

Le mode d'accès à l'eau d'irrigation un déterminant de l'efficacité exploitations agricoles : Cas du périmètre irrigué de Sidi Ali Ben Salem, Kairouan-Tunisie.

J. BEN NASR ^{1*}, T. AKKARI ², A. FOUZAI ³, M.S. BACHTA ⁴

¹ Département d'économie-gestion Agricole et agroalimentaire de l'INAT. 43, Avenue Charles Nicolle 1082 -Tunis- Mahrajène TUNISIE.

² École Supérieure des Sciences Économiques et commerciales de Tunis 4, Rue Abou Zakaria El Hafsi - 1089 Montfleury - Tunis.

³ Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne. - 1121 Zaghouan , Tunisie.

⁴ Département d'Economie Rurale - Institut National Agronomique de Tunisie – 43 Avenu Charles Nicolle 1002 Tunis Belvédère – Tunisie.

*Corresponding author: jamelnasr@yahoo.fr

Abstract - In Tunisia, the mobilization of water resources has reached its limits, as about 90% of the water potential was already mobilized. Consequently, the problems of management of available resources are rising up sharply. Based on this concern, the government efforts have turned to the management of irrigation water in irrigated areas through various institutions including offices development. The removal of these offices in 1989, accompanied by the appearance of Associations of Collective Interests (AIC) subsequently transformed into Groups for Agricultural Development (GDA), has announced the gradual withdrawal of the state in favor of a collective management of water resources. However, the extension of public irrigated perimeters, endowed with these collective management's structures, has not prevented the expansion of private irrigation as manifested by the creation and uncontrolled proliferation of shallow wells, sometimes even within the public irrigation perimeters (PPI).

The aim of this paper is to study the effect of management methods of irrigation water on the technical efficiency of irrigated farms. The simultaneous estimation of the model of Battersse and Coelli (1995) on a sample of 47 irrigated farms in the region of Sidi Ali Ben Salem, Kairouan, showed that the variability of scores of technical efficiency is determined by several factors including the right of access to water, the mode of holding land, the structure of the workforce and off-farm income."

For the mode of access to irrigation water, possession of a private well affects positively technical efficiency, which is interpreted as a justification for the behavior of irrigators who use the digging of private wells. These farmers involve such practices to loosen a real constraint of water availability in quantity and in peak periods. Therefore, the resolution of current conflicts inside institution of irrigation (GDA) would be the most important factor to improve the irrigation efficiency and water us.

Keywords: Technical efficiency, irrigation public area, water access, mode of holding land, land access.

Résumé - En Tunisie, la politique de mobilisation des ressources en eau a atteint ses limites puisque environ 90 % du potentiel en eau a été déjà mobilisé (Ministère de l'Agriculture, 2013) Désormais, ce sont les problèmes de gestion des ressources disponibles qui se posent avec de plus en plus d'acuité. Partant de cette préoccupation, les efforts des pouvoirs publics se sont tournés vers la gestion de l'eau d'irrigation dans les périmètres irrigués moyennant différents formes d'institution notamment les offices de mise en valeur. La suppression de ces offices en 1989, accompagnée par l'apparition des Associations d'Intérêts Collectifs (AIC) transformées par la suite en Groupements de Développement Agricole (GDA) en 1999, a annoncé l'initiative de désengagement progressif de l'Etat en faveur d'une gestion collective des ressources en eau. Néanmoins, l'extension des Périmètres public irrigués dotés de ces structures collectives de gestion n'a pas empêché l'élargissement des périmètres privés qui s'est manifesté par la création et la multiplication anarchique de puits de surface, parfois même au sein des périmètres publics irrigués (PPI).



L'objectif du présent papier est d'étudier l'effet des modes de gestion de l'eau d'irrigation sur l'efficacité technique des exploitations irriguées. L'estimation simultanée du modèle de Coelli et Battese (1995) sur un échantillon de 47 exploitations irriguées de la région de Sidi Ali Ben Salem de Kairouan a montré que la variabilité des scores d'efficacité technique est déterminée par plusieurs facteurs notamment le droit d'accès à l'eau, le mode de détention de la terre, la structure de la main-d'œuvre et le revenu extra-agricole. Pour le *mode d'accès à l'eau d'irrigation*, l'appropriation d'un puits privé affecte positivement l'efficacité technique, ce qui s'interprète comme une justification du comportement des irrigants qui recourent au creusage de puits privés. Ces derniers font appel à de telles pratiques pour desserrer une contrainte réelle de disponibilité de l'eau en quantité et selon le calendrier requis par les exploitants. Par conséquent, l'assainissement des conflits actuels au sein des GDA d'irrigation serait à lui seul de nature à améliorer les conditions d'irrigation et l'efficacité d'usage de l'eau.

Mots clés: Efficacité technique, périmètre public, Eau d'irrigation, droit d'accès, mode de détention, terre

1. Introduction

La stratégie de mobilisation des ressources hydrauliques en Tunisie remonte au début des années soixante dix du siècle dernier. Elle a été dictée par le télescopage de trois besoins essentiels : un besoin croissant en eau potable, un besoin industriel non négligeable et un besoin d'intensification et de diversification de la production agricole moyennant l'extension et l'intensification de la pratique de l'agriculture irriguée.

Toutefois, une telle stratégie est en passe d'atteindre ses limites puisque l'effort consenti en termes d'édification d'ouvrages (barrages, lacs collinaires et puits pour le captage des nappes souterraines) a été tellement considérable et soutenu qu'il a permis de mobiliser environ 90 % du potentiel en eau.

Ce sont, désormais, les problèmes de gestion des ressources disponibles qui se posent avec de plus en plus d'acuité. De plus, compte tenu du fait que quatre cinquièmes des ressources disponibles sont destinées à l'agriculture irriguée, on est fondé de s'interroger sur la rationalité des modes de valorisation de cette ressource rare et dont la mobilisation a été coûteuse.

Partant de cette préoccupation, les efforts des pouvoirs publics se sont focalisés sur la gestion de l'eau d'irrigation dans les périmètres irrigués. Avant 1989, Ces derniers étaient gérés par des offices de mise en valeur dont la mission était l'intensification des activités irriguées dans les exploitations converties à l'irrigation. Depuis, les offices de mise en valeur ont été démantelés, d'où l'amorce d'un désengagement progressif de l'Etat en faveur d'une gestion collective des ressources en eau moyennant les Associations d'Intérêts Collectifs (AIC) transformées par la suite en Groupements de Développement Agricole (GDA) en 1999.

Paradoxalement, l'extension des périmètres publics irrigués dotés de structures collectives de gestion n'a pas empêché l'élargissement des périmètres privés qui s'est matérialisée par la création et la multiplication anarchique de puits de surface, parfois au sein même des périmètres publics irrigués (PPI). Face à la raréfaction croissante de l'eau notamment en rapport avec l'explosion des besoins, un tel comportement des irrigants et la prolifération des puits de surface privés qu'il induit ne fait qu'aggraver la surexploitation des ressources en eau.

Pour les irrigants, cet état de fait constitue une preuve de l'échec de la mission des institutions collectives de gestion de ces périmètres. Echec qui se manifeste par ; l'augmentation des fréquences de pannes, l'insuffisance des tours d'eau et du débit préalablement déterminés, et manque de performance des exploitations irriguées. En effet, des études conduites sur différents périmètres irrigués de territoire tunisien montrent des scores d'efficacité technique et économique faibles. (Albouchi et al., 2005; Mahdi et al., 2009 ; Belloumi et Matoussi, 2007; Dhebi et al., 2007, Dhebi et Telleria, 2012). Cette situation préoccupante ouvre le débat quant à l'effet du mode d'accès à l'eau sur l'efficacité de son usage par les exploitations irriguées.

Partant du constat que la zone de Kairouan fournit une nette illustration de ces problèmes et des préoccupations qui en résultent, cette investigation tente d'étudier l'effet des modes d'accès à l'eau d'irrigation sur la performance des exploitations irriguées. Pour y parvenir, on se fonde sur l'estimation des efficacités techniques et l'analyse de leurs déterminants pour les exploitations irriguées de périmètre de Sidi Ali Ben Salem.

A cet effet, nous nous référons au modèle de Coelli et Battese (1995) qui permet à la fois d'estimer les scores d'efficacité des exploitations et de dégager les facteurs déterminants de l'inefficacité technique, notamment le mode d'accès à l'eau d'irrigation, le droit de propriété de la terre, le revenu extra agricole, le type de la main d'œuvre et l'âge de chef de l'exploitation.

Des données d'enquêtes réalisées auprès d'un échantillon de 47 exploitations dans la région de Sidi Ali Ben Salem de Kairouan seront mises à profit à cet effet.

2. L'efficacité et ses déterminants

2.1 Le concept d'efficacité

Le concept d'efficacité trouve son origine dans les travaux théoriques fondamentaux de Debreu (1951), de Koopmans (1951) et de Farrell (1957). Depuis, la littérature retient généralement deux versions pour en faire état : l'efficacité technique et l'efficacité allocative.

La première appréhende la rationalité en matière de production par la confrontation entre d'une part le panier des quantités d'intrants à utiliser et le niveau d'extrait obtenu. Et c'était Koopmans (1951) qui fut le premier à en proposer une définition formelle. Selon lui, un producteur est jugé techniquement efficace si l'augmentation de n'importe quel output requiert la diminution d'au moins un autre output ou l'accroissement d'au moins un input, et si une réduction de n'importe quel input requiert l'élévation d'au moins un autre input ou la réduction d'au moins un output. Dans la même veine, Atkinson et Cornwell (1994) considèrent qu'une unité de production est dite efficace si, à partir du panier d'intrants qu'elle mobilise, elle obtient le maximum d'extrait possible ou de manière équivalente, si pour produire une quantité donnée d'extrait, elle utilise les plus petites quantités possibles d'intrants. Si bien que l'application de l'efficacité technique impose à toute entreprise le positionnement sur la frontière de son ensemble de production.

La seconde se définit par rapport aux systèmes de prix respectifs des extraits et des intrants auquel fait face l'exploitant en suivant un comportement d'optimisation économique guidé par soit la minimisation du coût soit la maximisation du profit. Ainsi, s'agissant d'une exploitation agricole, un comportement débouchant sur la minimisation des coûts supportés étant donné un niveau de production donné traduit une efficacité allocative. La conjonction de ces deux formes d'efficacité donne forcément lieu à une maximisation du résultat financier, en l'occurrence la maximisation du profit. Elle confère à l'unité de production une efficacité économique.

2.2 Les Méthodes d'estimation de l'efficacité technique

Sur le plan empirique, la mesure de l'efficacité technique d'une unité de production, passe par la délimitation soit de la frontière de production (orientation vers l'output) soit de coût (orientation vers l'input). Dans une optique d'outputs, la frontière de production fournit à chaque fois le maximum d'output réalisable moyennant l'utilisation d'un vecteur d'inputs disponibles tout en appliquant une technologie de production donnée. Par conséquent, la frontière est une sorte d'enveloppe qui coïncide souvent avec l'ensemble des points identifiés comme représentatifs d'un comportement rationnel par rapport à laquelle la performance effective de chaque entreprise pourra être comparée (Ambapour, 2001). Les unités de production dont les caractéristiques de production les placent sur cette frontière sont techniquement jugées les plus efficaces et elles jouissent de ce fait d'un score égal à 1. En outre, l'éloignement de cette frontière est équivalent d'accroissement du niveau d'inefficacité. Au total, le score d'efficacité varie dans un intervalle compris entre zéro et un. En revanche, le raisonnement selon la logique de l'input, l'unité la plus efficace techniquement est celle qui produit la même quantité d'output avec le volume le plus faible d'intrants. Dans ce cas, l'indice d'efficacité technique peut se présenter comme le rapport entre le volume optimal d'inputs et le volume effectivement utilisé.

La littérature fait apparaître diverses méthodes pratiques d'estimation de la frontière de production et par conséquent de l'efficacité technique. Les deux types de méthodes les plus saillantes sont celles dites paramétriques et non paramétriques. La spécification ou non d'une forme fonctionnelle de la frontière de production est l'élément distinctif entre ces deux approches.

L'approche paramétrique repose sur une spécification particulière de la fonction de production, dont il faut estimer les paramètres. L'efficacité technique est mesurée à partir du terme d'erreur de la fonction de production. On distingue les frontières de production déterministes et stochastiques. A ce propos, Aigner et Chu (1968) avaient jeté les premiers jalons de l'analyse en termes de frontières de production paramétriques déterministes. Toutefois, leur approche était d'autant plus réductrice tout

écart entre la production frontrière et la production observée était exclusivement imputé à une inefficacité de l'exploitant. Pourtant, plusieurs autres facteurs peuvent échapper à la maîtrise de l'entreprise alors qu'ils exercent une influence réelle sur sa performance. C'est notamment le cas des aléas climatiques, du rendement inadéquat des machines ou encore de la pénurie des intrants selon le calendrier exigé. La prise en compte de l'ensemble des sources d'inefficacité impose une spécification appropriée de la frontière de production à même d'intégrer les effets aléatoires : c'est la méthode dite de frontière stochastique qui se fonde sur la décomposition du terme d'erreur en deux composantes, celle qui capte l'inefficacité et celle de nature aléatoire combinant les erreurs de mesures et les chocs exogènes (Figure 1).

Quant à l'approche non paramétrique, elle se distingue par l'absence de toute contrainte sur la forme fonctionnelle des frontières de production. Elle est principalement issue des travaux d'Aigner, Lovell et Schmidt (1977) et de Charnes, Cooper et Rhodes (1978). Elle utilise la programmation linéaire pour quantifier les écarts qui séparent des observations d'une norme de référence identifiée comme un optimum. Il s'agit d'une analyse par enveloppement des données (Data Envelopment Analysis, DEA). Gunther et Chauveau (2002) la jugent comme étant particulièrement adaptée à la mesure de l'efficacité des firmes combinant plusieurs inputs pour produire plusieurs outputs et, de surcroît, elle est encore plus préconisée quand la technique de production est incertaine ou inconnue.

2.3 Les déterminants de l'efficacité

Dès le milieu des années quatre-vingt, plusieurs tentatives ont été entreprises pour isoler les causes de l'inefficacité moyennant l'utilisation des approches tant paramétriques que non paramétriques. Les méthodes proposées se distinguent par le nombre d'étapes nécessaires à la recherche des déterminants de l'inefficacité technique. Coelli, Rao et Battese (1998) puis Amara et Romain (2000) ont fait l'inventaire de ces méthodes.

Selon ces auteurs, jusqu'au début des années quatre-vingt-dix, les approches utilisées envisageaient deux étapes. La première consiste à estimer les scores d'efficacité technique. Ce sont justement ces scores qui seront par la suite régressés, dans le cadre d'un nouveau modèle, sur des variables explicatives qui sont susceptibles d'affecter la performance des firmes. Cette deuxième étape est abordée en utilisant soit la méthode des moindres carrés ordinaires, soit un modèle dichotomique (Tobit, Logit, Probit) pour tenir compte du caractère tronqué de la variable score d'efficacité et qui ne prend ses valeurs que dans l'intervalle (0,1).

Cette approche présente l'avantage qu'en cas d'erreur de spécification dans la deuxième étape, le biais de spécification n'affecte que les coefficients estimés qui en sont issus épargnant ainsi les coefficients de la frontière. Toutefois, cette procédure en deux étapes a été contestée puisqu'en passant de la première étape à la seconde, l'hypothèse d'indépendance des termes d'erreurs a été abandonnée. Ce qui aux yeux de certains est une source de faiblesse de l'approche et de ses résultats en tant que tels. (Amara et al., 2000).

Plusieurs auteurs ont été amenés à avancer des modèles qui permettent d'estimer simultanément la frontière de production stochastique et l'impact des facteurs explicatifs des écarts d'efficacité technique entre les firmes.

Le modèle de Huang et Liu (1994) tient compte des interactions entre d'une part les variables qui caractérisent l'inefficacité et les facteurs de production d'autre part. Adoptant des fonctions frontières stochastiques non neutres «non-neutral stochastic frontier functions», ce modèle considère que l'impact marginal des facteurs de production est fonction des caractéristiques spécifiques de chaque entreprise.

Il s'énonce comme suit :

$$\mu_{it} = \delta Z_{it} + \delta^* Z_{it}^* + W_{it}$$

où Z_{it} est le vecteur de variables susceptibles d'expliquer les variations des indices d'efficacité technique des firmes; Z_{it}^* est le vecteur des variables traduisant les interactions entre les variables qui caractérisent l'inefficacité et les facteurs de production; δ et δ^* sont deux vecteurs de paramètres à estimer; et W_{it} est un vecteur de variables aléatoires indépendantes possédant une distribution normale tronquée de moyenne nulle et de variance inconnue σ^2 , tel que μ_{it} est non négatif

A leur tour, Battese et Coelli (1995) ont développé une variante du modèle précédent permettant d'estimer simultanément la frontière de production stochastique et les effets des variables reflétant les effets des caractéristiques des fermes sur les scores d'inefficacité technique. Dans la version qu'ils

préconisent, les auteurs ne tiennent pas compte des variables d'interaction ($\delta^*=0$). Ce modèle est présenté en détails dans la partie méthodologie.

Faut-il souligner qu'au-delà de la nature du modèle retenu pour l'explication des scores d'efficacité, la littérature économique fait état d'une diversité de facteurs qui peuvent potentiellement affecter le niveau d'efficacité. Le choix effectif des facteurs déterminants l'efficacité varie selon que l'étude porte sur le niveau d'efficacité des exploitations individuelles ou sur une échelle plus large telle que celle d'une région par exemple. Au niveau des exploitations individuelles, les déterminants de l'efficacité peuvent être la taille de l'exploitation, l'âge de l'exploitant, l'appartenance à un groupe d'intérêt économique, l'accès au crédit ou encore l'éloignement du marché (Nuama, 2006). Mais, lorsque l'échelle d'observation va au-delà de l'exploitation, les valeurs prises par les variables observées et utilisées ne peuvent être que des moyennes (ALBOUCHI et al., 2007). Au regard de la nature de la présente étude, c'est plutôt le premier cas de figure qui s'impose.

3. Méthodologie

3.1. L'approche paramétrique stochastique

Comme il a été rappelé plus haut, L'approche paramétrique est soit déterministe et l'écart observé est uniquement dû à l'inefficacité soit qu'en plus de la défaillance technique, l'on prend en compte un autre terme aléatoire qui englobe les erreurs éventuelles de mesure, les erreurs de la mauvaise spécification du modèle, l'omission de certaines variables explicatives et la considération des événements qui ne sont pas sous le contrôle de l'exploitant et dans ce cas la frontière devient alors stochastique (Leveque et Roy, 2004).

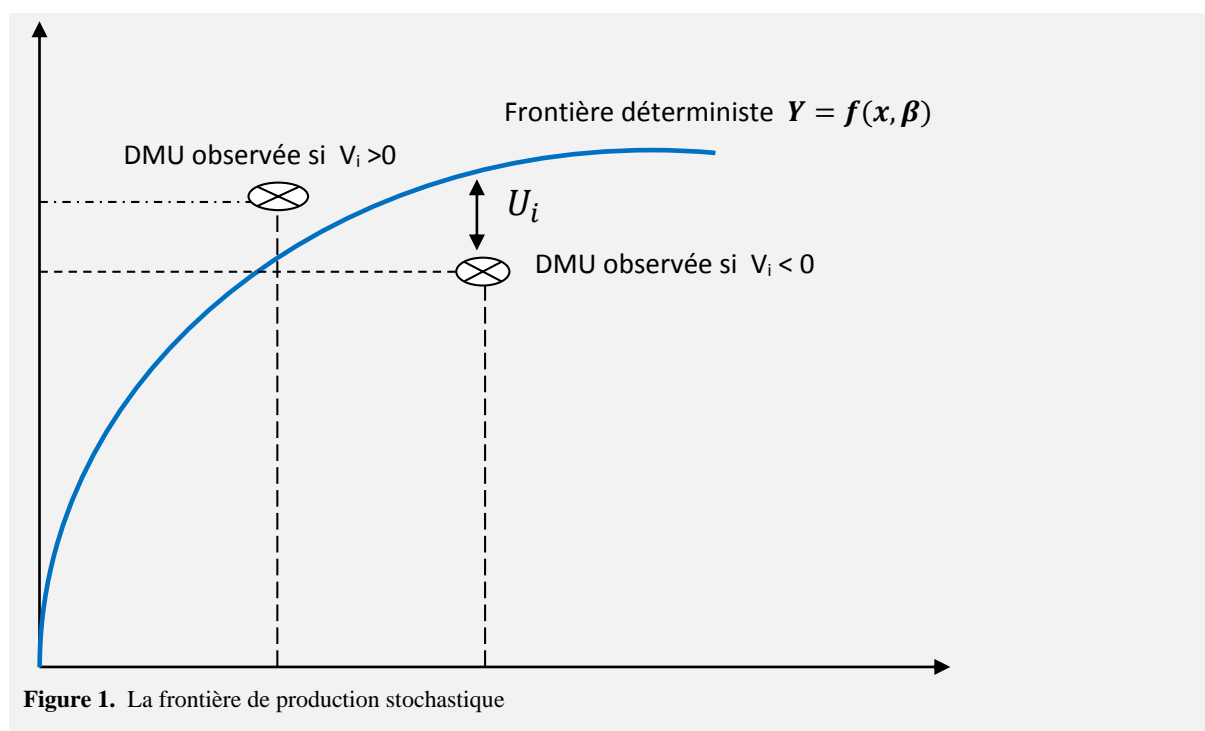
Initialement proposée par Aigner, et améliorée par Jondrow et al. (1982), cette approche est ainsi formalisée :

$$Y_i = f(X_i)\exp(V_i - U_i)$$

Où Y_i est le vecteur d'outputs, X est le vecteur d'intrants,

V_i est le vecteur des erreurs aléatoires. Une composante purement aléatoire qui se trouve dans n'importe quelle relation et qui se distribue de chaque côté de la frontière de production (two-sided error term). Cette composante aléatoire est une mesure de l'erreur et d'autres facteurs aléatoires sur l'output et des effets combinés des variables non spécifiés inputs sur la fonction de production.

U_i est le terme d'erreur dû à l'inefficacité technique de production et qui est répartie d'un seul côté de la frontière (one-sided error term). (Figure 1)



Le modèle de Coelli et Battese (1995) semble être le plus adopté pour l'estimation de l'efficacité technique et ses déterminants. La base de ce modèle est une fonction de production stochastique :

$$Y_{it} = \exp(x_{it} \beta + v_{it} - \mu_{it})$$

Y_{it} : est la production de la firme i ($i = 1, 2, \dots, n$) au temps t ($t = 1, 2, \dots, T$)

x_{it} : Vecteur ($1 \times k$) des valeurs des inputs utilisés par la firme i au temps t .

β : Vecteur ($1 \times k$) des paramètres à estimer

v_{it} : terme d'erreurs qui suit des distributions indépendantes de μ_{it} . Le terme v_{it} est un vecteur d'erreurs aléatoires supposé suivre une densité normale $N(0, \sigma_v^2)$

μ_{it} : Variable aléatoire non négative. Elle est supposée représenter l'inefficacité technique. Elle est estimée par le modèle de l'inefficacité suivant qui à la foi permet de dégager les facteurs déterminants de l'inefficacité technique.

$$\mu_{it} = \delta Z_{it} + w_{it}$$

Avec

Z_{it} : variables explicatives de l'inefficacité technique ;

w_{it} : est un vecteur de variables aléatoires indépendantes ;

3.2. Spécification du modèle

3.2.1. Frontière de production

Dans notre cas nous considérons que la technologie de production est de type Cobb-Douglas et elle est de la forme :

$$\ln VA_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(MO_i) + \beta_2 \ln(K_i) + \beta_3 \ln(SAU_i) + \mu_i + \vartheta_i$$

Avec

\ln : log-népérien

VA_i : la valeur ajoutée de l'exploitation i (1,2,...,37). Elle est exprimée en dinar tunisien DT.

MO_i : facteur travail utilisé par l'exploitation i et exprimé en jour.

K_i : le capital de l'exploitation i , évalué en DT.

SAU_i : Le facteur terre utilisé par l'exploitation i et il est exprimé en ha.

v_{it} : terme d'erreurs qui suit des distributions indépendantes de μ_{it} .

μ_{it} : Variable aléatoire non négative qui représente l'inefficacité technique.

3.2.2. Variables explicatives de l'Inefficacité technique

L'estimation simultanée proposée par Battese et Coelli, est mise en œuvre au moyen du programme FRONTIER version 4.1 (Coelli 1996) ; elle se déroule sur une étape unique permettant de détecter conjointement les facteurs explicatifs de niveaux d'efficacité et leur contribution relative respective directement lors de l'évaluation des performances économiques des unités de production.

Le modèle incluant les variables déterminantes de l'inefficacité technique prend la forme suivante :

$$\mu_i = \delta_0 + \sum_{i=1}^{n=5} \delta_i Z_i$$

Avec : $\delta_0 \rightarrow \delta_5$ coefficients à estimer ; $Z_i (i = 1 \rightarrow 5)$: variables explicatives de l'inefficacité technique ;

Ces variables et leurs effets attendus pour le modèle sont présentés dans ce qui suit.

Z_1 : Le mode d'accès à l'eau

Il s'agit ici d'étudier l'effet du mode d'accès à l'eau sur la répartition des scores d'efficacité technique (ET) entre les exploitations. En effet, dans le périmètre objet de la présente étude l'agriculteur est supposé adhérent au GDA qui est son unique pourvoyeur en eau. Néanmoins, la réalité montre l'existence d'une autre source d'approvisionnement en eau, les puits privés. Si bien que dans la zone d'étude, il y a lieu de distinguer trois modes d'accès à l'eau d'irrigation : l'eau en provenance des GDA, l'eau venant des puits privés et un mode mixte englobant les deux cas. Dans le modèle à estimer, le rapport entre la quantité d'eau venant du puits privé et la consommation totale d'eau a été adopté comme une variable proxy explicative de l'inefficacité technique.

Z_2 : L'âge des exploitants

La relation entre l'âge et le niveau d'efficacité est controversée. En effet, pour certains auteurs, contrairement aux jeunes producteurs, les plus âgés sont moins efficaces du fait de la faiblesse de leur perméabilité aux actions de vulgarisation et de la limitation de leur disposition à adopter les nouvelles innovations technologiques. Cette hypothèse a été empiriquement validée d'abord par Battese et Coelli (1995) concernant les exploitations indiennes et plus récemment par Coelli et Fleming (2004). Cependant, d'autres auteurs considèrent que le schéma de l'accumulation des qualifications par l'apprentissage (ou ce qu'on appelle couramment l'expérience) reste valable pour les exploitants agricoles. Et, à ce titre, ils créditent l'âge d'un effet positif sur l'efficacité (Wilson et al., 2001). Dans le cadre de cette étude, nous privilégions les conclusions de Coelli et Fleming (2004). Par conséquent, nous retenons l'hypothèse d'un effet négatif de l'âge de l'exploitant sur l'ET (donc positif sur l'inefficacité technique).

Z₃ : Le droit de propriété de la terre

L'impact du droit de propriété de la terre sur la performance des exploitations agricoles a été largement débattu. Mais, s'il y a un fait qui suscite peu de contestation, ce sera l'influence du mode de tenure de la terre sur l'efficacité et la productivité de la ferme. Car, c'est de la nature de ce mode de tenure notamment de pérennité et de sécurité d'accès à la terre que dépend le comportement de l'exploitant en matière d'investissement. La contribution de Salas et al. (1970) apporte, si besoin est, une preuve supplémentaire sur le rôle négatif du sentiment d'insécurité de l'exploitant en matière de propriété de la terre sur la productivité de l'exploitation agricole.

Dans le cas d'espèce, la variable proxy retenue pour appréhender l'effet du mode de tenure sur les scores des inefficacités est mesurée par le ratio : superficie en propriété de l'exploitant/ superficie totale disponible. A priori, la corrélation entre l'efficacité technique et cette variable est positive (donc négative pour l'inefficacité). La preuve est que, de par leur caractère hypothécable auprès des bailleurs de fonds, les terres en propriété individuelle confèrent aux exploitants propriétaires une éligibilité au crédit. Ce qui est de nature à faciliter non seulement le financement de l'investissement mais également la couverture des coûts de fonctionnement dont l'approvisionnement en intrants divers.

Z₄ : Le revenu extra-agricole

L'existence d'un revenu extra-agricole traduit souvent l'exercice d'activités extra-agricoles. Il peut s'interpréter comme un indicateur de non spécialisation des exploitants en agriculture ; il est source d'absentéisme. Absentéisme qui affecte négativement la performance des exploitations concernées.

Z₅ : La part de la main-d'œuvre familiale

L'incidence de la structure de la main-d'œuvre selon qu'elle est familiale ou salarié sur la productivité et la performance des exploitations agricoles suscite des divergences. En effet, si le résultat des travaux de Hallam et Machado (1996) concernant les exploitations laitières portugaises conforte la thèse d'une absence d'impact significatif de la part du travail salarié sur l'efficacité des exploitations, d'autres études s'inscrivent en faux par rapport à cette thèse et défendent l'idée que le travail salarié est synonyme d'une plus grande division des tâches et d'une plus grande spécialisation des travailleurs. Par ailleurs, en se référant au cas des exploitations américaines, Cabrera et al. (2010) ont prouvé que la part du travail familial est un facteur d'efficacité. Au regard des spécificités économiques et sociales propres à la zone d'étude, de notre point de vue, nous considérons que du fait que la famille est collectivement et directement concernée par le résultat de son exploitation, la stimulation à l'effort de chacun de ses membres est autrement plus importante que la main-d'œuvre salariée.

4. Résultats et discussions

Rappelons que l'objectif de ce papier est d'étudier l'effet de mode d'accès à l'eau d'irrigation sur l'efficacité de son exploitation. Afin de collecter les données utiles à cette investigation, une enquête de terrain a été conduite sur un échantillon de 47 exploitations appartenant au périmètre de Sidi Ali ben Salem.

La fonction frontière de production est estimée par la méthode du Maximum de vraisemblance (MV) à l'aide du logiciel Frontier 4.1 (Coelli, 1996). Elle consiste à construire la fonction de vraisemblance puis à déterminer les paramètres qui maximisent cette fonction. Le logiciel de Frontier 4.1 fournit par itération les élasticités de la frontière de production, les scores d'efficacité technique et les coefficients des déterminants.

4.1. Frontière de production

Les résultats de l'estimation de la frontière de production sont présentés par le tableau 1 suivant.

Tableau 1. Estimation des paramètres de la frontière de production stochastique

	coefficients	Standard-error	t-ratio
β₀ : constante	7,6722228	1,0694	7,173*
β₁ : Travail (MO)	0,07781717	0,1622	1,679**
β₂ : Capital (K)	0,06691978	0,0782	1,055
β₃ : Terre (SAU)	0,57569643	0,0806	7,135*

* Significatif à 1%

** Significatif à 10%

Force est de constater que contrairement aux facteurs capital et travail qui sont faiblement significatives, la variable terre (SAU) l'est très fortement, ce qui témoigne de l'existence d'une forte corrélation entre la superficie et la valeur ajoutée. De surcroît, étant donné que les paramètres estimés sont des élasticités, l'accroissement du volume du facteur terre de 1 % induit un accroissement de la valeur ajoutée de 0.57 %. Au même moment, mis à part la faible significativité du capital et du travail, leurs élasticités respectives sont environ dix fois moins importantes. Ce résultat paraît d'autant plus logique que la taille des exploitations est si réduite qu'elle s'érige comme une véritable contrainte face à l'intensification.

4.2. Les déterminants de l'inefficacité technique

Les résultats du modèle estimé montrent des scores d'efficacité techniques faibles. Ces scores confirment l'hypothèse de la faible performance des exploitations irriguées. En effet, 75 % des exploitations montrent des scores d'ET inférieur à 0,6.

Tableau 2. Scores d'efficacité technique des exploitations irriguées.

ET ≤ 0.60	ET > 0,60	ET Moyenne
75 % des exploitations	25 % des exploitations	0,59

Les facteurs susceptibles d'influencer les niveaux d'inefficacité des exploitations sont introduits dans le modèle sous forme de variables Z_i . L'estimation du modèle explicatif des inefficacités se fait, simultanément avec l'estimation des scores d'efficacité technique.

$$\mu_i = \delta_0 + \sum_{i=0}^{n=5} \delta_i Z_i$$

Tableau 3. Les déterminants de l'inefficacité technique

	Signe	Coefficients	t-ratio
Constante	-	0,07409	0,22291
Mode d'accès à l'eau (puits privé)	-	0,0001	-1,5000**
Age	+	0,0032	0,7180
Mode de détention de la terre	-	0,0021	-1,2807
Revenu Extra-Agricole	-	-0,00045	-2,8690*
Part de la Main d'œuvre familiale	+	0,7995	1.5004**

** Significatif à 10% * Significatif à 1%

Le tableau 3 fait état des résultats relatifs à l'explication des niveaux d'inefficacité technique. Il en ressort, qu'à l'exception des variables *Age de l'exploitant et mode de détention de la terre*, les coefficients sont significatifs pour toutes les variables. L'analyse des signes des coefficients revêt une importance ; elle permet à chaque fois de dévoiler la nature de la corrélation avec la variable dépendante.

Pour la variable *Age de l'exploitant*, ce signe est positif et il s'avère conforme au résultat attendu. Il ne fait que confirmer l'effet négatif du vieillissement des exploitants sur l'efficacité de leurs exploitations. D'ailleurs, comme il a été souligné plus haut, ceci est en accord avec le constat de Coelli et Fleming (2004).

Pour le *mode d'accès à l'eau d'irrigation*, le signe est négatif. Il conforte l'idée que l'appropriation d'un puits privé affecte positivement l'efficacité technique. En effet, l'installation d'un puits privé garantit à l'exploitant la disponibilité continue de l'eau d'irrigation surtout durant les périodes de pointe et de sécheresse qui, pour la zone de Kairouan, s'étalent sur une longue période. De plus, cela réduit le risque d'exposition aux coupures d'eau qui affectent le réseau collectif et qui sont provoquées par les conflits qui stigmatisent les GDA.

L'effet de la *variable mode de détention de la terre* sur le niveau d'efficacité technique ne déploie pas un effet statistiquement significatif. Il n'en reste pas moins que sa corrélation avec l'efficacité de l'exploitation est tout de même positive. On en déduit que la tenure foncière influence les performances des exploitations. Le signe négatif (corrélation négative avec l'inefficacité μ) apporte la preuve que les exploitants ayant un droit reconnu d'accès à la terre sont techniquement plus efficaces. C'est justement en admettant l'existence de cette relation que Albouchi et Bachta (2005) ont simulé l'effet qui résulterait d'une politique foncière volontariste destinée à accroître le nombre des titres fonciers de 20 %, (en supposant que tous les propriétaires de ces titres vont accéder à des crédits fonciers), sur l'efficacité des exploitations agricoles de la région de Kairouan. Leur conclusion est sans appel : Cette politique pourrait améliorer le niveau global de l'efficacité économique des exploitations irriguées dans la région.

Pour la *variable revenu extra-agricole*, l'estimation lui confère un signe négatif significatif à 1 %. Ce qui remet en cause l'hypothèse de départ d'un effet négatif de l'augmentation du revenu extra-agricole sur l'efficacité technique des exploitations irriguées. Cela procèderait du comportement même des exploitants agricoles face aux fluctuations des prix. En effet, dépourvus de la moindre forme de protection contre la volatilité des prix, les exploitants agricoles trouvent refuge dans les activités extra-agricoles qui les font bénéficier d'une diversification de leurs sources de revenu. Ce qui leur confère au final une meilleure aisance à financer leur activité agricole créant ainsi les conditions d'amélioration de la performance de leur exploitation. C'est ce qu'ont conclu en substance Abaab et al. (1991) dans une étude portant sur l'agriculture irriguée au sud tunisien puisqu'ils ont pu montrer que le niveau d'intensification de la production agricole accroît les besoins en revenus extérieurs permettant l'acquisition à temps des intrants et des moyens de production.

Enfin, le signe positif du paramètre de la variable « *Part de la Main d'œuvre familiale* », traduit l'effet significatif de la nature de la main d'œuvre sur la performance de l'exploitation. Il révèle que plus la main d'œuvre est de type familial, plus l'exploitation s'éloigne de la frontière de production et enregistre un score d'efficacité technique plus faible. En effet, et contrairement au travail salarié, synonyme d'une plus grande division des tâches et soumis à un contrôle strict de la part de l'exploitant agricole, le travail familial est d'une manière générale caractérisé par la non spécialisation des intervenants sur l'exploitation. Qui plus est, des considérations telles que l'héritage, le droit d'accès à la terre ou encore la répartition des revenus de l'exploitation constituent autant de sources potentielles de conflit.

5. Conclusion

L'objectif de cette recherche porte sur l'estimation des niveaux d'efficacité technique ainsi que l'identification des principaux facteurs qui les conditionnent dans la région de Sidi Ali Ben Salem à Kairouan. L'étude porte sur un échantillon de 47 exploitations irriguées. Sur le plan méthodologique, le modèle de Coelli et Battese (1995) a été retenu. Les résultats obtenus font apparaître les facteurs *mode d'accès à l'eau d'irrigation*, nature de la main d'œuvre et revenu extra-agricole comme étant dotés d'un effet statistiquement significatif sur l'efficacité technique des exploitations irriguées.

Par ailleurs, l'analyse de ces déterminants fait ressortir quatre conclusions particulièrement saillantes :

- L'appropriation de la terre influence positivement la performance de l'exploitation agricole. En effet, plus le droit de propriété foncière de l'agriculteur est reconnu, plus les inefficacités techniques sont réduites.
- Le revenu extra-agricole quand il existe contribue favorablement à la convergence des exploitations qui en bénéficient vers la frontière de production.
- La main-d'œuvre familiale influence négativement le niveau d'efficacité. En effet, le travail familial est, d'une manière générale, caractérisé par la non spécialisation et la non soumission à un contrôle strict par le chef de l'exploitation.

- Le mode d'accès à l'eau d'irrigation, soit l'appropriation d'un puits privé, montre une corrélation négative avec l'inefficacité technique. Ce qui s'interprète comme une justification du comportement des irrigants qui, bien qu'appartenant au périmètre public irrigué, recourent au creusement de puits privés. En effet, ces derniers font appel à de telles pratiques pour desserrer une contrainte réelle de disponibilité de l'eau en quantité selon le calendrier requis par les exploitants. Par conséquent, l'assainissement des conflits actuels au sein des GDA d'irrigation serait à lui seul de nature à améliorer les conditions d'irrigation. Ce qui ne manquerait pas de mettre fin à ce comportement jugé par les pouvoirs publics comme contre nature mais qui, aux yeux des exploitants, constituent des solutions ultimes pour se protéger un tant soit peu contre les aléas qui entachent la disponibilité de l'eau d'irrigation notamment en périodes de pointe.

6. Références bibliographiques

- AIGNER D. J. et S. F. CHU (1968).** On estimating the industry production function. *American Economic Review*, vol. 58, p. 826-839.
- AIGNER D. J., C.-A.-K LOVELL et P. SCHMIDT (1977).** Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, vol. 6, p. 21-38.
- ABAAB A., A. TBIB et M. BEN SALEM (1991).** Agriculture familiale et revenus extérieurs dans le Sud-Est tunisien. *Options Méditerranéennes, Sér. B / n°5*,
- ALBOUCHI Lassaâd , M.S. BACHTA et F.JACQUET (2007).** Efficacités productives comparées des zones irriguées au sein d'un bassin versant. *NEW MEDIT N. 3/2007*.
- ALBOUCHI Lassaâd , M.S. BACHTA et F.JACQUET (2005)** Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes, Actes du séminaire Euro Méditerranéen « Les instruments économiques et la modernisation des périmètres irrigués », M.S. Bachta (éd. sci.), 21-22 novembre 2005, Sousse, Tunisie.
- AMBAPOUR S. (2001)** *Estimation des frontières de production et mesures de l'efficacité technique*. BAMSII. Brazzaville.
- AMARA N. et R. ROMAIN (2000).** *Mesure de l'efficacité technique : Revue de la littérature*. La Série Recherche des Cahiers du CRÉA. Université Laval
- ATKINSON S. E. et C. CORNWELL (1994).** *Parametric estimation of technical and allocative inefficiency with panel data*. *International Economic review*. Vol.35. No.1.
- BATTESE G.E. et T. COELLI (1995).** *A model of technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data*. *Empirical Economics*, vol. 20, p. 325-332.
- Belloumi M. et and Matoussi M.S., 2006.** *A Stochastic Frontier Approach for Measuring Technical Efficiencies of Date Farms in Southern Tunisia*
- CABRERA V. E., D. SOLIS et J. DEL CORRAL (2010).** *Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin*. *Journal of Dairy Science* Vol. 93 No. 1,
- COELLI T. (1996).** A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation, CEPA Working Papers, No. 7/96.
- COELLI T., D.S.P. RAO et G.E. BATTESE (1998).** *An Introduction to Efficiency Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- COELLI, T. et E. FIEMING (2004).** *Diversification economies and specialisation efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in Papua New Guinea*. *Agricultural Economics*, vol. 31,
- CHARNES A., W. W. COOPER et E. RHODES (1978).** *Measuring the efficiency of European economic*. *Journal of Operations Research*, vol. 2, p. 429-444.
- DEBREU G. (1951).** *The Coefficient of Resource Utilization*, *Econometrica*.
- Dhebi B. et R. Telleria, 2012.** Irrigation water use efficiency and farm size in Tunisian agriculture : A parametric frontier analysis approach. *American Eurasian J.Agric. and environ sci.* 12 (10)
- Dhehibi et al., 2007.** Measuring irrigation water use efficiency using stochastic production frontier: An application on citrus producing farms in Tunisia. *AfJARE* Vol 1 No 2 September 2007
- FARRELL M. J. (1957).** *The Measurement of productive Efficiency*. *Journal of the Royal Statistical Society*, séries A, 120, part. 3, p. 253-290.
- GUNTHER C.-B. et T. CHAUVEAU (2002).** *L'efficacité technique peut-elle contribuer à l'évaluation du risque d'insolvabilité ? Le cas des banques commerciales européennes*. *Revue française d'économie*.
- HALLAM D. et F. MACHADO (1996).** *Efficiency Analysis with Panel Data: A Study of Portuguese Dairy Farms*. *European Review of Agricultural Economics*, vol. 23 (1)
- JONDROW J., C.-A.-K. LOVELL, I.-N. MATEROV et P. SCHMIDT (1982).** *On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model*. *Journal of Econometrics*, vol.
- 19. KOOPMANS T. (1951).** *Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities*, in: T. C. Koopmans (ed) *Activity Analysis of Production and Allocation*, New Haven, Yale University Press.

- LEVEQUE J. et W. ROY (2004).** *Quelles avancées permettent les techniques de frontière dans la mesure de l'efficacité des exploitants de transport urbain? In : XIVe journées du SESAME, 23, 24 et 25 septembre.*
- Mahdhi N., M. Sghaier et M. S. Bachta, 2011.** *Water use and technical efficiencies in private irrigated perimeters in South-Eastern of Tunisia. Emir. J. Food Agric. 2011. 23 (5): 440-451*
- Ministère de l'Agriculture, 2013.** *L'alimentation en eau potable et assainissement en Tunisie. Document de travail de Bureau de Planification et des Equilibres Hydrauliques*
- NUAMA E. (2006).** *Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte- d'Ivoire. Économie rurale Numéro 296.*
- WILSON P., H. DAVID, A. CAROL (2001).** *The influence of management characteristics on the technical efficiency of wheat farmers in eastern England. Agricultural Economics 24 (2001) 329–338*
- VAN PASSELY S., L. LAUWERSZ et G., VAN HUYLENBROEK,** *Factors of farm performance: an empirical analysis of structural and managerial characteristics.*