

Analyse des performances techniques des producteurs de la pomme de terre en Tunisie. Une approche non paramétrique

FRAJ CHEMAK¹, LEILA ALLAGUI², YASSINE ALI³

Jel code: C61, C81, Q12

1. Introduction

La pomme de terre revêt une grande importance diététique et économique; c'est la quatrième culture vivrière du monde après le blé, le riz et le maïs. Originnaire des Andes au Pérou, depuis le 16^{ième} siècle, la culture de la pomme de terre est produite à travers les cinq continents du monde par plus de 150 pays. Chaque année, environ 20 millions d'hectares sont cultivés donnant lieu à une production d'environ 320 millions de tonnes. Plus de la moitié de la production mondiale est fournie par les pays en voie de développement (Cromme *et al.*, 2010). La production est destinée à satisfaire, en premier lieu, les besoins nationaux étant donné que les échanges internationaux représentent seulement 6% de la production mondiale.

Les pays méditerranéens cultivent en moyenne 6% de la superficie mondiale et contribuent avec 10% à la production mondiale (FAOSTAT, 2014). Depuis 1971, un Centre International de Pomme de terre (CIP) a été créé pour promouvoir la culture dans les

Résumé

Malgré le développement remarquable du secteur de la pomme de terre, les producteurs tunisiens encourent toujours des risques importants stimulés par l'enchérissement des prix des intrants et la fluctuation des prix à l'écoulement. C'est ainsi qu'une amélioration des performances techniques permet d'atténuer ces risques. Dans ce contexte, l'approche DEA a permis d'analyser l'efficacité technique d'un échantillon de producteurs de la région de Bizerte. Les résultats révèlent une inefficacité d'usage des ressources estimée à une moyenne de 19% sous l'hypothèse CRS et à 31% sous l'hypothèse VRS. Ainsi, les producteurs disposent d'une importante marge de progrès à conquérir. En vue d'expliquer la variabilité des scores d'efficacité technique, l'estimation d'un modèle Tobit montre que l'âge des producteurs, le mode de faire-valoir, la nature de la source d'eau et le système d'irrigation constituent des déterminants à considérer dans l'orientation des mesures de politique dans une perspective d'amélioration des performances techniques des exploitations.

Mots-clés: Tunisie, pomme de terre, efficacité, modèle DEA, modèle Tobit.

Abstract

Despite the outstanding development of the potato sector, Tunisian growers still run significant risks raised by the input price increase and the market price fluctuation. Therefore, the improvement of their technical performance would allow mitigating these risks. A DEA model was applied to analyze the technical efficiency of a sample of growers in the region of Bizerte. The results reveal a resource use inefficiency of 19% on average under VRS assumption and of 31% under CRS assumption. Hence, there is considerable scope for progress. In order to explain the variability of the technical efficiency scores, the estimation of the Tobit model, shows that the growers' age, the land tenure, the water source and the irrigation system are some determinants which have to be taken into account when providing guidance for policy measures aimed at improving the farms' technical performance.

Keywords: Tunisia, potato, efficiency, DEA model, Tobit model.

pays en voie de développement dans une perspective de combattre la pauvreté et de soutenir la sécurité alimentaire de ces pays. L'année 2008 a été déclarée «Année internationale de la pomme de terre» par les Nations Unies en vue de montrer le rôle clé que peut jouer cette culture dans les défis de sécurité alimentaire et le combat contre la famine, susceptible de menacer notre globe dans les siècles à venir (FAO, 2009).

En Tunisie, la pomme de terre est un produit stratégique qui s'est développé d'une manière remarquable durant les trois dernières décennies. Grâce à des conditions édaphoclimatiques favorables, la culture est pratiquée durant toute l'année comme culture de saison, d'arrière-saison, de primeur et d'ex-

tra-primeur. En 2011, la superficie totale cultivée a atteint 23 200 ha dont 7530 ha en culture de saison et 10 320 ha en culture d'arrière-saison. La production totale s'est élevée à 36 700 tonnes. Cette production est destinée essentiellement à satisfaire la demande nationale. En cas de baisse de l'offre et notamment, entre les saisons de production, la Tunisie fait recours à l'importation qui, en 2011, a atteint 6595 tonnes (Ministère de l'agriculture, 2012). En revanche, bénéficiant d'un contingent tarifaire sur le marché européen, la Tunisie a toujours encouragé les exportations de la pomme de terre qui ont totalisé, en 2011, 13 600 tonnes dont 87% vers des pays européens (GIL, 2012).

La culture de la pomme de terre est pratiquée principalement par des petits agriculteurs¹ cultivant des superficies

(1) Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT)

(2) Ecole Supérieure d'Agriculture de Megrane (ESAM) Tunisie,

(3) Groupement Interprofessionnel des Légumes (GIL) Tunisie.

¹ Selon les statistiques publiées par le Centre technique de pomme de terre relatives à la campagne agricole 2003-2004, 25 193 producteurs ont assuré la production de la pomme de terre de saison, d'arrière-saison et de primeur et de ceux-ci, 92% pratiquent la culture sur des superficies de moins de deux hectares totalisant 67% des superficies cultivées (Voir <http://www.ctpt.com.tn/>)

inférieures à 2 ha. Malgré un engouement non équivoque pour la pratique de cette culture, les producteurs encourent toujours des aléas multiples de production et de commercialisation dont les retombées négatives compromettent parfois la prise de décision pour la poursuite de l'activité. C'est ainsi que la production nationale connaît des hauts et des bas avec une importante fluctuation des prix du marché. La pratique de la culture de la pomme de terre nécessite aussi un engagement financier de plus en plus important étant donnée l'augmentation des prix des intrants et notamment, celui des semences. Dans ce contexte, la rentabilité de la culture est bien aléatoire et elle est tributaire principalement de la situation de l'offre et de la demande. Face à cette instabilité, les producteurs devraient maîtriser davantage la technologie de production dans une perspective d'atteindre un optimum de production compte tenu des niveaux de consommation des intrants. Ainsi, l'objectif de ce travail est d'analyser les performances productives des producteurs de la pomme de terre en vue d'identifier les marges de progrès possibles de ce secteur dans une perspective d'usage rationnel des intrants. Pour cela, dans la deuxième partie nous allons parcourir l'évolution du secteur de la pomme de terre et son importance économique. La troisième partie sera dédiée à l'approche théorique adoptée pour analyser les performances productives. Dans la quatrième, sera présentée l'estimation des modèles empiriques et l'analyse des résultats avant de conclure quant aux perspectives de développement de la culture.

2. Importance de la culture de la pomme de terre

La culture de la pomme de terre n'a cessé de se développer en Tunisie en vertu d'une demande de plus en plus croissante. En effet, le niveau de consommation annuel moyen est passé de 16,7 kg/tête, en 1975, à 19,5 kg/tête en 2010 voire une moyenne de 23 kg/tête pour les populations aisées (INS, 2013). Alors, en vue de satisfaire cette demande, les pouvoirs publics ont déployé les efforts nécessaires d'encadrement et d'accompagnement des producteurs depuis la production jusqu'à la commercialisation. Depuis plus d'une trentaine d'années des institutions², avec des missions bien ciblées, ont été créées pour adapter les techniques de production, améliorer les rendements et soutenir les pro-

² a. Le Groupement Interprofessionnel des Légumes (GIL) a été établi par le décret-loi n° 73-1 du 10 août 1973 pour développer les cultures légumières et particulièrement, la culture de pomme de terre essentiellement à travers le projet de multiplication des semences de pomme de terre certifiées classe «A», et les interventions de soutien des producteurs à l'écoulement et de régulation du marché par la constitution des stocks stratégiques.

b. Le Centre Technique de Pomme de Terre (CTPT) a été institué par la loi n°4-1996 du 19 janvier 1996 en vue de promouvoir les recherches appliquées et de soutenir les producteurs de pomme de terre en matière d'innovation technologique.

³ Les moyennes des emblavures, des rendements et des productions sont calculées à partir des statistiques publiées par la FAO (FAOSTAT, 2014).

ducteurs. C'est ainsi que les emblavures ont connu une évolution remarquable (Figure 1) passant d'une moyenne³ de 7256 ha dans les années 60 à une moyenne de 23236 ha dans les années 2000. En moyenne, la culture de saison, comme la culture de l'arrière-saison occupe le tiers des emblavures alors que le reste est occupé par les cultures de primeur et d'extra-primeur. Les rendements se sont nettement améliorés passant de 7,81 t/ha, durant les années 60, à 14,35 t/ha durant les années 2000. L'effet conjugué de l'extension des superficies et de l'amélioration des rendements a permis un accroissement remarquable de la production (Figure 2) qui est passée d'une moyenne de 56 889 tonnes durant les années 60 à une moyenne de 333400 tonnes durant les années 2000.

Figure 1 - Evolution des emblavures.

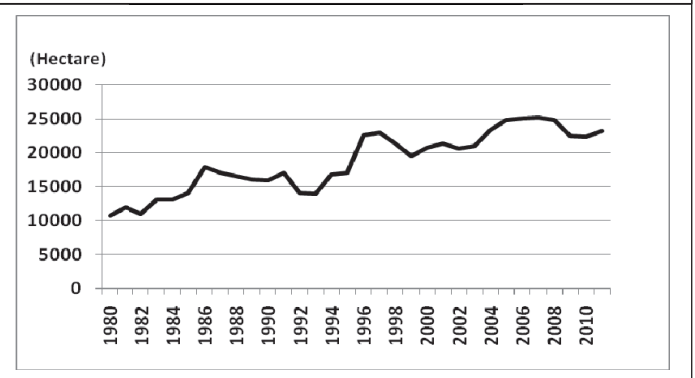
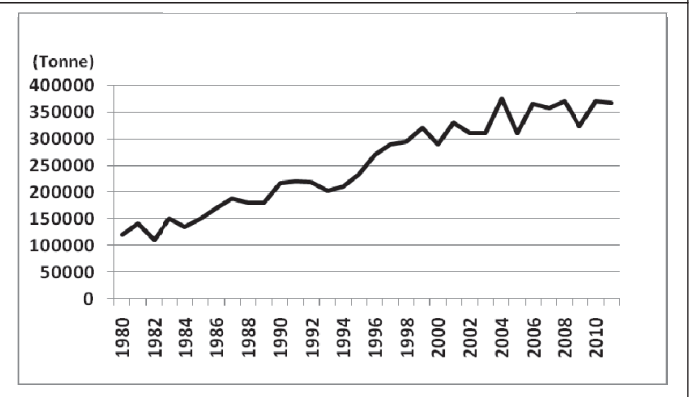


Figure 2 - Evolution de la production



Malgré cette évolution remarquable, le secteur connaît des fluctuations importantes d'une année à l'autre. En analysant la période 2000-2011, nous signalons que la variation des emblavures a oscillé entre -9% (2009) et +11% (2004) alors que la production a oscillé entre -17% et +20% (Figure 3). En 2005, malgré une augmentation des emblavures de 6%, la production a connu une baisse de 17%. Cette variation se traduit par une fluctuation des prix à la production et encore plus important, des prix à l'écoulement (Figure 4). En effet, la variation annuelle des prix à la production a oscillé entre -35% (2004) et +42% (2005) alors que celle des prix à l'écoulement a oscillé entre -33% (2001) et +68% (2002). La campagne 2001 connaît la plus importante dispa-

rité des variations annuelles pénalisant les producteurs. En effet, outre une augmentation du prix à la production de 2%, le prix à l'écoulement a connu une baisse de 33%.

Une baisse de l'offre entraîne forcément une augmentation du prix du marché. La baisse de la production des campagnes 2002, 2005, 2007 et 2009 s'est traduite aussi par un enchérissement des prix à l'écoulement. Alors, dans une perspective de préserver le pouvoir d'achat du consommateur et de subvenir à ses besoins, notamment entre les saisons de production, le gouvernement fait recours à l'importation. Durant les années 2000, la moyenne des importations s'élève à 20 000 tonnes par an alors qu'elle était d'environ 14 000 tonnes durant les années 80 (Ministère de l'agriculture, 2012). En revanche, la Tunisie bénéficie d'un contingent tarifaire de 20 000 tonnes sur le marché européen en vertu duquel les exportateurs sont exonérés des droits de douane entre le premier janvier et 31 mars. Malgré les multiples incitations (remboursement de 33% à 55% des frais de transport), les quantités exportées sont fluctuantes et restent très en dessous des ambitions. Durant les années 2000, la moyenne des quantités exportées est de 4770 tonnes par an seulement. Le maximum des quantités exportées a été atteint en 1997 avec 17 900 tonnes (Ministère de l'agriculture, 2012).

3. Approche théorique et revue de littérature

En vue d'établir un diagnostic opérationnel des pratiques des producteurs de pomme de terre et d'évaluer leurs performances productives, une approche d'analyse en deux étapes a été adoptée. La première étape consiste à mesurer l'efficacité technique des exploitations en adoptant l'approche Data Envelopment Analysis (DEA) et ce, en vue d'apprécier le degré d'habileté des producteurs à maîtriser la mise en œuvre de la technologie de production. La deuxième étape cherche à expliquer la variabilité des scores de l'efficacité technique en estimant le modèle Tobit et ce, dans une perspective d'identifier les déterminants vecteurs d'une éventuelle perspective d'amélioration des performances productives.

3.1. L'approche DEA

Initiée par les travaux pionniers de Farrell (1957), l'approche mesure de l'efficacité technique s'est imposée comme outil d'analyse privilégié en termes de recherche opérationnelle et de sciences de gestion (Gattoufi *et al.*, 2004). Une unité de prise de décision (DMU) est dite techniquement efficace, au sens de la définition de Pareto-Koopmans, s'il est impossible d'augmenter un output et/ou de réduire un input sans simultanément réduire au moins un autre output et/ou augmenter un autre input (Thanassoulis, 2001). La figure 5 permet de mieux concrétiser ce concept dans le cas d'un seul output à partir d'un seul input.

Figure 3 - Variation annuelle (2000-2011) des embavures de la production

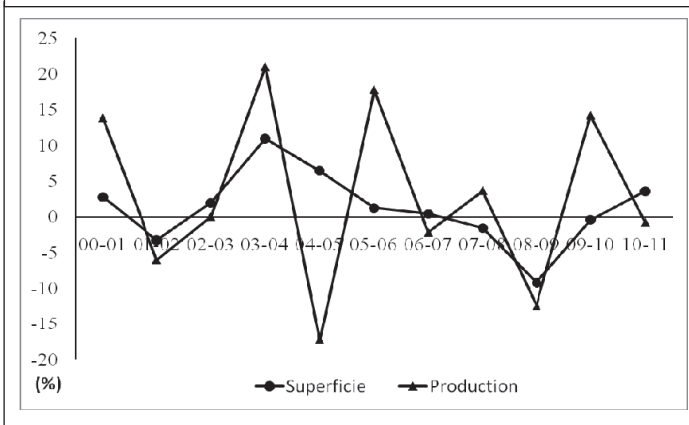


Figure 4 - Variation annuelle (2000-2011) des prix à la production et à l'écoulement.

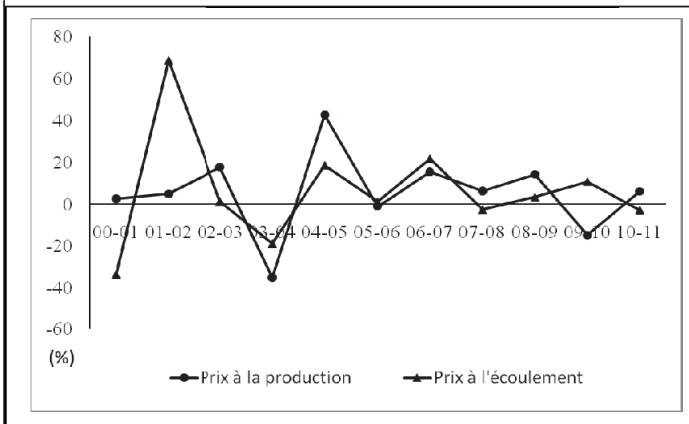
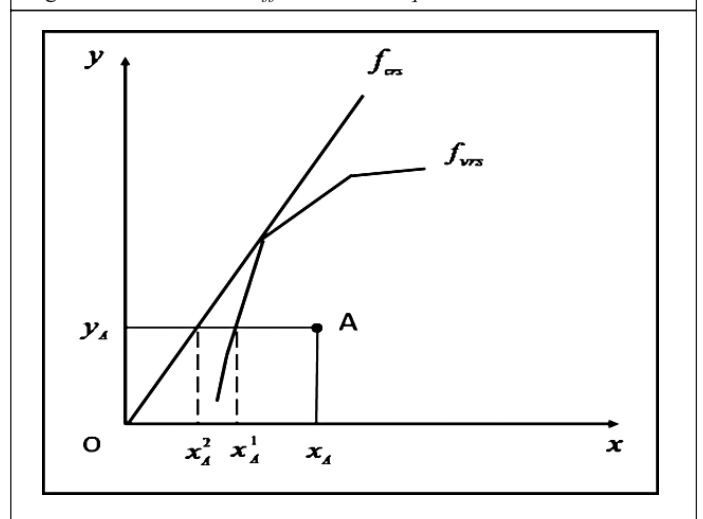


Figure 5 - Mesure de l'efficacité technique



Considérant alors la technologie de production, représentée par la frontière f_{CRS} sous l'hypothèse des rendements d'échelle constants (CRS) et par la frontière f_{VRS} sous l'hypothèse des rendements d'échelle variables (VRS), la DMU A produisant la quantité y_A à partir de la quantité x_A est dite techniquement inefficace étant donné qu'elle se trouve en dessous des frontières. Sa projection sur la frontière f_{VRS} montre que la DMU A est en mesure de produire toujours la même quantité y_A en utilisant seulement la

quantité x_A^1 alors son score d'efficacité technique E_{VRS} est mesuré par le ratio $\frac{x_A^1}{x_A}$. Sous l'hypothèse CRS, la projection de la DMU A sur la frontière f_{CRS} montre qu'elle devrait réduire davantage l'utilisation du facteur sans pour autant réduire la production y . Dans ce cas, son score d'efficacité technique E_{CRS} est mesuré par le ratio $\frac{x_A^2}{x_A}$ qui est bien inférieur à E_{VRS} . Ainsi, la DMU A révèle aussi une inefficacité d'échelle et son score d'efficacité d'échelle (EE) est mesuré par le ratio $\frac{x_A^2}{x_A^1}$ qui est égal au ratio $\frac{E_{CRS}}{E_{VRS}}$. Il s'agit bien d'une analyse par enveloppement des données d'où le nom de l'approche *Data Envelopment Analysis* (DEA).

Grâce au développement de la programmation mathématique, Charnes *et al.* (1978) ont formulé le modèle DEA permettant des analyses Multiproduits-Multifacteurs sous l'hypothèse CRS. Dans une perspective de minimisation des facteurs de production, ce modèle est représenté par le programme linéaire suivant:

$$\text{Min}_{(\lambda, k_0)} [k_0] \quad (1)$$

Sous contraintes:

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i X_i \leq k_0 X_{i_0}$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i Y_i \geq Y_{i_0}$$

$$\lambda_i \geq 0; i = 1, \dots, N; k_0 \text{ étant libre}$$

N est le nombre des DMUs, X et Y sont les vecteurs, respectivement, des facteurs et des produits. La résolution de ce modèle permet d'obtenir la valeur k_0^* qui représente le score l'efficacité technique de la firme i_0 .

En vue de neutraliser des éventuelles inefficacités d'échelle et de pouvoir mesurer l'efficacité technique pure, Banker *et al.* (1984) ont développé le modèle DEA sous l'hypothèse VRS représentée par le programme linéaire suivant:

$$\text{Min}_{(\lambda, k_0)} [k_0] \quad (2)$$

Sous contraintes:

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i X_i \leq k_0 X_{i_0}$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i Y_i \geq Y_{i_0}$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$$

$$\lambda_i \geq 0; i = 1, \dots, N; k_0 \text{ étant libre}$$

L'approche DEA est non paramétrique et elle présente l'avantage de ne pas imposer aucune restriction a priori sur la forme fonctionnelle de production. Elle a connu un développement remarquable touchant tous les domaines des activités économiques et sociales (Colbert *et al.*, 2000; Zhao *et al.*, 2011; Sueyoshi et Goto, 2012; Abd Aziz *et al.*, 2013; Mitropoulos *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2013; Aristovnik *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2014; Wanke et Barros, 2014).

Entre 1978 et 2010, Liu *et al.* (2013) dénombrent 4936 articles scientifiques traitant l'approche DEA dont 3134 articles (63,5%) sont des applications empiriques. Les applications en agriculture sont au nombre de 258 (8,23%) et occupent la troisième place après le secteur bancaire et la santé (Liu *et al.*, 2013). Ces applications concernent la maîtrise de la mise en œuvre des technologies de production et l'impact des mesures de politique sur les performances productives ainsi que l'évaluation des risques environnementaux des pratiques agricoles. Chemak *et al.*, (2010) analysent l'efficacité technique des exploitations en irrigué des périmètres publics et privés et montrent que la stratégie des irrigants des périmètres publics qui consiste en la création de puits de surface comme deuxième source d'irrigation ne fait que baisser l'efficacité technique. Wossink et Denaux (2006) comparent l'efficacité d'usage des pesticides et leurs impacts environnemental et économique pour des producteurs du coton conventionnel et du coton transgénique de la région Caroline du Nord aux USA. Ils montrent que les producteurs du coton transgénique sont techniquement plus efficaces et moins polluants mais ils sont moins performants sur le plan économique. Latruffe *et al.* (2002b) analysent l'efficacité technique et d'échelle des fermes polonaises. A cette fin, ils comparent les exploitations d'élevage à celles des grandes cultures. Leurs résultats suggèrent que les exploitations d'élevage révèlent une efficacité technique et d'échelle plus élevées. Sachant que l'efficacité d'échelle reste très élevée pour les deux types d'exploitation, ils concluent que l'inefficacité technique semble due principalement à une inefficacité technique pure, c'est-à-dire à une gestion inefficace.

3.2. Le modèle Tobit

Identifier les facteurs qui sont à l'origine des inefficacités révélées permet aux décideurs de mieux planifier les orientations stratégiques dans une perspective d'accroissement de la production et de rationalisation de l'usage des ressources. Etant donné que les scores d'efficacité sont compris entre 0 et 1, l'estimation d'un modèle Tobit est l'approche la plus appropriée pour identifier les variables explicatives en question (Dimara *et al.*, 2005; Wossink et Demaux, 2006; Karagiannis *et al.*, 2003; Wilson *et al.*, 2001; Latruffe *et al.*, 2002a; Wadud, 2003). La formulation théorique du modèle Tobit est représentée par l'équation suivante:

$$k_i^* = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j v_{ij} + u_i \quad (3)$$

k_i^* est le score d'efficacité du DMU i , v_{ij} sont les variables explicatives j ($j=1, \dots, k$) se référant au DMU i , β est le vecteur des coefficients à estimer et u_i est le terme d'erreur.

La variabilité des scores d'efficacité pourrait être due à des facteurs exogènes à la mise en œuvre du processus technologique. En agriculture, les variables explicatives hypothétiques, adressées par plusieurs travaux, concernent la structure de l'exploitation (taille, localisation, morcellement, tenures foncières...), la structure des ménages (âge, expérience, niveau d'éducation, activité extra-agricole) et l'environnement économique et institutionnel (accès au crédit, disponibilité d'informations, organisation professionnelle). Wossink et Denaux (2006) trouvent que l'éducation est le seul facteur présentant un impact significatif sur l'efficacité technique des exploitations cotonnières de la région Caroline du Nord aux USA. Dans le cas du fonctionnement des exploitations grecques, Dimara *et al.* (2005) montrent que la localisation géographique n'as pas d'effet quand il s'agit d'un procédé biologique alors qu'elle affecte de manière significative les performances productives des procédés conventionnels. Wadud (2003) montre qu'au Bangladesh, les grandes exploitations sont techniquement plus performantes et par conséquent, il recommande d'encourager les agriculteurs à éviter tout processus de division de la terre par héritage ou autre. En analysant l'efficacité technique des exploitations brésiliennes, Helfand (2003) signale qu'au-delà de 200 ha, l'effet de la taille est négatif alors qu'il est positif pour les exploitations de taille inférieure à 200 ha. Lachaal *et al.* (2002) analysent l'efficacité technique des unités de production laitière et montrent que plus l'âge des ouvriers est avancé plus l'inefficacité technique est élevée. Les auteurs expliquent ce résultat par une certaine démotivation du personnel employé lorsqu'il se trouve au plafond des échelles professionnelles et se rapproche de l'âge de la retraite (Lachaal *et al.*, 2002). En analysant l'efficacité technique des exploitations maraîchères, Omaniennes, Zaibet et Dharmapala (1999) montrent que l'âge et l'expérience de l'exploitant, la taille de l'exploitation et le type de sol ont un effet positif sur l'efficacité technique.

4. Estimation des modèles empiriques et discussion des résultats

4.1. Terrain de recherche et analyse descriptive

Située dans le Nord du pays, la région de Bizerte est l'une des principales régions productrices de pomme de terre. Elle occupe la deuxième place, après le gouvernorat de Nabeul. En 2011, la superficie cultivée et la production ont atteint, respectivement, 3010 ha et 62 000 tonnes soit 13% et 17%, respectivement, de celles à l'échelle nationale. La culture de la pomme de terre représente 30% des emblavures réservées aux cultures maraîchères dans la région. En vue

de préserver une certaine homogénéité des pratiques agricoles, nous avons limité notre travail d'enquête à la délégation de Ghar el Melh qui concentre 30% des emblavures et 40% des producteurs de la région. Ainsi, nous avons sélectionné, de manière aléatoire, un échantillon de 65 agriculteurs. Les travaux d'enquête ont eu lieu en 2012 en vue de collecter les données relatives aux structures des ménages et des exploitations, aux modes de faire-valoir et aux modes d'irrigation. Nous avons focalisé notre enquête technico-économique sur l'activité de la pomme de terre de saison durant la campagne 2011, en recueillant les détails des opérations culturales, d'usage des intrants, de production et de commercialisation. En raison du manque de données et de certaines informations aberrantes, seulement 56 exploitations ont été retenues pour la mise en forme de notre matrice d'analyse. Le tableau 1 présente une analyse statistique des principales variables décrivant les structures des ménages et des exploitations ainsi que l'importance technico-économique de la culture de la pomme de terre et la gestion de la production.

Tableau 1 - Analyse statistique des variables d'exploitation

Variable	Observation	Moyenne	Std.	Min.	Max.
Age de l'exploitant	56	49,17	12,02	21	78
Superficie de l'exploitation	56	2,27	2,11	0,5	10
Superficie en culture de PDT de saison	56	1,51	1,21	0,5	6
Charges variables (TND/ha)	56	7048	1860	4364	12846
Répartition des charges variables (%)					
Semence	56	32,96	6,90	18,5	52,98
Fertilisation	56	20,56	5,75	10,35	35,41
Irrigation	56	5,21	3,68	0,91	21,03
Mécanisation	56	13,37	4,98	2,51	23,38
Traitement	56	9,38	5,96	0,96	29,07
Main-d'œuvre	56	18,50	6,33	6,99	36,59
Rendement (Tonne/ha)	56	22,8	6,56	10	44
Valeur de la production (TND/ha)	56	10643	3471	5000	23200
Quantité stockée (%)	56	84	28,84	0	100
Perte de stockage (%)	52	6,46	5,10	0	28,57
Prix avant stockage (TND/Tonne)	22	451,59	67,49	335	600
Prix après stockage (TND/Tonne)	52	503,25	60,51	350	650
Prix moyen pondéré (TND/Tonne)	56	493,2	57,93	335	600
Frais de stockage (TND/Tonne)	52	26,28	12,30	4,54	55,55
Marge Brute (TND/ha)	56	3594	3433	-4026	14237
Marge Nette (TND/ha)	56	2474	3658	-6226	12586

Std.: Ecart-type; TND: Dinar Tunisien équivalent de 0,46 euros.

4.1.1. Caractérisation des ménages et structure des exploitations

L'âge moyen des agriculteurs interviewés est de 49 ans avec un maximum de 78 ans et un minimum de 21 ans. Cette vieillesse relative est révélatrice d'une solide expérience dans la pratique de la culture de la pomme terre qui atteint une moyenne de 27 ans. Concernant le niveau d'instruction, nous constatons que 37 agriculteurs (66%) sont d'un niveau primaire voire illettrés, alors que le reste des producteurs est d'un niveau secondaire et plus. Seulement 4 agriculteurs (7%) occupent en parallèle une activité non-agricole et disposent donc d'un revenu extra-agricole. 46 agriculteurs (82%) comptent sur leurs propres moyens pour financer leurs activités agricoles dont 38 agriculteurs (68%) refusent catégoriquement les crédits bancaires principalement en raison d'un taux d'intérêt élevé et de la lourdeur des procédures.

Concernant les structures des exploitations, les résultats montrent que les exploitations enquêtées ont une superficie agricole totale moyenne de 2,27 ha seulement. Cette exigüité du potentiel terre est plus importante chez 23 exploitations (41%) dont la taille est inférieure ou égale à 1 ha. Le nombre des parcelles atteint une moyenne de 2. Seulement 26 agriculteurs (46%) sont des propriétaires de la totalité de leur exploitation alors que 30 agriculteurs (54%) font recours à la location, notamment pour cultiver la pomme de terre. La superficie moyenne de la pomme de terre cultivée est de 1,51 ha, avec un minimum de 0,5 ha et un maximum de 6 ha. Chez 31 agriculteurs (55%), la superficie de la culture de la pomme de terre ne dépasse pas 1 ha. Par ailleurs, il faut signaler que 16 agriculteurs (29%) pratiquent la monoculture de la pomme de terre. En revanche, 40 agriculteurs (71%) pratiquent la culture de la pomme de terre dans le cadre d'un système de production intégré maraîchage, arboriculture et/ou élevage.

Concernant l'accès à l'eau d'irrigation, 41 agriculteurs (73%) utilisent leur propre source -puits de surface-. En revanche, 15 agriculteurs (27%) disposent d'une main d'eau publique. 42 agriculteurs (75%) utilisent le système d'irrigation goutte-à-goutte alors que le reste pratique le système gravitaire à la raie.

4.1.2. Analyse technico-économique de l'activité pomme de terre de saison

L'activité de pomme de terre de saison occupe une place importante dans le système de production des exploitations enquêtées. Elle est cultivée en moyenne à concurrence de 76% de la superficie agricole totale. D'ailleurs, 24 agriculteurs (43%) pratiquent la culture sur la totalité de la superficie exploitée. En raison de l'exigüité des superficies, 37 agriculteurs (56%) déclarent que le précédent cultural est aussi la culture de pomme de terre. Cette pratique constitue une menace à la dégradation de la qualité du sol entraînant une baisse des rendements de la culture.

Les résultats montrent que le rendement moyen est de 22,8 tonnes/ha. 35 agriculteurs (62%) réalisent des rendements en dessous de la moyenne. Les rendements réalisés restent faibles par rapport aux attentes des producteurs. En effet, 27 agriculteurs (48%) déclarent ne pas réaliser la production espérée avec un manque estimé à 21,6% en moyenne. Cette différence de production est justifiée principalement par la fatigue du sol.

Du point de vue économique, les charges variables de production concernent les semences, la mécanisation, la fertilisation, l'irrigation, le traitement et la main-d'œuvre (Tableau 1). Elles atteignent une moyenne de 7048 TND/ha. Les dépenses des semences et de fertilisation accaparent les parts les plus importants des charges variables, représentant respectivement une moyenne de 33% et de 21%. La main-d'œuvre constitue aussi une charge importante qui atteint une moyenne de 18,5%. Il faut signaler qu'outre ces charges variables, 30 agriculteurs (53%) supportent une charge locative de 1000 TND/ha en moyenne.

52 agriculteurs (93%) supportent aussi une charge supplémentaire de stockage qui atteint une moyenne de 26,28 TND/tonne. Il s'agit bien d'un stockage traditionnel qui concerne, en moyenne, 84% de la production de la pomme de terre alors que 34 agriculteurs (60,7%) procèdent au stockage de la totalité de leur production pour un écoulement ultérieur hors-saison.

La valeur de la production moyenne est évaluée à 10 643 TND/ha pour un prix de vente moyen pondéré de 493 TND/tonne. Il s'agit d'un prix résultant de deux prix de vente avant et après stockage. En effet, le prix moyen de vente de la pomme de terre avant stockage est de 451,59 TND/tonne alors qu'après stockage, il atteint un prix moyen de 503,25 TND/tonne. C'est ainsi que ce gain de prix de 51,96 TND/tonne couvre bien les dépenses de stockage susmentionnées et dégage un surplus qui justifie bien cette pratique. Mais ceci n'est pas toujours vrai, car cela dépend du taux de perte occasionné par l'opération du stockage qui atteint seulement 6,5% dans le cas de notre échantillon.

Compte tenu des charges engagées et des productions réalisées, les résultats montrent que la marge brute atteint une moyenne de 3594 TND/ha alors que la marge nette atteint une moyenne de 2473 TND/ha. L'importance de cette marge pourrait en quelque sorte expliquer en partie l'attachement des agriculteurs de la région à la pratique de cette culture.

4.2. Analyse des performances productives

4.2.1. Mesure de l'efficacité technique

En vue d'estimer la frontière de production, nous avons retenu comme output la quantité de pomme de terre produite en tonne, représentée par la variable « **Production** ». En revanche, nous avons retenu comme inputs les trois facteurs de production, à savoir terre, capital et travail. La première variable « **Terre** » représente la superficie cultivée de pomme de terre en hectares. La deuxième variable « **Capital** » représente la somme des dépenses en TND de semences, de mécanisation, de fertilisation, d'irrigation et de traitement. La troisième variable « **Travail** » représente le nombre de jours de travail engagé aussi bien familial qu'occasionnel. Le tableau 2 présente l'analyse statistique de ces variables. Ainsi, la technologie de production est représentée par la fonction suivante:

$$\text{Production} = f(\text{Terre}, \text{Capital}, \text{Travail})$$

Tableau 2 - Analyse statistique des variables de la frontière de production.

Variable	Moyenne	Std.	Min.	Max.
Production (Tonnes)	35,33	32,79	7,5	180
Terre (ha)	1,51	1,21	0,5	6
Capital (TND)	8206	6161	2017	34340
Travail (jours)	178,8	159,62	33	730

Nous avons estimé la frontière de production sous les deux hypothèses CRS et VRS grâce à la résolution, respectivement, des programmes linéaires (1) et (2), ce qui nous a permis d'analyser aussi l'efficacité d'échelle (EE). Le ta-

bleau 3 présente une analyse statistique des scores d'efficacité technique et d'échelle.

Scores	Effectif (%)			Moyenne		
	CRS	VRS	EE	CRS	VRS	EE
E _j < 0,75	35 (62)	23 (41)	11 (20)	0,59	0,64	0,63
0,75 ≤ E _j < 1	16 (29)	17 (30)	40 (71)	0,84	0,85	0,91
E _j = 1	5 (9)	16 (29)	5 (9)	1	1	1
Total	56 (100)	56 (100)	56 (100)	0,69	0,81	0,86

Les résultats montrent que l'efficacité moyenne de l'échantillon en rendements d'échelle constants est de 69% alors qu'elle atteint 81% en rendements d'échelle variables. Ceci se traduit par une inefficacité d'échelle estimée à 14%. Cinq exploitations fonctionnent déjà à leur taille optimale alors que 40 exploitations (71%) dépassent une efficacité d'échelle de 75%, avec une moyenne de 91%. En analysant l'efficacité technique pure, les résultats montrent donc une inefficacité d'usage des intrants de 19%. 16 exploitations (29%) déterminent la frontière de production et par conséquent, elles révèlent une efficacité technique de 100%. 17 exploitations (30%) se trouvent proches de la frontière avec une efficacité moyenne de 85%. L'efficacité technique minimale est de 50%. Ces résultats témoignent des performances remarquables qui caractérisent une majorité des exploitations de l'échantillon (59%) et qui pourraient traduire la solide expérience des producteurs de la région de Bizerte. En revanche, 23 exploitations (41%) présentent des scores d'efficacité technique inférieurs à 75% avec une moyenne de 64% ce qui prouve la nécessité d'améliorer l'habileté des chefs exploitants à maîtriser davantage le processus technologique.

4.2.2. Analyse des déterminants de l'efficacité technique

En vue d'expliquer la variabilité des scores d'efficacité technique pure et d'identifier les principaux déterminants à l'origine, six variables exogènes à la fonction de production ont été retenues pour estimer le modèle Tobit. La variable (**Age**) a été retenue avec une hypothèse double. En effet, l'âge pourrait avoir un impact négatif qui indique que plus l'âge de l'exploitant est avancé, plus la maîtrise du processus technologique diminue. En revanche, l'âge avancé pourrait aussi signifier une solide expérience qui se traduit par un impact positif sur l'efficacité technique. La variable (**Inst**) représente le niveau d'instruction des producteurs. Elle est égale à 0 lorsque l'exploitant est d'un niveau d'éducation primaire voire illettré et égale à 1 lorsqu'il s'agit d'un niveau d'éducation secondaire voire plus. Nous estimons que cette variable devrait avoir un effet positif. En effet, l'éducatif se traduit généralement par une plus grande réceptivité en matière d'accumulation des connaissances et de prise en main des technologies de production. La variable (**Mfvd**) représente le mode de faire-valoir. Elle est égale à 1 quand la terre cultivée est en propriété et égale à 0 lorsqu'il s'agit d'une terre en location. Nous estimons que cette variable pourrait avoir un effet positif comme négatif

sur l'efficacité technique. La variable (**Spdt**) représente l'étendue en pourcentage de la superficie de la culture de la pomme de terre par rapport à la superficie totale de l'exploitation. Le choix de cette variable est dicté par l'importance de l'attachement des agriculteurs à la culture de la pomme de terre qui se manifeste par l'exercice de la monoculture, le recours à la location et/ou par l'exploitation de la totalité du potentiel terre. Cependant, étant donné l'exiguïté du potentiel terre, certains agriculteurs se trouvent dans l'obligation de cultiver pomme de terre sur pomme de terre et par conséquent, nous estimons que cette variable aurait un effet négatif sur l'efficacité technique. La nature de la source d'eau d'irrigation, représentée par la variable (**Esrce**), a été retenue étant donné qu'elle distingue entre les producteurs des périmètres privés, disposant de puits de surface avec un libre accès en temps et en quantité, et ceux des périmètres publics, disposant d'une main d'eau publique gérée d'une manière collective, avec une certaine limitation d'accès. Cette variable est égale à 1 lorsqu'il s'agit d'une source privée et elle est égale à 0 dans le cas d'une main d'eau publique et nous estimons qu'elle aura un effet négatif. Enfin, la variable (**Irgsyst**) représente la nature du système d'irrigation adopté. Elle est égale à 1 lorsqu'il s'agit d'un système d'irrigation localisé et à 0 dans le cas de l'irrigation gravitaire à la raie. Nous estimons que cette variable aura un effet positif sur l'efficacité technique. Le tableau 4 présente une analyse statistique de ces six variables.

Age	49,178	12,022	21	78
Inst	0,339	0,477	0	1
Mfvd	0,464	0,503	0	1
Spdt	76,178	24,626	25	100
Esrce	0,732	0,446	0	1
Irgsyst	0,75	0,436	0	1

Les résultats de l'estimation du modèle Tobit (3) révèlent que cinq variables présentent déjà un effet explicatif significatif de la variabilité des mesures de l'efficacité technique pure (Tableau 5). L'âge présente un effet positif, significatif à 5%, indiquant que les exploitants les plus âgés sont plus habiles à maîtriser le processus technologique. Le niveau d'instruction a aussi un effet positif, mais non significatif, qui montre qu'un niveau d'éducation plus élevé se traduit par une plus grande maîtrise du processus technologique. Le mode de faire-valoir direct présente un effet positif et significatif. Ce résultat signifie que les exploitants propriétaires révèlent une efficacité technique supérieure à celle des exploitants opérant sur des terres louées. Ceci pourrait traduire un comportement irrationnel des agriculteurs locataires qui ont tendance à utiliser les facteurs de production de manière non raisonnée, avec l'espoir de tirer un maximum de profit leur permettant de couvrir la charge locative non supportée par les propriétaires.

La variable (**Spdt**) présente un impact négatif significatif à 10%, montrant que plus la superficie réservée à la culture de la pomme de terre augmente par rapport à la totalité de

Tableau 5 - Résultats de l'estimation du modèle Tobit.				
Nombre d'observations=56		Pseudo R ² = 80%		
Variable	Coef.	Std.	t	P>t
Age	0,0053	0,0022	2,41	0,020**
Inst	0,0167	0,0546	0,31	0,760
Mfvd	0,0988	0,0552	1,79	0,080*
Spdt	-0,0021	0,0010	-2,00	0,051*
Esrce	-0,1128	0,0612	-1,84	0,071*
Irgsyst	-0,1075	0,0619	-1,74	0,089*
Constante	0,8589	0,1538	5,58	0,000***

* significatif à 10%, **significatif à 5%, ***significatif à 1%

la terre exploitée, plus l'efficacité technique se réduit. Ce résultat implique bien que l'attachement des agriculteurs à la culture de la pomme de terre, à travers l'extension de sa superficie au détriment des autres cultures ou l'exercice de la monoculture sur la totalité de la superficie exploitée, se traduit par un délabrement des performances techniques.

La nature de la source d'irrigation est aussi une source de la variabilité de l'efficacité technique révélant un impact négatif et significatif à 10%. Ainsi, les producteurs des périmètres publics montrent des performances techniques meilleures que celles des producteurs des périmètres privés. Ce résultat est cohérent avec celui de Chemak *et al.* (2010) qui montre que les exploitations des périmètres publics sont techniquement plus efficaces que les exploitations des périmètres privés. Ainsi, la nature de la ressource en eau constitue bien un déterminant de l'efficacité technique.

L'analyse de l'impact de la nature du système d'irrigation révèle un paradoxe important. Alors qu'on s'attendait à ce que l'usage d'un système irrigué localisé favorise des économies d'eau et par conséquent, une meilleure efficacité technique, les résultats montrent, au contraire, un impact négatif significatif à 10%. Cette donnée pourrait traduire une faible maîtrise de ces techniques d'irrigation.

5. Conclusion

Le secteur de la pomme terre revêt une importance stratégique indéniable. Le produit constitue aujourd'hui une composante principale de la ration alimentaire et continue à occuper une place de plus en plus importante dans le système alimentaire tunisien, avec la promotion des nouvelles formes de consommation (chips et purée). Cependant, le secteur souffre de difficultés structurelles de production et de commercialisation menaçant la volonté des producteurs. L'amélioration des performances techniques permettra aux producteurs de surmonter plus facilement ces difficultés. C'est ainsi que les résultats de l'analyse de l'efficacité technique pure de l'échantillon de producteurs enquêtés révèle une marge de progrès à conquérir en matière d'usage des ressources. En moyenne, 19% des facteurs de production utilisés sont susceptible d'être économisés. Les résultats montrent aussi une inefficacité d'échelle qui frappe 91% des exploitations donnant lieu à un gaspillage plus important des ressources estimé à 31% en moyenne.

L'analyse des déterminants de l'inefficacité technique pure montre que l'âge, le mode de faire-valoir, l'importance de la superficie de la culture, la nature de la source d'eau et le sys-

tème d'irrigation constituent des pistes à creuser par les décideurs dans une perspective d'amélioration des performances productives. En effet, les politiques devraient cibler les mesures incitatives en faveur du développement de la culture pomme de terre chez les propriétaires. La promotion de la culture au niveau des périmètres publics pourrait faire émerger des producteurs plus performants. En matière d'irrigation, l'introduction d'un système d'irrigation localisée semble insuffisante pour réaliser l'optimal des économies d'eau. Ainsi, la mise en place de programmes de formation et d'accompagnement pour une meilleure maîtrise des techniques d'irrigation permettra d'améliorer les performances techniques.

Références

- Abd Aziz N.A., Janor R.M., Mahadi R., 2013. Comparative department efficiency analysis within a university: A DEA approach. *Procedia-Social and Behavioural Sciences*, 90: 540-548.
- Aristovnik A., Seljak J., Mencinger J., 2014. Performance measurement of police forces at the local level: A non-parametric mathematical programming approach. *Expert Systems with Applications*, 41: 1647-1653.
- Banker R. D., Charnes A., Cooper W.W., 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30 (9) : 1078-1092.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E., 1978. Measuring the efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- Chemak F., Boussemer J.P., Jacquet F., 2010. Farming system performance and water use efficiency in the Tunisian semi-arid region: Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of International Transactions in Operational Research (ITOR)*, 17: 381-396.
- Colbert A., Levary R.R., Shaner M.C., 2000. Determining the relative efficiency of MBA programs using DEA. *European Journal of Operational Research*, 125: 656-669.
- Cromme N., Prakash A.B., Lutaladio N., Ezeta F., 2010. *Strengthening potato value chains, technical and policy options for developing countries*. Rome: FAO & CFC.
- Dimara E., Pantzios C.J., Skuras D., Tsekouras K., 2005. The impacts of regulated notions of quality on farm efficiency: A DEA application. *European Journal of Operational Research*, 161: 416-431.
- FAO, 2009. *Année internationale de la pomme de terre, éclairage sur un trésor enfoui. Compte rendu de fin d'année*. Rome: FAO.
- FAOSTAT, 2014. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/F>
- Farrell M.J., 1957. The measurement of technical efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, 120(3): 253-281.
- Gattoufi S., Oral M., Kumar A., Reisman A., 2004. Content analysis of data envelopment analysis literature and its comparison with that of other OR/MS fields. *Journal of the Operational Research Society*, 55(9), 911-935.

GIL, 2012. *Rapport d'activité de la campagne 2010-2011*. Rapport en arabe, mars 2012.

Helfand S.M., 2003. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Centre-West. *25th International Conference of the IAAE, Durban, South Africa, August 16-22, 2003*.

INS, 2013. *Enquête de consommation 2013*. Institut National de statistique, Septembre 2013.

Karagiannis G., Tzouvelekas V., Xepapadeas A., 2003. Measuring irrigation water efficiency with a stochastic production frontier: An application to Greek out-of-season vegetable cultivation. *Environmental and Resource Economics*, 26: 57-72.

Lachaal L., Chahtour N., Thabet B., 2002. Technical efficiency of dairy production in Tunisia: a data envelopment analysis. *New Medit*, 1(3): 22-26.

Latruffe L., Balcombe K., Davidova S., Zawalinska K., 2002a. *Determinants of technical efficiency of crop and livestock farms in Poland*. INRA, Unité d'Economie et sociologie rurales de Rennes. Working paper, 02-05.

Latruffe L., Balcombe K., Davidova S., Zawalinska K., 2002b. *Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: Does specialisation matter?* INRA, Unité d'Economie et sociologie rurales de Rennee. Working paper, 02-06,

Li J., Chen X., Li X., Guo X., 2013. Evaluation of public transportation operation based on Data Envelopment Analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96: 148-155.

Liu J.S., Lu L.Y.Y., Lu W.M., Lin B. J.Y., 2013. A survey of DEA applications. *Omega*, 41: 893-902.

Ministère de l'agriculture, 2012. *Annuaire des statistiques agricoles 2011*. Direction générale des études et de développement agricole.

Mitropoulos P., Mitropoulos I., Giannikos I., 2013. Com-

binning DEA with location analysis for the effective consolidation of services in the health sector. *Computers & Operations Research*, 40: 2241-2250.

Sueyoshi T., Goto M., 2012. Efficiency-based assessment for electric power industry: A combined use of Data Envelopment Analysis (DEA) and DEA-Discriminant Analysis (DA). *Energy Economics*, 34: 634-644.

Thanassoulis E., 2001. *Introduction to the theory and application of Data Envelopment Analysis: A foundation text with integrated software*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Wadud M. A., 2003. Technical, allocative, and economic efficiency of farms in Bangladesh: A stochastic frontier and DEA approach. *The journal of developing areas*, 37(1): 109-126.

Wang K., Huang W., Wu J., Liu Y.N., 2014. Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using two-stage DEA. *Omega*, 44: 5-20.

Wanke P., Barros C., 2014. Two-stage DEA: An application to major Brazilian banks. *Expert Systems with Applications*, 41: 2337-2344.

Wilson P., Hadley D., Asby C., 2001. The influence of management characteristics on the technical efficiency of wheat farmers in eastern England. *Agricultural Economics*, 21: 329-338.

Wossink A., Denaux Z. S., 2006. Environmental and cost efficiency of pesticide use in transgenic and conventional cotton production. *Agricultural Systems*, 90: 312-328.

Zaibet L., Dharmapala P.S., 1999. Efficiency of Government-supported horticulture: the case of Oman. *Agricultural Systems*, 62: 159-168.

Zhao Y., Triantis K., Murray-Tuite P., Edara P., 2011. Performance measurement of transportation network with a downtown space reservation system: A network-DEA approach. *Transportation Research Part E*, 47: 1140-1159.