utilise les plus petites quantités possibles d'intrants pour produire une quantité donnée d'outputs (input orientation). Graphiquement, cette notion peut être résumée comme en figure 1.

L'isoquant YY' représente les différentes combinaisons des facteurs de production qu'une firme parfaitement efficace peut utiliser pour produire une unité d'output. Ainsi, le point Q représente une firme techniquement efficace, utilisant les deux facteurs de production dans le même rapport que la firme A. La firme Q produit la même quantité d'output que la firme A en utilisant seulement une fraction OQ/OA des facteurs de production. Le ratio OQ/OA est défini par Piot-Lepetit et Rainelli (1996) comme étant le niveau d'efficacité technique de la firme située en A. Ce ratio est de " 1 " pour une firme parfaitement efficace (située sur YY'). Ce dernier diminue indéfiniment lorsque les quantités d'intrants pour un même niveau de production deviennent de

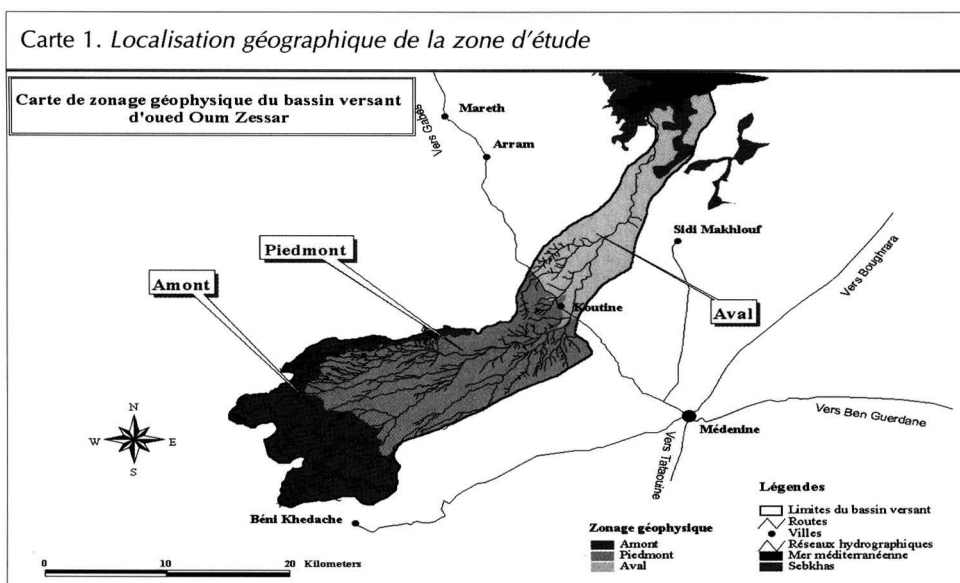
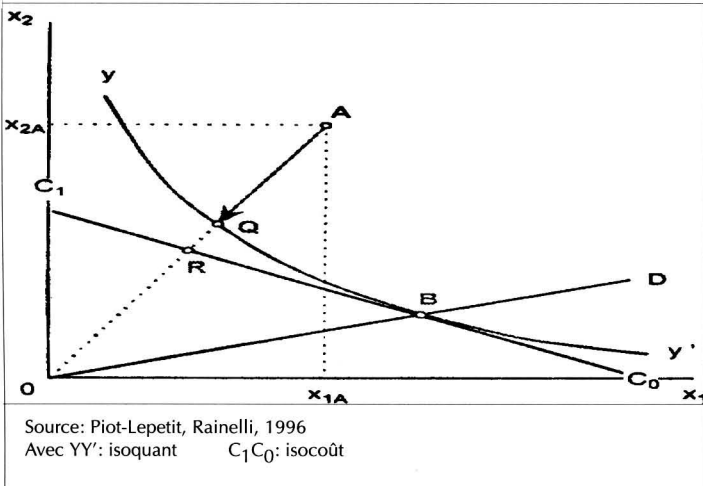


Figure 1: Efficacité technique dans le plan x_1x_2 des facteurs de production (input-orientation)



plus en plus importantes. Bien qu'ils soient techniquement efficaces, tous les points sur l'isoquant ne le sont pas allocativement.

2.3 Frontière de production et efficacité technique

L'efficacité technique est une composante significative dans la mesure de l'accroissement de la productivité due à une utilisation efficace d'inputs. L'idée de l'efficacité productive ou technique est présentée dans la définition même de la fonction de production (Chaffai, 1996), puisque cette fonction nous donne l'output maximal pouvant être produit lorsque l'entreprise utilise des quantités d'inputs données et moyennant une technologie spécifique (figure 2).

La courbe AE' représente ce qu'on appelle la frontière de production des firmes A, B, C, E. Aucune des quatre firmes ne peut se situer au-delà de la frontière compte tenu de la technologie utilisée. Les firmes A et E' se situent à la frontière, elles produisent l'output maximal pour la quantité d'inputs utilisés. Les firmes B, C, E se situent en dessous de la frontière. Par conséquent, elles n'arrivent pas à produire

l'output maximal. On dit que les firmes A et E' sont techniquement efficaces alors que les autres firmes sont techniquement inefficaces. L'efficacité est définie par le rapport entre la production observée et la production estimée ou frontière (techniquement réalisable). Par exemple, pour la firme E, son efficacité technique est donnée par le rapport YE/YE' . La résorption de son inefficacité peut être obtenue par une combinaison optimale des facteurs de production. Ainsi, elle peut produire davantage et passer sur la frontière en E', tout en utilisant les mêmes inputs. La productivité de cette firme va augmenter suite à une meilleure efficacité productive.

2.4 Mesure de l'efficacité technique

Il y a lieu de signaler que l'efficacité technique de l'entreprise ou de l'exploitation agricole peut être mesurée par des méthodes non paramétriques (telle que la méthode DEA: Data Envelopment Analysis) ou paramétriques (El Hajji, 1997, Bachta et Chebil, 2002).

Pour les méthodes non paramétriques, on détermine la frontière en utilisant essentiellement la programmation mathématique. Le principal avantage est que l'on ne spécifie pas la fonction de production ou de coût. En revanche, toute erreur de mesure est attribuée à une inefficacité.

Les méthodes paramétriques exigent la spécification d'une forme particulière de technologie (fonction Cobb-Douglas, translog, CES, etc.). Cette deuxième approche distingue deux types de frontière paramétrique, l'une déterministe, l'autre stochastique. En ce qui concerne la première, on introduit seulement une variable usuelle d'erreur afin de détecter l'inefficacité, alors que pour la deuxième, on introduit en plus de la variable erreur, une variable asymétrique afin de détecter l'inefficacité (Chahtour, 1999, Bachta et Chebil, 2002).

Dans ce travail, on a utilisé une fonction frontière déterministe, plus facile à estimer, malgré ces insuffisances, parce qu'elle ne prend pas en compte les erreurs de mesure ou les effets aléatoires.

Pour spécifier la technologie de production, on adopte la fonction Cobb-Douglas qui s'écrit sous la forme suivante:

$$Y_t = f(x_t, \beta) = A \prod_{i=1}^n x_i^{\beta_i}$$

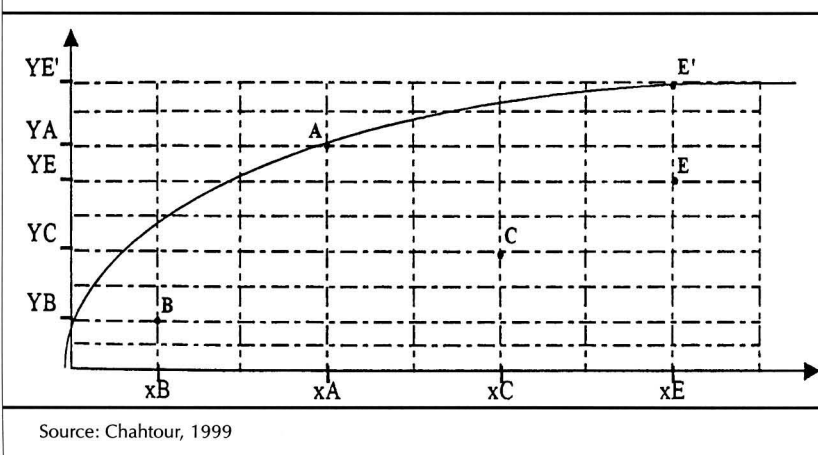
Par compartiment, le modèle de frontière déterministe est donné par l'équation suivante:

$$Y_t = f(x_i, \beta) = A \prod_{i=1}^n x_i^{\beta_i} e^{\mu} ; i=1..n \quad (I)$$

Avec y_t, x_t représentant, respectivement, la production observée et le vecteur de variables explicatives du modèle par compartiment à l'instant t , β est un vecteur de paramètres inconnus à estimer.

f est la fonction de production correspondante (Cobb-Douglas) et $u_t \leq 0$ est le terme de l'erreur

Figure 2. Frontière de production et efficacité technique



représentant l'efficacité technique relative à la frontière déterministe.

Après linéarisation, l'équation (I) par compartiment s'écrit comme suit :

$$\text{Log } Y_t = \text{Log } A + \sum_{i=1}^{i=n} \beta_i \text{Log } x_i + u_t \quad (\text{II})$$

Etant donné le modèle (II) de frontière déterministe, l'efficacité technique de l'agriculture pluviale par compartiment notée par E_{tt} (Indice de Timmer) est donnée par le ratio des valeurs de production observées (Y^*t) et des valeurs correspondantes de la frontière ($YTRt^*$) estimée à l'échelle du bassin versant.

$$E_{tt} = Y^*t / YTRt^* = f(x_t, \beta) \exp(u_t) / f(x_t, \beta) = \exp(u_t) \quad (\text{III})$$

2.4.1 Variables et données

Dans notre cas d'étude, la variable endogène (Y), est la production arboricole moyenne à l'hectare. Cette moyenne est calculée pour chacun des trois compartiments et elle est exprimée en quintaux.

Les variables exogènes retenues sont représentées par les trois facteurs suivants:

X1: désigne le nombre d'heures de traction animale et mécanique utilisée pour le travail du sol par an (FC).

X2: désigne le nombre de jours de travail salarié et familial engagés dans le processus de production (entretien de l'ouvrage) par an (L);

X3: désigne la pluviométrie annuelle exprimée en millimètres (P).

Le modèle à estimer par compartiment s'écrit donc comme suit :

$$\text{Log } y_t = \text{Log } A + \beta_1 \text{logFC} + \beta_2 \text{logL} + \beta_3 \text{logP} + u_t \quad (\text{IV})$$

Les données relatives aux variables des modèles ont été collectées à partir des recoupements d'un certain nombre d'enquêtes socioéconomiques effectuées dans la zone d'étude et à partir des dépouillements des documents de base de l'arrondissement de la conservation des eaux et du sol et de la production végétale de Médenine.

Pour estimer les modèles présentés antérieurement, nous avons fait recours à la méthode des Moindres Carrés Ordinaires Corrigés (MCOC) qui nous paraît la plus adaptée aux données disponibles. L'application des MCOC nous amène,

Tableau 2. Evolution de l'efficacité technique globale par compartiment et à l'échelle du bassin versant

Année	Amont	Piedmont	Aval	Echelle BV
1986	0,75	0,93	0,9	0,86
1987	0,65	0,81	0,93	0,80
1988	0,48	0,72	0,94	0,71
1989	0,44	0,72	0,88	0,68
1990	0,63	0,73	0,68	0,68
1991	0,49	0,73	0,75	0,66
1992	0,61	0,72	0,74	0,69
1993	0,49	0,69	0,74	0,64
1994	0,65	0,72	0,6	0,66
1995	0,59	0,69	0,62	0,63
1996	0,55	0,61	0,68	0,61
1997	0,47	0,64	0,53	0,55
1998	0,44	0,61	0,52	0,52
1999	0,57	0,56	0,48	0,54
2000	0,43	0,62	0,56	0,54

dans un premier temps, à estimer la fonction de production moyenne par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO), qui sera appliquée pour l'estimation de l'équation (II) et dans un deuxième temps, à la correction des résultats de MCO appliqués au modèle (II). Cette étape de correction consiste à déplacer la fonction de production moyenne en ajoutant le résidu maximal positif à la constante du modèle (II), comme le montre le modèle (IV), représentant la fonction frontière par compartiment.

$$\text{Log } y_t = \text{Log } A + \max(u) + \sum_{i=1}^{i=n} \beta_i \text{Log } x_i + u_t - \max(u) \quad (\text{V})$$

Cette pratique assure la négativité de tous les résidus obtenus. Cependant, cette méthode reste handicapée par les observations extrêmes au niveau des données (problème évité par le choix de la zone, dont on a supposé que les exploitations agricoles par compartiment utilise une technologie de production identique pour arriver à estimer des efficacités techniques différentes par zone).

3. Résultats empiriques

Les résultats de l'estimation du modèle (IV) par compartiment sont présentés dans le tableau 1.

Pour l'ensemble des équations retenues, les valeurs R2 ajustées renseignent sur la bonne qualité de l'ajustement. Avec le modèle choisi, on arrive à expliquer 79%, 87% et 93% de la variabilité de la production par hectare aménagé respectivement en amont, piedmont et en aval. Les résultats du modèle montrent que la totalité des variables explicatives sont significatives au seuil de 5%. Par ailleurs, le facteur travail (L), suivi par la variable façon culturale, ont l'effet le plus

Tableau 1. Résultats par compartiment

Compartiment	Amont		Piedmont		Aval	
	Coefficient	Test t	Coefficient	Test t	Coefficient	Test t
Constante	-3,49	-5,37 *	-2,08	-3,06*	-2,58	-5,08 *
Log FC	0,51	2,72*	0,39	2,32*	0,27	2,47*
Log L	1,20	3,40*	1,16	7,32 *	0,90	5,96 *
Log P	0,98	3,34 *	0,88	3,64 *	1,53	5,06 *
Nombre d'observations	15		15		15	
R ² -ajusté	0,79		0,87		0,93	
Test F	447		1150		1248	

NB : * coefficient significatif au seuil de 5%

Tableau 3. Efficacité technique moyenne par compartiment et à l'échelle du bassin versant

Désignation	Amont	Piedmont	Aval	Bassin versant
1986-2000	0,55	0,70	0,70	0,65
Max	0,75	0,93	0,94	0,86
Min	0,43	0,56	0,48	0,52
Ecartype	0,096	0,090	0,155	0,095

déterminant (coefficients de régression importants).

La pluviométrie annuelle présente un effet dégressif sur la variabilité de la production de l'aval (1,53) à l'amont (0,98).

Les valeurs estimées pour les paramètres de la fonction de production nous permettent de calculer l'efficacité technique globale de l'agriculture pluviale pour les trois compartiments en utilisant l'indice de Timmer.

Les principaux résultats sont récapitulés dans le tableau 2.

L'interprétation de résultats nous permet de dégager un ensemble d'observations :

A l'échelle du bassin versant, l'efficacité technique a connu une évolution mitigée entre 1986 et 2000. Globalement, elle a baissé respectivement de près de 45%, 30% et 30% de l'amont à l'aval. A titre d'exemple, en 1986, les exploitations en piedmont et en aval affichent respectivement un taux moyen d'efficacité de 0,93 et 0,9, tandis que le taux affiché pour la partie amont était de 0,75. Ce pourcentage diminue jusqu'à 0,62 et 0,56 en 2000 pour les parties piedmont et aval et à 0,43 en amont.

Par rapport à la frontière de production, les exploitations agricoles (agriculture pluviale) réalisent en moyenne, 55%, 70% et 70% de l'output frontière (par rapport à l'échantillon considéré) respectivement en amont, piedmont et en aval (tableau 3).

Comme le montre le tableau 3, avec cette combinaison de facteurs de production, les exploitations agricoles pourraient avoir en moyenne un accroissement de 30% dans le volume de production en piedmont et en aval tandis que celles en amont pourraient avoir un accroissement de 45% du volume de la production.

5. Conclusion

Dans ce travail, nous avons analysé l'impact de la réaffectation des eaux de ruissellement sur le niveau de l'efficacité technique globale de l'agriculture pluviale dans le bassin versant de l'Oued Oum Zessar (sud-est tunisien). Cette efficacité est estimée par compartiment et par an.

Les principaux résultats pouvant être retenus de cette étude montrent que l'efficacité technique de l'agriculture pluviale est dégressive de l'aval (0,7%) à l'amont (0,55%), et en termes d'impact, la réaffectation des eaux de ruissellement a provoqué une baisse moyenne des scores d'ef-

ficacité technique globale de l'agriculture pluviale de l'ordre de 35% par compartiment et à l'échelle du bassin versant entre 1986 et 2000.

Tenant compte de ces résultats, il semble qu'il soit faisable d'augmenter la production de l'agriculture pluviale pour atteindre la frontière de production moyennant une meilleure utilisation des facteurs de production, ce qui permettrait de réduire les coûts de production et par conséquent, d'améliorer la compétitivité.

Les résultats obtenus de ce travail doivent être relativisés en fonction du nombre réduit des variables explicatives retenues et du modèle déterministe utilisé. Des investigations futures utilisant une fonction de production stochastique pourraient conduire à des résultats pertinents.

Références

- Amara N., et Romain R., 2000. Mesure de l'efficacité technique : Revue de la littérature. Cahiers de CREA, Canada.
- Bachta M.S., et Chebil A., 2002. Efficacité technique des exploitations céréalières de la plaine du Sers- Tunisie. NEW MEDIT N°2.
- Chaffai A., 1996. Mesure de la productivité et de l'efficacité productive par la méthode économétrique. Institut d'Economie Quantitative, série : notes et documents de travail, n°5.
- Chattour N., 1999. Analyse paramétrique et non paramétrique de l'efficacité technique du secteur laitier. Etude de cas l'Office des Terres Domaniales. Mémoire de cycle de spécialisation, Institut National Agronomique de Tunisie
- El Hajji S., 1997. Efficacité technique du secteur textile en Tunisie. Estimation de frontière de production stochastique sur données de panel. Diplôme d'Etude Approfondie en Economie Mathématique et Econométrie, Faculté de Sciences Economiques et de Gestion de Tunis.
- Louati H.M., Khanfir R., Alouini A., El Euch M. L., Mabrouk A et Frigui L., 1998. Eau XXI. Stratégie du secteur de l'eau en Tunisie à long terme (2030). Ministère de l'Agriculture. 84 p.
- Mabrouk A., 2003. La stratégie tunisienne en matière d'économie de l'eau potable. Actes du colloque scientifique et technique méditerranéen sur l'eau HYDROTOP 2003, Marseille 23-24 octobre.
- Piot-Lepetit I., et Rainelli P., 1996. Détermination des marges de manœuvre des élevages à partir des mesures des inefficacités, INRA-productions animales, 9, 5, pp. 357-377.
- Sghaier M., Mahdhi N., de Graaff J. and Ouassar M. 2002. Economic evaluation of water harvesting at catchment scale: An application of the FORCES MOD model. In: De Graaff J. & Ouassar M. (Eds.) 2002. Water harvesting in Mediterranean zones: an impact assessment and economic evaluation. TRMP paper n°40, Wageningen University, The Netherlands, 101-113 pp.
- Timmer C.P., 1971. Using probabilistic frontier function to measure technical efficiency. Journal of political economy vol79, n°4 776-794.