

**HEC MONTREAL
AFFILIÉE À L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL**

**CONTRATS AGRICOLES, MORCELLEMENT DES TERRES ET EFFICACITÉ
TECHNIQUE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DU VILLAGE TUNISIEN
EL OULJA : UNE APPLICATION EMPIRIQUE DE LA MÉTHODE DATA
ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA).**

Par

Slim ACHOUR

Sciences de la gestion

*Mémoire présenté en vue de l'obtention
Du grade de maîtrise ès sciences
Option Économie Appliquée
(M.Sc.)*

**Mars 2005
© Slim Achour, 2005**

Retrait d'une ou des pages pouvant contenir des renseignements personnels

DÉDICACE

À ma femme :

Que ce travail soit le témoignage de ma profonde affectation et ma très vive reconnaissance pour les sacrifices que je t'ai imposés, et la récompense des moments difficiles que tu as supporté pour m'épauler.

Merci pour ton sourire.

Merci pour ta précieuse présence.

❖ À mon père :

Ma grande reconnaissance va à toi, pour ta patience, ta compréhension, tes encouragements multiples et ta bienveillante attention.

J'espère que tu trouves ici, l'expression de ma gratitude pour ce que ta présence dans les moments importants, me fut d'un grand réconfort malgré les douloureux souvenirs que tu as ancrés dans ma vie.

❖ À tou (te) s mes ami(e) s :

Qui de prés ou de loin, m'ont aidé dans la réalisation de ce travail et dont le soutien moral et la serviabilité m'ont jamais été démentis et particulièrement Mohammed, Loubna et Thameur.

Qu'ils veuillent bien trouver ici le témoignage de ma grande affectation.

❖ À :

Celle qui m'a appris le sens de la vie...

À Celle qui m'a appris à aimer...

À Celle qui m'a donné sans rien me demander...

À Celle qui m'a souris quand tout m'était confus...

À celle avec laquelle j'ai vécu des douloureux et dramatiques moments...

À Toi, Maman

C'est à toi que j'offre ce travail

Le fruit de mes efforts et mes souffrances

Sans toi à mes côtés.

Je te dis : merci pour les souvenirs partagés,

Merci pour ton cœur que tu m'as confié.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à mon directeur de recherche Mr Désiré Vencatachellum pour ses conseils, son intérêt qu'il a porté à ce travail et le temps qu'il a passé à le diriger, pour son optimisme qui m'a tant inspiré et surtout pour son soutien moral légendaire. Que ce travail soit le témoignage de ma très vive reconnaissance pour sa présence aux moments difficiles.

Je remercie également mon codirecteur Mr Benoit Dostie d'avoir co-diriger cette recherche et du soutien aussi bien moral que matériel dont j'ai pu bénéficier tout au long de la réalisation de ce travail.

Je voudrais également témoigner ma profonde gratitude à Mr Abdelkhalek Touhami, professeur à ENSEA au Maroc, pour son soutien moral et pour m'avoir facilité la maîtrise de certains logiciels fondamentaux pour ma recherche.

Enfin, je remercie les professeurs Mme Breton et Mr Rombouts pour m'avoir fait l'honneur de siéger en tant que membres de lecteur mon travail.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vi
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTÉRATURE	5
Section 1 : Inefficacité marshallienne versus hypothèse de Cheung	6
1.1.1. L'inefficacité marshallienne	6
1.1.2. L'approche de Cheung	7
1.1.3. Les déterminants de l'efficacité relative des contrats agricoles	7
1.1.3.1. Intensité de supervision	7
1.1.3.2. La théorie des marchés manquants	8
1.1.3.3. Le capital humain	10
1.1.3.4. La superficie des terres agricoles	11
Section 2 : Tests empiriques de l'inefficacité marshallienne	12
1.2.1. Définition de l'efficacité économique	12
1.2.2. Méthode de <i>Index Number</i>	13
1.2.2.1. Le rendement par hectare	13
1.2.2.2. Intensité d'utilisation des intrants	15
1.2.3 Méthode paramétrique	17
Section 3 : État de l'agriculture Tunisienne : ses défis face au morcellement	18
Des terres agricoles	
1.3.1. Agriculture en Tunisie : le morcellement est-il un danger	18
1.3.2. Régulations et ajustements fonciers	19

CHAPITRE 2 : MÉTHODE DEA ET TESTS D'EFFICACITÉ TECHNIQUE	22
Section 1 : L'efficacité économique : un bref survol de littérature	23
2.1.1. Définition de l'efficacité technique	23
2.1.2. Définitions graphiques	23
Section 2 : La méthode DEA	26
2.2.1. Définition	27
2.2.2. Les variantes de la méthode DEA	28
2.2.2.1. Définitions des rendements d'échelle	29
2.2.2.2. Le modèle CCR et hypothèse de rendements d'échelle constants	29
2.2.2.3. Le modèle BCC et hypothèse de rendements d'échelle variables	32
2.2.2.4. Modèle à rendements d'échelle non décroissant	33
2.2.3. Rendements d'échelle et méthode DEA	33
Section 3 : Tests d'efficacité technique	36
2.3.1. Test de moyenne	37
2.3.2. Tests non paramétriques	38
2.3.3. La dominance stochastique	40
CHAPITRE 3 : LES DONNÉES	42
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS	45
Section 1 : Scores d'efficacité technique et rendements d'échelle	45
Section 2 : Hypothèse de l'inefficacité marshallienne	48
4.2.1. Scores d'efficacité technique et contrats agricoles	49
4.2.2. Tests empiriques de l'inefficacité marshallienne	50
4.2.2.1. Test de moyenne et test de Wilcoxon	50
4.2.2.2. Approche pratique de la dominance stochastique : test de l'inefficacité marshallienne	51
CHAPITRE 5 : LES DÉTERMINANTS DE L'EFFICACITÉ TECHNIQUE	54
Section 1 : Méthodologie	54
Section 2 : Discussion des résultats des estimations	58
CONCLUSION GÉNÉRALE	62
BIBLIOGRAPHIE	64
ANNEXES	70

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1	Scores d'efficacité technique	46
Tableau 4.2	Rendements d'échelle par superficie	48
Tableau 4.3	Efficacité technique par type de contrat	49
Tableau 4.4	Résultats du test de la dominance stochastique	52
Tableau A2.1	Production et coûts des intrants des huit terres sélectionnées	76
Tableau A2.2	Résultats du programme d'optimisation CCR	78
Tableau A3.1	Représentativité du sous échantillon par rapport à la variable 'type de contrat'	81
Tableau A3.2	Représentativité du sous échantillon par rapport à la variable 'Superficie'	81
Tableau A3.3	Représentativité du sous échantillon par rapport à la variable 'type du sol'	82
Tableau A3.4	Représentativité du sous échantillon par rapport à l'effet croisée des variables 'intensité de supervision' et 'contrat de métayage'	82
Tableau A3.5	Statistiques descriptives des intrants et de la production	83
Tableau A3.6	Statistiques descriptives des caractéristiques des contrats	84
Tableau A3.7	Statistiques descriptives des caractéristiques des exploitations	84
Tableau A3.8	Statistiques descriptives des types des sols par type de contrat	84
Tableau A3.9	Statistiques descriptives des surfaces des terres par type de contrat	85
Tableau A3.10	Statistiques descriptives pour les parts des intrants et de la production assumées par le paysan	85
Tableau A5	Tests empiriques de l'inefficacité marshallienne	90
Tableau A7.1	Estimation de l'efficacité technique pure par le modèle Tobit et par la spécification logistique (version1)	95
Tableau A7.2	Estimation de l'efficacité technique pure par le modèle Tobit et par la spécification logistique (version 2)	96
Tableau A7.3	Estimation de l'efficacité technique pure par le modèle pour le sous échantillon des exploitations sous contrats de métayage et de location	97

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Inefficacité allocative versus efficacité technique	24
Figure 2.2	Différence entre la méthode DEA et la méthode de tendance centrale	25
Figure 2.3	L'efficacité technique et l'efficacité d'échelle	36
Figure 4.1	Efficacité technique globale : métayer versus propriétaire exploitant	52
Figure A1	Inefficacité des contrats de métayage	70
Figure A2	Distribution des scores d'efficacité technique	78
Figures A4	Scores d'efficacité technique	86
Figures A6	Courbes de densité des scores d'efficacité technique	89

INTRODUCTION GENERALE

La question foncière a toujours été au cœur des politiques agricoles. En effet, les structures foncières déterminent souvent aussi bien le développement de la production que la croissance économique d'un pays. L'agriculture tunisienne a connu au cours de son histoire des restructurations continues. L'objectif ultime du gouvernement est de promouvoir ce secteur vital pour ce pays. L'amélioration des rendements des terres agricoles n'est assurée que si le gouvernement met en œuvre des moyens importants pour soutenir son action. La littérature théorique récente utilise deux approches pour expliquer la productivité de ces terres. La première suppose que le mode de faire valoir de la terre joue un rôle déterminant dans la productivité des intrants. La deuxième approche essaie de déterminer quels autres facteurs de production sont susceptibles d'améliorer la productivité agricole.

En agriculture nous distinguons entre différents modes de faire valoir de la terre qui font référence à différents types de contrats : salariat, fermage, métayage. En effet, le propriétaire ne voulant pas exploiter lui-même sa terre, peut soit: (i) engager de la main d'œuvre salariale et toucher toute la récolte, c'est le contrat propriétaire – exploitant, (ii) louer la terre à un cultivateur qui lui paie un loyer fixe, c'est le contrat de location, (iii) la céder à un cultivateur appelé métayer contre une fraction de la récolte, c'est le contrat de métayage. Plusieurs études théoriques et empiriques ont analysé l'efficacité de ces

trois modes d'exploitation. Nous distinguons entre ceux qui jugent que le contrat de métayage est inefficace, d'où l'appellation d'inefficacité marshallienne, de ceux qui pensent que tous les contrats sont efficaces (Cheung 1969).

En dépit du fait qu'ils sont très répandus, les contrats de métayage sont souvent jugés inefficaces par rapport aux autres modes alternatifs d'exploitations de la terre. En effet, il a déjà été démontré que les terres sous des contrats de métayage utilisent de façon moins intense les facteurs de production que celles exploitées par leurs propriétaires. En d'autres termes, le niveau optimal d'intrant fourni par le métayer est inférieur à celui atteint par le propriétaire exploitant. Cette différence provient du fait que les métayers ne reçoivent pas tous les bénéfices de leurs productions. Cheung (1969) suppose que le propriétaire d'une terre cultivée sous un contrat de métayage a accès à une technologie de surveillance peu coûteuse qui permet d'éviter le problème de risque moral. En effet, par ses activités de supervision, le propriétaire force le paysan à réaliser l'optimum de premier rang qui est atteint par le propriétaire exploitant (Ai, Arcand et Ethier 1998). De point de vue empirique, deux grandes approches ont été adoptées pour tester l'inefficacité des contrats de métayage. La première repose sur la comparaison des rendements par hectare, de la productivité de chaque intrant, et de la productivité globale des facteurs. La seconde approche repose sur la comparaison de l'intensité d'utilisation des inputs et des outputs entre les terres cultivées en métayage et celles en location ou cultivées par leurs propriétaires.

Plusieurs autres explications ont été avancées pour justifier les niveaux d'efficacité des terres agricoles. Ces explications gravitent autour des variables caractérisant l'éducation et l'expérience des paysans, la contrainte de crédit, et surtout la taille des lopins de terres cultivés. Si nécessaire que soit le maintien de la fertilité du sol, cette action ne suffit pas à assurer le bon rendement agricole. Certaines opérations d'aménagement foncier et l'utilisation rationnelle du capital terre sont également indispensables. L'état parcellaire excessif du territoire agricole en Tunisie, entraîne un gaspillage de terre, de main d'œuvre et d'autres facteurs de production, gravement préjudiciables à cette économie. Dès lors, l'intervention du gouvernement en matière de régulation des structures foncières est devenue primordiale pour un développement durable du pays en générale et du secteur agricole en particulier. Le processus de morcellement des terres est rapide et

est lié à une forte croissance démographique, aux développements d'autres usages de la terre et aux lois de l'héritage. De ce fait, l'analyse des effets du morcellement sur la compétitivité des agricultures pose un certain nombre de questions : (i) quelle relation y a-t-il entre taille de l'exploitation agricole et le volume de la production, (ii) est-ce que les formes de faire valoir indirect de la terre ont un impact sur le rendement agricole et (iii) quels ajustements doivent être mis en œuvre pour s'adapter au morcellement. Dans notre travail nous essaierons d'apporter des éléments de réponses à ces questions.

L'objectif de notre mémoire est donc d'évaluer, sur la base des données collectées du village tunisien El Oulja, le niveau d'efficacité des exploitations agricoles tunisiennes. Nous examinons leurs structures économiques et nous estimons leurs efficacités techniques par la méthode de programmation mathématique appelée Data Envelopment Analysis (DEA). Pour ce faire, nous résolvons deux modèles de programmation mathématique à savoir le modèle CCR (Charnes Cooper et Rhodes (1978)) et le modèle BCC (Banker, Cooper et Charnes 1984). En comparant les scores d'efficacité technique obtenus de la résolution des modèles CCR et BCC nous distinguons entre les terres qui sont exploitées efficacement sous des rendements d'échelle constants et celles exploitées sous des rendements d'échelle décroissants. C'est ainsi que nous répondons à notre première question de recherche qui porte sur l'intervention du gouvernement en matière d'interdiction du morcellement. Nos résultats confirment que les terres exploitées sous des rendements d'échelles décroissants dominent largement les terres exploitées sous des rendements d'échelle croissants. Par la suite, toute politique d'interdiction de morcellement de terre n'est pas défendable étant donné la nature des rendements d'échelles des terres à El Oulja.

Afin de répondre à notre deuxième question de recherche qui porte sur l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne, nous testons les scores d'efficacité technique obtenus par la résolution des modèles CCR et BCC en utilisant le test de moyenne, le test de rang et le test de dominance stochastique. Le test de moyenne et le test de rang (et en particulier le test de Wilcoxon) sont souvent les plus utilisés dans les études antérieures portant sur la méthode DEA. Toutefois, nous constatons que certaines hypothèses de base de ces deux tests sont violées et les résultats trouvés peuvent nous conduire à des conclusions erronées. Comme solution, nous proposons le test de dominance stochastique. Dans leur

ensemble, nos résultats empiriques appuient le point de vue marshallien et rejette l'hypothèse de Cheung (1969).

Exception faite du travail avant-gardiste de Ai, Arcand et Ethier (1998), les études existantes ne tiennent pas compte des variables caractérisants les intrants en gestion, la supervision, l'interaction répétée et le partages des coûts. Dans notre mémoire, les trois contributions majeures sont non seulement de mesurer l'efficacité technique des terres agricoles par la méthode DEA (jamais encore à notre connaissance, une étude ne s'est intéressée à appliquer cette méthode pour tester l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne) et de déterminer la nature des rendements d'échelle (afin de conclure quant à la politique d'interdiction du morcellement des terres) mais aussi d'en analyser les déterminants. Une attention particulière sera accordée aux variables caractérisants les arrangements contractuels et la formation de capital humain en utilisant des régressions d'un modèle Tobit et d'une spécification logistique pour tenir compte du problème de censure de notre variable dépendante (efficacité).

Ce mémoire est organisé comme suit : dans un premier chapitre, nous présentons une brève revue de littérature sur la théorie des contrats agricoles ainsi que sur l'état de l'agriculture en Tunisie face au problème du morcellement. Le deuxième chapitre est consacré à exposer le fondement théorique de la méthode DEA qui nous servira de support pour l'estimation de notre variable dépendante à savoir l'efficacité technique des terres agricoles. Nous aborderons aussi dans ce chapitre les fondements de certains concepts statistiques tels que le test de moyenne, le test de Wilcoxon et la dominance stochastique. Dans le troisième chapitre nous présentons les données qui nous servent de support pour notre analyse. Notre avant dernier chapitre est consacré pour tirer des conclusions sur deux concepts fondamentaux à savoir, l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne et la nature des rendements d'échelle et par effet même le rôle de l'intervention du gouvernement en matière d'interdiction du morcellement. Enfin, le chapitre cinq est consacré à l'estimation des déterminants de l'efficacité.

CHAPITRE 1 REVUE DE LA LITTÉRATURE

En agriculture, nous distinguons entre différentes relations de partenariats qui font référence à différents types de contrats : location, salariat et métayage. Ce dernier contrat a fait l'objet de très nombreuses études car il est réputé inefficace tout en étant une forme de contractualisation très répandue. Plusieurs auteurs ont essayé de résoudre ce 'puzzle' (Marshall (1901) et Cheung (1968)).

Notre revue de littérature est organisée comme suit : la première section passe en revue le débat sur l'inefficacité marshallienne. Nous y traiterons aussi la supervision des travailleurs par les propriétaires. Nous présentons ensuite les autres variables susceptibles d'influer l'efficacité des trois types d'exploitation de la terre. La seconde section expose les études empiriques qui testent l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne. Enfin, nous traitons la problématique du morcellement des terres agricoles en Tunisie.

Section 1 Inefficacité marshallienne versus hypothèse de Cheung

Plusieurs études empiriques et théoriques se sont intéressées à l'efficacité des contrats agricoles. Dès lors, nous distinguons entre celles qui soutiennent l'approche marshallienne et celles qui défendent l'hypothèse de Cheung.

1.1.1 L'inefficacité marshallienne :

Un contrat de métayage stipule que l'exploitant et le propriétaire d'une terre se partagent les fruits du sol. Le métayer ne paie pas de redevance en espèce mais partage la récolte avec le propriétaire. Les travaux de Marshall (1890) ont donné naissance à un courant de littérature qui argumente l'inefficacité des contrats de métayage. Alors que le propriétaire-cultivateur égalise la productivité marginale au coût marginal, le métayer pondère la production marginale par la fraction de la récolte qu'il reçoit. Ainsi, son incitatif à produire se trouve réduit tel qu'il est illustré dans la figure 1 (Annexe 1).

Considérons le cas d'un agriculteur qui cultive lui-même sa terre. Sa production et les coûts supportés sont représentés respectivement par les courbes OA et OB . Nous supposons ici que ses coûts variables sont linéaires et qu'ils dépendent seulement du travail. L'optimum de premier rang est caractérisé par l'égalité entre la production marginale du travail et le coût marginal (point C). Le niveau optimal du travail correspondant à cet équilibre est L^* . Enfin, le surplus total procuré par cet agriculteur correspond à la surface qui sépare la courbe de la fonction de production OA à la courbe de la fonction de coût OB . C'est le segment CD .

Si nous supposons maintenant que cet agriculteur cultive une autre parcelle de terre sous un contrat de métayage. Selon les termes de ce contrat, il doit remettre au propriétaire une part de la production finale comme loyer de la terre. Dans ce cas, la part de la production de cet agriculteur sera représentée par la courbe OE . En supposant que ce dernier fait face aux mêmes coûts supportés sur sa propre terre, l'équilibre correspondant à l'égalité entre la part de son produit marginal du travail et son coût marginal est établi

au point K . Le niveau du travail correspondant à ce nouvel équilibre est L_m qui est inférieur à L^* . Ainsi, nous remarquons que le surplus total du tenancier, représenté par le segment DM est inférieur à celui représenté par le segment CD dans le cas où le propriétaire cultive lui-même sa propre terre.

1.1.2 L'approche de Cheung

Par opposition à la critique Marshallienne de l'inefficacité des contrats de métayage, Cheung (1968) démontre que le contrat de métayage est aussi efficace que les autres types d'exploitations. En effet, le propriétaire supervise le métayer parfaitement et sans coût de façon à le forcer à fournir le niveau d'effort optimal. Cheung (1968) et Newberry (1977) démontrent que le travail du tenancier (métayer ou locataire) est observé sans coûts par le propriétaire. Ce dernier peut spécifier un niveau minimal de travail qui doit être fourni par le métayer. Ainsi, le métayer se contente uniquement de son coût d'opportunité. Par contre, le propriétaire n'est plus soumis au risque moral et réalise le même profit que s'il avait donné sa terre sous un contrat de rente fixe.

Ces résultats ne sont valables que si le propriétaire supervise le métayer. Dès lors, la supervision est considérée comme l'un des moyens susceptibles d'accroître le niveau d'efficacité du tenancier pour le rapprocher de l'optimum de premier rang. Cependant, la littérature théorique dénombre plusieurs autres variables qui doivent être prises en compte lors de l'établissement d'un contrat agricole et qui peuvent influencer l'allocation optimale des ressources.

1.1.3 Les déterminants de l'efficacité relative des contrats agricoles

Plusieurs explications ont été avancées pour justifier l'inefficacité des contrats de métayage. Nous les présentons dans ce qui suit.

1.1.3.1 Intensité de supervision

La supervision occupe une place cruciale dans la théorie des contrats agricoles. Les coûts de transaction en général et les coûts de supervision en particulier existent pour deux raisons : (i) La présence du risque moral suite à la non observabilité du niveau

d'effort du métayer et (ii) la sélection adverse due à l'asymétrie de l'information sur les habilités des tenanciers. En métayage, la théorie de supervision, justifiée souvent par le problème d'agence entre le propriétaire et le tenancier, a été depuis longtemps parmi les sources de débat entre les tenants de Marshall et ceux de Cheung (Alston, Dutta et Nugent (1984), Ai, Arcand et Ethier (1998), Acharya et Eklund (1998), Evenson, Kimhi et Desilva (2000), Agrawal (2002)).

Lucas (1979) argumente que la supervision du propriétaire, malgré qu'elle soit coûteuse, est réussissable d'influer le niveau d'efficacité du tenancier. Alston, Dutta et Nugent (1984) démontrent que le tenancier est obligé d'assurer un niveau satisfaisant d'effort sous peine de ne plus pouvoir renouveler son contrat. En effet, la menace d'éviction constitue une incitation de long terme dans un modèle à deux périodes (Banerji et Rachid 1996). À son tour, Nabi (1986) vérifie que la supervision et le partage des coûts sont les seuls moyens dont dispose le propriétaire pour assurer une utilisation efficace des intrants sur ses terres données en métayage au Pakistan. Finalement, Acharya et Eklund (1998) suggèrent que l'élaboration d'une relation d'amitié entre le propriétaire et le métayer, caractérisée par un échange de cadeaux, pourrait réduire le risque moral.

1.1.3.2 La théorie des marchés manquants

L'une des caractéristiques des pays sous développés est l'imperfection des marchés du crédit et du travail. L'imperfection du marché du crédit se traduit par la non attribution des crédits aux paysans pauvres qui ne possèdent pas de collatéral. Par contre, l'imperfection du marché du travail résulte du fait que la demande de la main d'œuvre dépend du type de la récolte, de la saison, du climat, ce qui implique une irrégularité dans l'embauche. Pant (1981), suggère le recours à la main d'œuvre familiale. En effet, ceci permet de résoudre aussi bien le problème de l'imperfection du marché ainsi que le risque moral puisque les membres de la famille s'auto supervisent. Ces imperfections permettent de justifier l'existence des contrats de métayage et d'expliquer le différentiel d'efficacité entre les différents modes de faire valoir la terre.

La théorie des marchés manquants repose sur une hypothèse fondamentale : les deux partis du contrat établissent un contrat implicite où il y a échange de l'habileté

managériale du propriétaire et de la qualité de supervision des tenanciers (Eswaran et Kotwell 1988). Or, l'idée de l'échange implicite entre propriétaire et tenancier a été évoquée pour la première fois, à notre connaissance, par Johnson (1971). En effet, "*l'apport anthropologique*"¹ de ce dernier consiste à justifier l'efficacité des contrats de métayage par un échange implicite entre les deux parties contractantes dans une économie caractérisée par la rareté de la terre et de la main d'œuvre.

L'approche "*des intrants non commercialisés*" développée par Eswaran et Kotwell (1988), constitue une première alternative pour expliquer la co-existence et l'efficacité des trois types de contrats agricoles. Le point fort de leur modèle se résume dans le fait d'intégrer le propriétaire de l'intrant non commercialisé dans le processus productif. En effet, le propriétaire détient un avantage comparatif sur le tenancier par son aptitude de gestion, par son savoir faire, et par son éducation. Cependant, le tenancier, en embauchant de la main d'oeuvre familiale, est mieux qualifié pour superviser le niveau d'effort fourni ainsi que la quantité des intrants employés (Pant 1981).

A leur tour, Mattoussi et Laffont (1995) utilisent un ensemble de données originales, prélevées dans un village tunisien El Oulja, et procèdent par des régressions et tests économétriques. Ils mettent en exergue le lien entre les contraintes financières et la nature du contrat. Leurs résultats montrent que plus les contraintes financières du tenancier sont importantes, plus la part de la récolte que le contrat lui garantit est petite, et moins important est l'effort déployé à la tâche. En effet, ils soutiennent la "*thèse Cheunguienne*" si la contrainte financière du tenancier est *active*. Finalement, Ai, Arcand et Ethier (1998), utilisent également les mêmes données portant sur les ménages de El Oulja. Ils mettent en évidence l'effet significatif des intrants en gestion agricole sur l'utilisation de certains intrants physiques.

La théorie des marchés manquants et la supervision du propriétaire constituent les deux axes de recherche les plus développés dans les travaux empiriques afin de tester l'hypothèse d'inefficacité marshallienne. En guise de justification de cette hypothèse, certains auteurs se sont intéressés à expliquer l'efficacité des contrats agricoles par

¹ Ce terme a été employé par Truran et Fox (1979) qui supposent que Johnson n'a pas démontré ces propos par un modèle théorique.

l'éducation des tenanciers et des propriétaires et par la superficie des terres cultivées. C'est ce que nous essayons de voir dans ce qui suit.

1.1.3.3 Le capital humain

L'éducation de l'agriculteur peut influencer son rendement par la formation des aptitudes de bases lui permettant une meilleure allocation de ses ressources productives. Lockheed, Jamisson et Lau (1980) font la synthèse de 37 bases de données utilisées dans 18 articles mettant en exergue l'effet de l'éducation sur la productivité des fermiers. Leur étude révèle qu'en Asie, quatre années de scolarité accroissent la production de 4.3%. Cependant un accroissement de la production n'implique pas nécessairement l'efficacité de l'agriculteur. Ai, Arcand et Ethier (1998) soulèvent le problème de la définition du terme 'efficacité'. Ils définissent l'inefficacité comme étant une déviation par rapport à l'équilibre du premier rang et non pas uniquement une sous utilisation des intrants par le métayer. À ce sujet, Yotopoulos et Lau (1971, 1973) décomposent l'efficacité économique en (i) efficacité technique et (ii) efficacité des prix. Un agriculteur est dit techniquement efficace s'il peut augmenter sa production en utilisant la même quantité d'intrants. Par contre, l'efficacité des prix (codifiée plus tard d'efficacité allocative) signifie que ce dernier est le plus habile à maximiser les profits étant donnée la même technologie de production.

Intuitivement, nous nous attendons à ce qu'un agriculteur éduqué puisse produire une quantité optimale étant donnée sa technologie de production. Il détient un niveau de compréhension et d'information meilleur sur la période des semences, sur la quantité d'irrigation, sur l'application des engrais, ect. L'éducation peut aussi changer l'habileté de l'agriculteur à maximiser ses profits soit en maximisant sa production soit en minimisant ses coûts. En effet, un agriculteur plus éduqué tient compte de l'environnement socio-économique tel que l'imperfection des marchés, la technologie de production disponible et les caractéristiques des terres à cultiver. Lockheed et. *al* (1980) souligne que l'efficacité des fermiers dépend d'autres facteurs tels que (i) L'existence d'un secteur formel d'éducation et (ii) la nature de la technologie disponible aux fermiers : un environnement dynamique caractérisé par une technologie de production qui ne cesse d'évoluer.

1.1.3.4 La superficie des terres agricoles

Les terres agricoles présentent plusieurs caractéristiques qui risquent d'affecter la productivité et par voie de conséquence l'efficacité des tenanciers. Parmi ces variables longuement discutées dans la littérature économique nous privilégions la superficie de l'exploitation. Indépendamment du type de contrat établie, la relation entre cette variable et l'efficacité des terres agricoles demeure dans la majorité des études ambiguë. Certains auteurs trouvent soit : (i) une relation positive : l'efficacité technique augmente (diminue) si la superficie de la terre augmente (diminue) et ceci s'explique nécessairement par les économies d'échelle réalisées, (ii) une relation négative et (iii) une relation non linéaire : les petites exploitations sont exploitées plus efficacement que les terres de taille moyenne, alors que les grandes terres demeurent toujours exploitées le plus efficacement. Van Zyl, Miller et Parker (1996) et Munroe (2001), en étudiant le cas de la Pologne, concluent qu'il existe une relation négative entre efficacité technique et taille. En revanche, et pour le même pays, Davidova, Gorton, Zawalinska, Iraizoz, Kovacs et Mizo (2002) et Lerman (2002) concluent que les terres de grandes tailles sont les plus efficaces. Latruffe, Balcombe, Davidora et Zawalinska (2003) trouvent que les petites et les grandes terres sont les plus efficacement exploitées.

Les quatre variables décrites dans cette section sont considérées les plus importantes dans la justification de l'efficacité des contrats de métayage. Il est aussi pertinent de noter que les intrants en gestion sont fortement corrélés à l'éducation et à la supervision du métayer/propriétaire. Un agriculteur mieux éduqué, a l'opportunité de mieux gérer sa terre, et par conséquent augmenter ses profits en optimisant l'utilisation des intrants. Cet effet sera semblable à celui obtenu par une supervision efficace et sans coût. Ai, Arcand et Ethier (1998) supposent que "*la supervision est déguisée en habilité de management*". Tout ce débat a fait l'objet de plusieurs études empiriques qui testent l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne

Section 2 Tests Empiriques de l'inefficacité marshallienne

L'étude de l'efficacité allocative sous les différents types de contrat agricole a fait l'objet d'un grand débat. Cette explication alternative a commencé depuis Marshall (1920) qui suppose que l'allocation des ressources de production sous un contrat de métayage est moins efficace que celle sous un contrat de rente fixe ou de propriétaire- exploitant. Cette inefficacité coïncide avec deux faits : (i) d'une part le propriétaire ne peut ni contrôler parfaitement, ni obliger le tenancier à utiliser une quantité donnée d'intrant, (ii) et d'autre part le tenancier n'a aucune incitation à agir optimalement étant donnée qu'il n'obtient qu'une part de la production totale.

Dans de cette seconde section, nous passons en revue sur les méthodes d'estimation de l'hypothèse d'inefficacité marshallienne. Après avoir présenté le concept d'efficacité, nous classons ces méthodes en deux grandes catégories. Une première qui recourt aux estimations économétriques, appelées encore méthode de "Index Number", et une deuxième qui repose sur les méthodes paramétriques en estimant une frontière de production stochastique.

1.2.1 Définition de l'efficacité économique

L'efficacité économique est composée de l'efficacité technique et l'efficacité allocative. Une firme est économiquement efficace si elle utilise de façon optimale les différents facteurs de production. Ai, Arcand et Ethier (1998) soutiennent que le terme d'efficacité économique a été souvent mal défini. En effet, l'inefficacité marshallienne est synonyme de l'inefficacité allocative. Mais ceci, ne s'oppose pas à l'existence de l'inefficacité technique qui peut être associée à une faible habilité du métayer à utiliser la technologie adéquate pour son exploitation. En effet, si le métayer choisit une technologie inefficace, nous pouvons apparier ceci à une inefficacité de type marshallienne si on permet à la technologie d'être un intrant que le tenancier choisit.

L'efficacité économique est souvent testée à partir d'un système d'équations composé de la fonction de production et des conditions du premier ordre dérivées de la maximisation

du profit (Yotopoulos et Lau 1973). L'estimation d'une frontière de production stochastique constitue une première alternative pour tester l'inefficacité technique. Araujo, Araujo-Beanjean (1999), en utilisant cette technique, établissent un lien entre le type de contrat, l'inefficacité allocative et l'inefficacité technique. Ahmed, Gebremedhin, Benin et Ehui (2002), en utilisant la même procédure que Araujo *et. al* (1999), constatent que les contrats de métayage et de location sont techniquement moins efficaces que les contrats de propriétaire-exploitant en Éthiopie. Gavian et Ehui (1999), en étudiant le même pays, proposent d'adopter la méthode de la productivité globale des facteurs. Leur étude révèle que la productivité est moindre sur les terres louées et que les intensités d'utilisation des facteurs ne sont pas significativement différentes. À leur tour, Pender et Fafchamps (2000) comparent les intensités d'utilisation des facteurs ainsi que la production par hectare. D'après leur recherche, l'utilisation des intrants et la production par hectare sur les terres données en métayage en comparaison avec celles cultivées sous un contrat de location ou de propriétaire exploitant ne sont pas significativement différents.

1.2.2 Méthode de *Index Number*

Deux grandes approches ont été adoptées pour tester l'inefficacité des contrats de métayage. La première repose sur la comparaison des rendements par hectare, de la productivité de chaque intrant, et de la productivité globale des facteurs. La seconde approche repose sur la comparaison de l'intensité d'utilisation des inputs et des outputs entre les terres cultivées en métayage et celles qui sont louées ou cultivées par leurs propriétaires. Ces deux approches constituent la méthode de *Index Number*.

1.2.2.1 Le rendement par hectare

La méthode de comparaison des rendements par hectare était la plus utilisée dans les travaux empiriques (Berry et Cline (1979), Bliss et Stern (1982), Ai, Arcand et Ethier (1998)). Ai, Arcand, et Ethier (1998), supposent que l'égalité entre les termes de partage des coûts et de la production, les intrants en gestion et la parfaite supervision du propriétaire au tenancier sont déterminants dans l'efficacité des contrats de métayage. Pour ce faire, ils régressent le rendement par hectare sur les variables correspondantes

aux (i) caractéristiques de la terre, (ii) la surface de la terre, (iii) les intrants effectifs, (iv) la supervision et (v) les intrants de gestion. Ils supposent que l'équation de demande du facteur de production à l'optimum est fonction de toutes les variables citées ci-dessus, et du ratio du partage de coût sur le partage de la production. Dans ce cas, l'inefficacité marshallienne se pose lorsque la supervision n'est pas parfaite ou lorsque le ratio est différent de l'unité. En effet, un ratio inférieur à 1 signifie que les coûts supportés par le métayer sont inférieurs à ce qui lui revient de la production. Ainsi, le métayer est incité à utiliser moins d'input afin de minimiser ses dépenses tout en aillant la même part de production. Donc, tester l'inefficacité marshallienne versus celle "Cheunguienne", revient à tester l'indépendance de l'équation de la demande du facteur de production de la variable d'intrants de gestion, du ratio du partage des coûts et de la production et de l'activité de supervision.

Par contre, Hayami et Otsuka (1988) procèdent autrement. Ils calculent la distribution de la fréquence des taux de différences de la production par hectare entre les terres exploitées sous un contrat de métayage et celles louées ou cultivées par leurs propriétaires. D'une part, ils démontrent que le type de contrat n'a pas d'effet significatif sur le rendement par hectare sur les terres à une seule culture, ce qui semble contredire l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne. En effet, la distribution de la différence du rendement entre les terres cultivées sous métayage et celles louées est normale avec une moyenne significativement égale à zéro. Cette même distribution est obtenue en comparant les terres sous métayage et celles cultivées par leurs propriétaires. D'autre part, leur comparaison basée cette fois sur la valeur de la production totale révèle une distribution irrégulière avec une moyenne statistiquement différente de zéro, rejette l'hypothèse de Cheung en faveur de celle marshallienne.

L'approche de la productivité des intrants a été utilisée par Bell (1978) qui suppose que le meilleur moyen de tester la différence des productivités sous les différents arrangements contractuels est de comparer le rendement sur les terres appartenant au métayer et sur celles louées par ce dernier sous un contrat de métayage. Il s'agit ici du cas de métayer mixte : ce métayer est à la fois propriétaire et exploitant de certaines parcelles de terre sous un contrat de métayage. Bell (1978) suppose qu'en présence de l'imperfection du marché des intrants et en présence du risque, il serait adéquat de

comparer le rendement d'un même cultivateur mais sous deux régimes différents d'exploitation. La prise en compte de deux types de métayer afin d'éliminer tout biais dû à l'imperfection des marchés et à la nature de la terre cultivée (fertilité, irrigation) a été adopté par la suite par Shaban (1986), Sadoulet et *al.* (1994) et Acharaya et Ekelund (1998). En effet, Sadoulet et *al.* (1994), ont subdivisé les métayers en deux groupes : un premier groupe constitué par des métayers pauvres et qui font face à un énorme risque et un second groupe plus aisé et ayant une bonne relation avec leurs propriétaires qui leurs offrent certains cadeaux. Ils régressent, dans chacun des deux cas, la valeur agrégée des facteurs de production par parcelle sur les effets spécifiques des ménages et sur des variables Dummy représentant le type de contrat agricole. Seules l'âge et l'éducation des ménages sont explicatifs dans leurs modèles.

Finalement, Gavian et Ehui (1999), proposent une autre alternative pour tester la différence de productivité relative aux différents contrats agricoles. A cet égard, ils procèdent par la méthode de la productivité globale des facteurs qui tient compte simultanément de tous les inputs et les outputs. Cette méthode permet la comparaison entre deux types d'exploitation qui produisent plus qu'un output. C'est un moyen d'agréger tous les inputs en une seule variable qui sera déterminante dans la productivité de la parcelle de terre considérée. Ils testent l'équation de la différence de la productivité évaluée à une date donnée. Cette différence de productivité est due à trois effets liés à (i) l'intensité d'utilisation des intrants, (ii) le type de contrat établi, et (iii) des effets inter temporels.

1.2.2.2 Intensité d'utilisation des intrants

A coté des tests basés sur l'utilisation des rendements par hectare ou de la productivité partielle ou globale des facteurs de production, une autre technique a été adoptée pour tester l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne. Les adeptes de l'approche marshallienne réfutent l'égalité entre les intensités d'utilisation des intrants sous un contrat de métayage et ceux sous un contrat de rente fixe ou de propriétaire exploitant. Les tests usuels sont le T-test et le Hotteling- test. Le premier test l'hypothèse nulle selon laquelle il y a égalité entre les intensités d'utilisation des intrants sous les différents contrats. Le second, n'est autre qu'un T-test généralisé qui teste simultanément les

hypothèses d'égalité des intensités et de l'égalité des volumes de production. Cependant, Shaban (1987) suppose que ces deux méthodes présentent certaines lacunes. La plus importante de ses critiques est la violation d'une hypothèse implicite à ces deux tests. Ces derniers ne s'appliquent que si la distribution de la variable à tester suit une loi normale centrée réduite. Il présume que la violation de cette hypothèse peut changer énormément les résultats. Shaban (1987) suppose que cette procédure de test n'est robuste que si la fonction de production est linéaire et homogène.

En guise de conclusion, la méthode d'*Index Number* souffre d'au moins trois lacunes. Premièrement, la comparaison des intensités d'utilisation des intrants ne présente pas la meilleure méthode pour juger l'efficacité des contrats agricole. D'une part, les observations souvent utilisées sont individuelles, dans le sens où nous comparons les intensités d'utilisation de chaque input à part. Ceci, ne convient pas aux pays pauvres qui souffrent de plusieurs anomalies tel que : l'imperfection et/ou l'absence de certains marchés, l'inégalité entre les cultivateurs, les aléas moral dus à un comportement non optimal des cultivateurs ou à des catastrophes naturelles, la qualité des terres à exploiter, ect. En effet, nous pouvons rien conclure lorsque l'utilisation d'un intrant est moins intense sur les terres en métayage que sur les terres louées, alors que l'utilisation d'un autre est plus importante sur les mêmes terres.

Deuxièmement, au niveau économétrique l'omission de certaines variables dans la régression ou le non respect de certaines hypothèses implicites à des tests économétriques (tel que la normalité de la variable à tester), conduisent à un rejet erroné de l'inefficacité marshallienne. En plus, les restrictions souvent utilisées dans les modèles théoriques tel que les rendements d'échelle constants, l'homogénéité, la spécification et la linéarité des fonctions de production, sont trop restrictives pour élaborer un modèle général applicable à tous les pays.

Dès lors, la méthode d'estimation de la frontière de production stochastique a récemment inaugurée dans les travaux empiriques afin de pallier à certaines insuffisances des approches traditionnelles.

1.2.3 Méthode paramétrique

Les études empiriques recourent à une grande diversité de méthodes pour mesurer l'efficacité. Ces méthodes proposent de construire des frontières de production non paramétriques ou paramétriques. Une frontière est dite paramétrique si une forme fonctionnelle est imposée (de type Cobb Douglas, Translog). Elle permet d'analyser le lien qui existe entre la production d'un bien et l'utilisation de plusieurs facteurs de production ou bien entre la consommation d'un facteur et la production de plusieurs biens. Les études faites dans le cadre des contrats agricoles par Araujo et Araujo-beanjan (1999) et Ahmed et *al.* (2002), se sont concentrées sur la méthode paramétrique en estimant une frontière de production stochastique. Nous définissons une frontière de production comme étant les différentes combinaisons de facteurs de production utilisées de façon efficace par une firme. Elle est dite stochastique si elle prend compte (i) d'une part de l'existence des perturbations exogènes, aléatoires et hors du contrôle du tenancier, tels les aléas naturels, le dysfonctionnement subite d'un marché d'intrant et (ii) d'autre part de l'inefficacité de l'exploitation. Par contre, elle est déterministe si les écarts entre la fonction de production estimée et les observations réelles correspondent exclusivement à des inefficacités techniques.

Cette méthode, contrairement au modèle déterministe, n'impose pas la même fonction de production à tous les agriculteurs. Ainsi, la performance de chacun de ces agriculteurs est comparée à sa propre frontière de production. A cet égard, Araujo et Araujo-beanjan (1999), recourent à un modèle de frontière de production stochastique dans lequel la variable d'efficacité dépend du type de contrat agricole établi et de l'effet du droit de la propriété sur l'investissement dans l'amélioration et la conservation de la terre. Leurs résultats reflètent le fait que le contrat de métayage est le facteur prépondérant de l'inefficacité des exploitations relativement aux autres modes de faire valoir la terre.

Ahmed, Gebremedhin, Benin et Ehui (2002), attirent aussi l'attention sur l'effet de l'imperfection de certains marchés de facteurs sur l'inefficacité économique en Éthiopie. En utilisant la même méthode que Araujo et Araujo-beanjan (1999), ils concluent que les contrats de métayage et de location sont techniquement moins efficaces que les contrats de propriétaire exploitant. Ils argumentent ce résultat par la situation socio-

économique des exploitants dans le pays étudié. En effet, les propriétaires exploitants bénéficient plus d'avantages que les exploitants pauvres sur les marchés de facteurs. Leur étude est orientée vers les mesures que doivent être adoptées par la politique économique dans ce pays de l'Afrique Sub-Saharienne pour contourné à l'inefficacité technique des contrats agricole.

Section 3 État de l'agriculture Tunisienne: ses défis face au morcellement des terres agricoles

L'agriculture tunisienne a connu des restructurations continues. De celles-ci ont découlé des processus de production, des modes d'organisations nouveaux et des niveaux de rendement variables. À l'origine de ces transformations se trouvent soit des événements de colonisation donnant lieu à des transformations majeures dans la propriété des terres, soit des choix économiques. Dans tous les cas, l'agriculture occupe toujours une place de choix dans l'économie de la Tunisie.

Afin de réaliser ses objectifs, le gouvernement tunisien s'est doté de moyens importants lui permettant de soutenir son action. Des politiques foncières visent à améliorer l'efficacité des exploitations sont entreprises. Dans cette dernière section, nous focalisons l'attention sur l'un des problèmes fonciers, qui s'accroissent à un rythme rapide au cours du temps, à savoir le morcellement des terres agricoles. Dans un premier temps, nous élaborons une description assez rigoureuse sur l'état de l'agriculture tunisienne face au morcellement. En second lieu, nous décrivons les réformes agraires entreprises par le gouvernement tunisien.

1.3.1 Agriculture en Tunisie : le morcellement est-il un danger ?

En Tunisie, le secteur agricole représente aujourd'hui 12.5% du PIB (Enquête Structure, Ministère de l'Agriculture 2001), emploie près de 21% de la population et contribue pour près de 5.1% aux recettes d'exportation du pays. Le système foncier souffre de nombreuses anomalies qu'il fallait combler pour promouvoir la croissance de ce secteur.

En effet, le secteur agricole est caractérisé par un morcellement et une parcellisation importante. Le morcellement du foncier agricole est par définition une fragmentation de la superficie agricole en grand nombre d'exploitations. Il est mesuré par l'importance de la classe des petites exploitations (en nombre et en surface). Alors que le parcelllement, est défini comme la division de l'exploitation en plusieurs parcelles. Il est mesuré soit par le nombre de parcelles moyen par exploitation soit par les distances moyennes des parcelles au siège d'exploitation. Ces structures foncières se sont imposées depuis plusieurs années comme une sérieuse limitation au développement de la production agricole. En effet, nous comptons en moyenne 3.2 parcelles par exploitation (Enquête Structure, Ministère de l'Agriculture 1997) alors que la superficie moyenne de cette dernière n'est que de l'ordre de 11 ha. Ce seuil varie différemment d'un pays à un autre. En effet, la superficie moyenne des exploitations parcellées au Maroc est de 0.4 ha en 1997 (Bouderbala 2002).

Le morcellement prend souvent naissance du cadre de l'héritage. L'héritage peut permettre le maintien des unités de production familiale mais aussi peut provoquer la dissociation entre la propriété de la terre et son exploitation (location de la terre par fermage ou métayage). L'exploitation familiale est souvent liée à une forte autorité du père pour l'organisation du travail et de la vie quotidienne. Après son décès, les litiges commencent et chaque frère veut exploiter individuellement sa part. Cette lacune provient essentiellement du fait de la présence d'héritiers vivant en ville et confiant leurs terres à des métayers ou locataires. Le morcellement devient plus néfaste dans le cadre des grandes exploitations qui pratiquent des cultures mécanisées ou dans les grands périmètres irrigués. Les investissements très coûteux et la rigidité des aménagements doivent être neutralisés par la réalisation des économies d'échelle sur ces grandes exploitations. Alors que le morcellement excessif génère des conditions d'exploitations coûteuses et difficiles et peut entraîner l'abandon des parcelles.

1.3.2 Régulations et ajustements fonciers

Les politiques foncières peuvent être incitatives (octroi de crédits, primes de rendement...etc.) ou autoritaires (réforme agraire, mesures fiscales ...etc.). La première

intervention étatique était par la création de l'Agence de la Réforme Agraire des Zones Irriguées émanant de la loi N° 17 datée de 16 Mars 1977. Cette agence avait comme vocation de suivre toutes les démarches nécessaires pour une bonne exploitation des terres irriguées. Toutefois, l'absence d'un cadre juridique favorable, ne lui a pas permis d'exercer convenablement sa fonction. Cette agence est devenue par la suite l'Agence Foncière Agricole. Elle est dotée de pouvoirs juridiques particuliers pour veiller au bon déroulement des opérations de réforme agraire. Elle a aussi pour mission de résoudre les problèmes posés par les lacunes juridiques lors du remembrement de certains périmètres. Cette nouvelle Agence assure :

- l'opération de remembrement qui consiste dans la création de parcelles continues d'un seul tenant;
- La limitation minimale² de la propriété. Ce principe est légitimé par la coexistence d'une multitude de propriétés de tailles très réduites ne permettant d'exploiter des technologies modernes. Cette limitation de la propriété peut être réalisée par le biais d'une action contraignante qui est l'expropriation;
- Afin d'assurer le remembrement des petites exploitations, et par conséquent agrandir leurs superficies à la taille minimale, plusieurs mesures sont prises à savoir : (i) échange de terre entre propriétaires; (ii) regroupement des propriétaires pour l'exploitation en commun d'un seul lot; (iii) apport des terres domaniales soit en ajoutant au propriétaire d'une petite parcelle une autre parcelle des terres domaniales si elle lui est voisine soit en lui échangeant sa terre contre une grande terre domaniale ayant la taille minimale requise et située dans un autre endroit.
- Octroyer aux petits agriculteurs le droit de louer les parts des co-indivisaires et même celles des voisins, permettant ainsi dans plusieurs de cas d'éviter le morcellement.
- Interdire toute vente d'une parcelle d'exploitation dans la superficie est inférieurs à celle minimale ou dans le cas où la partie restante de l'exploitation présente une surface inférieure au seuil minimal.

² Nous étions dans l'impossibilité de retrouver la valeur de la taille minimale car elle n'a pas été indiquée dans le texte de loi portant sur la réforme agraire.

- Selon l'article 32 de la loi N 83 daté de 31 décembre 1987, il est interdit de transmettre la propriété des terres agricoles aux héritiers sauf si ces derniers s'engagent à exploiter collectivement tout l'héritage au moins pour 15 ans.
- Développer la mise en valeur des terres et de combattre l'absentéisme et la sous exploitation.

La vulgarisation agricole bénéficie aussi d'une réelle attention du gouvernement tunisien. L'agence nationale de la vulgarisation et de la formation agricole est mise en place en juillet 1990. Elle est en train de prendre en charge la coordination des activités de promotion des techniques et assurer la liaison entre le producteur et la recherche.

En guise de conclusion de notre revue de littérature, en dépit de l'utilisation des frontières de production stochastiques, quelques problèmes persistent dans l'analyse de l'inefficacité marshallienne. L'omission des variables de supervision, de l'éducation, des intrants non conventionnels, et la mauvaise spécification des tests conduisent à des résultats erronés. Dans notre mémoire, nous tenons compte de ces variables, et nous utilisons une méthode non paramétrique pour tester aussi bien l'inefficacité marshallienne que l'effet du morcellement sur les terres agricoles en Tunisie. Cette méthode est connue sous l'appellation de Data Envelopment Analysis (DEA). Jamais encore à notre connaissance, une étude ne s'est intéressée à appliquer cette méthode pour tester l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne. Nous recourons aussi à certaines méthodes statistiques telles que les tests non paramétriques et la dominance stochastique pour pallier aux insuffisances rencontrées dans la littérature empirique portant sur les tests d'efficacité technique.

CHAPITRE 2 MÉTHODE DEA ET TESTS D'EFFICACITÉ TECHNIQUE

Mesurer la performance des exploitations agricoles conduit à s'interroger sur le rapport entre la production, les ressources et leurs coûts. L'objectif principal est de maximiser le profit ou de minimiser l'utilisation des intrants. Pour ce faire, de nombreux développements théoriques et empiriques proposent des moyens pour mesurer ce concept. Cette seconde partie est organisée comme suit : en premier temps, nous définissons brièvement le concept d'efficacité. Nous présentons par la suite les principaux indicateurs de performance ainsi que leurs limites qui nous amènent à adopter l'approche non paramétrique d'enveloppement des données à savoir la **Data Envelopment Analysis (DEA)**. Dans une deuxième section, nous développons la méthode **DEA** et ses modèles. Enfin, nous proposons dans la dernière section, certains tests statistiques afin de tester l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne.

Section 1 *L'efficacité économique : Un bref survol de Littérature*

2.1.1 Définition de l'efficacité technique

L'efficacité technique mesure la façon selon laquelle le producteur utilise ses différents facteurs de production. Dès lors, deux modèles peuvent être considérés :

Le modèle orienté output

Il y a inefficacité technique lorsqu'il est possible d'obtenir le même niveau d'output avec moins d'intrants.

Le modèle orienté input

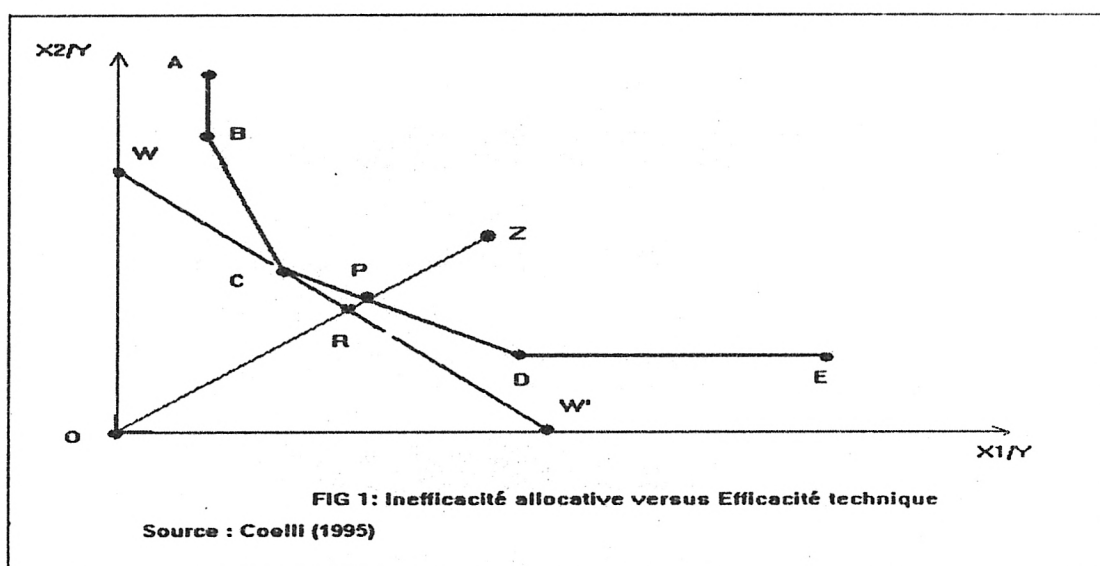
Le modèle orienté input décrit la façon d'allouer la même quantité d'intrant pour produire une quantité supérieure d'outputs.

2.1.2 Définitions graphiques

Farell (1957) considère une firme utilisant deux inputs x_1 et x_2 pour produire un seul bien noté y . L'axe des ordonnées (respectivement des abscisses) sur la figure 1 représente le niveau d'input x_2 par unité produite (respectivement l'input x_1 par unité produite). La combinaison d'intrants x_1 et x_2 requise pour produire y est représentée par le point Z . La courbe reliant les points A , B , C , D et E est appelée « *The unit isoquant of the fully efficient firm* », ou « *la frontière d'efficacité* ». Tout point appartenant à cette frontière est dit techniquement efficace. Nous pouvons mesurer l'efficacité d'une firme en nous référant à la distance qui la sépare de cette frontière.

L'efficacité technique relative à cette combinaison des facteurs de production est donnée par le ratio $\frac{OP}{OZ}$. (Figure 1). Ce ratio est compris entre 0 et 1. Il s'en sort que

L'inefficacité de l'allocation Z est représentée par la distance notée PZ , et qui correspond à la valeur $(1 - \frac{OP}{OZ})$.

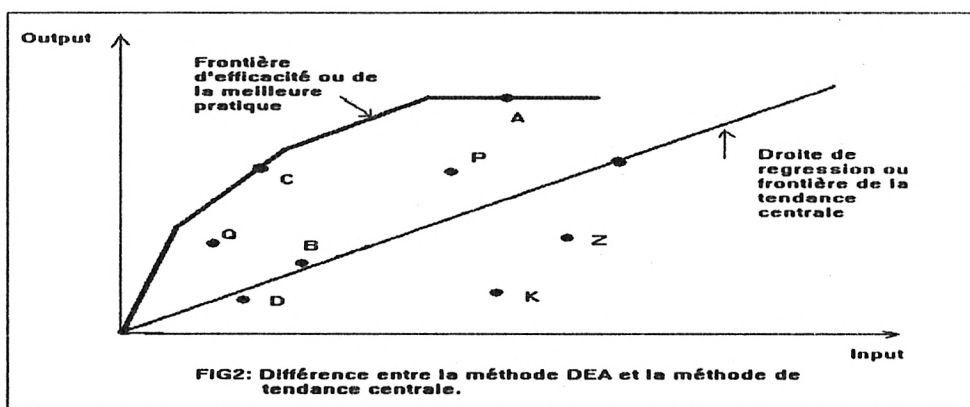


Afin de mesurer l'efficacité, de nombreuses méthodes ont été considérées dans les études antérieures. Partant de la notion de productivité partielle, pour s'étendre à la productivité totale afin de terminer avec les frontières de production paramétriques et non paramétriques. La productivité partielle est égale au rapport du volume de la production par unité d'input. Cet indicateur, souvent utilisé pour juger l'efficacité d'une exploitation donnée, est inefficace puisque il traite chaque input à part. En effet, on pourrait se trouver avec une multitude d'indices pour une exploitation donnée. Ces indices peuvent nous conduire à des résultats controversés pour juger l'efficacité d'une même terre.

L'indice de productivité globale est l'une des solutions envisageables. Il repose sur un système de pondération défini par les prix des inputs et/ou des outputs. Ce type de mesure se présente sous la forme d'un rapport entre le volume de production et une somme pondérée des coûts des inputs, ou encore le rapport entre une somme pondérée des coûts des inputs sur le volume de la production. Cependant, l'indice de productivité totale est rarement utilisé dans la littérature étant donné le choix non justifié du système de pondération.

La notion de frontière de production a été développée par la suite. Cette frontière étudie la relation technique et d'échelle entre les outputs et les différents inputs. Elle indique le niveau maximum de production qui peut être obtenu par les différentes combinaisons des facteurs de production pour une technologie donnée. Toutefois, le problème qui se pose est l'estimation de cette frontière qui peut être soit paramétrique, soit non paramétrique. Une frontière est dite paramétrique si la fonction de production est présentée sous une forme fonctionnelle quelconque (Translog, CES, Cobb Douglas...). Elle est dite non paramétrique, si aucune forme fonctionnelle n'est imposée.

L'estimation des frontières paramétriques, appelée analyse des tendances, repose sur des hypothèses très restrictives. «L'analyse des tendances mesure une tendance centrale de toutes les observations : l'évaluation d'une observation se fait par comparaison avec la moyenne et non pas par rapport à la meilleure unité efficace» (Badillo et Paradi 1999). Plusieurs autres critiques sont rapportés à cette méthode. D'une part, elle ne permet pas d'avoir un jugement sur la performance d'une unité ainsi que sur les sources de l'inefficacité. D'autre part, elle est limitée au cas d'un seul output et elle nécessite une spécification de la fonction de production. Enfin, le résidu est considéré souvent comme de l'inefficacité. (Figure 2)



La méthode de mesure de la performance relative, dite la méthode DEA (Data Envelopment Analysis) estime la frontière de production et s'applique à des technologies multi produits et multi facteurs. Elle fera l'objet de notre seconde section.

Section 2 La méthode DEA

La méthode DEA consiste à construire par programmation mathématique une enveloppe des observations sans qu'aucun vecteur de paramètres ne soit estimé. En d'autres termes, il s'agit de construire par ce biais un ensemble de référence par rapport auquel les exploitations pourraient être aisément comparées (**Figure 2**). Cependant, la méthode telle qu'elle a été définie par Farrell n'est applicable que dans le cas d'un seul output. Charnes, Cooper et Rhodes (1978) ont généralisé les propositions de Farrell en permettant d'estimer une frontière de production dans le cadre de plusieurs inputs et plusieurs outputs. La frontière de production ainsi construite, est sous forme de segments reliant les unités jugées individuellement efficaces d'où l'appellation de méthode d'enveloppement des données.

2.2.1 Définition :

La méthode d'enveloppement des données est une approche non paramétrique d'estimation des frontières. Elle dérive de la programmation linéaire développée initialement dans les travaux de Charnes Cooper et Rhodes (1978). Elle mesure l'efficacité relative d'une unité décisionnelle donnée (Decision Making Unit : DMU) en construisant une frontière de production enveloppant toutes les observations de l'échantillon. Les unités décisionnelles (ou exploitations dans notre cas) les plus efficaces déterminent cette frontière. La distance qui sépare les autres unités décisionnelles de cette frontière correspond à leurs degrés d'inefficacité.

Intuitivement l'application de la méthode de DEA se fait en deux étapes. Lors de la première étape, nous construisons une représentation de la technologie à partir des observations que nous disposons. Cette frontière permet d'identifier les exploitations efficaces et qui peuvent servir de références aux autres exploitations inefficaces. Cette frontière correspond aux exploitations ayant la meilleure pratique. Lors de la seconde étape, nous mesurons l'écart existant entre chaque observation donnée et la frontière de la meilleure pratique. Cette seconde étape nous permet de calculer un score d'efficacité technique compris entre 0 et 1. Toute exploitation se trouvant sur la frontière se voit

attribuer un score de 1. Les autres exploitations ayant des scores inférieurs à 1 sont nécessairement situées au dessous de cette frontière.

La méthode DEA propose une solution aux limites de la méthode de productivité globale des facteurs de productions. En effet les pondérations ne font aucune référence à un quelconque système de prix. Elles sont déterminées de façon à ce que l'unité sous évaluation ait le meilleur score possible, sous la contrainte qu'aucune autre unité ne produit plus ou autant avec ce même système de pondération. Plus simplement, ces pondérations sont celles qui donnent le meilleur score pour l'unité considérée. Plusieurs autres raisons motivent notre choix pour cette méthode non paramétrique. Charnes, Cooper et Seiford (1994) synthétisent les avantages de la méthode : (i) elle s'intéresse aux observations individuelles plutôt qu'au moyennes d'une population statistique, (ii) elle permet l'estimation des frontières de production dans les situations de multi-produits et multi-inputs sans contrainte sur les échelles de grandeur, (iii) elle produit une mesure simple et agrégée pour chaque unité décisionnelle, en l'occurrence pour chaque terre exploitée, (iv) elle ne nécessite pas la connaissance des prix des facteurs ou des produits, des pondérations et de la forme de la fonction de production et (v) elle s'intéresse à la frontière de «meilleure pratique révélée» plutôt qu'aux propriétés de tendance centrale : ce qui permet de dégager les inputs inefficacement exploités et d'indiquer les changements souhaitables pour améliorer l'efficacité relatives des firmes.

Certes, la méthode DEA présente certaines lacunes : (i) la frontière de production ne possède aucune propriété statistique permettant de tester certaines hypothèses. Elle est très sensible aux observations extrêmes qui sont responsables de sa disposition quant aux autres observations de l'échantillon, (ii) le manque de robustesse de cette méthode : en effet, les résultats varient énormément en fonction de la variante DEA utilisée. Autrement dit, la proportion d'entités déclarées efficaces dépend de la frontière de production obtenue par le modèle CCR (Charnes, Cooper et Rhodes 1978) ou BCC (Banker, Charnes et Cooper 1984) et en particulier par le nombre de variables considérées dans l'étude (Leibenstein et Maital 1992, Fraser et Cordina 1999, Kittelsen 1999). Simar et Wilson (1995) suggèrent la méthode de ré-échantillonnage (Bootstrap method) pour estimer aussi bien le biais d'estimation que les intervalles de confiance des scores d'efficacité estimés par la méthode DEA. Kittelsen (1999) s'intéresse à quantifier le biais

de l'estimation due à l'utilisation de la méthode DEA. En utilisant des simulations de Monte Carlo, il conclut que le biais augmente aussi bien que le degré de liberté diminue. Dans ce même contexte, Banker (1989) suggère un nombre de variables (inputs et outputs) trois fois moins important que la taille de l'échantillon pour garantir des résultats robustes. Dès lors, nous essayons d'accorder de l'importance au choix de nos variables et nous essayons de voir quel effet présente l'agrégation de nos inputs à considérer dans notre programmation mathématique. Dans ce qui suit, nous présenterons les différentes variantes de la méthode DEA. Ces dernières nous permettront de dégager des conclusions sur les rendements d'échelle des technologies appliquées sur les terres agricoles.

2.2.2 Les variantes de la méthode DEA :

La méthode non paramétrique DEA est présentée sous différents modèles tel que le modèle du ratio CCR (Charnes, Coopers et Rhodes 1978) et de ratio BCC (Banker, Cooper et Charnes 1984)³. Ces algorithmes de programmation linéaire permettent de calculer le score d'efficacité d'une exploitation donnée dans le cas d'un modèle orienté input ou output. Ces modèles étudient respectivement le cas de rendements d'échelle constants ou variables et distinguent entre l'efficacité technique, l'efficacité technique pure et l'efficacité d'échelle dans le cadre d'une technologie déterministe convexe. L'efficacité technique d'une exploitation représente la capacité du producteur à utiliser de manière optimale la technologie existante, c'est à dire sa capacité à combiner de façon optimale les différents facteurs de production. L'efficacité d'échelle d'un producteur se traduit par une production assurant un profit de long terme qui est nul. L'efficacité d'échelle caractérise l'écart existant entre les performances constatées et celles qui seraient obtenues dans une situation d'équilibre de long terme où le profit est nul, c'est à dire par rapport à une situation où les rendements d'échelle sont constants. Ainsi une entreprise est inefficace d'échelle si sa situation initiale est caractérisée par des rendements d'échelle croissants ou décroissants. Pour ce faire, différents problèmes de programmation linéaire sont à considérer.

² Tulkens (1993) a développé un autre modèle DEA appelé « Free Disposal Hull » (FDH), dans le quel il relâche l'hypothèse de la convexité de la frontière de production.

2.2.2.1 Définition des Rendements d'échelle :

Une mesure globale des rendements d'échelle est donnée en terme de la frontière de possibilité de production $F(y)$. Färe et Grosskopf (1994) définissent trois types de rendements d'échelle :

- Une technologie s'opère avec des rendements d'échelle constants (CRS) si :

$$F(\delta y) = \delta F(y) \quad \text{Avec } \delta > 0 \text{ et } \delta \text{ est un scalaire} \quad (2.1)$$

- Une technologie s'opère avec des rendements d'échelle non décroissants (NDRS) si :

$$\nu F(y) \subseteq F(\nu y), \quad \text{Avec } \nu > 1 \text{ et } \nu \text{ est un scalaire} \quad (2.2)$$

- Une technologie s'opère avec des rendements d'échelle non croissants (NIRS) si :

$$F(\nu y) \subseteq \nu F(y) \quad \text{Avec } \nu > 1 \text{ et } \nu \text{ est un scalaire} \quad (2.3)$$

2.2.2.2 Le modèle CCR et hypothèse de rendements d'échelle constants :

Le modèle de Charnes, Cooper et Rhodes de 1978 repose sur l'hypothèse de rendements d'échelle constants. La construction de la frontière d'efficacité consiste en l'optimisation, pour chaque unité décisionnelle, d'un problème de programmation linéaire. Supposons qu'on a $n = 1, \dots, N$, observations d'inputs x tels que $x_n \in R_+^P$ et d'outputs y tels que $y_m \in R_+^M$. Une première technologie $F^{DEA-CRS}$, qui est un modèle de production convexe à rendements d'échelle constants (CRS), est défini comme suit (Kerstens et Vanden Eeckaut 1999):

$$F^{DEA-CRS} = \left\{ \begin{array}{ll} (x, y) : x_p \leq \sum_{n=1}^N \lambda_n x_{n,p}, p=1, \dots, P, & (I) \\ y_m \geq \sum_{n=1}^N \lambda_n y_{n,m}, m=1, \dots, M, & (II) \\ \lambda_n \geq 0, n=1, \dots, N & \end{array} \right\} \quad (2.4)$$

Avec λ_n est un vecteur de poids servant à «convexifier» l'ensemble de besoin en facteurs de production. Nous supposons ici que nous avons P inputs et M outputs pour chaque unité décisionnelle. $F^{DEA-CRS}$ présente la forme de la courbe de possibilité de production qui assure le maximum de production sous une technologie à rendement d'échelle constant. La contrainte (I), liée aux inputs, signifie que pour produire l'output y_m , le niveau optimal de l'input x_p relatif à l'unité sous évaluation (n) doit être inférieur ou égale au niveau d'input utilisé par les autres unités décisionnelles. La contrainte (II), liée aux outputs, est interprétée comme suit : le niveau d'output produit par l'unité décisionnelle en question doit être supérieur ou égale au niveau d'output produit par les autres unités décisionnelles.

Chaque unité décisionnelle utilise plusieurs inputs pour générer plusieurs outputs. La valeur d'efficacité est nécessairement positive et inférieure à l'unité. L'idée derrière la méthode DEA est d'allouer à chaque unité décisionnelle le vecteur de poids optimal. Ce vecteur maximise l'efficacité de la DMU sous observation sous la condition que les contraintes d'efficacité des autres unités décisionnelles restantes ne dépassent pas l'unité. Ainsi, le modèle est résolu n fois à l'aide du programme d'optimisation dual⁴ suivant :

$$\underset{\theta, \lambda}{Min} \theta_{CRS} \quad (2.5)$$

Sous contraintes :

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n y_{m,n} \geq y_{m,0} \quad m = 1 \dots M \quad (2.6)$$

⁴ Le programme primal ainsi qu'un exemple numérique du modèle CCR sont développés dans l'annexe 2

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n x_{p,n} \leq \theta x_{p,0} \quad p = 1 \dots P \quad (2.7)$$

$$\lambda_n \geq 0 \quad n = 1 \dots N \quad (2.8)$$

Avec

n est l'indice des unités de décision (1,..., N), l'indice 0 correspond à l'unité sous évaluation,

p est l'indice des inputs (1,..., P) et m est l'indice des outputs (1,..., M),

$y_{m,n}$ est la production du bien m par l'unité n ,

$x_{p,n}$ est la dotation en facteur p de l'unité n ,

θ_{CRS} est la réduction appliquée à tous les inputs de l'unité décisionnelle sous évaluation pour améliorer l'efficacité,

λ est un vecteur de paramètres positifs qui agissent comme des pondérations d'ajustement pour les inputs et qui signifie encore l'intensité d'utilisation des inputs.

L'intuition économique derrière ce programme d'optimisation est de déterminer le θ^{CRS} minimale qui permet de réduire le plus possible l'excès de l'utilisation de chaque input pour l'unité décisionnelle sous évaluation ($\theta x_{p,0}$) tout en garantissant au moins un niveau de production égale à $y_{m,0}$. La contrainte (2.6) permet de dessiner la frontière de production théorique sous l'hypothèse de la convexité de la technologie de production. La contrainte (2.7) signifie que les inputs de l'unité décisionnelle sous évaluation sont multipliés par le paramètre θ_{CRS} permettant d'atteindre la frontière de la meilleure pratique étant donnés les outputs y ..

D'autres développements plus récents de la méthode DEA portent essentiellement sur le relâchement de certaines hypothèses. Nous présenterons dans le prochain paragraphe le modèle BCC (Banker, Charnes et Cooper 1982) qui relâche l'hypothèse de rendements d'échelle constant.

2.2.2.3 Le modèle BCC et hypothèse de rendements d'échelle variables

Supposer des rendements d'échelle constants implique implicitement que l'unité décisionnelle (terre dans notre cas) est exploitée optimalement sous ces rendements. Certes, ceci n'est pas toujours vrai en pratique car l'unité décisionnelle peut s'opérer dans un monde où règne l'imperfection des marchés (Fraser et Cordina 1999). Afin de tenir compte des rendements d'échelle variables (VRS) et passer ainsi des rendements d'échelle constants aux rendements variables à l'échelle, Banker, Charnes et Cooper (1984) ont étendu les travaux de Charnes, Cooper et Rhodes (1979). Ils ont relâché l'hypothèse de rendements d'échelle constants par l'ajout de la contrainte (2.9) au programme linéaire dual :

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1 \quad (2.9)$$

De même que le modèle CCR, le modèle BCC est résolu n fois (chaque unité décisionnelle devient à son tour l'unité sous évaluation) à l'aide du programme linéaire suivant :

$$\underset{\theta, \lambda}{\text{Min}} \theta_{VRS} \quad (2.10)$$

Sous contraintes :

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n y_{m,n} \geq y_{m,0} \quad m = 1 \dots M \quad (2.11)$$

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n x_{p,n} \leq \theta x_{p,0} \quad p = 1 \dots P \quad (2.12)$$

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1 \quad (2.13)$$

$$\lambda_n \geq 0 \quad n = 1 \dots N \quad (2.14)$$

La nouvelle contrainte (2.13) permet de convexifier la technologie à rendements d'échelle variables et l'efficacité technique est mesurée par θ_{VRS} . Par le terme «convexifier», nous voulons dire que les observations sont mieux «enveloppées» par la nouvelle frontière de production. Intuitivement, ce programme d'optimisation se résout en deux étapes : lors de la première étape, nous essayons de déterminer la valeur de θ de

la DMU sous observation qui maximise la réduction d'utilisation d'input. En seconde étape, on affecte aux différents inputs utilisés par la DMU sous observation les pondérations trouvées lors de la première étape afin de s'approcher le maximum de la frontière d'efficience.

2.2.2.4 Modèle à rendements d'échelle non décroissants :

Cette dernière spécification de la méthode DEA spécifie une technologie à rendements d'échelle non décroissants (**NDRS**). Le programme d'optimisation linéaire se différencie du modèle BCC par la modification de la contrainte de la convexité de la technologie. En effet la contrainte $\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1$ est remplacée maintenant par $\sum_{n=1}^N \lambda_n \geq 1$. De même que le modèle BCC, le modèle NDRS est résolu n fois (chaque unité décisionnelle devient à son tour l'unité sous évaluation) à l'aide du programme linéaire suivant :

$$\underset{\theta, \lambda}{\text{Min}} \theta_{NDRS} \quad (2.15)$$

Sous contraintes :

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n y_{m,n} \geq y_{m,0} \quad m = 1 \dots M \quad (2.16)$$

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n x_{p,n} \leq \theta x_{p,0} \quad p = 1 \dots P \quad (2.17)$$

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n \geq 1 \quad (2.18)$$

$$\lambda_n \geq 0 \quad n = 1 \dots N \quad (2.19)$$

2.2.3 Rendements d'échelle et méthode DEA

Prendre connaissance de la source de l'efficacité est fondamentale dans les études qui s'intéressent à calculer et à estimer les déterminants de l'efficacité technique (LLewlyn et Williams 1996, Townsend, Kirten et vink 1998, Sharma, Leung, Zaleski 1999, Fraser et Cordina 1999). Ces études fragmentent l'efficacité technique Globale (**Overall**

Technical Efficiency) en deux composantes : (i) celle correspondante à l'efficacité d'échelle et (ii) celle correspondante à l'efficacité «technique pure».

L'efficacité technique globale est obtenue par la résolution du modèle CCR. Si le score est égal à l'unité alors cette terre est exploitée de façon efficace. Par contre, si le score est inférieur à l'unité alors la terre est exploitée inefficacement. Cette inefficacité est nécessairement liée à l'inefficacité d'échelle. Dès lors, le recours au modèle BCC, nous permet de décomposer l'inefficacité entre l'inefficacité technique pure et inefficacité d'échelle. Toutefois, la question qui mérite d'être posée, est comment calculer cette inefficacité d'échelle?

Dans la littérature économique, nous distinguons entre deux approches étudiant les économies d'échelle. La première, dite « Néoclassique », se base sur les fonctions de production. Elle génère des mesures quantitatives pour les rendements d'échelle. La deuxième approche est dite « d'approche axiomatique » et génère de l'information qualitative sur les économies d'échelle. La méthode DEA est fortement liée à cette seconde approche. Banker et Thrall (1992), Löthgren et Tambour (1996) essayent d'aboutir à des informations aussi bien quantitatives que qualitatives en utilisant la méthode DEA.

En utilisant la méthode DEA, nous distinguons entre deux approches qui nous donnent de l'information qualitative sur les économies d'échelle : (i) la méthode d'efficacité d'échelle qui est une méthode classique et qui a débuté avec les travaux de Byrnes, Färe et Grosskopf (1984) et Färe, Grosskopf et Lovell (1986). Cette première méthode s'applique aussi bien aux modèles non paramétriques que paramétriques, (ii) la deuxième méthode est appelée méthode de la somme des intensités de variable (*The sum of intensity variables methods*). Elle est introduite dans les travaux de Banker (1984) et Zhu et Shen (1995). Elle se base sur la somme des intensités (λ_n) dans le modèle de programmation linéaire à rendements d'échelle constants (CRS). La nature des rendements d'échelle est déterminée en fonction de la valeur du terme $\sum_{n=1}^N \lambda_n$. Dans ce qui suit de notre travail, nous utilisons la première méthode pour définir l'efficacité technique pure et l'efficacité d'échelle.

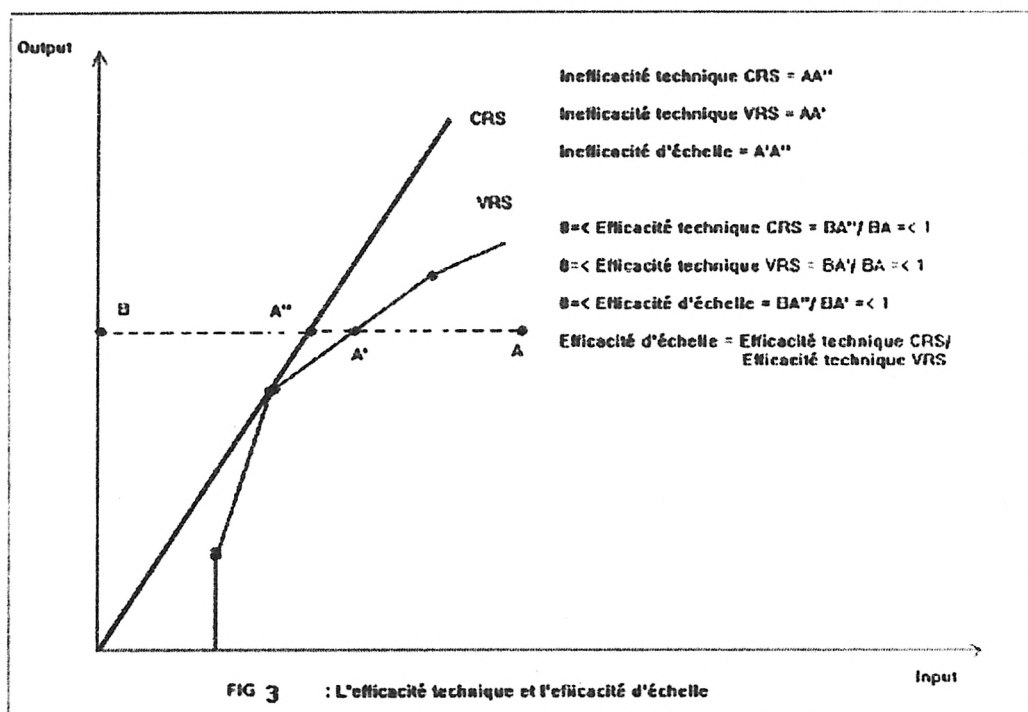
L'efficacité d'échelle est dérivée à partir de la résolution des modèles CRS (Constant Return to Scale) et VRS (Variable Return to Scale) appliquée aux mêmes données. S'il existe une différence entre les scores obtenus lors de la résolution des deux modèles pour la même unité décisionnelle, alors nous concluons qu'il y a une inefficacité d'échelle (**Figure 3**). D'une façon plus formelle, le score d'efficacité d'échelle SE pour une DMU donnée (n) se présente comme suit :

$$SE_{n1} = \frac{\theta_n^{CRS}}{\theta_n^{VRS}}. \quad (2.20)$$

Si $SE_{n1} = 1$, alors l'unité sous évaluation (n) est aussi bien techniquement efficace que efficace à l'échelle. Ceci signifie que les inputs et les outputs sont utilisés de façons optimales et maximisent l'efficacité de l'unité sous évaluation quelque soit la technologie adoptée (CRS ou VRS). Dans ce cas, nous retenons l'hypothèse de rendements d'échelle constants.

Si $SE_{n1} < 1$ alors les inputs et les outputs ne sont pas employés efficacement à l'échelle. Dès lors, l'hypothèse de rendements d'échelle constants est rejetée. Toutefois, ce résultat ne nous permet pas de conclure quant à la nature des rendements d'échelle sous laquelle opère cette unité décisionnelle. Pour ce faire, nous calculons un nouveau ratio noté SE_{n2} qui nous permet d'affirmer si l'inefficacité d'échelle est due à une utilisation excessive (rendement d'échelle croissant) ou insuffisante (rendement d'échelle décroissant) des inputs. Si $SE_{n2} = 1$ alors, les rendements d'échelle sont décroissants. Si, par contre $SE_{n2} < 1$, alors les rendements d'échelle sont croissants. Avec :

$$SE_{n2} = \frac{\theta_n^{CRS}}{\theta_n^{NDRS}} \quad (2.21)$$



Section 3 Tests d'efficacité technique

Dans le processus d'approche et d'analyse de l'efficacité des exploitations, les comparaisons dans le temps et dans l'espace, entre les différentes mesures produites, doivent être robustes face aux différentes sources d'incertitude. En effet, la mise en place de stratégies de production efficaces, pour améliorer l'efficacité technique des terres exige des jugements fondés sur des classements sans ambiguïté. Or, nous l'avons bien vu dans d'autres paragraphes, les mesures de l'efficacité technique sont souvent très sensibles à plusieurs choix parfois arbitraires. La première source de ces problèmes a été l'unité statistique de base à utiliser (le choix des inputs). Le passage d'une combinaison d'inputs output à l'autre n'est jamais parfait. Le deuxième problème est relatif à la variable de classification retenue et à sa pertinence (productivité partielle, productivité totale, score d'efficacité technique). En plus du choix de la variable elle-même, nous retrouvons le contenu observable de celle-ci, avec toutes les inévitables erreurs de mesure qui s'ajoutent aux autres mesures d'échantillonnage et d'extrapolation (pondérations appropriées et marges d'erreurs). Les mesures de l'efficacité peuvent à

l'occasion, conduire à des contradictions lors des comparaisons. De toutes ses erreurs, tout à fait probable, découlent des biais dans les mesures de l'efficacité par la méthode DEA et par la dans les comparaisons, qui sont en principe à la base de la mise de stratégies d'exploitations non efficaces. Ce biais est lié principalement au caractère déterministe de la méthode et affectent les comparaisons des efficacités à un moment donné entre les terres exploitées sous différents contrats agricoles.

Afin de tester l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne en se référant aux scores d'efficacité technique obtenus, les procédures habituelles sont les tests paramétriques (test de moyenne) et les tests non paramétriques.

2.3.1 Test de moyenne

La statistique du test de moyenne suit une distribution de Student qui repose implicitement sur l'hypothèse de la normalité. Ce test nous permet de comparer entre les moyennes de deux sous échantillons indépendants. Dans le cas de plusieurs échantillons à comparer, ce test se transforme en ANOVA F-test. Le test d'hypothèse s'écrit comme suit :

$$H_0 : \bar{\eta}_A = \bar{\eta}_B$$

$$H_1 : \bar{\eta}_A \neq \bar{\eta}_B$$

Sous l'hypothèse H_0 , nous avons une égalité de moyennes ($\bar{\eta}$) entre les échantillons A et B. le rejet de l'hypothèse H_0 implique qu'en moyenne les deux échantillons ne sont pas semblables.

Toutefois, le recours à un modèle régi par la loi normale relève plus d'un acte de foi que d'une réflexion rigoureuse (Lecoutre et Tassi, 1999)⁵. En effet, étant donnée son caractère déterministe, la méthode DEA ne présente aucune propriété statistique. Dès lors, nous ne pouvons pas prévoir la forme de distribution des scores d'efficacité obtenus par la résolution de ses différentes variantes. Du fait même, la violation de l'hypothèse de normalité pourrait nous conduire à des conclusions erronées. Face à ce problème

⁵ Lecoutre et Tassi, (1999), page 8

statistique, plusieurs auteurs recourent à des tests non paramétriques pour comparer l'efficacité entre deux ou plusieurs sous échantillons d'observations.

2.3.2 Tests non paramétriques

Les tests non paramétriques ont vu le jour pour résoudre certains problèmes d'inférence statistiques. Leurs applications ne nécessitent pas des hypothèses restrictives pour leurs applications tel que la normalité ou l'égalité des variances (Conover 1990). Dans notre mémoire, nous utiliserons un test de rang appelé Mann Whitney test associé souvent au Wilcoxon test. Ces deux tests sont presque semblables et ils sont les plus connus et les plus utilisés parmi les tests de rang. Ils sont semblables à un T-test tout en relâchant l'hypothèse de normalité. Ils permettent de tester l'hypothèse nulle selon laquelle deux populations sont identiques. Ils sont aussi assimilés à des tests de médianes si les deux sous échantillons à comparer présentent approximativement la même distribution. Le Mann Whitney test a fait l'objet de plusieurs études empiriques utilisant la méthode DEA. Grosskopf et Valdamanis (1987) utilisent ce test pour mesurer les performances des hôpitaux en Californie. Grabowski et Pasurka (1988) comparent les scores d'efficacité techniques des firmes nord et sud américaines. Pour ce faire, ils utilisent aussi bien le test de moyenne que deux tests non paramétriques à savoir le Wilcoxon test et Kruskal et Wallis test. Ce dernier test n'est autre que la généralisation de Wilcoxon test lorsque nous comparons plus que deux échantillons.

Afin de comparer les terres, différenciées par le contrat sous lequel elles sont exploitées, nous utilisons le Wilcoxon test. Hollander et Wolf (1973), expliquent de façon très rigoureuse la procédure de Wilcoxon test. Ce test est basé sur l'indépendance des sous échantillons à comparer. Supposons que nous avons deux sous échantillons A et B respectivement de tailles N_1 et N_2 à comparer, analytiquement ce test se fait en trois étapes :

Étape 1 : le test d'hypothèses

L'hypothèse à tester est :

$$H_0 : \bar{\mu}_A = \bar{\mu}_B$$

Contre l'hypothèse alternative :

$$H_1 : \bar{\mu}_A \neq \bar{\mu}_B$$

Si l'hypothèse H_0 n'est pas rejetée, nous avons une égalité entre les médianes ($\bar{\mu}$) des deux sous échantillons A et B. En plus, si leurs distributions présentent la même forme, nous concluons que les deux échantillons étudiés sont similaires. En terme d'efficacité, les deux échantillons présentent les mêmes niveaux d'efficacité technique.

Étape 2 : ordonnancement des variables à comparer des deux échantillons

Un étape primordiale à la réalisation du test de wilcoxon est de fusionner les deux sous échantillons (A et B) à comparer, respectivement de tailles N_1 et N_2 en un seul échantillon de taille $N = N_1 + N_2$. Les observations de l'échantillon le moins grand sont par la suite ordonnées dans l'ordre croissant et auxquelles nous octroyons un rang R_i ($i=1, \dots, N_2$) si nous supposons par exemple que ($N_2 \leq N_1$).

Étape 3 : Statistique du test de Wilcoxon

Une fois que l'étape 1 et 2 sont faites, nous sommes en mesure de calculer la statistique du test de Wilcoxon notée par W . W n'est autre que la somme de tous les rangs établis lors de la deuxième étape :

$$W = \sum_{i=1}^{N_2} R_i \quad (2.22)$$

Pour un niveau de confiance $(1 - \alpha)$:

Nous rejetons l'hypothèse H_0 si : $W \geq w(\alpha_2, N_1, N_2)$ ou

$$W \leq N_2(N_1 + N_2 + 1) - w(\alpha_1, N_1, N_2)$$

Avec $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ et w est la statistique de Wilcoxon obtenue de la table.

Toutefois, si notre échantillon est assez grand ($\min(N_1, N_2) \geq 50$), la statistique de Wilcoxon est approximer à celle d'une loi normale. Dans ce cas, nous rejetons H_0 si $W^* \geq z(\alpha)$ avec

$$W^* = \frac{W - E_0(W)}{[\text{var}_0(W)]^{1/2}} = \frac{W - [N_2(N_1 + N_2 + 1)/2]}{[N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)/12]^{1/2}} \quad (2.23)$$

Toutefois, l'utilisation du test de rang, à savoir le test de wilcoxon, pour comparer les médianes des deux sous échantillons suppose que les distributions des deux sous échantillons ont la même forme. Ainsi, si cette hypothèse est violée, ce test peut nous conduire à un rejet erroné de l'hypothèse H_0 . Dès lors, nous suggérons une autre solution pour dépasser ce nouveau problème d'inférence statistique. Nous exposons dans ce qui suit l'approche de la dominance stochastique qui n'impose aucune restriction sur les échantillons à comparer.

2.3.3 La dominance stochastique

La solution théorique aux deux problèmes d'inférence statistiques présentés ci dessus consiste à l'utilisation d'approches de comparaison robustes, peu sensibles à ce type d'erreurs. Ces approches reposent sur le concept statistique dit « dominance stochastique ». Le concept de dominance stochastique a été largement utilisé dans l'économie de développement et surtout en matière de comparaison des mesures de pauvreté : ce test statistique permet, pour différents ordres, d'inférer pour plusieurs classes d'indices et de seuils, si la pauvreté est plus ou moins importante dans une distribution que dans une autre (Davidson et Duclos 1999, Ravallion 1994). Bezuneh (1992) utilise la dominance stochastique pour déterminer la stratégie de production la plus efficace sur les terres de la Zambie. Nous revenons dans ce qui suit, de façon assez brève, sur le fondement statistique de ce concept, juste pour le définir et pour pouvoir l'utiliser sans confusion.

Pour caractériser la dominance stochastique, en relation avec l'efficacité technique, nous considérons deux distributions de scores d'efficacité technique (obtenus par l'un des variantes de la méthode DEA et que l'on note par F_A et F_B). La dominance stochastique de la distribution A d'ordre 1 s'écrit sous la forme suivante :

$$D_A^1(\theta) = F_A(\theta) \quad (2.24)$$

Et pour tout $S \geq 2$, la dominance d'ordre $S \geq 2$ s'écrit sous la forme suivante :

$$D_A^S(\theta) = \int_0^\theta D_A^{S-1}(y) dy \quad (2.25)$$

La distribution B est dite *stochastiquement dominée* par la distribution A à l'ordre S si $D_B^S(\theta) \leq D_A^S(\theta)$ pour toute valeur de θ . Pour un seuil donné d'efficacité noté $\bar{\theta}$, nous dirons que la distribution A domine stochastiquement B à l'ordre S jusqu'au seuil $\bar{\theta}$ si $D_B^S(\theta) \leq D_A^S(\theta)$ pour toute valeur de $\theta < \bar{\theta}$. La dominance stochastique de premier ordre de B par A implique donc que $F_B(\theta) \leq F_A(\theta)$, pour tout $\theta < \bar{\theta}$. Ceci explique le fait que la distribution B exhibe moins les terres efficaces que la distribution A pour tout seuil d'efficacité n'excédant pas le niveau $\bar{\theta}$. Le test de dominance stochastique de premier ordre fournit donc un classement partiel sans ambiguïté des deux distributions. Certes, dans le cas où la dominance stochastique de premier ordre n'est pas capable de classer deux distributions, on utilise alors un test de dominance d'ordre supérieur $S \geq 2$. Pour l'ordre $S = 2$ par exemple, le test de dominance stochastique nous informe sur l'écart moyen d'efficacité entre les deux distributions. Si l'écart moyen d'efficacité en A est plus élevé que celui en B, on aura :

$$D_B^2(\theta) = \int_0^\theta D_A^1(y) dy \leq D_A^2(\theta) = \int_0^\theta D_A^1(y) dy \quad (2.26)$$

Cette analyse suggère qu'il faut à chaque fois déterminer la valeur maximale du seuil $\bar{\theta}$ « $\bar{\theta}_{\max}$ » au dessous de laquelle A domine stochastiquement B à l'ordre S . Dans la pratique des comparaisons, nous considérons les deux distributions à comparer A et B en plus d'une valeur du seuil d'efficacité $\bar{\theta}$ tel que $\bar{\theta} \leq \bar{\theta}_{\max}$. Si la courbe de A est toujours au dessus de celle de B sur l'intervalle $[0, \bar{\theta}_{\max}]$, nous concluons que l'efficacité est moins élevée pour B que pour A, et ce quel que soit le seuil $\bar{\theta} \leq \bar{\theta}_{\max}$. Cependant, si les deux courbes se croisent sur l'intervalle $[0, \bar{\theta}_{\max}]$, le classement est ambigu et on doit passer à un ordre supérieur.

CHAPITRE 3 LES DONNÉES

Les données qui servent de support pour notre étude proviennent d'une enquête faite par Jean Louis Arcand et François Ethier en 1993 et 1995 dans le village tunisien d'El Oulja. Cette banque de données a été élaborée dans le cadre du projet PARADI administré par le Centre de Recherche et Développement en Économie de l'Université de Montréal. Le village étudié El Oulja, est situé sur les rives de la principale rivière de la Tunisie et dont l'agriculture constitue l'activité principale des paysans. Cette banque de données contient des informations détaillées sur les inputs, les outputs, les caractéristiques des ménages, les types de contrats et les types de sol pour chacune des parcelles répertoriées.

Notre banque de données est composée de 561 observations correspondant chacune à une parcelle de terre. Toutefois, nous ne considérons que 481 observations pour fin de programmation de la méthode DEA. En effet, afin d'exécuter nos programmes d'optimisation linéaire (chapitre 3), nous sommes obligés de conserver le plus grand échantillon (sans aucune observation manquante). Le sous échantillon conserve les caractéristiques de notre échantillon d'origine. En effet, nous pouvons vérifier si ce nouvel échantillon est représentatif pour l'échantillon original en comparant la proportion de certaines variables, jugées cruciales dans notre analyse. Les variables retenues sont : (i) le type de contrat agricole à savoir les contrats de propriétaire exploitant, les contrats de métayage, les contrats de location et les contrats mixtes, (ii) la superficie des parcelles exprimée en hectare, (iii) le type de sol à savoir, sol argileux, terre rouge, stérile et irriguée, et (iv) la supervision du propriétaire. Les résultats obtenus confirment que nous n'avons pas perdu de l'information en réduisant notre échantillon. (**Tableaux A3.1, A3.2, A3.3, A3.4 - Annexe 3**).

Notre banque de données est répartie en 4 groupes. Le premier ensemble de variables est constitué par la production et les différents inputs. Cet ensemble nous a servi pour déterminer le score d'efficacité technique pour chaque parcelle de terre. Les inputs utilisés dans le chapitre précédent sont les suivants : (i) la main d'œuvre embauchée masculine, (ii) la main d'œuvre embauchée féminine, (iii) le transport, (iv) l'irrigation, (v) les labours, (vi) les graines, (vii) les engrais, (viii) les engrais chimiques (fertilisants et herbicides). À El Oulja, plusieurs cultures existent: les cultures maraîchères représentant 60% de l'ensemble des récoltes, le blé et les céréales représentant 23%, les arbres fruitiers (5 %) et enfin les autres cultures (21%). Nous remarquons aussi qu'une seule culture est cultivée sur chaque parcelle de terre. **(Tableau A3.5)**

Le second ensemble de variables utilisées concerne les caractéristiques des contrats agricoles. À El Oulja, quatre types de contrats coexistent. Les propriétaires exploitants dominant notre sous échantillon avec 350 parcelles cultivées. Les contrats de métayage présentent quant à eux 10% de l'ensemble des contrats. Le reste des terres sont exploitées sous des contrats de rente fixe (15%) et sous contrats mixtes (1.5%). La grande partie des contrats sont des contrats verbaux et dominant les contrats écrits qui ne présentent que 41%. Enfin, deux autres variables sont liées aux contrats de rente fixe et de métayage. Ce sont les variables de supervision du propriétaire et d'interaction répétée entre propriétaire et paysan. Les propriétaires supervisent les métayers au moins une fois par saison sur 73% des terres exploitées sous des contrats de métayage alors qu'ils ne supervisent que 24% des locataires de leurs terres. La dernière variable considérée dans cet ensemble est associée aux effets de réputation et d'interaction répétée. Elle nous indique si les deux partis étaient liés par le même contrat la saison précédente. Presque la moitié des contrats de métayage et de location ont été renouvelés pour la deuxième saison successive à El Oulja. **(Tableau A3.6).**

La troisième catégorie de variables que nous utilisons est constituée par les caractéristiques des ménages interrogés. Nous focalisons l'attention particulièrement sur deux caractéristiques des ménages à savoir l'âge et l'éducation. Nous pensons que ces deux variables influencent le niveau d'efficacité des exploitants. L'âge des paysans est donné en nombre d'années, alors que le niveau d'éducation est donné par le nombre d'années de scolarité complétées. Nous prétendons que c'est le niveau d'éducation du

chef de ménage qui doit être considéré comme une variable d'intérêt plutôt que le niveau d'éducation de la main d'œuvre embauchée. En effet, c'est le chef de ménage qui prend les décisions de gestion et assure l'assistance technique durant toutes les étapes de production. Ainsi, son savoir faire est déterministe pour une efficacité optimale d'exploitation. Nous jugeons aussi que son âge et son expérience l'aident à mieux accomplir cette tâche.

A El Oulja, 46% des propriétaires exploitants sont analphabètes alors que les locataires et les métayers ne présentent que 39%. Certes, l'analphabétisation des paysans n'exclut pas le fait qu'ils ont eu des enseignements coraniques qui se substituent au moins à la maternelle et aux classes primaires. En effet, 43% des contractants analphabètes se sont engagés par des contrats écrits avec les propriétaires des terres. Pour ce qui est de la variable d'intérêt, le niveau d'éducation varie significativement entre les catégories des exploitants. Les propriétaires qui ont moins de 6 ans de scolarité dominent leur groupe avec un pourcentage de 77%. Pour ce même niveau d'éducation, les locataires et les métayers présentent 79%. Quant à la variable âge, la moitié des propriétaires ont un âge supérieur à 50 ans alors que les locataires et les métayers sont relativement plus jeunes. **(Tableau A3.7)**

Le quatrième ensemble de variables considérées contient de l'information sur les caractéristiques des parcelles. Nous retrouvons le type de sol à savoir : (i) sol argileux, (ii) aride, (iii) terre rouge, (iv) stérile et le statut d'irrigation. Nous nous attendons à ce que cette variable puisse varier le rendement de la terre et par conséquent l'efficacité technique des exploitants qui doivent réajuster l'utilisation de certains facteurs de production. La distribution de la taille des exploitations est centrée vers les exploitations de petites tailles. En effet, 46% des terres ont des superficies inférieures à 1 hectare. Cette dominance des terres familiales de petites tailles est liée au transfert intra générationnel et plus précisément à l'héritage des terres après le décès des chefs de famille.

(Tableaux A3.8 et A3.9)

CHAPITRE 4 RÉSULTATS

Nous présentons dans ce chapitre les résultats obtenus de la résolution des modèles DEA présentés dans le chapitre 2 de notre travail⁶. Nous examinons dans la première section le niveau des performances relatives des exploitations agricoles dans le village tunisien El Oulja. Nous poursuivons notre analyse en distinguant entre les terres qui sont exploitées de façon optimale sous des technologies à rendements d'échelle constants ou variables. Les tests portant sur l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne font l'objet de la deuxième section.

Section 1 Scores d'efficacité technique et rendements d'échelle

Les scores d'efficacité présentés dans le *tableau 4.1* sont des mesures orientées inputs de l'efficacité technique. Le complémentaire par rapport à la valeur d'efficacité optimale, à savoir 1, est la réduction possible d'inputs sans réduction du volume de la production pour atteindre la frontière de la meilleure utilisation. Les scores calculés varient sensiblement, soit avec le modèle qu'on résout (CCR vs BCC), soit avec le nombre d'inputs que nous supposons dans notre programme (2 inputs vs 10 inputs). Les résultats obtenus de la résolution du modèle CCR correspondent à «une efficacité technique globale» (*ETG*). Par contre, les résultats obtenus par la version BCC de la méthode DEA, nous permet de distinguer entre l'efficacité technique pure (*ETP*) et l'efficacité d'échelle (*SE*). Nous adoptons au début de notre analyse deux spécifications pour le nombre d'inputs : (i) deux inputs à savoir la main d'œuvre louée et la valeur agrégée des coûts

⁶ À titre de rappel, nous résolvons les modèles CCR, BCC et NDRS présentés dans le chapitre 2

de transport, d'irrigation, de labours, des graines, des engrais, des engrais chimiques (fertilisants et herbicides) (**Modèle 1**), (ii) dix inputs (**Modèle 2**) ⁷.

		Min (%)	Moyenne (%)	Max (%)	Nombre d'unités efficaces ($\theta = 1$)
Modèle 1	<i>ETG</i>	0	9.51	100	3
	<i>ETP</i>	0.01	13.48	100	12
	<i>SE</i>	0	77.29	100	14
Modèle 2	<i>ETG</i>	0	52.72	100	17
	<i>ETP</i>	0.37	59.84	100	234
	<i>SE</i>	0	27.05	100	19

Tableau 4.1 : Scores d'efficacité technique

Les résultats du modèle 1 montrent que trois terres seulement sont globalement exploitées efficacement ($ETG = 1$). Par contre, 17 terres sont exploitées efficacement de façon technique pure. Les autres terres inefficaces présentent des valeurs d'efficacité très volatiles. En effet, les terres dont le score d'efficacité technique globale (respectivement le score d'efficacité technique pure) n'excède pas 0.5, présentent 97% (95%) de notre échantillon.

[Insérer figures Annexe 4]

Cette inefficacité technique correspond au volume des inputs dont les agriculteurs doivent renoncer pour améliorer l'efficacité de leurs terres. En se trouvant avec un niveau d'efficacité de l'ordre de 10% par exemple, l'agriculteur doit renoncer à 90% de ses consommations d'inputs. En d'autres termes, certains inputs tel que les fertilisants et les herbicides ne sont pas nécessaires pour l'exploitation d'une culture donnée tel que les céréales. Les techniques de production varient énormément d'une culture à l'autre : les cultures maraîchères (qui requièrent les semences, le labour, une main d'œuvre intensive) diffèrent des céréales (qui requièrent le labour, les semences, un entretien et une main d'œuvre moins intensive). L'efficacité technique globale moyenne se situe autour de

⁷ La main d'œuvre louée, le transport, l'irrigation, les labours, les graines, les engrais, les engrais chimiques (fertilisants et herbicides). Le coût est exprimé en unité monétaire tunisienne (dinars) de 1995.

9.5% pour le premier modèle, alors que la moyenne est autour de 53% pour le deuxième modèle. Enfin, nous constatons que l'inefficacité technique pure (13%) est dominée par l'inefficacité d'échelle (77%) dans le modèle 1.

Les résultats du deuxième modèle sont sensiblement différents du premier. L'efficacité technique globale augmente sans qu'elle ne soit optimale pour toutes les terres ($\theta = 1$). Par contre, 234 terres sont exploitées efficacement de façon technique pure. Or, ces terres ne sont pas toutes efficaces à l'échelle. Une dernière particularité de ce modèle est qu'en moyenne l'inefficacité technique pure (60%) domine l'inefficacité d'échelle (27%). De la comparaison des résultats des deux modèles, nous concluons que la prise en compte des variables supplémentaires améliore les scores d'efficacité technique sans qu'elle n'augmente le biais des estimations⁸. De ce fait, nous retenons le modèle 2 dans ce qui suit.

Les résultats obtenus de la résolution du modèle 2 sont assez intéressants (*Tableau 4.2*). Le nombre de terres exploitées de façon efficace augmente en relâchant l'hypothèse de rendements d'échelle constants: 19 terres sont exploitées efficacement sous des rendements d'échelle constants contre 456 sous des rendements d'échelle variables. Nous comptons entre autre 393 terres exploitées sous des rendements d'échelle décroissants et 63 terres exploitées sous des rendements d'échelle croissants. Ainsi, nos résultats rejettent l'hypothèse de rendements d'échelle constant. Or, c'est une hypothèse qui est souvent faite dans la littérature en général, et dans les analyses sur El Oulja en particulier (Arcand et al. (1998), Laffont et Mattoussi (1995)). Nos résultats rejettent aussi toute alternative gouvernementale de lutte contre le morcellement des terres.

La nature des rendements d'échelles décroissants, se traduit par le fait que les exploitants des terres seront plus productifs et en tireront plus de profit si la superficie exploitée est moindre. À El Oulja, 82% des terres agricoles sont exploitées sous des rendements d'échelle décroissants; 36% de ces terres ont des superficies qui n'excèdent pas un hectare, 39% d'elles ont des superficies comprises entre 1 hectare et 10 hectares, et le reste des terres ont des superficies supérieures à 10 hectares. Ce résultat est

⁸ Rappelons que selon Banker (1989), le nombre d'inputs ne doit pas excéder le 1/3 du nombre d'observations.

controversant à la théorie économique. En effet, souvent les grandes exploitations peuvent utiliser de l'équipement moderne et être intensives en capital. Ces exploitations réalisent d'importantes économies d'échelle grâce à la mécanisation et à la motorisation. Par contre, si les terres sont de petites surfaces, le seul facteur de production successful d'améliorer la productivité c'est la main d'oeuvre. Dans ce cas, la forme d'exploitation est intensive en travail.

Superficie en hectares	Rendement d'échelle décroissant		Rendement d'échelle croissant		Rendement d'échelle constant	
	Fréquence	Pourcentage (% à l'échantillon global)	Fréquence	Pourcentage (% à l'échantillon global)	Fréquence	Pourcentage (% à l'échantillon global)
≤ 1	174	36.1%	38	6.6%	9	1.8%
]1,3.5]	106	22%	13	2.1%	8	1.7%
]3.5,10]	84	17.4%	6	0.2%	1	0.2%
≥ 10	29	6%	6	0%	1	0.2%
Total	393	82%	63	13.8%	19	3.9%

Tableau 4.2 *Rendements d'échelle des terres agricoles*

Les cultures cultivées sur les terres exploitées sous des rendements d'échelle décroissants sont principalement les cultures maraîchères. Ce type de culture est aisément exploité sur les petits lopins de terres. En effet, les cultures maraîchères nécessitent plus d'entretien, d'irrigation et de surveillance que les autres cultures. En agriculture, il est important d'utiliser les moyens et les sols selon leurs natures, c'est-à-dire en tenant compte de leurs propriétés particulières. Toutes les terres ne sont pas également faites pour porter les mêmes cultures.

Section 2 *Hypothèse de l'inefficacité marshallienne*

Le type de contrat risque d'affecter la productivité des facteurs de production et par voie de conséquence l'efficacité des terres agricoles. Il est donc nécessaire de tester l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne en utilisant le test de moyenne, le test de Wilcoxon et enfin le concept de la dominance stochastique.

4.2.1 Scores d'efficacité technique et contrats agricoles

Comme nous l'avons noté dans notre revue de littérature, l'efficacité relative des différents types de contrats est testée par l'examen des intensités d'utilisation des inputs ou de la maximisation des fonctions de profit. Pourtant, il n'y avait pas de l'unanimité sur les conclusions tirées ni sur leurs interprétations. En effet, nous distinguons entre les défenseurs de l'approche marshallienne et ceux de l'approche de Cheung (1969). Dans cette sous section, nous comparons l'efficacité technique, l'efficacité technique pure et l'efficacité d'échelle des parcelles exploitées sous les différents contrats agricoles à El Oulja.

Le tableau 4.5 présente les niveaux moyens d'efficacité technique globale, d'efficacité technique pure et d'efficacité d'échelle pour chaque type de contrat. Les exploitations les moins efficaces sont les exploitations sous contrats mixtes, et les plus efficaces sont les exploitations cultivées par leurs propriétaires. Donc à priori, l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne n'est pas rejetée. En moyenne l'efficacité technique pure des terres sous contrat de propriétaire exploitant est supérieure à celles de tous les autres type de contrats. Avec un niveau d'efficacité d'échelle de 0.58, les terres exploitées sous des contrats mixtes sont plus efficaces que les autres.

Type de contrat		Contrat de propriétaire exploitant		Contrat de métayage		Contrat de location		Contrat mixte	
		Unité efficace	Moyenne (en %)	Unité efficace	Moyenne (en %)	Unité efficace	Moyenne (en %)	Unité efficace	Moyenne (en %)
Mo- dèle 2	ETG	14	11.59	1	10.17	2	16.18	0	9.37
	ETP	180	61.15	20	53.30	33	60.49	1	29.63
	SE	14	24.03	1	29.10	4	37.01	0	58.45
Nombre des contrats établis		350		50		74		7	

Tableau 4.3 Efficacité technique par type de contrat

En revanche, nous remarquons que l'écart entre les niveaux d'efficacité technique totale des exploitations en métayage et en location (0.06) est plus faible que l'écart observé entre leurs niveaux respectifs d'efficacité technique pure (0.07). Il semble donc que cette différence en termes d'efficacité technique totale, observée entre les deux types de contrat, est due essentiellement à une différence dans leurs niveaux d'efficacité d'échelle. Nous notons aussi que le niveau d'efficacité d'échelle est en moyenne relativement élevé pour tous les types de contrats. Ceci signifie que les exploitations souffrent plutôt d'une mauvaise gestion agricole que d'une taille sous optimale.

4.2.2 Tests empiriques de l'inefficacité marshallienne

4.2.2.1 Test de moyenne et test de Wilcoxon

Afin de tester l'efficacité des terres exploitées sous des contrats de métayage, certains auteurs comparent la productivité d'un input sur les terres cultivées en métayage avec celle sur les terres exploitées par leurs propriétaires ou louées à un fermage fixe⁹. En utilisant un test de moyenne, nous comparons les scores d'efficacité technique globale, d'efficacité technique pure et d'efficacité d'échelle obtenus par la résolution des modèles DEA.

L'hypothèse nulle implique qu'il n'y a pas de différence en moyenne entre les scores d'efficacité technique pour toutes les combinaisons de contrats agricoles. Ceci signifie qu'en moyenne les contrats de métayage sont aussi bien efficaces que les contrats de propriétaire exploitant et les contrats de location, d'où le rejet de l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne. Les tests de moyennes effectués sur les différentes combinaisons des scores d'efficacité confirment le rejet de l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne en faveur de celle de Cheung au seuil $\alpha=10\%$. (*Annexe 5*). Ce test classique nous conduit à des conclusions opposées à celle trouvées lors de la section précédente¹⁰. Pour pallier à ce problème, nous vérifions si l'hypothèse de normalité des distributions des facteurs à estimer est vérifiée (Shaban (1987)). En effet, si cette hypothèse est violée, le test de moyenne peut nous conduire à un rejet erroné de

⁹ Dans ce qui suit de notre travail, nous négligeons les contrats mixtes puisqu'il ne présentent que 1% de l'ensemble des contrats établis El Oulja

¹⁰ En comparant le nombre de terres exploitées efficacement ($\theta=1$) par type de contrat.

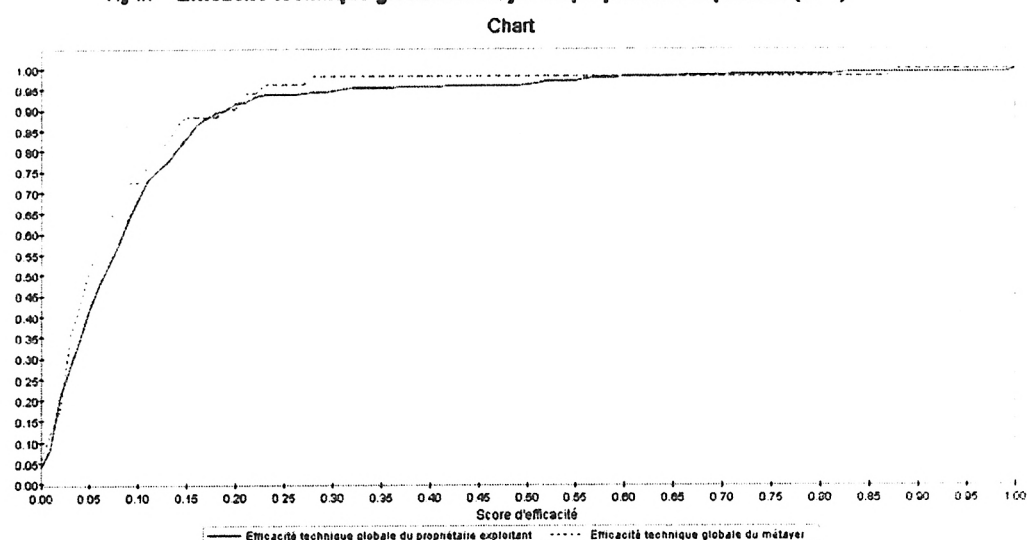
l'hypothèse nulle. Certes, nous constatons que les distributions des différents scores d'efficacité technique sont asymétriques et ne suivent pas une loi normale centrée réduite. Comme nous pouvons le constater sur les graphes de l'*Annexe 6*, certaines distributions sont bimodales ou encore tri modales. Ceci s'explique par l'hétérogénéité de notre échantillon. En effet, les scores d'efficacité technique varient en fonction du type de contrat.

Le test de Wilcoxon nous donne des résultats assez semblables à ceux obtenus par le test de moyenne. Afin de réaliser ce test, nous comparons les trois sous échantillons regroupant respectivement les terres exploitées sous des contrats de métayage, sous des contrats de location et celles cultivées par leurs propriétaires. Au seuil de confiance de 10%, l'hypothèse nulle, selon laquelle les deux sous échantillons comparés sont semblables, n'est pas rejetée dans le cas de l'efficacité technique et de l'efficacité technique pure. Toutefois, l'hypothèse nulle est rejetée si nous comparons les scores d'efficacité d'échelle des deux sous échantillons représentant les terres exploitées en métayage et celles par leurs propriétaires. Nous concluons que le test de rang, à savoir le test de Wilcoxon, nous permet de confirmer que le mode de faire valoir les terres n'a aucun effet sur l'efficacité technique de ces dernières. Toutefois, et afin que ces résultats soient statistiquement défendables, il fallait que l'allure des distributions des sous échantillons comparés soit la même, ce qui n'est pas le cas pour nos observations (*Annexe 6*). De façon similaire au test de moyenne, le test de rang pourrait à son tour nous conduire à l'erreur. Comme l'un des objectifs visés dans notre travail est de tester pour l'inefficacité marshallienne, nous recourons à une méthode statistique plus robuste. Elle n'impose aucune hypothèse sur les échantillons à comparer. Il s'agit du test de la «dominance stochastique».

4.2.2.2 Approche pratique de la dominance stochastique : test de l'inefficacité marshallienne

À titre d'illustration du test de dominance du premier ordre, nous considérons deux distributions d'efficacité technique globale respectives aux terres cultivées en métayage et celles exploitées par leurs propriétaires. Nous traçons les deux courbes de dominance de premier ordre.

Fig 4.1 Efficacité technique globale: métayer vs propriétaire exploitant (S=1)



La figure 4.1 représente les courbes de dominance stochastique d'ordre 1 de l'efficacité technique globale des contrats de métayage et de propriétaire exploitant. Nous remarquons que les deux courbes se coupent au niveau de plusieurs seuils d'efficacité. Dès lors, la comparaison en matière d'efficacité est ambiguë et nous devons passer à un ordre supérieur de dominance. Ainsi, et en suivant la même logique, nous concluons pour la dominance des différentes combinaisons de contrats. Les résultats sont catalogués dans le tableau 4.4 suivant :

		<i>Métayage Vs Propriétaire exploitant</i>	<i>Métayage Vs Location</i>
Efficacité technique globale	$S =$	3	1
	Dominance	Métayage	Location
Efficacité technique pure	$S =$	1	1
	Dominance	Propriétaire	Métayage
Efficacité d'échelle	$S =$	1	1
	Dominance	Propriétaire	Location

Tableau 4.4 : Résultats du test de la dominance stochastique (modèle 2)

Les résultats obtenus tendent à accepter l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne pour la majorité des scores d'efficacité technique. En effet, à l'exception du score d'efficacité technique globale pour le contrat de propriétaire exploitant, l'efficacité technique globale, technique pure et d'échelle des terres cultivées en métayage sont moins importantes que celles cultivées par leurs propriétaires ou données en fermage fixe. Si le métayage est souvent rencontré à El Oulja (11% des terres) c'est qu'il doit répondre à un certain besoin. Il est fort possible que le métayage soit un miroir des caractéristiques du milieu agro économique en Tunisie. En guise de conclusion, le test de dominance stochastique nous a permis de donner à notre analyse plus de robustesse. Les résultats obtenus par l'application du concept de la dominance stochastique tendent à accepter l'hypothèse de l'inefficacité marshallienne à El Oulja.

Chapitre 5 Les Déterminants de l'efficacité technique

L'objectif de ce dernier chapitre est d'identifier les caractéristiques des ménages, les caractéristiques des terres et les arrangements contractuels (intrants de gestion, partage des coûts, interaction répétée et supervision du propriétaire) comme facteurs explicatifs de l'efficacité. En premier temps, nous limitons notre analyse aux déterminants de l'efficacité technique sans tenir compte du type de faire valoir la terre. Nous testons ensuite le pouvoir explicatif des arrangements contractuels sur l'efficacité des terres en métayage et en location.

Section 1 Méthodologie

Le score d'efficacité technique que nous avons déjà déterminé est compris entre les valeurs 0 et 1. Dès lors, deux approches d'estimation peuvent être considérées. Green (2000), montre que lorsque nous avons des données censurées, l'estimation par moindre carrée ordinaire (MCO) nous donne des résultats biaisés puisque l'hypothèse de la normalité de la distribution est violée. Ainsi, la MCO n'est pas approprié à ce type d'analyse et c'est la méthode de maximum de vraisemblance qui est employée pour estimer notre modèle. La première approche est une spécification logistique de notre variable dépendante et le modèle à estimer se présente sous la forme non linéaire suivante :

$$\theta_j^* = \frac{1}{1 + \exp(-X_j \beta)} + \varepsilon_j, \quad \text{pour } j = 1, \dots, N \quad (5.1)$$

avec θ_j est le score d'efficacité technique de la parcelle j obtenu par la méthode DEA, X_j est une matrice des variables explicatives à considérer, β est un vecteur de paramètres à estimer et ε_j est le terme d'erreur qui suit une loi normale centrée réduite.

L'approche alternative est un modèle Tobit mais qui est censuré à gauche et à droite (*Two-limit Tobit censored model*) puisque l'efficacité technique prend des valeurs comprises entre 0 et 1. L'estimation d'un modèle Tobit a fait l'objet de plusieurs autres études pour expliquer les déterminants de l'efficacité technique. Hall et LeVeen (1978) examinent la relation entre la taille des firmes et l'efficacité technique pour un échantillon de firmes californiennes. Llewelyn et Williams (1996) examinent quant à eux la relation entre l'efficacité technique et certaines caractéristiques des ménages (âge, éducation) sur les terres agricoles de l'Indonésie. Le deuxième modèle s'écrit comme suit :

$$\theta_j^* = X_j \beta_j + \varepsilon_j \quad (5.2)$$

Et

$$\theta_j = \theta_j^* \quad \text{si } 0 < \theta_j^* < 1 \quad (5.3)$$

$$\theta_j = 1 \quad \text{si } \theta_j^* \geq 1 \quad (5.4)$$

$$\theta_j = 0 \quad \text{si } \theta_j^* \leq 0 \quad (5.5)$$

Afin d'estimer l'efficacité technique sans tenir compte du type de contrat, les variables exogènes habituellement utilisés dans de telles analyses sont les variables qui décrivent les caractéristiques de la terre et celles des caractéristiques des paysans. Par contre, afin d'estimer l'efficacité technique pour les parcelles non exploitées par leurs propriétaires, nous ajoutons un troisième groupe de variables. Nous parlons ici, des variables

caractérisant les contrats agricoles tel que (i) les intrants en gestion, (ii) les termes de partage des coûts des intrants, (iii) l'interaction répétée entre propriétaire et exploitant et (iv) les activités de supervision des propriétaires.

Nos régressions sont réalisées à l'aide de données en coupe transversale. Elles sont réalisées au niveau de parcelles. Donc, nous pouvons inclure les caractéristiques propres à chaque parcelle, telles que la superficie de la terre exprimée en hectare, des variables dichotomiques indiquant le type du sol (argile, rouge, aride, stérile), une variable dichotomique indiquant si la terre est irriguée et la main d'œuvre familiale exprimée en nombre de personnes par jour¹¹. Les variables dichotomiques prennent la valeur 1 quand la terre est respectivement argileuse, rouge, aride, stérile ou irriguée. La qualité du sol de chaque terre agit négativement sur l'efficacité technique. En effet, une meilleure qualité du sol implique une meilleure efficacité. De ce fait, on s'attend à ce que les coefficients des terres argileuses, rouges, arénacées et stériles soient négatifs. Par contre le signe des coefficients associés aux variables décrivant le statut de l'irrigation et la superficie n'est pas prévisible. D'une part, l'irrigation peut agir positivement sur l'efficacité technique s'il s'agit d'une culture maraîchère par exemple. D'autre part, l'irrigation n'a aucun effet sur les cultures des olives qui ne nécessitent pas autant d'irrigation que les autres cultures. Quant au signe du coefficient de la variable superficie de la parcelle, il dépendra de la nature des rendements d'échelle sur les terres agricoles. En d'autres termes, ce coefficient sera négatif si la terre est exploitée sous des rendements d'échelle décroissants et vice versa.

Le deuxième ensemble de variables englobe les caractéristiques des agriculteurs. Nous focalisons surtout notre attention sur les variables âge et éducation de l'exploitant. L'expérience de l'agriculteur, accumulée au fil des années de travail, augmente son efficacité à mieux gérer toutes les étapes de production. Étant donné que la variable expérience ne soit pas disponible dans notre base, nous supposons qu'elle peut être représentée aussi bien par l'âge que par l'éducation de l'exploitant. En effet, plus l'agriculteur est éduqué et âgé, mieux serait efficace.

¹¹ Nous ne pourrions pas exprimer la main d'œuvre en valeur (en dinars) car aucun salaire n'est attribué à la main d'œuvre familiale.

Le dernier ensemble de variables indépendantes est formé par les caractéristiques des contrats agricoles. Ces variables sont essentiellement les termes de partage des coûts des intrants, les intrants de gestion, la supervision et l'interaction répétée. À El Oulja, les intrants de gestion portent sur le choix du type et de la quantité des inputs (fertilisants, engrais, graines, herbicides, pesticides, main d'œuvre louée, main d'œuvre familiale), la quantité de la récolte qui doit être commercialisée, le moyen de transport de la récolte, le *timing* de la culture et de la moisson, et la décision finale de production. Ces intrants caractérisent exclusivement les parcelles exploitées en métayage et en location. Ils sont présentés dans nos estimations sous forme de variables dichotomiques qui prennent la valeur 1 si la décision est prise par le propriétaire de la terre et la valeur 0 si la décision est prise par le métayer ou le locataire. Or, la prise en compte de tous les intrants de gestion exhibe une parfaite colinéarité, ce qui rend impossible l'estimation des coefficients qui leurs sont associés. De ce fait, nous considérons dans nos estimations un seul intrant de gestion. Il est présenté par une variable dichotomique égale à 1 si le propriétaire prend la décision finale de gestion sur la parcelle. L'abondance de ces variables dichotomiques augmente le risque de multi colinéarité et tend à réduire le degré de liberté de nos estimations.

La deuxième variable indépendante de ce troisième groupe est l'activité de supervision du propriétaire. Elle est exprimée par le nombre de visite effectuée par le propriétaire. Nous présentons cette activité par une variable discrète qui prend les valeurs 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 selon que le propriétaire visite sa terre respectivement une fois par jour, deux fois par semaine, une fois par semaine, une fois par mois, une ou deux fois par saison et jamais. Nous nous attendons à ce que le coefficient associé à cette variable soit négatif.

L'avant dernière variable décrit l'interaction répétée. Elle est présentée par une variable dichotomique qui prend la valeur 1 si le propriétaire et le tenancier sont liés par le même contrat pour la deuxième saison consécutive, et la valeur 0 si le contrat n'a pas été renouvelé. Nous pensons que cette variable agit positivement sur l'efficacité des tenanciers. En effet, le fait de renouveler le contrat signifie que le propriétaire de la terre était satisfait de la production de la saison précédente et ainsi des performances de l'exploitant de sa terre, ce qui encourage le tenancier à demeurer plus productif par

crainte de la résiliation du contrat. La dernière catégorie de variables indépendantes englobe les termes de partages des coûts des intrants.

Section 2 Discussion des résultats des estimations

Cette section analyse les principaux résultats de l'estimations des modèles Tobit et de la forme logistique précédemment présentés, ainsi qu'une seconde spécification du modèle qui étudie l'impact des caractéristiques des contrats sur l'efficacité technique des terres.

Lors de la première série d'estimations, nous regressons les scores d'efficacité technique sur les variables: l'âge de l'exploitant, son âge au carré, son éducation, la main d'œuvre (masculine et féminine) familiale, la superficie et les caractéristiques du sol de la parcelle exploitée. Nous limitons notre analyse aux déterminants de l'efficacité technique pure (ETP). Nous négligeons ainsi l'efficacité technique totale (ETG) puisqu'elle est déterminée à partir d'une technologie à rendements d'échelle constants, hypothèse que nous avons déjà rejetée (chapitre 4). Or l'estimation du modèle Tobit ne nous permet pas de prédire correctement la significativité de nos variables indépendantes¹². Les paramètres estimés ne se prêtent pas aisément à une interprétation directe. En effet, un paramètre estimé positif indique, toute chose étant égale par ailleurs, qu'un accroissement de la variable exogène respective rend plus probable l'amélioration de l'efficacité technique de la terre. Certes, le signe n'apporte pas de l'information qualitative précise quant à l'effet marginal. Dès lors, nous calculons les effets marginaux de nos variables exogènes. **Tableau A7.2 (Annexe 7)**

Les résultats des estimations des scores d'efficacité technique pure sont quelque peu décevants quant à la significativité des paramètres (Tableau A7.1). En effet, plusieurs variables exogènes semblent souffrir d'un manque de pouvoir explicatif pour les deux modèles estimés. Cependant, en dépit de leur manque de significativité, les constantes sont signées conformément aux anticipations *d'a priori*. Afin de résoudre ce problème, nous éliminons certaines variables qui sont faiblement significatives. Les résultats des nouvelles estimations sont reportés dans le tableau A7.2 (Annexe 7).

¹² Les résultats de ces estimations sont présentés dans le **tableau A7.1 (Annexe 7)**.

Les coefficients associés aux variables âge et éducation sont respectivement de signe négatif et positif et ils sont statistiquement significatifs. Les effets marginaux de ces deux variables sont assez faibles. En effet, d'après les résultats relatifs aux effets marginaux (tableau A7.2), 10 années d'éducation de l'exploitant contribuent à augmenter de 0.01% l'efficacité technique pure sur sa terre. Alors qu'un exploitant âgé de 10 ans de moins qu'un autre, contribue à augmenter de 0.2% l'efficacité technique sur sa terre. Ce résultat ne contredit pas notre intuition. En effet, un exploitant mieux éduqué et expérimenté, gère mieux sa terre qu'un exploitant analphabète et / ou inexpérimenté. La prise en compte de l'éducation des chefs de famille est importante dans cette analyse. À El Oulja, près de 47% des exploitants sont analphabètes, et moins de 4% ont un diplôme de fin des études secondaires. Toutes choses étant égale par ailleurs, les parcelles dirigées par un chef éduqué sont, en moyenne, plus efficacement exploitées que les autres.

La non significativité de la main d'œuvre familiale masculine est difficile à expliquer. Nous pensons qu'il est possible que la main d'œuvre louée soit plus productive que la main d'œuvre familiale. En effet, un membre de la famille de l'exploitant coure moins de risque qu'un ouvrier loué. Il ne risque pas de perdre son travail ou sa place au sein de sa famille. Toutefois, cette affirmation n'est pas toujours vérifiée puisque les membres d'une même famille ont souvent tendance à maximiser l'utilité collective. Par contre, la significativité de la main d'œuvre familiale féminine s'explique par des raisons d'ordre social. Souvent, la femme de l'exploitant (ou ses filles) est plus dépendante du chef de famille. Il ne faut pas aussi oublier la situation de la femme paysanne dans le milieu rural en Tunisie. La femme est généralement analphabète et a pour unique mission d'aider son mari ou le chef de famille sur ses exploitations agricoles.

La variable caractérisant la surface exploitée a un impact positif significatif sur l'efficacité des exploitations. Cet impact demeure néanmoins faible au vu des résultats relatifs aux effets marginaux. Du côté de la variable relative au statu de l'irrigation du sol, et contrairement à ce qui est généralement supposé, l'irrigation d'une parcelle ne contribue pas à l'amélioration de l'efficacité technique pure. Nous nous attendons à ce que la qualité de la terre soit un facteur d'efficacité non négligeable pour les

exploitations. Toutefois, notre estimation révèle que tous les coefficients associés à ces variables sont non significatifs.

Les résultats obtenus de l'estimation de la forme logistique sont semblables à ceux obtenus lors de la première estimation. D'une part, la main d'œuvre familiale féminine, la superficie et l'éducation des exploitants demeurent respectivement significatives. Par contre, c'est l'âge de l'exploitant qui n'explique plus le score d'efficacité technique pure. D'autre part, la variable explicative qualifiant le statu d'irrigation du sol demeure toujours non significative.

Afin de connaître l'impact des arrangements contractuels sur l'efficacité technique pure des exploitations, le modèle est estimé sous une deuxième spécification. L'estimation du modèle Tobit tient compte des variables caractérisant: (ii) l'interaction répétée entre propriétaire et tenancier, (iii) les intrants de gestion (mais nous ne retiendrons que la variable dichotomique liée à la décision finale de gestion sur la parcelle), et (iv) les termes de partage de coût (mais nous retiendrons que 3 variables des 11 variables afin de garder un degrés de liberté assez élevé pour notre modèle et pour éviter le problème de multi colinéarité des variables) (**Tableau A3.10-Annexe 3**).

Sous le nouveau scénario, l'âge et l'éducation des exploitants n'influent plus l'efficacité des exploitations. Bien que les variables âge et éducation ne soient pas significatives à un niveau de 10%, nous pensons que c'est le processus de «learning by doing» qui s'applique aux tenanciers (métayers et locataires). En effet, la variable âge ne reflète pas nécessairement l'expérience de l'exploitant: si ce dernier est âgé, il délègue l'exploitation de sa terre à un autre membre de sa famille tout en demeurant potentiellement le chef de famille. Donc cette variable cache de l'information et ne nous permet pas de savoir si le chef de famille travaille toujours ou s'il est souvent présent sur ses terres.

Pour ce qui est des autres variables explicatives, leurs résultats sont très similaires à ceux obtenus lors de l'estimation du modèle de base. La variable superficie est toujours significative au seuil de 1% tout en gardant la même relation positive avec le score

d'efficacité technique pure alors que la variable caractérisant le statu de l'irrigation demeure toujours non significative.

Le signe positif du coefficient associé à la variable caractérisant l'activité de supervision est non conforme aux anticipations *d'a priori*, mais ce résultat n'est pas troublant puisque la variable n'est pas significative. Les effets de réputation et d'interaction répétée sont significatifs au niveau de 5%. L'effet marginal de cette variable est très significatif. en effet, la présence de l'interaction répétée entre propriétaire et métayer ou locataire, augmente la probabilité d'améliorer le niveau d'efficacité technique pure de 20%.

La variable dichotomique représentant la partie du contrat à laquelle revient la décision finale sur la gestion agricole est statistiquement non significative suggérant que les intrants en gestion n'ont aucun effet explicatif sur l'efficacité technique des exploitations. Ces résultats s'opposent à ceux appréhendés par Eswaran et Kotwal (1985) et Ai, Arcand, Ethier (1998). Enfin, les termes de partage de coûts ne sont pas tous statistiquement significatifs. Seul le terme relatif au partage des coûts de moisson qui l'est au seuil de 5%.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'estimation de l'efficacité technique des exploitations agricoles du village tunisien El Oulja montre une variation selon le type de contrat : les terres en métayage semblent être les moins efficaces et les terres exploitées par leurs propriétaires sont les plus efficaces. À l'instar de Ai, Arcand et Ethier (1998), nos résultats empiriques appuient le point de vue *marshallien*.

Les exploitations de notre échantillon souffrent aussi bien d'une mauvaise gestion agricole que d'une taille sur optimale. En effet, les terres exploitées efficacement sous des rendements d'échelle décroissants dominent celles exploitées sous des rendements d'échelle croissants. Or, ce résultat est remarquable puisqu'il rejette d'une part l'hypothèse de rendements d'échelle constants qui est souvent faite dans les études sur El Oulja (Ai, Arcand et Ethier (1998), Laffont et Mattoussi (1995)) et d'autre part s'oppose à toute politique gouvernementale visant à interdire le morcellement des terres agricoles. La nature croissante des rendements d'échelle se traduit par une relation inverse entre la taille de la parcelle et son efficacité technique d'exploitation. (Ai, Arcand et Ethier (1998)).

L'analyse des déterminants de l'efficacité technique pure permet de mettre en évidence des éléments essentiels à l'efficacité des exploitations tunisiennes : un morcellement des terres exploitées, l'absence d'éducation agricole et d'expérience des exploitants, la nature des sols, l'irrigation et les arrangements contractuels complexes. Les résultats présentés précédemment suggèrent que l'efficacité technique sur les terres agricoles à El Oulja dépend essentiellement des caractéristiques des ménages et des caractéristiques des parcelles. La supervision du propriétaire sur ses terres en métayage ou en location n'a aucun effet significatif sur l'efficacité. Intuitivement, ceci s'explique par la menace de résiliation de contrat si les compétences des tenanciers ne satisfont pas les propriétaires.

Les termes de partage des coûts déterminent en partie l'efficacité des exploitations. Ceci s'explique par le partage de risque entre propriétaires et tenanciers. Ai, Arcand, Ethier (1998) notent que bien que plusieurs contrats soient renouvelés automatiquement, la menace d'éviction peut constituer un mécanisme d'incitation important. La variable 'interaction répétée' est significative dans notre modèle alors qu'elle manquait du pouvoir explicatif dans le modèle de Ai, Arcand, Ethier (1998).

En guise de conclusion, il est difficile de juger si l'éducation, la superficie, le type de contrat et les arrangements contractuels soient les seules variables qui agissent sur l'efficacité technique des agriculteurs. Ceci est du essentiellement à la non prise en compte d'un élément essentiel dans notre analyse à savoir l'aléa naturel. Spécifiquement, il faudra étendre notre modèle déterministe de base à un contexte stochastique pour calculer les scores d'efficacité technique.

BIBLIOGRAPHIE

Acharya, R. N., R.B. Ekelund (1998), «Mixed and Pure Sharecropping in Nepal: Empirical Evidence Supporting the Traditional Hypothesis», *Applied Economics* 30: 37-50.

Agrawal, P. (2002), «Incentives, Risk, and Agency Costs in the Choice of Contractual Arrangements in Agriculture», *Review of Development Economics* 6, No3: 460-477

Ahmed, M. M., B. Gebremedhin, S. Benin et S. Ehui (2002), « Measurement and Source of Technical Efficiency of Land Tenure Contracts in Ethiopia », *Environmental and Development Economics* 7: 507-528

Ai, C., J.L. Arcand et F. Ethier (1998), « Inefficacité Marshallienne, Partage de Coûts et Modèle Contractuels avec Marchés Manquants : Résultat empiriques Tunisiens », *L'Actualité Économique, Revue d'analyse Économique* 74, No 3, 315-341.

Alston, L. J., S. Datta et J. Nugent (1984), « Tenancy Choice in a competitive Framework with Transaction Costs », *Journal of Political Economy* 92: 1121-1133.

Araujo, C. et C. Araujo Bonjean (1999), « Mesure de l'efficacité économique des modes de faire valoir au Brésil », *Canadien Journal of Agricultural Economics* 47 : 181-197.

Badillo, P.Y, et J.C Paradi (1999), la méthode DEA: analyse des performances, HERMES Science Publication (Paris).

Banker, R. D., A. Charnes et W.W. Cooper (1984), «Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiency in Data Envelopment Analysis», *Management Science* 30(9): 1078-1092.

Banker, R. D. (1984), «Estimating Most Productive Scale Size using Data Envelopment Analysis», *European Journal of Operational Research* 17(1): 35-44.

Banker, R.D. (1989), « Econometric Estimation and Data Envelopment Analysis, *Research in Governmental and Non Profit Accounting* 5: 231-243.

Banker, R. D., R. M. Thrall (1992), «Estimation of Return Returns to Scale Using DEA», *European Journal of Operational Research* 62: 74-84.

Bell, C. (1977) « Alternative Theories of Sharecropping: Some Tests Using Evidence from Northeast India », *Journal of Development Studies* 13: 317-346.

Berry, A. et W., Cline (1979), *Agrarian Structure and Productivity in Developing Countries*, Baltimore, Md.: John Hopkins University Press.

Bezuneh, M. (1992), «Application of Stochastic Dominance Criteria to Evaluate Bean Production Strategies in Central Province Zambia», *Agricultural Economics* 7: 289-299.

Bliss, C. et N. H. Stern (1982), *Palanpur: The Economy of Indian Village*, Oxford: Clarendon Press.

Charnes, A., W. Cooper et E.L. Rhodes (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* 2, No 6, 429-444.

Charnes, A., W. Cooper, A.Y. Lewin, et L.M. Seiford (1994), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and applications*, Kluwer Academic Publishers, (Norwell, Massachusetts).

Cheung, S. N. (1968), «Private Property Rights and Sharecropping», *Journal of Political Economy* 76: 107-122.

Cheung, S. N. (1969a), *The Theory of Share Tenancy: With Special Application to Asian Agriculture and the First Phase of Taiwan Land Reform*, Chicago, Ill., University of Chicago Press.

Chow, K. W. et K. Y. Fung (1997), «Firm Size and Performance of Manufacturing Enterprises in P.R. China: The Case of Shanghai's Manufacturing Industries», *Small Business Economics* 9 (3): 287-298.

Coelli, T. J (1998), *A guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer Program)*, CEPA Working Paper 96/08, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England.

Conover, W. J. (1999), «*Practical Nonparametric Statistics*», 3ème édition, Ed: John Wiley & Sons.

Davidova, S., M. Gorton, T. Ratinger, K. Zawalinska, B. Iraizoz, B. Kovacs, T. Mizo (2002), «Analysis of Competitiveness at the Farm Level in the CEES's», Joint research Project IDARA, Working Paper 2/11: 44-62.

Davidson, R., J-Y. Duclos (1997), « Statistical Inference for the measurement of the incidence of taxes and Transfers », *Econometrica* 68(6): 1435-1465.

Davidson, R., J-Y. Duclos (2000), «Statistical Inference for Stochastic Dominance and The Measurement of Poverty and Inequality», *Econometrica* 68(6): 1453-1465.

- DeSilva, S. (2000), «Skills Partnership and Tenancy in Sri Lankan Rice Farms», Center Discussion Paper No 819, Economic Growth Center (Yale University).
- Eswaran, M., et A. Kotwal (1985), « A Theory of Contractual Relations in Agriculture », *American Economic Review* 75: 352-367.
- Evenson, R. E., A. Kimhi, S. DeSilva (2000), «Supervision and Transaction Costs: Evidence From Rice Farms in Bicol, The Philippines», Economic Growth Center, Center Discussion Paper No.814, Yale University.
- Färe, R., S. Grosskopf et S. A. K. Lovell (1985), «The Measurement of Efficiency of Production», Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Färe, R., S. Grosskopf (1994), «Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis: A Comment», *European Journal of Operational Research* 79: 379-382.
- Farell, M. J. (1957), «The measurement of Productive Efficiency», *Journal of the Royal Statistical Society* 120(3): 253-281.
- Fraser, I. et D. Cordina (1999), An application of Data Envelopment Analysis to irrigated dairy in Northern Victoria, Australia, *Agricultural Systems* 59, 267-282.
- Gavian, S., S. Ehui (1999), « Measuring The Production Efficiency of Alternative Land Tenure Contracts in a Mixed Crop-Livestock System in Ethiopia », *Agricultural Economic* 20: 37-49.
- Grabowski, R. and C. Pasurka (1988), «The Relative Technical Efficiency of Northern And Southern U.S Farms in 1860», *Southern Economic Journal* 54(3): 598-612.
- Green, W. H. (2000), *Econometric Analysis*, 4ème edition, Ed: Prentice Hall.
- Grosskopf, S. et V. Valdamanis (1987), «Measuring Hospital Performance: a Non Parametric Approach», *Journal of Health Economics* 6 : 89- 102.
- Hall, B. F. et E. P. LeVeen (1978), «Farm Size and Economic Efficiency: The case of California», *American Journal of Agricultural Economics* 60: 589.
- Heady, E. O. (1974), «Marginal Resource Productivity and Imputation of Shares for a sample of Rented Farms», *Journal of Political Economy* 63: 500-511.
- Hollander, M., et D. A. Wolfe (1973), *Nonparametric Statistical Methods*, Ed : John Wiley & Sons.
- Johnson, D. G. (1950), «Resource Allocation Under Share Contracts», *Journal of Political Economy* 58: 111-123.
- Journal Officiel de la République Tunisienne (JORT), « Textes, Lois et Décrets de la République Tunisienne», Document gouvernemental.

Kerstens, K., P. Vanden-Eeckaut (1999), «Estimating Returns to Scale Using Non Parametric Deterministic Technologies: A New Method Based on Goodness- Of- Fit», *European Journal of Operational Research* 113(1): 206-214.

Kittelsen, S. A. C. (1999), «Monte Carlo Simulations of DEA Efficiency Measures and Hypothesis Tests», Working Paper No 09/99, Department of Economics, University of Oslo.

Laffont, J. -J. et M. S. Matoussi (1995), « Moral Hazard, Financial Constraints and Sharecropping in El Oulja », *Review of Economic Studies* 62: 381-399.

Latruffe, L., K. Balcombe, S. Davidova et K. Zawalinska (2003), «Technical Efficiency of Polish Farms: Estimation according to Specialisation and Lessons from Confidence Intervals», Contributed paper selected for presentation at the 25th International Conference of Agricultural Economists, august 2003, Durban (South Africa).

Lau, L. J. et P. A. Yotopoulos (1971), « A Test For Relative Efficiency and Application to Indian Agriculture », *American Economic Review* 61: 94-109.

Lau, L. J. et P. A. Yotopoulos (1973), « A Test For Relative Economic Efficiency: Some Further Results », *American Economic Review* 63: 214-223

Lecoutre, J-P, P. Tassi (1987), *Statistique Non Paramétrique et Robustesse*, Ed : Economica.

Leibenstein, H., S. Maital (1992), «X-Inefficiency After a Quarter of a Century. Empirical Estimation and Portioning of X-Inefficiency: A Data Envelopment Approach», *The American Economic Review* 82(2): 428-433.

Lerman, Z. (2002), «Productivity and Efficiency of Individual Farms in Poland: A Case for Land Consolidation», Selected paper to be presented at the annual meeting of The American Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics and Management, The Hebrew University, Rehovot (Israel).

Llewelyn, R. V., J. R. Williams (1996), «Non Parametric Analysis of technical, Pure Technical, and Scale Efficiencies for Food Crop Production In East Java, Indonesia», *Agricultural Economics* 15: 113-126.

Lockheed, M. E., D. T., Jamisson et L. J. Lau (1980), « Farmer Education and Farm Efficiency: A Survey », *Economic Development and Cultural Change* 49, No3: 723-739.

Löthgren, M., M. Tambour (1996), «Alternative Approaches to Estimate returns to Scale in DEA- Models», Working Paper No 90, Working Paper Series in Economics and Finance, Stockholm School of Economics.

Lucas, R. E. B. (1979), « Sharing, Monitoring and Incentives: Marshallian Misallocation Reassessed », *Journal of Political Economy* 87: 501-521.

- Marshall, A. (1920), « Principles of Economics », (Huitième Edition), (Philadelphia: Porcupine Press, 1982).
- Ministère de l'agriculture (1997), «Enquête Structure», Document gouvernemental.
- Ministère de l'agriculture (2001), «Enquête Structure», Document gouvernemental.
- Munroe, D.(2001), «Economic Efficiency in Polish Peasant Farming: An International Perspective», *Regional Studies* 35(2): 461-471.
- Nabi, I. (1986), « Contracts, Resource Use and Productivity in Sharecropping », *Journal of Development Studies* 22: 429-442.
- Newberry, D. (1975), « The Choice of Rental Contract in Peasant Agriculture», Chapitre 5 dans Reynolds, L.G., ed., *Agriculture in Development Theory* (New Haven : Yale University Press).
- Otsuka, K. et Y. Hayami (1988), « Theories of Share Tenancy: A critical Survey », *Economic Development and Cultural Change* 37: 31-68.
- Pant, C. (1983), « Tenancy and Family Resources: A Model and Some Empirical Analysis », *Journal of Development Economics* 12: 27-40.
- Pender, J., et M. Fafchamps (2000), « Land Lease and Agricultural Efficiency: The Theory and Evidence From Ethiopia », *The Centre For Study of African Economies Working Paper Series, Paper Discussion No 178, IFPRI*.
- Ravallion, M. (1994), «Poverty Comparisons», *Fundamentals of Pure and Applied Economics*, Harwood Academic Publishers, Switzerland.
- Ray, D. (1998), *Development Economics*, Princeton University Press, (Princeton, New Jersey).
- Shaban, R. A. (1987), « Testing Between Competing Models of Sharecropping », *Journal of Political Economy* 95: 893-920.
- Sadoulet, E., S. Fukui et A. de Janvry (1994), « Efficient Share Tenancy Contracts Under Risk: The Case of Two Rice-Growing Villages in Thailand », *Journal of Development Economics* 45: 225-243
- Sharma, K. R, P. S. Leung et H. M. Zaleski (1999), Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii: a comparison of parametric and non parametric approaches, *Agricultural Economics* 20, 23-35.
- Simar, L., P. Wilson (1998), «Sensitivity of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Non Parametric Frontier Model», *Management Science* 44(1): 49-61.

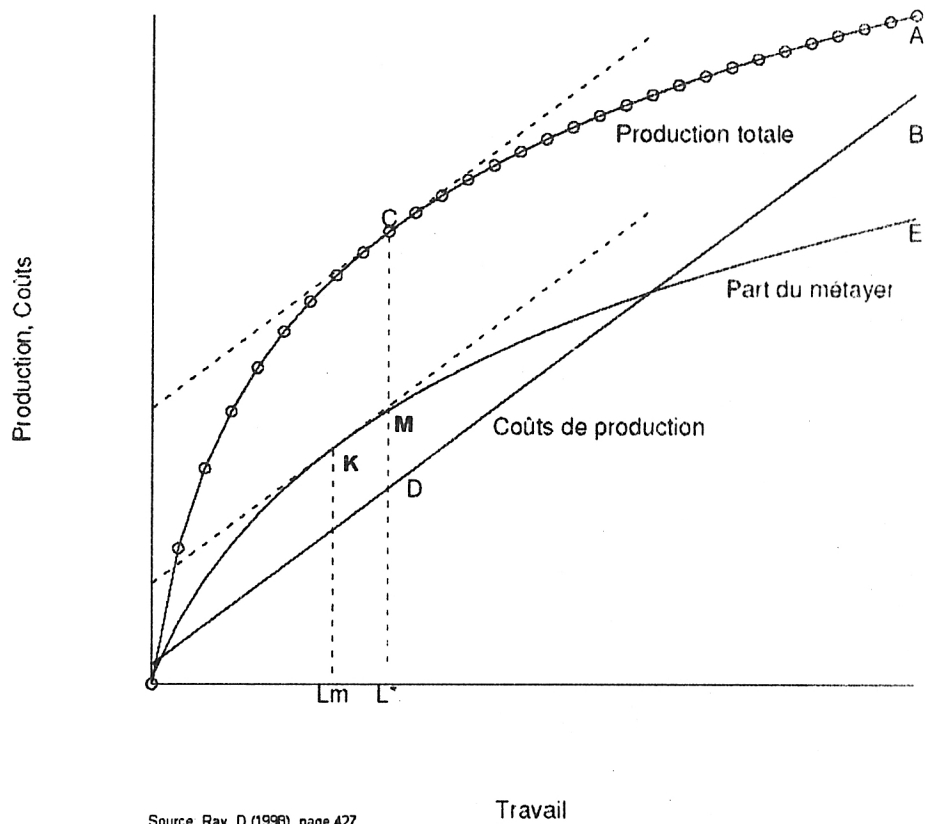
Townsend, R. F., J. Kirsten et N. Vink (1998), «Farm Size, Productivity and Returns to Scale in Agriculture Revisited: A Case Study of Wine Producers in South Africa», *Agricultural Economics* 19:175-180.

Tulkens, H. (1993), «On FDH Analysis: Some Methodological Issues and Applications To Retail Banking, Courts and Urban Transit», *Journal of Productivity Analysis* 4(1): 183-210.

Van Zyl, J., B. R. Miller et A. Parker (1996), «Agrarian Structure in Poland: The Myth of Large-Farm Superiority», Policy Research Working Paper 1596, Agricultural and Natural Resources Department, World Bank.

**ANNEXE 1 INEFFICACITÉ MARSHALLIENNE VERSUS
HYPOTHÈSE DE CHEUNG**

Fig 1: Inefficacité des contrats de métayage



Source: Ray, D (1996), page 427

**ANNEXE 2 LE MODÈLE CHARNES, COOPER ET RHODES
(1978) :
PROGRAMME D'OPTIMISATION PRIMAL ET EXEMPLE
ILLUSTRATIF**

Le modèle de Charnes, Cooper et Rhodes de 1978 repose sur l'hypothèse de rendements d'échelle constants. La construction de la frontière d'efficacité consiste en l'optimisation, pour chaque unité décisionnelle, d'un problème de programmation linéaire. Ainsi, l'efficacité technique d'une unité décisionnelle est donnée par le ratio suivant :

$$\text{efficacité} = \frac{\sum_{m=1}^M u_m y_{m,0}}{\sum_{p=1}^P v_p x_{p,0}} \quad (\text{A2.1})$$

Avec :

n est l'indice des unités de décision ($1, \dots, N$), l'indice 0 correspond à l'unité sous évaluation,

p est l'indice des inputs ($1, \dots, P$) et m est l'indice des outputs ($1, \dots, M$),

$y_{m,0}$ est la production du bien m par l'unité sous évaluation,

$x_{p,0}$ est la dotation en facteur p de l'unité sous évaluation,

u_m, v_p est le système de pondération à déterminer.

Nous supposons ici que chaque unité décisionnelle utilise plusieurs inputs pour générer plusieurs outputs. La valeur d'efficacité est nécessairement positive et inférieure à l'unité.

L'idée derrière la méthode DEA est d'allouer à chaque unité décisionnelle le vecteur de poids optimal. Ce vecteur maximise l'efficacité de la DMU sous observation sous la condition que les contraintes d'efficacité des autres unités décisionnelles restantes ne dépassent pas l'unité. Ainsi, le programme d'optimisation **primal** se présente comme suit :

$$\underset{u,v}{\text{Max}} \quad \theta = \frac{\sum_{m=1}^M u_m y_{m,0}}{\sum_{p=1}^P v_p x_{p,0}}, \quad (\text{A2.2})$$

Sous contrainte :

$$\frac{\sum_k u_m y_{m,n}}{\sum_i v_p x_{p,n}} \leq 1 \quad \forall n, \quad (\text{A2.3})$$

Avec :

n est l'indice des unités de décision $(1, \dots, N)$, l'indice 0 correspond à l'unité sous évaluation,

p est l'indice des inputs $(1, \dots, P)$ et m est l'indice des outputs $(1, \dots, M)$,

$y_{m,n}$ est la production du bien m par l'unité n ,

$x_{p,n}$ est la dotation en facteur p de l'unité n ,

u_m, v_p est le système de pondération à déterminer,

u est le vecteur des pondérations u_m de dimension $(1 * M)$,

v est le vecteur des pondérations v_p de dimension $(1 * P)$,

θ est le score d'efficacité technique.

Le problème tel qu'il est posé, présente une infinité de solutions. En effet, la fonction objective et les contraintes ne sont pas linéaires. Autrement dit, si (u^*, v^*) est une solution optimale par exemple, alors $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ l'est aussi pour tout α supérieur à 0. Une solution est proposée par Charnes Cooper et Rhodes (1978) et qui octroie au dénominateur une valeur égale à 1. Il s'agit bel et bien d'une normalisation un peu complexe puisque habituellement c'est la somme des poids qui est égale à l'unité. La

contrainte à ajouter est : $\sum_{p=1}^P v_p x_{p,0} = 1$ et le problème devient :

$$\text{Max}_{u,v} \theta = \sum_{m=1}^M u_m y_{m,0}, \quad (\text{A2.4})$$

Sous contraintes :

$$\sum_{p=1}^P v_p x_{p,0} = 1, \quad (\text{A2.5})$$

$$\sum_{m=1}^M u_m y_{m,n} - \sum_{p=1}^P v_p x_{p,n} \leq 0, \quad (\text{A2.6})$$

$$u_m \geq 0 \quad \text{et} \quad v_p \geq 0. \quad (\text{A2.7})$$

Il est important de noter ici que les variables de décision sont les pondérations u et v (positifs dans ce cas)¹³. Les inputs et les outputs sont observables dans ce modèle de programmation primal.

Exemple numérique :

Les données que nous utilisons dans ce mémoire proviennent d'une enquête faite sur un village tunisien appelé El Oulja où l'agriculture est l'activité principale des paysans. L'efficacité des agriculteurs dans l'exploitation de leurs terres dépend nécessairement de la culture cultivée. En effet, nous pensons que produire des cultures maraîchère par exemple nécessite plus d'habileté et une technologie différente que de produire les céréales. Donc la forme de la fonction de production doit être spécifique à chaque terre, ce qui rend difficile la comparaison de l'efficacité d'exploitations des agriculteurs. Dès lors, nous faisons recours à une méthode non paramétrique qui ne tient pas compte de la forme fonctionnelle de la fonction de production à savoir la **Data Envelopment Analysis (DEA)**.

Nous prenons au hasard 8 observations qui correspondent à 8 parcelles de terre exploitées sous l'un des 4 types de contrats : (i) contrat de propriétaire exploitant (CP), (ii) contrat de métayage (CM), (iii) contrat de location (CL) et (iv) contrat mixte (CX). Nous considérons dans cet exemple dix inputs à savoir le coût des fertilisants, le coût des engrais, les coûts de la main d'œuvre féminine louée, le coût de la main masculine louée, les coûts de moisson, les coûts des graines, le coût de herbicides, les coûts d'irrigation, les coûts de labours et enfin les coûts de transports. Tous ces coûts sont évalués en unité monétaire tunisienne (dinar). La valeur de la production est aussi évaluée en dinar

¹³ Charnes, Cooper et Rhodes (1978), ont ajouté à ce modèle une autre variante. Ils supposent une limite non nulle pour les pondérations des inputs et des outputs. $u_m \geq \varepsilon$ $v_p \geq \varepsilon$ Avec ε une valeur infinitésimale non nulle.

tunisien. La valeur de la production et les coûts des intrants utilisés sur les terres sélectionnées pour notre exemple d'illustration sont reportés dans le tableau suivant :

	Terre37	Terre63	Terre113	Terre115	Terre222	Terre268	Terre275	Terre326
Contrat	CP	CL	CX	CM	CX	CP	CM	CL
Coût d'irrigation	1455	400	477	260	2295	0	25	175
Coût de labour	360	550	180	0	800	600	65	0
Coût de transport	0	0	350	0	1136	24	28	62
Coût de la mod masculine louée	0	150	240	0	6036	0	0	0
Coût de la mod féminine louée	75	460	75	0	1330	20	30	230
Coût de la moisson	0	0	0	420	0	120	95	1102
Coût des graines	0	256	52	550	1531	87	80	152
Coût des herbicides	0	300	200	0	502	0	0	175
Coût des fertilisants	173	636	251	0	2164	0	35	121
Coût des engrais	0	0	100	0	259	0	0	0
Type de culture	Olivier	Melon	Melon	blé	Tomate	Blé	Blé	Céréales
Valeur de la production	625	4620	13500	18000	11760	880	1500	2625

Tableau A.2.1 : Production et coûts des intrants des 8 terres considérées

L'évaluation de l'exploitation 115 est donnée par le programme linéaire suivant :

$$\begin{aligned} & \text{Max} \\ & \{ u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10} \} \quad \theta = 18000 u \quad , \end{aligned} \quad (\text{A2.8})$$

Sous contraintes :

$$260 v_1 + 420 v_6 + 550 v_7 = 1 \quad , \quad (\text{A2.9})$$

$$18000 u_1 < 260 v_1 + 420 v_6 + 550 v_7 \quad , \quad (\text{Exp 115}) \quad (\text{A2.10})$$

$$625 u_2 < 1455 v_1 + 360 v_2 + 75 v_5 + 173 v_9 \quad , \quad (\text{Exp 37}) \quad (\text{A2.11})$$

$$4620 u_3 < 400 v_1 + 550 v_2 + 150 v_4 + 460 v_5 + 256 v_7 + 300 v_8 + 636 v_9 \quad (\text{Exp 63}) \quad (\text{A2.12})$$

$$13500 u_3 < 477 v_1 + 180 v_2 + 350 v_3 + 240 v_4 + 75 v_5 + 52 v_7 + 200 v_8 + 251 v_9 + 100 v_{10} \quad (\text{Exp 113}) \quad (\text{A2.13})$$

$$11760 u_4 < 2295 v_1 + 800 v_2 + 1136 v_3 + 6036 v_4 + 1330 v_5 + 1531 v_7 + 502 v_8 + 2164 v_9 + 259 v_{10} \quad (\text{Exp 222}) \quad (\text{A2.14})$$

$$880 u_1 < 600 v_2 + 24 v_3 + 20 v_5 + 120 v_6 + 87 v_7 \quad , \quad (\text{Exp 268}) \quad (\text{A2.15})$$

$$1500 u_1 < 25 v_1 + 65 v_2 + 28 v_3 + 30 v_5 + 95 v_6 + 80 v_7 + 35 v_9 \quad , \quad (\text{Exp 275}) \quad (\text{A2.16})$$

$$2625 u_5 < 175 v_1 + 62 v_3 + 230 v_5 + 1102 v_6 + 152 v_7 + 175 v_8 + 121 v_9 \quad , \quad (\text{Exp 326}) \quad (\text{A2.17})$$

Avec :

u_i est le poids accordé à la valeur de la production respectivement du blé, olives, melon, tomate et céréale évaluée en dinar tunisien avec $i = 1, \dots, 5$

v_1 est le poids accordé aux coûts de l'irrigation évalués en dinars tunisien,

v_1 est le poids accordé aux coûts de labour évalués en dinars tunisien,

v_1 est le poids accordé aux coûts de transport évalués en dinars tunisien,

v_1 est le poids accordé aux coûts de la main d'œuvre masculine louées évaluée en dinars tunisien,

v_1 est le poids accordé aux coûts de la main d'œuvre féminine louées évaluée en dinars tunisien,

v_1 est le poids accordé aux coûts de la moisson évalués en dinars tunisien,

v_1 est le poids accordé aux coûts des graines évalués en dinars tunisien,

v_1 est le poids accordé aux coûts des herbicides évalués en dinars tunisien,

v_1 est le poids accordé aux coûts fertilisants évalués en dinars tunisien,

v_1 est le poids accordé aux coûts des engrais évalués en dinars tunisien,

Exp_i est la terre à considérer avec $i = 37, 63, 113, 115, 222, 268, 275, 326$,
 θ est la valeur de la fonction objective ou encore la valeur de l'efficacité technique.

La résolution de ce programme linéaire à l'aide du logiciel GAMS, en choisissant BDMLP¹⁴ comme solveur nous donne les valeurs optimales des pondérations et de la fonction objective :

$$\begin{array}{llll} \theta^* = 1 & v_2^* = 0.014 & v_5^* = 0.115 & v_8^* = 0.004 \\ u^* = 0.003 & v_3^* = 0.0001 & v_6^* = 6.36E-4 & v_9^* = 0.075 \\ v_1^* = 0.01 & v_4^* = 1.056E-4 & v_7^* = 0.0001 & v_{10}^* = 0.003 \end{array}$$

Tableau A.2.2 : Résultats du programme d'optimisation CCR

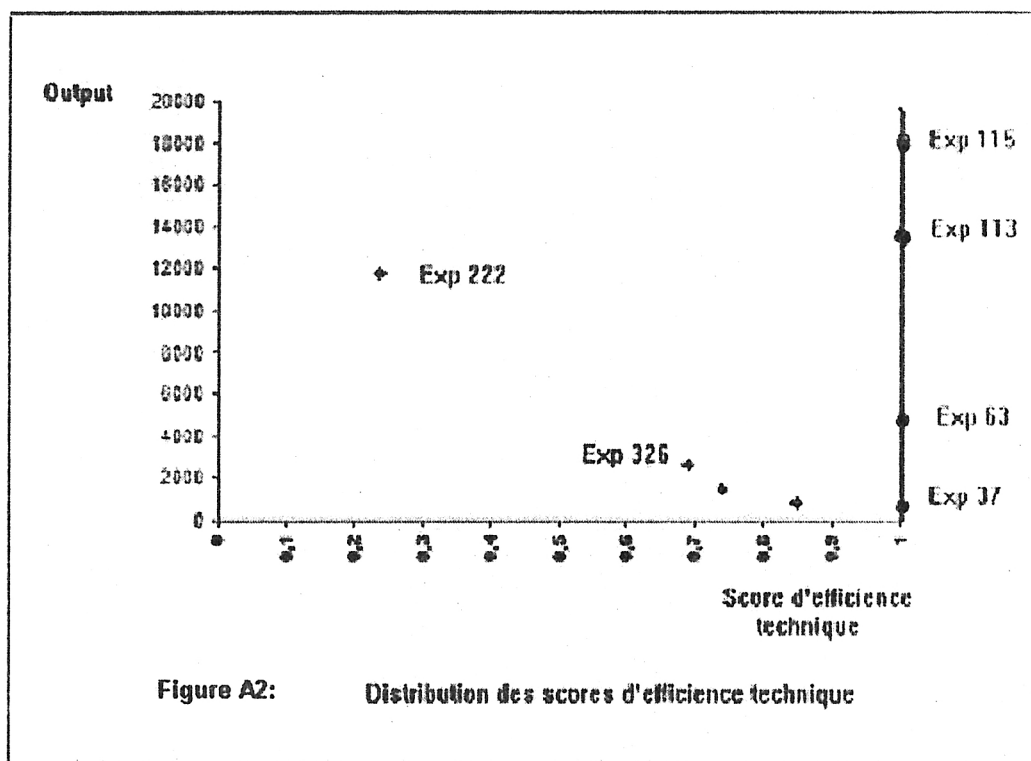
Nous constatons que l'agriculteur de la terre 115 est techniquement efficace selon le modèle CCR. Il faut rappeler que cette terre est exploitée sous un contrat de location. Donc, à première vue, nous pouvons dire que le contrat de location permet d'avoir une efficacité technique optimale. Ainsi, nous pouvons vérifier l'efficacité technique des agriculteurs pour chacune des autres terres en résolvant le même modèle linéaire :

Exploitation	Type de contrat	θ^*
37	CP	1
63	CL	1
113	CX	1
115	CM	1
222	CX	0.237
268	CP	0.846
275	CM	0.737
326	CL	0.69

Les exploitations *Exp. 37, Exp. 63, Exp. 113 et Exp. 115* sont jugées techniquement efficaces puisque la valeur objective optimale est égale à l'unité. Ainsi ces terres qui sont

¹⁴ Brook Drud Meeraus Linear Program

respectivement exploitées par leurs propriétaires, les métayers, les locataires, et les métayers propriétaires serviront d'ensemble de référence pour les autres terres techniquement moins efficace (*Exp. 222, Exp. 268, Exp. 275, Exp. 326*). En d'autre terme, les terres *Exp. 37, Exp. 63, Exp. 113 et Exp. 115* sont situées sur la frontière de la meilleure utilisation ou frontière d'efficacité technique (**Figure A2**).



(Figure adaptée à partir de Lewin et Morey, 1981)

ANNEXE 3 STATISTIQUES DESCRIPTIVES

Le sous échantillon est-il représentatif ?

Contrat	Échantillon original (561 observations)		Sous échantillon (481 observations)	
	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
<i>Contrat propriétaire exploitant</i>	409	72.91	350	72.77
<i>Contrat de métayage</i>	58	10.34	50	10.40
<i>Contrat de location</i>	87	15.51	74	15.38
<i>Contrat mixte</i>	7	1.25	7	1.46
Total	561	100.00	481	100.00

Tableau A3.1 : Représentativité de sous échantillon par rapport à la variable «type de contrat»

Superficie (en hectare)	Échantillon original (561 observations)		Sous échantillon (481 observations)	
	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
<i>1 hectare et moins</i>	247	44.11	220	45.74
<i>] 1 et 3.5]</i>	158	28.22	141	29.31
<i>] 3.5 et 10]</i>	98	17.50	84	17.47
<i>Plus que 10 hectares</i>	58	10.08	36	7.48
Total	561	100	481	100.00

Tableau A3.2 : Représentativité de sous échantillon par rapport à la variable «Superficie»

Type de sol	Échantillon original (561 observations)		Sous échantillon (481 observations)	
	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
<i>Sol argileux</i>	104	18.54	94	19.54
<i>Terre rouge</i>	105	18.72	78	16.22
<i>Sol arénacé</i>	252	44.92	224	46.57
<i>Sol stérile</i>	31	5.53	29	6.03
<i>Terre irriguée</i>	492	87.70	429	89.19

Tableau A3.3 : Représentativité de sous échantillon par rapport à la variable «type de sol»

Intensité de supervision <i>Si contrat de métayage</i>	Échantillon original (561 observations)		Sous- échantillon (481 observations)	
	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
<i>Chaque jour</i>	14	25.45	13	27.08
<i>2 fois par semaine</i>	10	18.18	9	18.75
<i>1 fois par semaine</i>	2	3.64	1	2.08
<i>1 ou 2 fois par mois</i>	5	9.09	4	8.33
<i>1 ou 2 fois par saison</i>	8	14.55	8	16.67
<i>Pas de supervision</i>	16	29.09	13	27.08
Total	55	100.00	48	100.00

Tableau A3.4 : Représentativité du sous échantillon par rapport à l'effet croisé des variables «Intensité de supervision» et «contrat de métayage»

		<i>Moyenne</i>	<i>Ecart Type</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>Intrants</i>	Irrigation	510.4907	1122.706	0	14400
	Labour	277.4542	511.2552	0	3780
	Transport	236.0202	618.2796	0	5400
	Main d'oeuvre familiale féminine (en heures)	19.78	61.8026	0	660
	Main d'oeuvre familiale masculine (en heures)	83.3776	109.9701	0	864
	Main d'oeuvre louée féminine	145.8035	434.2430	0	4180
	Main d'oeuvre louée masculine	589.3267	8183.4820	0	174083
	Fertilisant	4159.5780	29134.2200	0	303483
	Moisson	116.1549	583.4955	0	8500
	Semence	379.2247	1052.9180	0	18060
	Herbicide	227.2753	632.1207	0	9200
	Engrais	110.8568	618.9668	0	10000
<i>Production</i>	Valeur de la production (en dinars)	6125.4150	12874.9500	0	110000
	Quantité produite	254.4356	2423.8000	0	52840

Tableau A3.5 : Statistiques descriptives des intrants et de la production (exprimés en Dinar Tunisien)

	Moyenne	Ecart-Type	Min	Max
<i>Type de contrat</i>	1.4553	0.8027	1	4
<i>Supervision</i>	4.6880	1.9025	0	6
<i>Interaction répétée</i>	0.5042	0.5021	0	1

Tableau A3.6 : Statistiques descriptives pour les caractéristiques des contrats

		Moyenne	Ecart-Type	Min	Max
<i>Propriétaire exploitant</i>	<i>Education</i>	4.2470	4.8985	0	20
	<i>Age</i>	51.6897	14.6148	21	92
<i>Métayer ou locataire</i>	<i>Education</i>	4.2032	4.6886	0	19
	<i>Age</i>	46.4065	12.9911	26	73

Tableau A3.7 : Statistiques descriptives pour les caractéristiques des exploitants (En années)

	Sol argileux	Terre rouge	Terre stérile	Sol arénacé	Terre irriguée
<i>Contrat de propriétaire exploitant</i>	20.86%	11.14%	51.14%	5.43%	89.14%
<i>Contrat de métayage</i>	12%	18%	40%	12%	84%
<i>Contrat de location</i>	16.22%	35.14%	33.78%	5.41%	91.89%
<i>Contrat mixte</i>	42.86%	57.14%	0%	0%	100%

Tableau A3.8 : Statistiques descriptives pour les types des sols par type de contrat.

	<i>1 hectare et moins</i>	<i>] 1 ; 3,5] hectares</i>	<i>] 3,5 ; 10] hectares</i>	<i>Plus que 10 hectares</i>
<i>Contrat de propriétaire exploitant</i>	52.29%	30%	12.57%	5.14%
<i>Contrat de métayage</i>	30%	38%*	16%	16%
<i>Contrat de location</i>	27.03%	20.27%	39.19%	13.51%
<i>Contrat mixte</i>	28.57%	28.57%**	42.86%	0%

* La surface pour ce type de contrat appartient à l'intervalle] 1 ; 3/

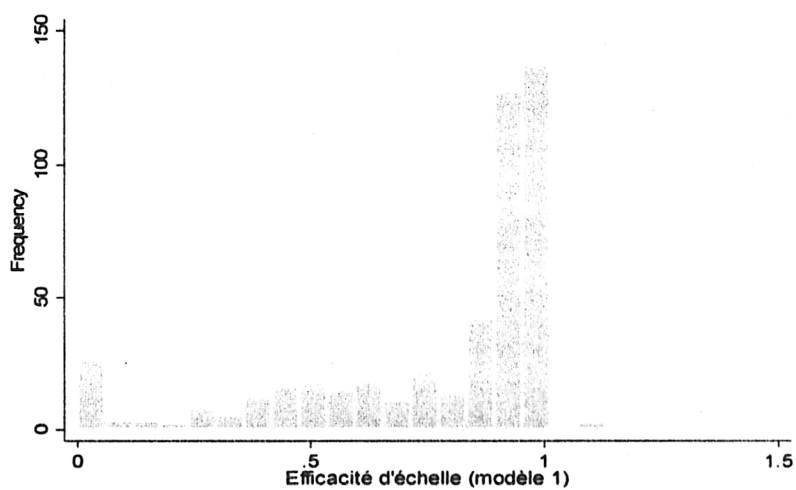
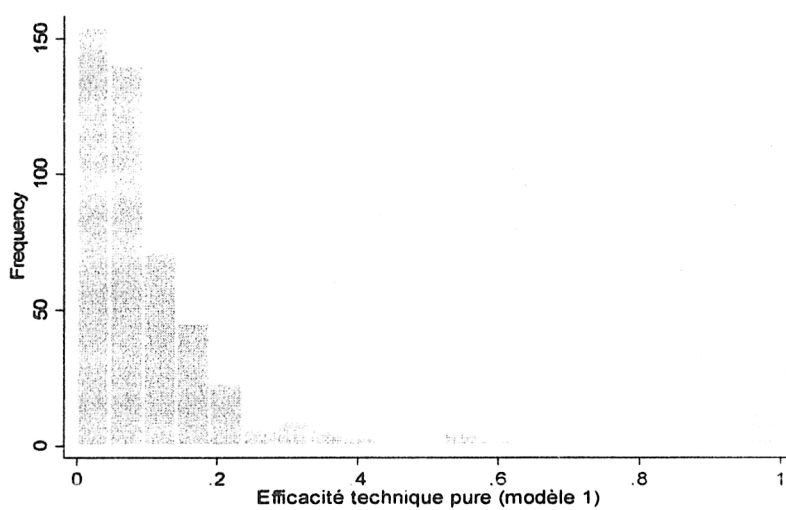
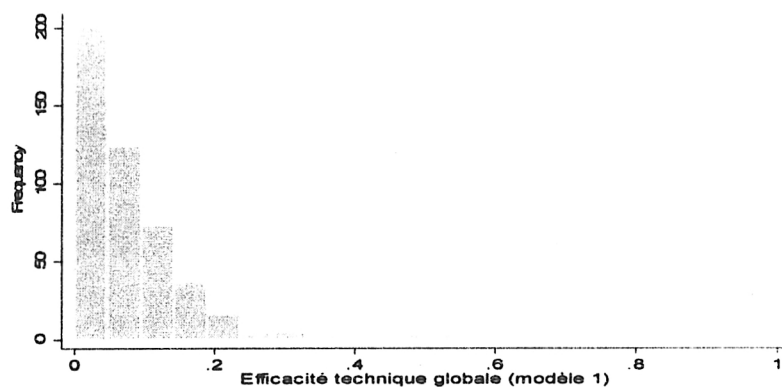
** La surface pour ce type de contrat appartient à l'intervalle] 1 ; 2/

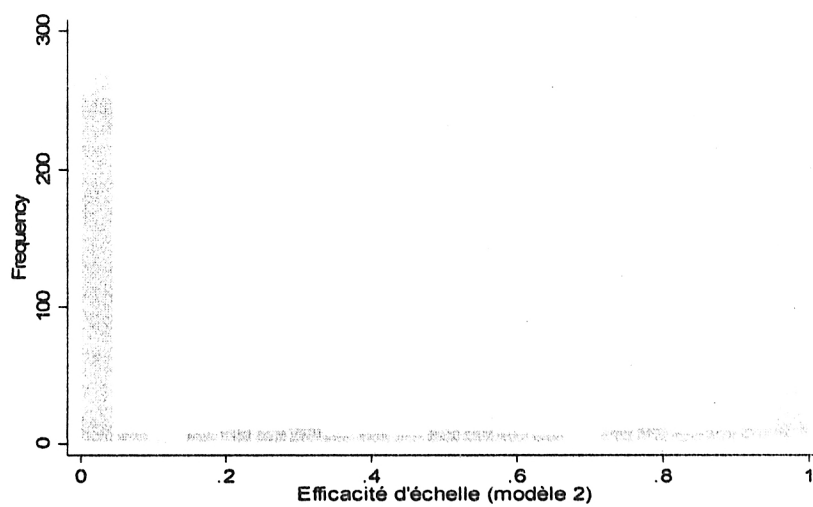
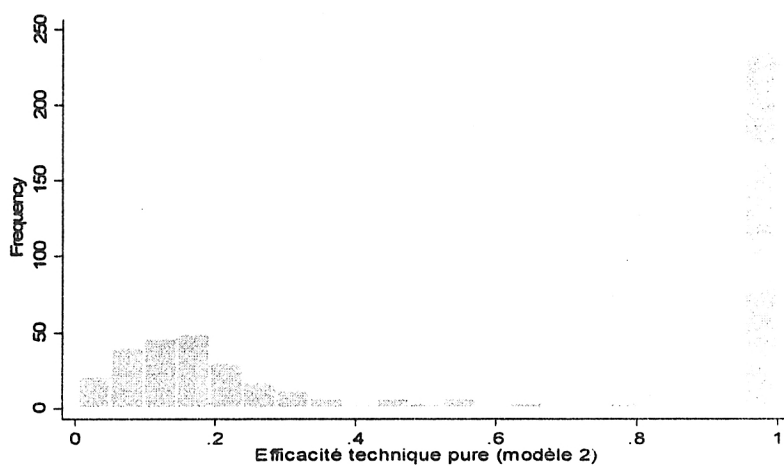
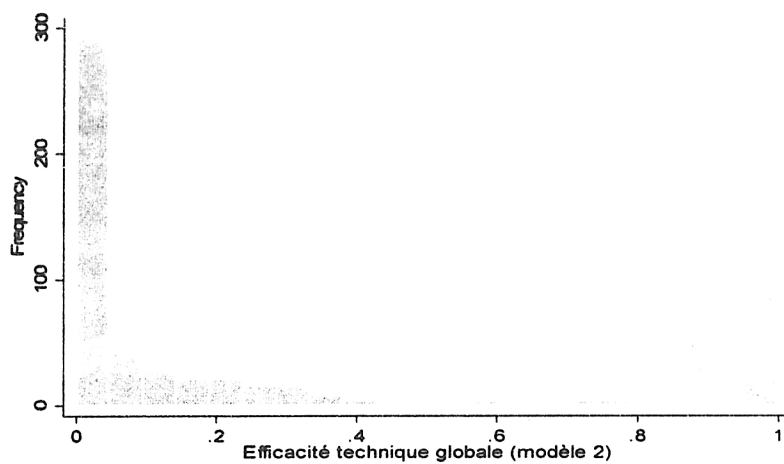
Tableau A3.9 : Statistiques descriptives pour les surfaces des terres par type de contrat.

	Moyenne	Ecart-Type	Min	Max
Fertilisants	96.0560	14.2246	0	100
Herbicides	95.2954	15.2782	0	100
Engrais	95.9315	14.4476	0	100
Irrigation	95.2034	16.0411	0	100
Labour	96.5739	23.0745	0	100
Main d'oeuvre familiale	98.4882	9.4687	0	100
Main d'oeuvre louée	97.5583	12.6063	0	100
Graines	95.3827	15.1665	0	100
Transport	95.4641	16.4341	0	100
Semences	96.5739	14.2418	0	100
Production	94.9747	14.8030	50	100

Tableau A3.10 : Statistiques descriptives pour les parts des intrants et de la production assumées par le paysan (En pourcentage)

ANNEXE 4 : SCORES D'EFFICACITÉ TECHNIQUE



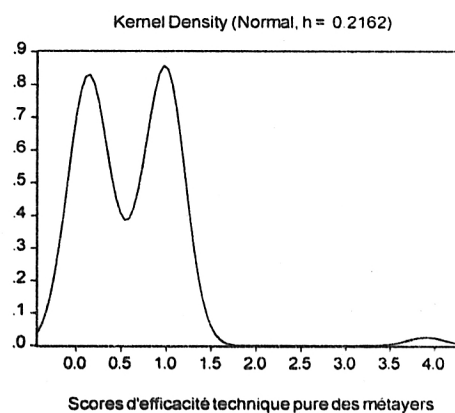
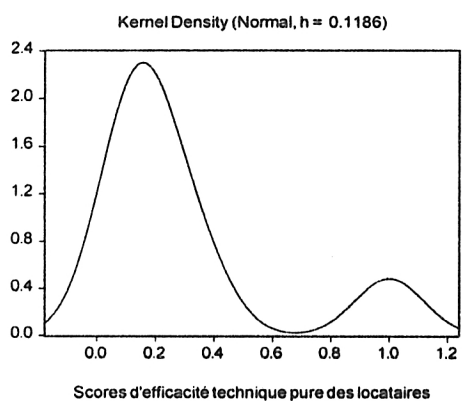
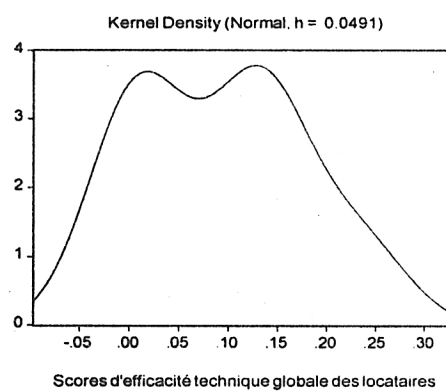
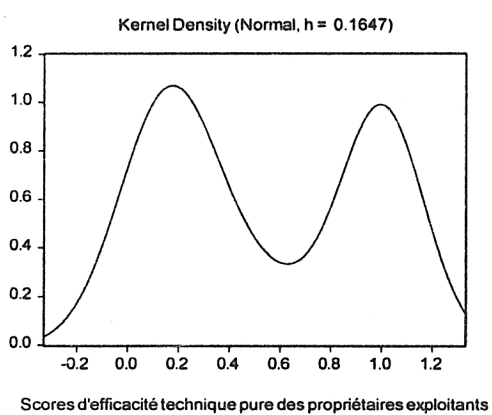
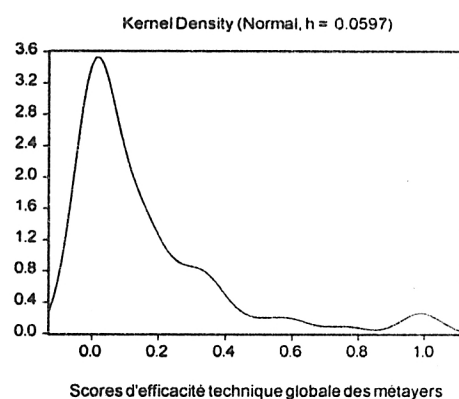
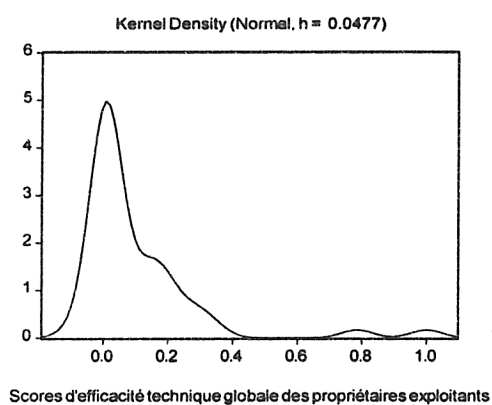


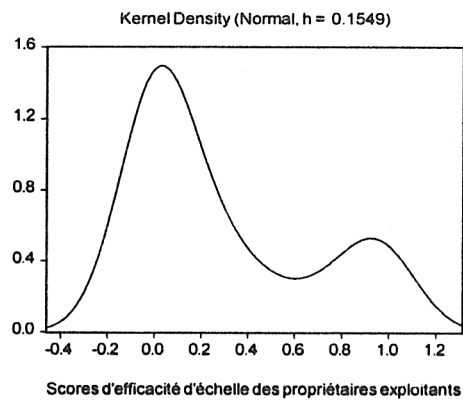
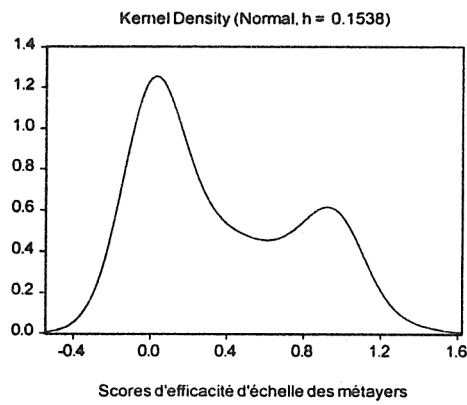
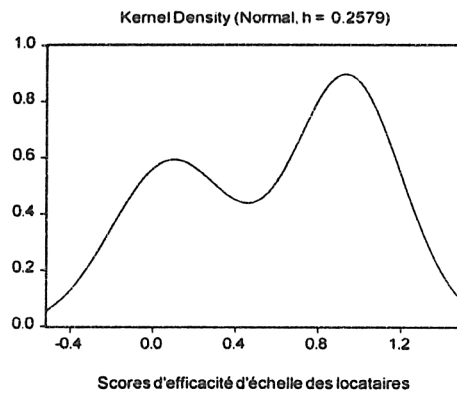
**ANNEXE 5 TESTS EMPIRIQUES DE L'INEFFICACITÉ
MARSHALLIENNE**

		Test de moyenne	Test de Wilcoxon
Efficacité technique globale	Contrat de métayage Vs Contrat propriétaire exploitant	0.296984 (0.7666) *	1.507421 (0.1317)
	Contrat de métayage Vs Contrat de location	1.408110 (0.1616)	1.046166 (0.2955)
Efficacité technique pure	Contrat de métayage Vs Contrat propriétaire exploitant	1.201122 (0.2304)	1.050805 (0.2933)
	Contrat de métayage Vs Contrat de location	0.433881 (0,6651)	0.002613 (0.9979)
Efficacité d'échelle	Contrat de métayage Vs Contrat propriétaire exploitant	1.229536 (0.2196)	1.817953 (0.0691)
	Contrat de métayage Vs Contrat de location	0.995540 (0.3214)	0.827174 (0.4082)

* : les nombres entre parenthèses sont les p-value.

ANNEXE 6 COURBES DE DENSITÉ DES SCORES D'EFFICACITÉ
Technique





ANNEXE 7 RÉSULTATS ÉCONOMÉTRIQUES

		Modèle Tobit	Forme logistique
Les caractéristiques des exploitants	Age	- 0.41197* (1.89)	- 0.0788 (1.51)
	Age au carré	0.0005** (2.35)	0.00097* (1.93)
	Éducation	0.0204* (1.87)	0.0483* (1.92)
Les caractéristiques des terres	Superficie	0.01527** (2.19)	0.0862*** (2.65)
	Main d'œuvre familiale masculine	0.00021 (0.35)	0.0034 (1.55)
	Main d'œuvre familiale féminine	0.00081* (1.87)	0.0017* (1.70)
	Sol argile	- 0.019 (0.14)	0.1172 (0.37)
	Terre rouge	- 0.0804 (0.56)	- 0.1007 (0.31)
	Sol aride	0.07268 (0.58)	0.3367 (1.18)
	Sol stérile	- 0.0631 (0.34)	- 0.02169 (0.05)
	Terre irriguée	- 0.1801 (1.28)	- 0.3904 (1.15)

N= 482 observations

*, **, *** représentent la significativité respectivement aux seuils 10%, 5% et 1%.

Valeur absolue des statistiques t de Student sous les coefficients.

Tableau A7.1 Estimation de l'efficacité technique pure par le modèle Tobit et par la forme logistique (version 1)

		Modèle TOBIT		Forme Logistique
		Coefficients estimés	Effets marginaux	Coefficients estimés
Les caractéristiques des exploitants	Age	-0.042 * (1.90)	-0.0193	-0.08053 (1.56)
	Age au carré	0.0005 ** (2.38)	0.00023	0.00099* (1.99)
	Éducation	0.0199 * (1.82)	0.0091	0.047* (1.92)
Les caractéristiques des terres	Superficie	0.115 * (1.68)	0.0051	0.055** (2.21)
	Main d'œuvre familiale masculine	0.00027 (0.45)	0.00012	0.0044 (1.89)
	Main d'œuvre familiale féminine	0.00065 * (1.74)	0.00029	0.0010* (1.16)
	Terre irriguée	-0.202 (1.46)	-0.088	-0.4172 (1.27)

N=482 observations

*, **, *** représentent la significativité respectivement aux seuils 10%, 5% et 1%.

Valeur absolue des statistiques t de Student sous les coefficients.

Tableau A7.2 Estimation de l'efficacité technique pure par le modèle Tobit et par la forme logistique (version 2)

		Modèle TOBIT	
		Coefficients estimés	Effets marginaux
Les caractéristiques des exploitants	Age	-0.0511 (1.23)	-0.0295
	Age au carré	-0.00056 (1.34)	0.00032
	Éducation	-0.00415 (0.2)	0.0024
Les caractéristiques des terres	Superficie	0.01640** (2.37)	0.0094
	Main d'œuvre familiale masculine	0.00408 ** (2.10)	0.0023
	Main d'œuvre familiale féminine	0.0009 ** (2.10)	0.0005
	Terre irriguée	-0.0729 (0.32)	-0.041
Caractéristiques des contrats de métayage et de location	Supervision	0.1201 (0.26)	0.0069
	Interaction répétée	0.36** (2.33)	0.2071
	Décision finale de gestion	- 0.40548 (0.9)	0.1988
	Part des coûts de moisson	0.01823** (1.99)	0.0079
	Part des coûts des graines	0.0339 (0.76)	-0.0022
	Part des coûts du labour	- 0. 0033 (0.97)	-0.0019

N= 125 observations

*, **, représentent la significativité respectivement aux seuils 10% et 5%.

Valeur absolue des statistiques t de Student sous les coefficients.

Tableau A7.3 Estimation de l'efficacité technique pure par le modèle Tobit pour le sous échantillon des exploitations en métayage et en location