

DOCUMENT DE TRAVAIL

DT/98/09

L'offre de riz des ménages agricoles malgaches

Etude économétrique à partir d'enquêtes transversales

Anne-Sophie ROBILLIARD

L'offre de riz des ménages agricoles malgaches. Etude économétrique à partir d'enquêtes transversales

Anne-Sophie Robilliard¹

Résumé

L'objet de ce papier est l'étude des déterminants de l'offre de riz des ménages agricoles malgaches à partir des enquêtes des Observatoires Ruraux de 1996. Plusieurs démarches sont envisagées. Tout d'abord, l'étude des déterminants du rendement du riz au niveau des parcelles permet de prendre en compte un grand nombre de facteurs techniques et de mettre en évidence la diversité des systèmes de culture mis en œuvre par les producteurs de riz. L'analyse au niveau des exploitations conduit à envisager une démarche indirecte, qui consiste à estimer une fonction de production puis à dériver les fonctions d'offre de biens et de demande de consommations intermédiaires à partir des résultats de la théorie de la production. L'approche par les modèles de ménages permet également d'éclairer le problème de l'offre de riz. En effet, les ménages agricoles, à l'instar de tous les ménages malgaches, sont également des consommateurs de riz. Il est donc important de pouvoir relier les deux modèles théoriques, du producteur et du consommateur.

Les données utilisées proviennent d'un dispositif original d'enquêtes réalisées en 1996 par le projet MADIO auprès de 2000 ménages agricoles malgaches, parmi lesquels ont été sélectionnés les ménages producteurs de riz. Du fait de la diversité des systèmes de culture du riz à Madagascar, il est courant de parler "des rizicultures malgaches" plutôt que de la riziculture. Les observatoires ruraux ont tenté de saisir cette diversité en s'intéressant à trois régions agro-écologiques différentes et, dans chacune d'entre elle, à deux villages.

L'étude des déterminants du rendement du riz au niveau des parcelles montre que, quel que soit le système de culture considéré, la productivité de la terre décroît avec la taille des parcelles. Ce résultat peut s'expliquer soit par la défaillance du marché du travail ce qui fait du travail un facteur limitant au niveau du ménage.

L'approche suivante se situe au niveau des ménages et repose sur une formalisation théorique assez simple qui doit permettre de déduire les paramètres de réponse de l'offre de riz des paramètres de la fonction de production. Après une présentation du cadre théorique, une analyse descriptive de la distribution des facteurs de production permettra de mettre en évidence la deuxième source de diversité des conditions de la production de riz. Enfin, l'estimation d'une fonction de production conduira à une évaluation de l'élasticité-prix de l'offre de riz des ménages sous différentes hypothèses.

Les résultats de l'estimation par les MCO de cette fonction donne des résultats relativement satisfaisants en termes d'explication de la variance de la production. Par ailleurs, toutes les variables explicatives ont des paramètres significativement différents de zéro et les rendements d'échelle sont constants. L'application à l'offre de riz des producteurs conduit à des élasticité-prix variant entre 0.0 et 0.2 selon les régions. Ces élasticités sont calculées sous l'hypothèse que la terre, l'équipement, le troupeau et le travail familial sont des facteurs fixes. Ce sont donc des élasticités de court terme.

Les producteurs de riz sont, à l'instar de tous le ménages malgaches, de gros consommateurs de riz et l'autoconsommation représente une part non négligeable de leur consommation. L'analyse montre que 65% des ménages producteurs de riz des observatoires sont potentiellement des acheteurs nets de riz. Ce résultat met en évidence la nécessité de relier les modèles théoriques standards du consommateur et du producteur pour analyser les effets de mesures de politiques économiques conduisant par exemple à une variation du prix du riz. Les fonctions d'offre estimées par quartile de superficie en riz montrent enfin que l'élasticité-prix de l'offre augmente avec la superficie cultivée.

¹ Université Paris – Sorbonne - DIAL

Tables des matières

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION..... | 6 |
| 1. Diversité des systèmes de culture et rendements du riz..... | 7 |
| 1.1. Diversité régionale et diversité des systèmes de culture..... | 7 |
| 1.1.1. Une importante diversité régionale... .. | 7 |
| 1.1.2. ...qui recoupe partiellement une non moins importante diversité des systèmes de culture. | 9 |
| 1.2. Les facteurs de limitation des rendements | 12 |
| 1.3. Les déterminants du rendement du riz au niveau des parcelles | 14 |
| 2. La production de riz..... | 19 |
| 2.1. Les dotations en facteurs de production..... | 20 |
| 2.2. Estimation d'une fonction de production du riz..... | 22 |
| 3. L'offre de riz des ménages | 31 |
| 3.1. Les destinations de la production de riz : le poids de l'autoconsommation | 32 |
| 3.2. Typologie des ménages : une minorité de ménages vendeurs nets | 33 |
| 3.3. Estimation de l'offre de riz des ménages..... | 37 |
| CONCLUSION : quelques résultats et limites des méthodes mises en oeuvre..... | 42 |
| BIBLIOGRAPHIE | 45 |
| Annexe 1 : Modèle du producteur | 46 |
| Annexe 2 : Productivité marginale des facteurs | 47 |
| Annexe 3 : Modèle séparable de ménage | 47 |

Tables des illustrations

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Diversité des écosystèmes et des systèmes de culture (% de la superficie cultivée en riz) | 10 |
| Tableau 2 : Estimation d'une fonction de rendement du riz (MCO) | 15 |
| Tableau 3 : Rendements par quartile de superficie cultivée en riz..... | 18 |
| Tableau 4 : Estimation d'une fonction de rendement au niveau des ménages | 19 |
| Tableau 5 : Dotations en facteurs de production..... | 21 |
| Tableau 6 : Variables explicatives de l'estimation de la fonction de production | 23 |
| Tableau 7 : Estimation d'une fonction de production de riz (MCO) | 24 |
| Tableau 8 : Estimation d'une fonction de production de riz (VI)..... | 27 |
| Tableau 9a Productivité marginale du travail familial par quartile de superficie cultivée en riz (calculée à partir d'une fonction Cobb-Douglas)..... | 29 |
| Tableau 10 Productivité marginale du travail familial (MCO)..... | 31 |
| Tableau 11 Statistiques sur la production, l'offre et la consommation de riz des ménages producteurs..... | 32 |
| Tableau 12 Typologie des ménages, taux de commercialisation, d'autoconsommation et part des achats dans la consommation totale de riz | 35 |
| Tableau 13 Les déterminants du taux de commercialisation du riz (MCO) | 35 |
| Tableau 14 Les déterminants de l'offre de riz (MCO)..... | 38 |
| Tableau 15 Les déterminants de la consommation de riz (MCO)..... | 40 |
| Tableau 16 Elasticité-prix de l'offre commercialisée de riz..... | 41 |

INTRODUCTION

L'accroissement de la production de riz à Madagascar est un objectif qui répond à plusieurs types et à plusieurs niveaux de préoccupations. De par sa place dans la consommation des ménages malgaches, la disponibilité en riz est un des piliers de la sécurité alimentaire du pays. Cette disponibilité est menacée par la diminution de la production domestique par tête dans un pays est la contrainte en devises est forte. D'un côté, le niveau du prix du riz à la consommation affecte le pouvoir d'achat des consommateurs - et donc éventuellement le coût de la main d'œuvre - de l'autre, les prix à la production ainsi que l'évolution de la productivité affectent les revenus des ménages agricoles producteurs. Ainsi, toute politique agissant sur le prix du riz aura un impact tant sur la production sectorielle que sur le bien-être de la population malgache.

La production rizicole de Madagascar est caractérisée par une atomisation de l'offre. Elle émane de plusieurs types de systèmes de production situés dans des régions dont la diversité est liée d'une part aux conditions agro-écologiques et d'autre part aux situations de peuplement et d'enclavement. Les structures de production dominantes sont des exploitations familiales de petite taille qui produisent en grande partie pour leur propre consommation et utilisent principalement du travail familial.

Le secteur rizicole, ainsi que la plupart des secteurs de l'économie, a été marqué au milieu des années 70 par un engagement de l'Etat à plusieurs niveaux de la filière. Cet engagement s'est traduit par de nombreuses nationalisations et par la création d'office para-étatiques de collecte et de commercialisation du riz. Par ailleurs, la poursuite d'objectifs de réduction des inégalités a alors conduit le gouvernement à pratiquer des politiques interventionnistes. La distribution de riz est devenue un monopole de l'Etat ce qui permettait un contrôle des prix à la consommation. Comme dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne, cette politique de prix ainsi que le maintien d'un taux de change surévalué a vraisemblablement favorisé les consommateurs urbains au détriment des producteurs agricoles, ce qui expliquerait les mauvaises performances du secteur agricole en général et du secteur rizicole en particulier étant donné sa place dans la consommation des ménages. Cette analyse est à l'origine des politiques de libéralisation du secteur agricole mises en œuvre dans le cadre des plans de stabilisation et d'ajustement structurel engagés au milieu des années 80 sous l'égide des institutions de Bretton-Woods du fait de la crise budgétaire.

Les politiques de libéralisation ont ainsi mis progressivement fin à toutes les formes d'encadrement des prix, tant au niveau de la production qu'à celui de la consommation. Mais à

l'issue du processus de libéralisation de la commercialisation du riz, les espoirs de croissance n'ont pas été réalisés : la production par habitant a continué à décroître, reflétant une croissance de la production de l'ordre de 1%, bien inférieure au taux de croissance démographique malgache (3%). Depuis la libéralisation, le prix du riz reflète la confrontation de l'offre et de la demande. Tandis que cette dernière apparaît relativement rigide, l'offre est atomisée à l'extrême. Les situations de producteurs sont également assez diverses, ce qui rend difficile l'analyse de la réponse de l'offre. Plusieurs acteurs économiques interviennent sur la filière rizicole et sont donc susceptibles d'agir sur les conditions de la production, mais on s'intéressera ici uniquement à l'analyse de la réponse de l'offre de riz au niveau des producteurs.

Les données utilisées proviennent d'un dispositif original d'enquêtes réalisées en 1996 par le projet MADIO auprès de 2000 ménages agricoles malgaches, parmi lesquels ont été sélectionnés les ménages producteurs de riz. Ceux-ci sont répartis dans six villages situés dans trois régions agro-écologiques différentes. Ce choix s'explique par l'extrême diversité climatique et agro-écologique du pays qui délimite des régions aux caractéristiques très différentes. La diversité de la riziculture malgache peut s'envisager selon plusieurs critères : d'une part la diversité des systèmes de culture, d'autre part la diversité des situations d'enclavement et de peuplement, enfin la diversité des dotations en facteurs de production des producteurs de riz.

1. Diversité des systèmes de culture et rendements du riz

Du fait de la diversité des systèmes de culture du riz à Madagascar, il est courant de parler "des rizicultures malgaches" plutôt que de la riziculture. Les observatoires ruraux ont tenté de saisir cette diversité en s'intéressant à trois régions agro-écologiques différentes et, dans chacune d'entre elles, à deux villages.

1.1. Diversité régionale et diversité des systèmes de culture

1.1.1. Une importante diversité régionale...

La région d'Antalaha, située dans la partie Nord-Est de l'île, est traditionnellement une région de cultures d'exportation : vanille d'abord, mais aussi café, poivre et girofle. Avec la baisse

relative des prix aux producteurs, les ménages agricoles accordent une place de plus en plus importante aux cultures vivrières (riz, tubercules). Depuis 1995, les producteurs de vanille font face à une baisse dramatique des prix aux producteurs du fait de l'effondrement des cours mondiaux. Les deux villages enquêtés diffèrent par les conditions d'accessibilité : le village d'Amphibe est plus éloigné de la ville d'Antalaha que celui de Maromandia. La région d'Antsirabe, située au cœur de la région des Hautes Terres du centre de Madagascar, est une des régions les plus peuplées du pays. Les producteurs y ont développé un système de cultures diversifiées afin d'exploiter au mieux les différentes facettes écologiques liées au relief accidenté. Les exploitations sont familiales, polyculturelles à dominante rizicole. Les deux villages diffèrent par l'ancienneté de l'occupation : le village de Soanindrariny se trouve dans la partie orientale du Moyen-Ouest, région d'occupation ancienne tandis que le village de Vinany, situé dans la partie occidentale du Moyen-Ouest est une région de peuplement récent où la pression démographique est moins forte. Les régions les plus anciennement peuplées ont bénéficié des grands travaux d'irrigation conduits au XIXe siècle par la monarchie merina et bénéficient aujourd'hui de la présence d'un grand nombre d'opérateurs de type non gouvernemental.

La plaine de Marovoay, dans le Nord-Ouest de l'île, a été mise en valeur au début du siècle pendant la colonisation pour devenir un des greniers à riz de Madagascar. Son développement a attiré de nombreux migrants venus de plusieurs régions à la recherche d'un emploi salarié et, par suite, de terres. Comme les autres grands périmètres irrigués, cette zone a été frappée de plein fouet par la crise des années 80 : crise de l'autorité centrale de gestion du périmètre, rupture des approvisionnements en intrants et matériels. Cette crise a été suivie du retrait progressif de l'Etat dans le cadre de la libéralisation du secteur. Les exploitations cultivent principalement du riz. Les deux villages de l'observatoire diffèrent par leur situation dans la plaine : le village de Bepako est situé en plein cœur du périmètre irrigué tandis que celui de Madiromiongana a été choisi dans une zone périphérique. Ces différences régionales sont reflétées par la diversité des écosystèmes et des systèmes de culture. Cette diversité, si souvent évoquée lorsque l'on parle de la riziculture malgache, peut être envisagée à la fois comme une richesse et comme une source de blocage. En effet, la diversité des systèmes de culture apparaît comme une bonne protection contre les risques climatiques et parasitaires, en contrepartie cette diversité rend plus ardue la tâche des organismes chargés de la recherche agronomique ainsi que la définition d'une politique agricole au niveau national.

1.1.2. ...qui recoupe partiellement une non moins importante diversité des systèmes de culture.

Qu'entend-on par diversité des systèmes de culture ? Un système de culture est l'ensemble des pratiques mises en œuvre par les agriculteurs pour la culture d'une plante. Dans le cas du riz, le système de culture se caractérise principalement par le système d'irrigation, le mode de semis, le mode de travail du sol, les associations et les rotations et le mode de reproduction de la fertilité. Le choix d'un système de culture est étroitement lié à un type de terre et à un type de climat. Ainsi, les parcelles de bas-fond sont généralement irriguées et repiquées, tandis que les parcelles de "tavy" sont des parcelles de riz pluvial semé directement. La reproduction de la fertilité sur les "tavy" repose sur le système de friche tandis que celle des bas-fond ou des plaines inondées périodiquement est prise en charge par le dépôt d'éléments fertiles. L'utilisation de fumure organique pour la reproduction de la fertilité est possible si le fumier est récolté, ce qui est plus couramment associé aux systèmes d'élevage en stabulation (cas de l'élevage laitier à Soanindrariny). La double culture n'est pas pratiquée dans toutes les régions car la croissance du riz ne peut pas se faire à des températures trop basses. Un système de culture se décrit donc selon plusieurs paramètres. Toutes les combinaisons de ces paramètres n'étant pas possibles - ou du moins pas optimales - dans un écosystème donné, il existe certains systèmes de culture dominants, dont l'existence est le résultat d'une histoire complexe plus ou moins récente. Les principaux facteurs d'évolution des systèmes de culture sont la pression démographique et le progrès technique.

Tableau 1 : Diversité des écosystèmes et des systèmes de culture (% de la superficie cultivée en riz)

| | Antalaha | | Antsirabe | | Marovoay | |
|-------------------------------------|----------|----------------|-------------------|--------|----------|--------------------|
| | Ampohibe | Maromandi a | Soanindrari ny | Vinany | Bepako | Madiromiong ana |
| Rendements moyens (kg/ha) | 1 046 | 1 036 | 1 671 | 1 575 | 2 190 | 1 748 |
| Superficie totale en riz* (ha) | 278 | 384 | 162 | 375 | 389 | 224 |
| Taille moyenne des parcelles (ares) | 68 | 77 | 31 | 62 | 82 | 80 |
| Situation | | | | | | |
| - Plaine | 21,1 | 9,5 | 5,6 | 6,3 | 97,4 | 78,6 |
| - Bas-fond | 57,1 | 23,3 | 91,8 | 69,5 | - | 4,3 |
| - Tanety | 2,2 | 16,4 | 2,6 | 24,0 | 2,2 | 17,1 |
| - Tavy | 19,6 | 50,8 | - | - | - | - |
| Mode d'irrigation | | | | | | |
| - Cours d'eau | 3,7 | 1,9 | 12,9 | 4,0 | 3,0 | - |
| - Canal aménagé | 58,9 | 22,7 | 50,9 | 20,4 | 86,8 | 71,7 |
| - Puits | 4,8 | 3,6 | 2,2 | 2,8 | - | - |
| - Autre | 5,6 | 3,6 | - | 4,2 | 3,0 | - |
| - Non irrigué | 24,0 | 68,2 | 9,7 | 52,9 | 3,4 | 26,5 |
| - Pompe | 3,1 | - | 24,3 | 15,7 | 3,1 | - |
| Culture attelée | 19,6 | 12,5 | 9,6 | 69,4 | - | 26,3 |
| Fumure organique | - | 4,8 | 53,1 | 25,3 | - | - |
| Fumure minérale | - | - | 6,8 | 2,0 | 1,7 | - |
| Produits phytosanitaires | - | - | 35,3 | 8,8 | 1,1 | - |
| Semences améliorées | - | - | - | 2,6 | 41,9 | 45,1 |
| Repiquage | 77,1 | 31,9 | 99,7 | 67,7 | 99,8 | 99,8 |
| Cultures associées | 2,6 | 26,9 | 4,8 | 10,8 | - | - |
| Cultures de contre-saison | - | 4,0 | 17,3 | 6,3 | - | - |
| Double culture de riz | 41,9 | 17,4 | - | 9,8 | - | - |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

NB : Lorsqu'un pourcentage est inférieur à 1, il n'est pas reporté.

* superficie totale cultivée en riz dans le village

Dans la région d'Antalaha, les bas-fonds et les "tavy" sont dominants. Ces deux types de terre correspondent à deux systèmes de culture très différents puisque les bas-fonds sont généralement cultivés tous les ans tandis que les "tavy" sont des parcelles défrichées et cultivées pendant deux ans puis laissées en friche pendant 3 à 5 ans selon les disponibilités en terre. Les systèmes d'irrigation dominants sont le canal aménagé pour les bas-fonds et la culture pluviale pour les "tavy". Le repiquage est une pratique culturelle liée à l'irrigation ce qui explique qu'il soit plus courant à Ampohibe qu'à Maromandia étant donné les distributions relatives des types de terre entre les deux villages. Enfin, la fertilisation, la protection des cultures et l'utilisation de semences améliorées sont très peu répandues voire inexistantes dans les deux villages, tandis que la culture attelée est pratiquée sur environ 30% des superficies.

Dans la région d'Antsirabe, il convient de distinguer Soanindrarinny, où les bas-fonds sont dominants, les parcelles petites et l'irrigation quasi systématique, de Vinany où les tanety représentent une part importante de la superficie cultivée en riz, où les parcelles sont deux fois plus grandes qu'à Soanindrarinny et où près de 53% des superficies ne sont pas irriguées. Concernant les techniques mises en œuvre, il apparaît que les riziculteurs de Soanindrarinny

utilisent plus fréquemment de la fumure organique et des produits phytosanitaires et n'ont que très rarement recours à la culture attelée malgré la présence d'un important troupeau bovin, ce qui peut s'expliquer par l'exiguïté des parcelles. Les possibilités d'extension étant limitées du fait de la forte pression démographique, les ménages de Soanindrariny ont intensifié leur production en ayant plus souvent recours à la fertilisation organique ou chimique et aux produits phytosanitaires. Dans ce contexte, il semble surprenant que l'utilisation de semences améliorées soit si peu répandue.

Dans le périmètre de Marovoay, une part écrasante de la superficie cultivée en riz se trouve en plaine. Il faut néanmoins noter une légère différence entre les villages de Bepako et de Madiromiongana. Dans ce dernier en effet, la culture pluviale sur tanety représente environ un cinquième des superficies. Concernant les techniques mises en œuvre, le repiquage est généralisé et l'utilisation de semences améliorées beaucoup plus répandue que dans les autres observatoires. En revanche, la fertilisation, qu'elle soit organique ou chimique, n'est quasiment pratiquée nulle part, ce qui met encore une fois en évidence une lacune du "paquet technique" mis en œuvre par les paysans du périmètre². Comme à Soanindrariny, il faudrait pouvoir analyser les causes de ces lacunes. En effet, les villages de l'observatoire d'Antsirabe bénéficient de la présence d'un grand nombre d'opérateurs du développement et il est probable que la plus forte utilisation d'intrants soit liée à cette présence. Quant aux producteurs du périmètre de Marovoay, ils ont bénéficié de la politique d'encadrement des grands périmètres irrigués jusqu'au milieu des années 80, ce qui a permis le développement d'un grand nombre de variétés améliorées adaptées à l'écosystème³. Les deux observatoires les plus "encadrés", du moins pour la production de riz, semblent mettre en œuvre des paquets techniques incomplets, ce qui pourrait s'expliquer par un manque de coordination des différents opérateurs dans les Hautes Terres et par la crise de la structure d'encadrement du périmètre de Marovoay à la suite du désengagement de l'Etat.

Une dernière remarque sur la diversité des systèmes de culture concerne les associations, les rotations et la double culture du riz. Les cultures associées ne représentent une part non négligeable des superficies cultivées en riz que dans les villages de Maromandia et Vinany et sont pratiquées principalement sur les tanety et les tavy. Quant aux cultures de contre-saison, elles se rencontrent principalement à Soanindrariny, où elles occupent près de 17% des

² Les espèces améliorées présentent en effet la caractéristique de répondre mieux que les espèces traditionnelles à la fertilisation chimique et organique mais sont généralement moins robustes (Fujisaka, 1990).

superficiés cultivées en riz. La double culture du riz est pratiquée à Ampohibe (32% de la superficie cultivée en riz), à Maromandia (15%) et à Vinany (9%), principalement dans les bas-fonds. Ces différents chiffres montrent néanmoins que les associations, les rotations et la double culture de riz restent des systèmes de culture peu répandus.

1.2. Les facteurs de limitation des rendements

L'augmentation de la production de riz au niveau des ménages peut résulter soit de l'augmentation des superficies, soit de l'augmentation des rendements. De nombreuses études montrent que les rendements ont stagné et que l'augmentation observée résulte principalement de l'extension de la culture de riz pluvial. L'intensification apparaît néanmoins souhaitable car la mise en culture de terres de plus en plus marginales ainsi que la déforestation liée à la pratique d'abattis brûlés pour la mise en culture des "tavy" posent de graves problèmes d'érosion des sols et, par suite, de maintien de la fertilité. Les enquêtes des Observatoires Ruraux ont tenté de mettre en évidence les raisons de la stagnation des rendements du riz par des questions directes aux producteurs.

La maîtrise de l'eau est un problème souvent mis en avant par les experts pour expliquer les faibles rendements du riz. D'après les agriculteurs des observatoires, la déficience de l'irrigation touche en effet 40% des superficies rizicoles irriguées et c'est le facteur le plus fréquemment identifié comme cause de la limitation des rendements du riz (29% de l'ensemble des réponses). L'occurrence de ce problème est la plus forte dans les régions où la part de la superficie irriguée est la plus faible ce qui suggère qu'il faille dans ce cas l'analyser non comme une déficience des systèmes d'irrigation existant mais plutôt comme un manque de moyens d'irrigation pour les "tanety" et les "tavy". Malgré les problèmes posés par la réorganisation de la gestion du périmètre irrigué, les ménages de Bepako ne semblent pas percevoir de problème particulier de déficience du système d'irrigation. En revanche, les ménages de Madiromiongana sont plus sensibles à ce problème, ce qui suggère que la déficience du système d'irrigation soit plus fréquente en périphérie du périmètre. L'incidence des problèmes posés par la maîtrise de l'eau sur les rendements n'étant pas évidente d'après les résultats des enquêtes, la déficience du système d'irrigation pourrait introduire un élément de risque qui limite non pas directement les rendements du riz mais l'intensification de la culture.

³ Il est néanmoins probable que ces semences améliorées ne soient plus réellement efficaces car issues des propres récoltes des producteurs.

Plus de 50% des ménages de Bepako évoquent le manque de culture attelée comme limite des rendements du riz. Il convient de resituer ce problème dans l'histoire de l'encadrement du périmètre. En effet, avant la libéralisation, le piétinage des rizières était mécanisé et pris en charge par la société d'encadrement. Ce système a maintenant été abandonné et le matériel utilisé alors n'a pu être transmis aux agriculteurs. Ceux-ci semblent se trouver aujourd'hui incapables de prendre en charge cette opération.

36% des ménages de Soanindrariny évoquent la difficulté d'accès à des intrants bon marché comme limite principale des rendements du riz. Ce chiffre montre que les agriculteurs sont sensibilisés à l'utilisation d'intrants, ce qui est loin d'être le cas dans la plupart des villages observés. Il reste néanmoins à conduire un travail de sensibilisation à l'utilisation d'espèces végétales améliorées pour que le paquet technique mis en œuvre par les agriculteurs de la zone soit complet. Il est possible que cette lacune soit liée à l'absence de variétés améliorées adaptées à l'écosystème. Il semble en effet difficile pour de petits opérateurs de prendre en charge une mission de recherche qui constitue des investissements importants et de long terme.

Il est courant, lorsque l'on parle des systèmes rizicoles malgaches, de faire référence aux systèmes de culture asiatiques. En effet, les techniques rizicoles pratiquées sur la Grande Ile ont vraisemblablement été importées par les migrants d'Asie du Sud-Est qui ont peuplé les Hautes Terres et les écosystèmes peuvent sembler comparables. Or, si la révolution verte a permis en Asie, de porter les rendements moyens à près de 4 tonnes de paddy par hectare, de nombreuses études montrent que le rendement moyen malgache n'a pratiquement pas progressé en 30 ans et parvient très difficilement à atteindre les 2 tonnes de paddy par hectare souvent données comme référence au niveau national. Les résultats obtenus en Asie en termes de rendements représentent donc un objectif pour la riziculture malgache. La comparaison laisse apparaître des différences à presque tous les niveaux. Mais le plus flagrant reste le niveau de fertilisation élevé des rizicultures asiatiques (associé à l'utilisation systématique des semences améliorées issues de la révolution verte) et la pratique quasi systématique de la double culture de riz. Cette pratique demande d'importants apports en eau ainsi qu'une bonne maîtrise de l'irrigation, mais suppose également un mode efficace de reproduction de la fertilité du fait de l'importance du prélèvement que constitue la double culture.

La diffusion de semences améliorées apparaît liée à la présence d'un opérateur capable de prendre en charge une activité de recherche sur le développement d'espèces adaptées à l'écosystème considéré. Cette activité doit être complétée par une mise à disposition des

intrants nécessaires pour compléter le paquet technique proposé. Dans la plaine de Marovoay, l'encadrement de la production a laissé plusieurs traces dont l'utilisation relativement courante de semences améliorées mais aucune structure n'a été capable de prendre en charge la commercialisation des intrants nécessaires pour compléter le paquet technique. Par ailleurs, les agriculteurs semblent eux-mêmes avoir des difficultés à prendre en charge certaines opérations culturales comme le piétinage qui a été longtemps mécanisé et pris en charge par la structure d'encadrement avec du matériel dont les dimensions et le coût semble interdire qu'il puisse être récupéré par des producteurs de manière individuelle. L'organisation des producteurs apparaît là encore au centre des problèmes du périmètre (Droy, 1990). La sensibilisation à l'utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires apparaît liée à la présence d'opérateurs du développement - comme dans les observatoires des Hautes Terres d'Antsirabe, mais ceux-ci semblent avoir du mal à faire face à la demande d'intrants exprimée par les producteurs. Par ailleurs ils n'ont pas les moyens de prendre en charge une activité de recherche sur les variétés améliorées dont la diffusion décuplerait sans doute les effets de l'utilisation d'engrais.

1.3. Les déterminants du rendement du riz au niveau des parcelles

Afin d'identifier les déterminants agronomiques, climatiques et techniques des rendements du riz, ceux-ci ont été régressés sur l'ensemble des facteurs identifiés précédemment. L'intérêt de l'approche économétrique est qu'elle permet de conduire une analyse multivariée tout en isolant les effets des différentes variables introduites dans la régression : les coefficients issus des différentes régressions doivent être interprétés comme l'effet de chaque variable sur la variable dépendante - ici, le rendement - "toutes choses égales par ailleurs", c'est-à-dire en contrôlant toutes les autres variables introduites dans la régression.

Les résultats de la régression se trouvent dans le Tableau 2. L'étude des déterminants des rendements du riz au niveau des parcelles met en évidence plusieurs résultats intéressants : au niveau agrégé, aucun des coefficients des variables correspondant aux variables techniques - technique de culture, fertilisation, types de semences - n'est significativement différent de zéro. Seule parmi les variables techniques, l'irrigation a un impact sur les rendements. Les régressions conduites par situation montrent que la fertilisation n'a d'impact que sur les parcelles situées dans les bas-fonds et dans les plaines. Ce résultat est d'autant plus surprenant que la fertilisation est relativement plus courante sur les parcelles de tanety (près de 40% des

parcelles sont fertilisés contre 21% seulement des parcelles de bas-fond et 3% des parcelles de plaine).

Tableau 2 : Estimation d'une fonction de rendement du riz (MCO)

| Ln(Rendement du riz) | Ensemble | | Plaine | | Bas-fond | | Tanety | | Tavy | |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Coefficient | t de Student |
| Ln(Superficie) | -0.32** * | -15.055 | -0.23** * | -6.439 | -0.32** * | -11.650 | -0.40** * | -4.045 | -0.57** * | -7.879 |
| Ln(Superficie en riz) | -0.11** * | -5.095 | -0.03 | -1.114 | -0.14** * | -4.883 | -0.16* | -1.478 | -0.18** | -2.244 |
| Ln(Superficie hors riz) | 0.01** | 1.882 | 0.01 | 0.900 | 0.06** * | 3.195 | 0.02 | 0.458 | 0.04* | 1.312 |
| Ln(Nombre d'actifs) | 0.17** * | 5.859 | 0.07* | 1.617 | 0.24** * | 6.031 | -0.06 | -0.443 | 0.11 | 1.146 |
| Culture attelée | 0.02 | 0.520 | 0.01 | 0.186 | 0.06* | 1.291 | 0.25* | 1.347 | -0.03 | -0.117 |
| Fertilisation | 0.05 | 1.154 | 0.12 | 1.080 | 0.14** * | 2.729 | 0.20 | 1.111 | 0.38 | 0.654 |
| Semences améliorées | 0.01 | 0.187 | 0.02 | 0.588 | -0.18 | -0.996 | 0.02 | 0.062 | 0.61 | 1.034 |
| Irrigation | 0.20** * | 4.310 | 0.50** * | 5.483 | 0.15** * | 2.966 | 0.57** | 2.089 | 0.60 | 1.011 |
| Villages | | | | | | | | | | |
| - Ampohibe | -0.63** * | -9.428 | -0.55** * | -7.669 | -0.69** * | -2.539 | -0.44 | -1.145 | 0.40 | 0.482 |
| - Maromandia | -0.47** * | -6.863 | -0.59** * | -7.192 | -0.64** * | -2.362 | -0.07 | -0.270 | 0.68 | 0.832 |
| - Soanindrariny | -0.78** * | -9.393 | -0.35** * | -2.351 | -0.96** * | -3.507 | -1.27** * | -2.694 | - | - |
| - Vinany | -0.35** * | -4.769 | -0.04 | -0.326 | -0.42* | -1.569 | -0.95** * | -3.016 | - | - |
| - Bepako | 0.17** * | 3.090 | 0.18** * | 3.573 | -2.29** * | -3.619 | -0.35 | -1.090 | - | - |
| - Madiromiongana | mod.ref. |
| Situation | | | | | | | | | | |
| - Plaine | mod.ref. | mod.ref. | | | | | | | | |
| - Bas-fond | -0.04 | -0.947 | | | | | | | | |
| - Tanety | -0.69** * | -10.543 | | | | | | | | |
| - Tavy | -0.29** * | -3.932 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| Constante | 8.96** * | 81.317 | 7.99** * | 47.108 | 8.92** * | 31.415 | 9.11** * | 20.867 | 8.88** * | 10.200 |
| R ² | 0.39 | | 0.29 | | 0.29 | | 0.24 | | 0.41 | |
| Nb d'observations | 2 234 | | 739 | | 1 030 | | 222 | | 242 | |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

*** significatif au seuil de 1% ** significatif au seuil de 5% * significatif au seuil de 10%

Les régressions conduites au niveau des villages montrent que le mode de culture a un impact positif sur les rendements dans les villages de Maromandia, Soanindrariny et Bepako, et la fertilisation a un impact positif sur les rendements à Soanindrariny seulement. Les coefficients des variables dichotomiques représentant les cinq villages (le village de Madiromiongana étant la modalité de référence) sont tous significatifs au niveau agrégé et les résultats montrent que, toutes choses égales par ailleurs - c'est-à-dire la superficie, la situation et l'irrigation des parcelles étant données ainsi que les modes de culture, de reproduction de la fertilité et la qualité des semences - les rendements sont les plus élevés à Bepako et les moins élevés à Soanindrariny.

Concernant la situation des parcelles, les résultats de la régression au niveau agrégé montrent que les rendements des parcelles de bas-fond ne sont pas significativement différents des rendements des parcelles de plaine, tandis que sur les parcelles de tavy et de tanety, les rendements sont significativement inférieurs. Les rendements sont les plus faibles sur les parcelles de tanety, où la reproduction de la fertilité est moins bien prise en charge que sur les tavy ou dans les bas-fonds et les plaines.

L'autre résultat intéressant de ces régressions est le signe du coefficient de la superficie de la parcelle qui renseigne sur la relation entre productivité moyenne de la terre et taille des parcelles : au niveau agrégé tant qu'au niveau des différents types de sols et des différents villages, il apparaît une relation négative entre productivité de la terre et taille des parcelles. Ce résultat avait déjà mis en évidence dans d'une étude descriptive conduite sur les données des observatoires du Vakinankaratra (Pesneaud, 1997). L'approche économétrique permet de confirmer l'existence de cette relation inverse pour l'ensemble des villages en contrôlant à la fois pour la situation des parcelles et certains paramètres des systèmes de culture mis en œuvre. Il est en effet classique de trouver un signe négatif et Deaton (1994) suggère que ce résultat s'explique par l'omission dans les équations de rendement de l'hétérogénéité non observée et que ces variables omises sont systématiquement corrélées avec les variables explicatives. Par exemple, les exploitations dans les zones marginales semi-désertiques sont typiquement grandes tandis que les exploitations des zones fertiles sont typiquement plus petites. La variable omise de qualité de la terre est négativement corrélée à la superficie, ce

qui conduit l'estimateur du coefficient à être biaisé de la vraie valeur nulle à une valeur négative.

Dans le cas de la riziculture malgache, ce résultat pourrait être lié à l'existence de plusieurs types de terre aux productivités différentes : ainsi, les parcelles de "tanety" sont généralement plus grandes et moins productives que les parcelles de bas-fond, ce qui peut s'expliquer à la fois par des considérations topologiques et par des considérations de peuplement : les terres les plus productives ont été mises en valeur plus anciennement et la pression démographique sur ce type de terres est la plus forte. Certaines études montrent que l'introduction de la qualité de la terre dans les variables explicatives diminue voire annule le biais (Benjamin(1993), cité par Deaton(1994)) mais, dans le cas des observatoires ruraux, ce résultat est maintenu même en prenant en compte une grande partie de l'hétérogénéité, qu'elle concerne la qualité des sols, la diversité des conditions agro-écologiques régionales ou les différents systèmes de culture. Il faut donc en conclure que, quelque soit le système de culture considéré, la productivité marginale de la terre est inversement proportionnelle à la superficie des parcelles. Une interprétation possible au niveau de la parcelle du signe négatif de la superficie dans l'équation de rendement est liée au problème de la maîtrise de l'eau : en effet, plus les parcelles sont grandes, plus l'aplanissement pour le maintien de l'horizontalité est délicat, particulièrement dans le cadre d'une agriculture peu mécanisée (Pesneaud, 1997). Mais ce raisonnement ne suffit pas à expliquer pourquoi la productivité de la terre décroît encore plus avec la superficie pour les "tavy", qui, typiquement, ne sont pas irrigués.

L'existence d'une relation négative entre productivité moyenne de la terre et taille des exploitations est une observation empirique très courante dans les pays en développement. Les premières mesures furent conduites en Inde au début des années 1960 (Sen, 1962). Depuis de nombreuses explications ont été avancées. La plus courante est liée à l'imperfection du marché du travail. Dans le contexte d'une agriculture duale - c'est-à-dire caractérisée par l'existence de grandes exploitations utilisant typiquement de la main d'œuvre salariée et de petits exploitants utilisant de la main d'œuvre familiale sur leur exploitation et vendant éventuellement une partie de leur force de travail - l'existence de coûts de transaction sur le marché du travail conduit à des prix implicites de la main d'œuvre différents : le prix implicite du travail est plus faible pour les petits exploitants que pour les grands, ce qui conduit les premiers à utiliser plus de travail à l'hectare, avec, comme résultat de cette intensification, des rendements moyens de la terre plus élevés. Notons que ces observations et explication sont valables dans le cas d'une agriculture où la contribution relative du travail à la productivité

moyenne de la terre est importante. Le progrès technique conduit généralement à l'augmentation de la contribution relative d'autres facteurs (engrais, semences améliorées, produits phytosanitaires) dont l'utilisation dépend largement des disponibilités en liquidités. L'accès au crédit étant généralement plus facile pour les grandes exploitations, celles-ci ont alors un avantage qui peut conduire à une inversion de la relation entre productivité de la terre et taille de l'exploitation (Deolalikar, 1981).

Dans le contexte malgache, bien qu'il soit difficile de mettre en évidence la structure duale de l'agriculture - relativement à celle fréquemment observée dans certains systèmes agraires latino-américains - la variabilité des dotations en terre par tête est néanmoins importante : l'indice de Gini de distribution des superficies cultivées en riz est de 0.42 (voir partie 2.1). Par ailleurs, les niveaux d'utilisation d'intrants variables restent très faibles quelle que soit la taille des exploitations. Afin de relier les résultats obtenus au niveau des parcelles à l'explication communément retenue s'appuyant sur la dualité de l'agriculture et l'imperfection du marché du travail, les régressions des rendements moyens calculés au niveau des ménages ont été conduites. Les exploitations ont été dans un premier temps classées par quartile selon la superficie globale cultivée en riz. Les chiffres du Tableau 3 montrent que dans tous les villages, la productivité moyenne de la terre diminue lorsque la superficie globale cultivée en riz augmente. Les tests conduits au niveau agrégé montrent par ailleurs que la productivité moyenne du premier quartile est significativement différente de celle du second, tandis que celle du troisième quartile est significativement différente du quatrième.

Tableau 3 : Rendements par quartile de superficie cultivée en riz

| | Ensemble | Antalaha | | Antsirabe | | Marovoay | |
|------------|----------|----------|--------------|----------------|--------|----------|----------------|
| | | Ampohibe | Maromandiana | Soanindrari ny | Vinany | Bepako | Madiromiongana |
| Quartile 1 | 1 799* | 1 273 | 1 234 | 2 324 | 1 691 | 2 505 | 1 995 |
| Quartile 2 | 1 427 | 909 | 1 016 | 1 709 | 1 450 | 2 024 | 1 806 |
| Quartile 3 | 1 384* | 830 | 959 | 1 417 | 1 346 | 1 987 | 1 841 |
| Quartile 4 | 1 126 | 523 | 610 | 1 112 | 1 302 | 1 975 | 1 441 |
| Ensemble | 1 446 | 903 | 967 | 1 658 | 1 453 | 2 131 | 1 773 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

* productivité moyenne significativement différente de la productivité moyenne du quartile suivant.

Afin de confirmer ces résultats en contrôlant pour les variables de situation de la terre, les rendements moyens par exploitation ont été régressés sur la superficie globale cultivée en riz, les proportions de chaque type de terre ainsi que la part irriguée. Les chiffres du tableau 4 montrent que la relation inverse observée au niveau des parcelles est maintenue au niveau des exploitations.

Deux autres variables ont été ajoutées. Le nombre de parcelles permet de retrouver les résultats observés au niveau des parcelles : pour une superficie cultivée en riz donnée, plus le nombre de parcelles est élevé - c'est-à-dire plus les parcelles sont petites - et plus les rendements sont élevés. Le coefficient de la part de la superficie totale cultivée en riz met par ailleurs en évidence un autre résultat intéressant. Cette variable correspond en effet à un indicateur de spécialisation des exploitations. Les chiffres du Tableau 4 suggèrent que plus la spécialisation des exploitations est forte et plus la productivité moyenne de la terre est élevée.

Tableau 4 : Estimation d'une fonction de rendement au niveau des ménages

| Ln(Rendement moyen en riz) | Coefficient | Erreur Standard | t de Student | P> t |
|--|-------------|--------------------------|------------------|---------------|
| Ln(Superficie globale cultivée en riz) | -0.38*** | 0.02 | -16.509 | 0.000 |
| Part de la superficie en riz | | | | |
| en plaine | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. |
| en bas-fonds | -0.14** | 0.06 | -2.460 | 0.014 |
| en tanety | -0.39*** | 0.09 | -4.363 | 0.000 |
| en tavy | -0.36*** | 0.10 | -3.617 | 0.000 |
| Part de la superficie en riz irriguée | 0.19*** | 0.07 | 2.849 | 0.004 |
| Part de la superficie totale cultivée en riz | -0.37*** | 0.08 | -4.458 | 0.000 |
| Nombre de parcelles | 0.18*** | 0.02 | 11.238 | 0.000 |
| Villages | | | | |
| - Ampohibe | -0.40*** | 0.07 | -5.751 | 0.000 |
| - Maromandia | -0.55*** | 0.06 | -8.686 | 0.000 |
| - Soanindrariny | -0.71*** | 0.08 | -8.763 | 0.000 |
| - Vinany | -0.32*** | 0.07 | -4.278 | 0.000 |
| - Bepako | 0.19*** | 0.05 | 3.553 | 0.000 |
| - Madiromiongana | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. |
| Constante | 4.43*** | 0.12 | 36.696 | 0.000 |
| Nb Obs=1 146 | | Adj.R ² =0.48 | F(12,1133)=89.65 | Prob>F=0.0000 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

*** significatif au seuil de 1% ** significatif au seuil de 5% * significatif au seuil de 10%

Afin de tester l'explication de la relation inverse en productivité moyenne de la terre et superficie cultivée s'appuyant sur la défaillance du marché du travail, on peut comparer la productivité marginale du travail familial entre les petites et les grandes exploitations. On devrait en effet aboutir à une productivité marginale du travail inférieure pour les plus petits exploitants. Ce calcul sera effectué dans la partie suivante, à partir de l'estimation d'une fonction de production.

2. La production de riz

L'approche suivante repose sur une formalisation théorique très simple qui, à partir de l'estimation d'une fonction de production, permet de déduire les paramètres de réponse de

l'offre de riz. Dans un premier temps, la distribution des facteurs de production sera examinée afin de mettre en évidence la deuxième source de diversité des conditions de la production de riz. L'estimation d'une fonction de production conduira ensuite à une évaluation de l'élasticité-prix de l'offre de riz dans les observatoires. Le calcul et l'analyse de la productivité marginale du travail familial devraient enfin permettre de confirmer le lien entre productivité moyenne de la terre, taille des exploitations et productivité marginale du travail.

2.1. Les dotations en facteurs de production

Quatre facteurs de production sont considérés : il s'agit de la terre, de l'équipement, du cheptel et du travail familial. La terre est l'ensemble des superficies des parcelles cultivées en riz par le ménage. On a retiré de cette somme les parcelles complètement improductives. Il s'agit donc d'un agrégat de parcelles aux situations et aux qualités agronomiques parfois très différentes puisque de nombreux ménages cultivent à la fois du riz en plaine ou en bas-fond et du riz sur "tanety" ou sur "tavy".

L'équipement agricole est la valeur de l'ensemble des outils utilisés par le ménage pour la production agricole. Il est principalement constitué d'outillage manuel (angady, coupe-coupe, haches...), mais également de charrues, de hermes et de sarcleuses pour la culture attelée et de charrettes pour le transport. L'équipement des ménages des observatoires a été mesuré lors du premier passage des enquêtes, en 1995, il s'agit donc d'une variable retardée. Le cheptel est la valeur de l'ensemble des animaux possédés par le ménage. Il s'agit à la fois de gros élevage, principalement des bœufs et des vaches laitières, et de petit élevage (caprins, ovins, porcins, volailles). Le bétail peut contribuer à la production de riz de deux manières : d'une part il apporte une force de traction pour la culture attelée, d'autre part il apporte du fumier pour la fertilisation des sols. Ces deux variables n'étant pas mesurées directement, la valeur du cheptel est utilisée comme proxy.

Enfin, le travail familial est l'ensemble des jours de travail agricole déclarés par les membres du ménage soit au titre de leur activité principale, soit au titre d'activité secondaire. Cette déclaration d'activité comporte quatre modalités de participation : à plein temps, à mi-temps, saisonnière ment et quelques heures par semaine. A chaque modalité a été associé un coefficient d'équivalence afin de transformer ces déclarations qualitatives en une déclaration quantitative. En revanche, l'enquête ne permettant pas de savoir quelle part du travail familial agricole est utilisée pour la production du riz, il s'agit là encore d'une proxy.

Les chiffres du tableau 3 mettent en évidence deux résultats intéressants. Tout d'abord, tous les facteurs de production ne sont pas répartis aussi inégalement les uns que les autres. Par ailleurs, la contribution de la variabilité intra-groupes des dotations en facteurs de production à la variabilité totale apparaît presque systématiquement plus importante que celle de la variabilité intergroupes. La diversité des conditions agro-écologiques, mise en évidence dans la partie précédente, ne suffit donc pas à expliquer la diversité des dotations en facteurs de production.

Parmi les facteurs primaires, les facteurs les plus inégalement répartis sont l'équipement et le bétail. 99% des ménages producteurs de riz possèdent de l'équipement agricole, et 84% possèdent du bétail. Dans le cas de l'équipement, la contribution de la variabilité inter-groupes à la variabilité totale est aussi importante que celle de la variabilité intra-groupes. Les ménages des deux villages des observatoires d'Antalaha apparaissent en effet très faiblement équipés par rapport à ceux des autres observatoires : leur dotation en équipement est en moyenne 10 fois inférieure à celle des ménages des deux autres observatoires. L'équipement est le plus inégalement réparti dans le village de Soanindrariny. La variabilité de la dotation en bétail apparaît en revanche plus forte au sein des villages qu'entre eux. Le bétail est le plus inégalement réparti dans les villages de l'observatoire de Marovoay et le plus équitablement réparti dans le village de Vinany.

Les facteurs les plus également répartis sont la terre et le travail familial. Dans les deux cas, la contribution intra-villages à la variabilité totale représente plus de 80%. La répartition des terres irriguées est légèrement plus inégalitaire que celle de la superficie globale cultivée en riz, ce qui suggère que toute politique de redistribution des terres doit prendre en compte la situation des terres qu'elle redistribue. La terre est le plus inégalement répartie dans les deux villages de l'observatoire d'Antsirabe. Or ces deux villages diffèrent par leurs situations de peuplement : l'installation de la population à Soanindrariny est ancienne, tandis que Vinany est une région d'occupation récente. L'inégalité foncière n'apparaît donc pas liée à des situations particulières de peuplement.

Tableau 5 : Dotations en facteurs de production

| | Indice de Theil | | | Antalaha | | | | Antsirabe | | | | Marovoay | | | |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------|----------|-------|------------|-------|---------------|-------|--------|-------|----------|-------|----------------|-------|
| | | | | Ampohibe | | Maromandia | | Soanindrariny | | Vinany | | Bepako | | Madiromiongana | |
| Theil | total | inter | intra | Mo y. | Theil | Mo y. | Theil | Mo y. | Theil | Mo y. | Theil | Mo y. | Theil | Moy. | Theil |
| Superficie riz ^a | 0.30 | 12% | 88% | 157 | 0.23 | 137 | 0.21 | 63 | 0.39 | 159 | 0.33 | 153 | 0.25 | 132 | 0.23 |
| Superficie | 0.42 | 17% | 83% | 51 | 0.55 | 92 | 0.22 | 58 | 0.45 | 72 | 0.61 | 148 | 0.25 | 105 | 0.34 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|--|
| irriguée ^a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Equipement | 0.73 | 44% | 56% | 28 | 0.17 | 29 | 0.22 | 221 | 0.68 | 368 | 0.51 | 362 | 0.34 | 468 | 0.25 | |
| 1995 ^b | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valeur du cheptel ^b | 0.95 | 8% | 92% | 552 | 0.93 | 943 | 0.66 | 1 054 | 0.76 | 1 512 | 0.57 | 727 | 1.55 | 1 702 | 1.02 | |
| Travail familial ^c | 0.16 | 5% | 95% | 433 | 0.31 | 650 | 0.09 | 530 | 0.16 | 603 | 0.14 | 602 | 0.12 | 579 | 0.15 | |
| Travail salarié ^c | 0.55 | 7% | 93% | 24 | 0.37 | 20 | 0.41 | 38 | 0.73 | 43 | 0.73 | 45 | 0.38 | 35 | 0.32 | |
| Dépenses ^d | 1.30 | 17% | 83% | 0 | - | 0 | - | 4 727 | 1.16 | 3 132 | 1.26 | 6 002 | 1.36 | 4 591 | 0.86 | |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1995 et 1996, nos propres calculs

a. en ares b. en 1 000 Fmg c. en jours d. en Fmg

L'étude de la distribution des facteurs de production montre que celle-ci est inégale, principalement pour l'équipement et le bétail. La contribution de ces facteurs à la production du riz étant vraisemblablement moins importante que celle de la terre ou du travail familial, il est intéressant de regarder si la dispersion de ces deux facteurs est liée à celle de la production. Les chiffres du Tableau 5 montre en effet que les observatoires où les niveaux de production sont les plus dispersés sont aussi ceux où la terre est le plus inégalement répartie.

2.2. Estimation d'une fonction de production du riz

L'estimation de la fonction de production de la forme Cobb-Douglas a été conduite au niveau agrégé, puis au niveau de chaque village. Aux quatre facteurs de production dont la distribution a été étudiée plus haut, deux facteurs variables sont ajoutés : le travail salarié et l'ensemble des autres intrants variables. Le travail salarié utilisé pour la production de riz est directement mesuré en nombre de jours-hommes par an et par type d'opération culturale (labour, mise en eau, repiquage, sarclage, récolte, battage, transport et séchage). Il est même possible de distinguer le salariat de l'entraide. La variable utilisée est un agrégat de l'ensemble des jours de travail salarié ou d'entraide utilisés dans l'année pour la production de riz. Les dépenses de production pour le riz sont la valeur des intrants achetés, qu'il s'agisse d'engrais minéraux, d'engrais organique, d'insecticides, de frais de pompage, de frais d'irrigation (redevance) ou de frais de préparation des champs.

D'autres variables ont été introduites comme variables explicatives afin de contrôler pour une partie des effets fixes non observables. Ces effets - dont les estimations sur données de panel permettent de se "débarrasser" - sont principalement liés d'un côté à l'efficacité des producteurs, de l'autre à des différences de qualité de la terre. Afin d'éliminer une partie des effets fixes liés à l'efficacité des producteurs, le nombre moyen d'années de scolarité réussies des actifs familiaux a été introduit dans l'estimation. Pour la qualité de la terre, des variables

de répartition de la terre cultivée en riz en fonction de sa situation ainsi que des variables dichotomiques régionales sont utilisées.

L'estimation par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de la fonction de production donne des résultats relativement satisfaisants en termes d'explication de la variance de la production (Tableau 7). Toutes les variables explicatives ont par ailleurs des paramètres significativement différents de zéro et les rendements d'échelle - c'est-à-dire la somme des productivités marginales des facteurs fixes - sont décroissants. Les résultats diffèrent cependant d'un village à l'autre.

Les coefficients des facteurs de production peuvent être interprétés en termes de contribution relative à la production. Les facteurs contribuant le plus, sont la terre et le travail familial : leurs contributions relatives - calculées en rapportant les coefficients estimés à la somme des coefficients des facteurs fixes - s'élèvent respectivement à 64% et 28%.

Tableau 6 : Variables explicatives de l'estimation de la fonction de production

| Variables | Définition | Moyenn e | Ecart- type | Minimu m | Maximu m |
|-----------|--|-------------|----------------|-------------|-------------|
| LNPRODN | Production nette de riz du ménage en kg* | 1 652 | 1 729 | 54 | 15 704 |
| LNSUP | Superficie cultivée en riz en ares | 133 | 115 | 4 | 1 000 |
| LNEQ | Valeur de l'équipement agricole en 1995 en 1000 Fmg | 230 | 304 | 0 | 2 395 |
| LNBET | Valeur du cheptel en 1000 Fmg | 1 025 | 1 913 | 0 | 28 754 |
| LNFAM | (Nombre d'actifs familiaux travaillant sur l'exploitation) x 365 | 585 | 310 | 52 | 2 600 |
| LNSAL | Nombre de jours de travail salarié utilisés pour la culture de riz | 34 | 45 | 0 | 480 |
| LNDEP | Dépenses d'intrants pour la culture de riz en 1000 Fmg | 2 976 | 11 468 | 0 | 189 000 |
| sup_pl | part de la superficie cultivée en plaine | 0.38 | 0.46 | 0 | 1 |
| sup_bf | part de la superficie cultivée en bas-fonds | 0.41 | 0.44 | 0 | 1 |
| sup_tn | part de la superficie cultivée en tanety | 0.09 | 0.24 | 0 | 1 |
| sup_tv | part de la superficie cultivée en tavy | 0.12 | 0.27 | 0 | 1 |
| sco | nombre moyen d'années de scolarité réussie des actifs familiaux | 2.13 | 1.69 | 0 | 12 |
| sco2 | (sco) ² | | | | |
| vil1 | variable dichotomique indiquant le village d'Ampohibe | 0.17 | 0.37 | 0 | 1 |
| vil2 | variable dichotomique indiquant le village de Maromandia | 0.20 | 0.40 | 0 | 1 |
| vil3 | variable dichotomique indiquant le village de Soanindrariny | 0.17 | 0.37 | 0 | 1 |
| vil4 | variable dichotomique indiquant le village de Vinany | 0.15 | 0.36 | 0 | 1 |
| vil5 | variable dichotomique indiquant le village de Bepako | 0.19 | 0.39 | 0 | 1 |
| vil6 | variable dichotomique indiquant le village de Madiromiongana | 0.12 | 0.33 | 0 | 1 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

* production nette de la quantité de semences utilisée

Tableau 7 : Estimation d'une fonction de production de riz (MCO)

| LNPROD N | Ensemble | | Antalaha | | | | Antsirabe | | | | Marovoay | | | |
|----------------|----------|--------------|----------|--------------|------------|--------------|---------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------------|--------------|
| | | | Ampohibe | | Maromandia | | Soanindrariny | | Vinany | | Bepako | | Madiromiongana | |
| | Coeff. | t de Student | Coef. f. | t de Student | Coef. f. | t de Student | Coef. f. | t de Student | Coef. f. | t de Student | Coef. f. | t de Student | Coef. f. | t de Student |
| LNSUP | 0.58 | 25.900 | 0.40 | 8.429 | 0.51 | 9.852 | 0.49 | 9.732 | 0.58 | 8.683 | 0.82 | 15.099 | 0.82 | 10.153 |
| LNEQ | 0.05 | 3.343 | 0.02 | 0.366 | 0.04 | 0.674 | 0.04 | 0.924 | 0.10 | 2.520 | -0.01 | -0.521 | 0.01 | 0.215 |
| LNBET | 0.02 | 3.165 | 0.04 | 2.659 | 0.01 | 0.528 | 0.05 | 2.290 | 0.02 | 1.166 | 0.01 | 0.735 | 0.01 | 0.504 |
| LNFAM | 0.14 | 4.975 | 0.11 | 1.733 | 0.21 | 3.154 | 0.19 | 3.049 | 0.13 | 1.606 | 0.10 | 1.421 | 0.10 | 1.006 |
| LNSAL | 0.06 | 7.271 | 0.04 | 2.543 | 0.04 | 2.596 | 0.08 | 4.670 | 0.07 | 2.666 | 0.04 | 1.851 | 0.03 | 1.082 |
| LNDEP | 0.04 | 2.722 | - | - | - | - | 0.10 | 2.755 | 0.07 | 1.476 | -0.01 | 0.375 | -0.03 | -0.668 |
| sup_pl | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | |
| sup_bf | -0.09 | -1.519 | -0.02 | -0.121 | -0.03 | -0.443 | -0.33 | -1.621 | -0.11 | -0.524 | 0.99 | 0.479 | -0.19 | -0.625 |
| sup_tn | -0.52 | -6.633 | -0.27 | -1.611 | -0.49 | -2.284 | -0.77 | -2.488 | -0.65 | -2.579 | -0.23 | -0.577 | -0.63 | -3.920 |
| sup_tv | -0.45 | -5.200 | -0.18 | -1.222 | -0.55 | -4.762 | - | - | 0.88 | 0.467 | - | - | - | - |
| sco | 0.06 | 2.820 | 0.05 | 1.267 | -0.04 | -0.860 | 0.06 | 0.694 | 0.04 | 0.377 | 0.08 | 1.720 | 0.11 | 1.533 |
| sco2 | -0.01 | -2.476 | -0.01 | -1.216 | 0.00 | 0.517 | -0.01 | -0.676 | 0.00 | 0.177 | -0.01 | -1.613 | -0.01 | -1.305 |
| vil1 | -0.21 | -2.538 | | | | | | | | | | | | |
| vil2 | -0.36 | -4.891 | | | | | | | | | | | | |
| vil3 | -0.43 | -5.474 | | | | | | | | | | | | |
| vil4 | -0.07 | -0.990 | | | | | | | | | | | | |
| vil5 | 0.21 | 3.774 | | | | | | | | | | | | |
| vil6 | mod.ref | | | | | | | | | | | | | |
| Constante | 3.19 | 17.077 | 3.94 | 9.143 | 3.04 | 7.553 | 2.91 | 6.677 | 2.96 | 5.607 | 2.95 | 6.561 | 2.78 | 4.615 |
| R ² | 0.71 | | 0.46 | | 0.49 | | 0.67 | | 0.66 | | 0.71 | | 0.64 | |
| Nb d'obs | 1 104 | | 184 | | 222 | | 186 | | 167 | | 210 | | 135 | |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs.

Concernant les autres variables explicatives introduites dans la régression, elles ont des coefficients généralement significatifs au niveau agrégé. Ainsi, il apparaît que les terres de tanety et de tavy sont significativement moins productives que les terres de plaine (modalité de référence), ce qui rejoint le résultat obtenu avec l'estimation des rendements au niveau des parcelles. La scolarité des actifs a également un impact positif sur la productivité globale des facteurs. Enfin, les coefficients des variables dichotomiques indiquant les villages montrent qu'il existe des effets spécifiques régionaux sur la productivité globale des facteurs. Celle-ci apparaît la plus forte dans le village de Bepako et la plus faible dans celui de Soanindrariny mais rappelons que la mesure du travail familial utilisée dans l'estimation est

vraisemblablement plus proche du travail réellement utilisé dans la production du riz dans les villages de l'observatoire de Marovoay que dans les autres du fait de la plus grande spécialisation des ménages. Ce problème de mesure conduit vraisemblablement à sous estimer la productivité du travail familial dans les observatoires où la riziculture ne constitue pas l'activité agricole principale du ménage.

L'estimation par les MCO repose sur l'hypothèse que les variables explicatives ne sont pas corrélées aux résidus du modèle estimé. Deux phénomènes peuvent remettre en cause cette hypothèse et biaiser les estimateurs des MCO : l'hétérogénéité omise des exploitations et la simultanéité des décisions du producteur. Le problème de simultanéité vient de ce l'on estime une équation unique qui, en réalité, fait partie d'un système d'équations. En effet, les conditions de premier ordre du programme de maximisation du profit induisent des relations entre la production et les facteurs de production qui font que les variables explicatives utilisées dans l'estimation par les MCO ne sont pas exogènes aux décisions de production (cf. modèle du producteur Annexe 1).

L'hétérogénéité des exploitations introduit un biais dans les estimateurs des MCO lorsque les variables omises sont systématiquement corrélées avec les variables explicatives. Ainsi, par exemple, on trouve parfois que la productivité marginale des engrais est supérieure à ce que l'on attend dans un cadre de production efficace. Dans ce cadre, en effet, la productivité marginale d'un intrant doit être égale à son coût. Cela signifie-t-il qu'il existe des problèmes de disponibilité des engrais et qu'il faut améliorer leur distribution c'est-à-dire le fonctionnement du marché? Pas si ce que l'on observe est que les exploitations ayant des terres de meilleure qualité ou des exploitants plus efficaces, sont aussi celles qui adoptent plus facilement des nouvelles technologies. Dans ce cas, la production de ces exploitations est élevée non pas à cause d'une productivité marginale élevée des engrais mais à cause de variables non observables qui sont corrélées à la fois avec les quantités d'inputs et le niveau de l'output. Une politique d'amélioration de l'accès aux intrants n'aurait pas alors l'impact escompté.

Un des méthodes pour tester l'exogénéité consiste à régresser les variables explicatives sur un ensemble de variables exogènes puis d'introduire les résidus de ces régressions dans l'équation que l'on cherche à estimer. Si les coefficients des résidus sont significativement différents de zéro, alors les variables sont endogènes. La méthode des variables instrumentales permet de corriger tant les biais de simultanéité que d'hétérogénéité. On a donc choisi un ensemble de

variables afin de tester l'exogénéité des variables explicatives d'une part et de corriger les biais d'hétérogénéité et d'endogénéité d'autre part.

Plusieurs groupes de variables instrumentales sont utilisés. L'âge et le sexe du chef de ménage, la structure démographique du ménage, les parts irriguées et en propriété de la superficie cultivée en riz, ainsi que des variables croisées de ces variables. Les variables de structure par âge permettent d'instrumenter la variable de travail familial.

Parmi les six facteurs de production du modèle, on teste l'exogénéité de la superficie, de l'utilisation de travail salarié, de l'utilisation de travail familial et des dépenses en intrants. Ce choix peut paraître surprenant car dans les estimations de fonctions de production on fait généralement l'hypothèse que la terre et l'équipement sont les seuls facteurs fixes et on teste uniquement l'exogénéité de l'utilisation des différents types de travail (Jacoby, 1993). Dans le cas de l'équipement, la grandeur utilisée dans le modèle est l'équipement total du ménage : l'exogénéité de cette variable ne peut être mise en cause si l'on fait l'hypothèse que le stock d'équipement du ménage est fixe à l'horizon considéré. Quant au travail salarié c'est typiquement un facteur de production variable, dont on connaît le coût. Il est donc naturel de considérer que cette variable est endogène au modèle. Concernant le facteur terre, la justification du test d'endogénéité est la suivante : on cherche ici à estimer la production de riz et non pas la production agricole dans son ensemble. Aussi le facteur terre introduit dans le modèle est celui utilisé uniquement pour la culture de riz. Or l'allocation de la terre (dont on peut faire l'hypothèse que c'est un facteur fixe au niveau du ménage) entre différentes cultures résulte d'un programme de maximisation du profit qui conduit à l'égalisation des productivités marginales du facteur considéré entre toutes les activités.

Le cas du travail familial est plus délicat. En effet, on a mesuré la quantité de travail familial utilisée dans l'agriculture sans distinction entre les différentes activités agricoles : ainsi on ne connaît pas la quantité de travail familial utilisé spécifiquement pour le riz. Il est clair que dans les villages de l'observatoire de Marovoay ces deux valeurs sont proches du fait de l'importance du riz dans les activités agricoles. En revanche dans les villages de l'observatoire d'Antalaha et de celui d'Antsirabe, la quantité de travail utilisée pour la riziculture résulte d'un choix d'allocation optimale entre différentes cultures. Par ailleurs l'hypothèse selon laquelle la quantité totale de travail familial utilisé dans l'agriculture est exogène au problème de production n'est pas valable dans un modèle d'allocation du temps de travail. Ce type de modèle sort pour l'instant du cadre de notre analyse mais justifie de mettre en doute l'exogénéité de la quantité de travail familial.

L'estimation par la méthode des variables instrumentales modifie sensiblement les coefficients des facteurs de production (Tableau 8) : seuls trois facteurs de production sur les six, gardent des coefficients significativement différents de zéro. Au niveau agrégé, la contribution de la terre diminue un peu mais reste relativement élevée tandis que la contribution du travail familial apparaît beaucoup plus élevée que dans l'estimation par les MCO. Terre et travail familial demeurent les facteurs contribuant le plus à la production. La contribution du travail salarié augmente également par rapport aux MCO mais demeure inférieure à celle du travail familial. Les estimateurs de la méthode des variables instrumentales sont globalement moins efficaces que ceux des MCO. Les rendements d'échelle augmente de 0.89 à 1.00 et apparaissent donc constants.

Les tests de validité des instruments montrent que ceux-ci ne sont pas corrélés aux résidus VI de l'estimation de la production de riz au niveau agrégé⁴. En revanche, l'hypothèse de non-corrélation est rejetée dans la plupart des estimations au niveau des villages aussi ne peut-on pas interpréter les coefficients de ces régressions, sauf pour Ampohibe et Bepako. Dans le premier, seuls la terre et le bétail ont une productivité marginale significativement différente de zéro. Dans le second, la terre et le travail familial sont les seuls facteurs dont la productivité marginale est positive et significative. Les rendements d'échelle apparaissent par ailleurs croissants dans le village de Bepako.

Tableau 8 : Estimation d'une fonction de production de riz (VI)

| LNPRO D | Ensemble | | Antalaha | | | | Antsirabe | | | | Marovoay | | | |
|------------|----------|---------------------|----------|---------------------|------------|---------------------|---------------|---------------------|--------|---------------------|----------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | | | Ampohibe | | Maromandia | | Soanindrariny | | Vinany | | Bepako | | Madiromiong ana | |
| | Coeff. | t de Studen t | Coeff. | t de Studen t | Coeff. | t de Studen t | Coeff. | t de Studen t | Coeff. | t de Studen t | Coeff. | t de Studen t | Coeff. | t de Studen t |
| LNSUP | 0.53*** | 6.469 | 0.38 | 5.781 | 0.33 | 2.757 | 0.83 | 6.232 | 0.67 | 3.783 | 0.74 | 5.198 | 0.94 | 6.790 |
| LNEQ | 0.03* | 1.578 | 0.01 | 0.229 | 0.11 | 1.433 | -0.04 | - 0.827 | 0.05 | 0.792 | -0.02 | - 0.584 | -0.01 | - 0.144 |
| LNBET | 0.01 | 0.590 | 0.04 | 2.015 | 0.01 | 0.551 | 0.05 | 1.789 | 0.01 | 0.517 | 0.01 | 0.381 | 0.05 | 1.488 |
| LNFAM | | 3.468 | 0.17 | 1.286 | 0.13 | 1.087 | 0.31 | 1.814 | 0.25 | 1.071 | 0.52 | 2.360 | 0.06 | 0.225 |

⁴ Le test de Sargan de corrélation entre les variables instrumentales et les résidus de l'estimation par la méthode des variables instrumentales est rejeté au seuil de 10%.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | 0.36*** | | | | | | | | | | | | | |
| LNSAL | | 2.437 | 0.05 | 0.895 | 0.13 | 1.912 | 0.03 | 0.481 | 0.13 | 1.280 | 0.12 | 1.330 | -0.14 | - |
| | 0.15*** | | | | | | | | | | | | | 1.145 |
| LNDEP | 0.00 | -0.050 | - | - | - | - | -0.10 | - | 0.15 | 0.787 | -0.14 | - | -0.11 | - |
| | | | | | | | | 0.583 | | | | 2.254 | | 0.834 |
| sup_pl | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | |
| sup_bf | -0.14** | -1.973 | -0.02 | - | -0.12 | - | -0.42 | - | -0.16 | - | 1.32 | 0.545 | -0.77 | - |
| | | | | 0.121 | | 1.158 | | 1.619 | | 0.703 | | | | 1.672 |
| sup_tn | - | -5.683 | -0.24 | - | -0.21 | - | -0.75 | - | -0.72 | - | 0.15 | 0.310 | -0.67 | - |
| | 0.50*** | | | 1.396 | | 0.768 | | 1.959 | | 2.081 | | | | 2.954 |
| sup_tv | - | -4.587 | -0.17 | - | -0.42 | - | - | - | 1.84 | 0.710 | - | - | - | - |
| | 0.45*** | | | 1.164 | | 2.860 | | | | | | | | |
| sco | 0.04** | 1.697 | 0.05 | 1.304 | -0.07 | - | 0.20 | 1.468 | -0.08 | - | 0.05 | 0.908 | 0.13 | 1.466 |
| | | | | | | 1.185 | | | | 0.643 | | | | |
| sco2 | -0.01** | -1.704 | -0.01 | - | 0.01 | 0.698 | -0.02 | - | 0.01 | 0.556 | 0.00 | - | -0.02 | - |
| | | | | 1.184 | | | | 1.079 | | | | 0.878 | | 1.235 |
| vil1 | - | -2.347 | | | | | | | | | | | | |
| | 0.24*** | | | | | | | | | | | | | |
| vil2 | - | -3.843 | | | | | | | | | | | | |
| | 0.39*** | | | | | | | | | | | | | |
| vil3 | - | -4.200 | | | | | | | | | | | | |
| | 0.37*** | | | | | | | | | | | | | |
| vil4 | -0.05 | -0.645 | | | | | | | | | | | | |
| vil5 | | 2.425 | | | | | | | | | | | | |
| | 0.16*** | | | | | | | | | | | | | |
| vil6 | mod.ref | | | | | | | | | | | | | |
| Constante | | 4.702 | 3.65 | 4.900 | 4.01 | 6.142 | 1.35 | 1.409 | 2.13 | 2.123 | 0.68 | 0.620 | 2.82 | 1.715 |
| | 2.10*** | | | | | | | | | | | | | |
| R ² | 0.66 | | 0.45 | | 0.39 | | 0.41 | | 0.55 | | 0.63 | | 0.53 | |
| Nb d'obs | 1 104 | | 184 | | 222 | | 186 | | 167 | | 210 | | 135 | |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs.

Le modèle standard du producteur (Annexe 1) montre que l'élasticité-prix de l'offre de riz peut être calculée assez simplement à partir de l'estimation d'une fonction de production de la forme Cobb-Douglas. Ce calcul repose sur les hypothèses de fixité des facteurs de production. Or ces hypothèses dépendent principalement de l'horizon dans lequel se situe l'analyse. A court terme, il semble normal de considérer que seuls le travail salarié et les dépenses en intrants sont variables. Ainsi, l'élasticité-prix de l'offre de riz à court terme serait égale à 0.10 d'après l'estimation par les MCO et à 0.17 d'après l'estimation par les VI. Ces élasticités

peuvent apparaître fortes et contredites par l'évolution récente de la production de riz qui a stagné malgré une augmentation importante du prix du riz à la suite de la libéralisation. Une explication possible de cette apparente contradiction est que le travail salarié et les dépenses en intrants ne sont pas des facteurs variables. Leur disponibilité peut en effet être contrainte soit par l'imperfection des marchés des facteurs, soit par des contraintes de liquidité au niveau des ménages.

La comparaison des productivités marginales du travail entre différentes classes d'exploitation est un indicateur du fonctionnement du marché du travail : si celui-ci fonctionne parfaitement, tous les ménages ont le même prix implicite du travail et celui-ci est égal au salaire de marché. En cas de défaillance du marché du travail, les productivités marginales peuvent être différentes d'un ménage à un autre, les petits exploitants ayant une productivité marginale du travail inférieure à celle des exploitantes plus grandes (voir partie 1.3) du fait de l'existence de coûts de transaction.

Le calcul de la productivité marginale repose sur la forme de la fonction de production considérée. Dans le cas d'une fonction Cobb-Douglas, la productivité marginale des facteurs est proportionnelle à la productivité moyenne, c'est-à-dire au rapport entre production et quantité de facteur utilisée. Afin de tester cette relation avec une forme fonctionnelle moins restrictive, on a estimé une fonction translog. Dans ce cas, la productivité marginale de chaque facteur peut dépendre de son niveau d'utilisation ainsi que du niveau d'utilisation des autres facteurs. Les chiffres des tableaux 9a et 9b confirment la relation inverse entre productivité marginale du travail et taille de l'exploitation.

Tableau 9a Productivité marginale du travail familial par quartile de superficie cultivée en riz (calculée à partir d'une fonction Cobb-Douglas)

| | Ensemble | Antalaha | | Antsirabe | | Marovoay | |
|------------|----------|----------|--------------|----------------|--------|----------|----------------|
| | | Ampohibe | Maromandiana | Soanindrari ny | Vinany | Bepako | Madiromiongana |
| Quartile 1 | 0.24 | 0.19 | 0.28 | 0.19 | 0.27 | 0.28 | 0.24 |
| Quartile 2 | 0.35 | 0.24 | 0.41 | 0.30 | 0.45 | 0.40 | 0.34 |
| Quartile 3 | 0.46 | 0.33 | 0.40 | 0.40 | 0.46 | 0.62 | 0.51 |
| Quartile 4 | 0.69 | 0.43 | 0.44 | 0.67 | 0.85 | 1.13 | 0.60 |
| Ensemble | 0.43 | 0.28 | 0.38 | 0.39 | 0.51 | 0.59 | 0.41 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

* productivité marginale significativement différente de la productivité marginale du quartile suivant.

Le calcul de la productivité marginale du travail à partir d'une fonction translog confirme les résultats obtenus précédemment.

Tableau 9b Productivité marginale du travail familial par quartile de superficie cultivée en riz (calculée à partir d'une fonction translog)

| | Ensemble | Antalaha | | Antsirabe | | Marovoay | |
|------------|----------|----------|----------------|-------------------|--------|----------|--------------------|
| | | Ampohibe | Maromandi a | Soanindrari ny | Vinany | Bepako | Madiromiong ana |
| Quartile 1 | 0.14* | 0.13 | 0.18 | 0.03 | -0.10 | 0.34 | 0.24 |
| Quartile 2 | 0.31* | 0.21 | 0.30 | 0.01 | 0.24 | 0.62 | 0.48 |
| Quartile 3 | 0.53* | 0.34 | 0.42 | 0.05 | 0.57 | 0.99 | 0.72 |
| Quartile 4 | 0.88 | 0.19 | 0.49 | 0.39 | 1.29 | 1.83 | 1.09 |
| Ensemble | 0.45 | 0.21 | 0.34 | 0.12 | 0.49 | 0.92 | 0.62 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

* productivité marginale significativement différente de la productivité marginale du quartile suivant.

Cette relation inverse est observée au niveau agrégé mais également au niveau des différents villages. Les chiffres des tableaux 9a et 9b montrent également que la productivité marginale du travail est significativement différente d'un observatoire à l'autre, ce qui suggère une imparfaite mobilité du travail entre les régions. Il faut néanmoins rester prudent sur cette interprétation étant donné les problèmes de mesure du travail familial. Il est en effet probable que la productivité marginale du travail soit sous-estimée dans les deux villages d'Antalaha et dans celui de Soanindrarinny du fait de la moins grande spécialisation des exploitations dans la production rizicole. Cela conduit en effet à surestimer le nombre d'heures de travail familial utilisées pour la production rizicole dont dépend inversement la productivité marginale.

Afin de contrôler le problème de la spécialisation, une approche économétrique est nécessaire. Les chiffres du tableau 10 montrent que la relation positive entre productivité marginale du travail familial et superficie cultivée en riz est maintenue même en contrôlant pour la part cultivée en riz, c'est-à-dire le niveau de spécialisation.

Les productivités marginales apparaissent significativement différentes d'un village à l'autre dans la deuxième régression tandis que le signe du coefficient de la part cultivée en riz suggère que la spécialisation des exploitations entraîne une diminution de la productivité du travail. Ce résultat, ainsi que le signe du coefficient du nombre d'années de scolarité réussies, sont relativement difficiles à interpréter.

Tableau 10 Productivité marginale du travail familial (MCO)

| pmfam | Calculée à partir de la Cobb-Douglas | | | Calculée à partir de la translog | | |
|----------------|--------------------------------------|----------|----------|----------------------------------|----------|----------|
| | Coef. | t | P> t | Coef. | t | P> t |
| sup | 0.08 | 5.627 | 0.000 | 0.24 | 12.182 | 0.000 |
| partriz | 0.04 | 0.510 | 0.610 | -0.28 | -2.743 | 0.006 |
| nbpar | 0.12 | 9.266 | 0.000 | 0.13 | 6.600 | 0.000 |
| sco | 0.02 | 2.861 | 0.004 | -0.02 | -2.100 | 0.036 |
| sup_pl | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. |
| sup_bf | -0.04 | -0.733 | 0.464 | -0.06 | -0.858 | 0.391 |
| sup_tn | -0.21 | -3.217 | 0.001 | -0.23 | -2.416 | 0.016 |
| sup_tv | -0.20 | -2.800 | 0.005 | -0.17 | -1.580 | 0.114 |
| vil1 | -0.07 | -1.107 | 0.269 | -0.42 | -4.514 | 0.000 |
| vil2 | -0.01 | -0.250 | 0.802 | -0.30 | -3.814 | 0.000 |
| vil3 | -0.01 | -0.157 | 0.875 | -0.50 | -4.920 | 0.000 |
| vil4 | 0.03 | 0.399 | 0.690 | -0.34 | -3.633 | 0.000 |
| vil5 | 0.09 | 1.993 | 0.047 | 0.25 | 3.768 | 0.000 |
| vil6 | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. | mod.ref. |
| Constante | 0.07 | 1.034 | 0.302 | 0.39 | 3.942 | 0.000 |
| R ² | 0.23 | | | 0.36 | | |
| Nb d'obs. | 1 104 | | | 1 104 | | |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs.

L'estimation d'une fonction de production à partir de données transversales à permis d'une part d'estimer l'élasticité-prix de la production de riz en contrôlant différents facteurs tels que la qualité de la terre. Par ailleurs, l'analyse confirme l'existence d'une relation inverse entre productivité marginale du travail familial et superficie cultivée. Elle montre enfin que les productivités marginales du travail familial sont significativement différentes d'un village à un autre, ce qui suggère que le marché du travail est segmenté régionalement.

3. L'offre de riz des ménages

L'approche précédente reposait sur le modèle théorique du producteur, or les producteurs de paddy sont également des consommateurs de riz. Cette partie de l'étude met en évidence l'importance des liens entre comportements de production et de consommation.

3.1. Les destinations de la production de riz : le poids de l'autoconsommation

Dans le tableau 11, la diversité des situations de production est mesurée par l'indice de Theil. Cet indice est généralement utilisé pour les mesures de variabilité et plus particulièrement d'inégalités de la distribution du revenu des ménages. L'intérêt de l'indice de Theil réside dans la possibilité de le décomposer lorsque l'on dispose de données qui peuvent être classifiées en groupes. On peut alors en effet mesurer les contributions des variabilités intergroupes et intra-groupes à la variabilité totale. Dans l'analyse, les groupes utilisés correspondent aux villages. En revanche, nous n'avons pas utilisé d'unité d'équivalence : toutes les dotations sont mesurées au niveau du ménage quelle que soit sa taille⁵.

Les chiffres du tableau 11 montrent que les niveaux de production varient beaucoup d'un village à un autre mais que la contribution de la variabilité intra-groupes à la variabilité totale est supérieure à celle de la variabilité intergroupes. Les ménages de l'observatoire de Marovoay sont, sans surprise, les plus gros producteurs avec un niveau de production variant de 2 à 3 tonnes, tandis que ceux de Soanindrarinny sont les plus petits avec 800 kg par an. Les producteurs de Vinany ont un niveau de production moyen proche de celui des ménages du village de Madiromiongana. Quant aux ménages de l'observatoire d'Antalaha, ils produisent en moyenne une tonne de paddy par an.

Tableau 11 Statistiques sur la production, l'offre et la consommation de riz des ménages producteurs

| | Indice de Theil | | | Antalaha | | | | Antsirabe | | | | Marovoay | | | |
|---------------------|-----------------|-------|-------|----------|-------|--------------|-------|----------------|-------|--------|-------|----------|-------|----------------|-------|
| | | | | Ampohibe | | Maromandiana | | Soanindrarinny | | Vinany | | Bepako | | Madiromiongana | |
| Theil | total | inter | intra | Moy. | Theil | Moy. | Theil | Moy. | Theil | Moy. | Theil | Moy. | Theil | Moy. | Theil |
| Production nette | 0.39 | 30% | 70% | 1 038 | 0.14 | 1 039 | 0.13 | 795 | 0.38 | 1 992 | 0.38 | 3 019 | 0.28 | 2 128 | 0.26 |
| Autoconsommation | 0.27 | 8% | 92% | 851 | 0.12 | 889 | 0.13 | 603 | 0.27 | 1 147 | 0.29 | 1 099 | 0.32 | 1 029 | 0.37 |
| Vente | 1.35 | 46% | 54% | 36 | 1.86 | 39 | 2.41 | 31 | 2.10 | 289 | 0.90 | 926 | 0.58 | 506 | 0.57 |
| Autres utilisations | 1.15 | 27% | 73% | 152 | 1.12 | 112 | 1.39 | 161 | 1.80 | 555 | 1.34 | 995 | 0.51 | 593 | 0.54 |
| Consommation | 0.16 | 15% | 85% | 1 160 | 0.09 | 1 310 | 0.10 | 940 | 0.15 | 1 210 | 0.19 | 1 670 | 0.14 | 1 590 | 0.14 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1995 et 1996, nos propres calculs

⁵ L'introduction d'une échelle d'équivalence telle que la taille ne modifie pas fondamentalement les résultats en termes d'inégalités.

Bien que mesurés au niveau des ménages et non pas des unités de consommation, les niveaux de consommation apparaissent très peu variables. En revanche, les quantités vendues apparaissent très variables tant entre les observatoires qu'au sein des villages. Les variables que l'on peut contrôler au niveau des ménages et qui sont susceptibles d'expliquer la diversité des situations de production, sont principalement des variables concernant la dotation en facteurs de production. Les chiffres du tableau 8 mettent par ailleurs en évidence le poids de l'autoconsommation, puisqu'elle représente en moyenne plus de 60% de la production et 70% de la consommation.

3.2. Typologie des ménages : une minorité de ménages vendeurs nets

Une des caractéristiques importante des ménages malgaches producteurs de riz est, qu'à l'instar de tous les ménages malgaches, ils sont également de gros consommateurs de riz. Ainsi, il advient parfois que la production d'un ménage ne suffit même pas à couvrir ses besoins d'autoconsommation. Les ménages producteurs complètent alors leur consommation par des achats. L'observation des ventes et des achats de riz au niveau des ménages montre néanmoins qu'un grand nombre de ménages sont à la fois vendeurs et acheteurs. Bien qu'il ne soit pas possible de connaître ni les dates ni les prix d'achat du riz à partir des enquêtes, il est probable, et communément observé, que les ménages producteurs vendent généralement une partie de leur production au moment de la récolte et achètent du riz au moment de la soudure. Ce comportement peut s'expliquer à travers le concept d'offre contrainte : les ménages les plus pauvres ont emprunté pendant la période de soudure et se trouvent contraints de vendre leur production afin de rembourser leurs créanciers. Ils doivent ensuite racheter du riz pour leur alimentation lorsque leurs stocks sont épuisés. Ce comportement est révélateur de dysfonctionnements du marché du crédit d'une part et de problèmes de stockage d'autre part, Il est aggravé par les importantes variations saisonnières du prix du riz qui font que le prix est le plus bas au moment de la récolte et le plus élevé au moment de la soudure.

On utilisera ici les concepts d'acheteur net et de vendeur net pour décrire les situations structurelles des ménages. Indépendamment de l'acte d'achat ou de vente, on cherche en effet à savoir si la production suffit à couvrir les besoins en faisant l'hypothèse que les marchés fonctionnent parfaitement. Les achats de riz n'étant pas mesurés dans l'enquête, on reconstitue cette variable à partir des déclarations de production disponible - c'est-à-dire la production moins les prélèvements liés au paiement du métayage, aux pertes, aux semences et aux dons -

et de consommation. Lorsque la production disponible n'est pas suffisante pour couvrir la consommation, on fait l'hypothèse que le ménage complète celle-ci avec des achats de riz.

La mesure de la consommation de riz repose sur une déclaration de consommation quotidienne "normale" en nombre de kapaoka (unité traditionnelle correspondant à environ un tiers de kilogramme). Pour en déduire la consommation annuelle, on a fait l'hypothèse que cette consommation ne variait pas au cours de l'année. Cela peut sembler une hypothèse forte, mais ce calcul conduit à des consommations de riz par tête un peu plus élevées que la moyennes connues au niveau national. Or, non seulement on s'intéresse ici à un échantillon non représentatif de la population malgache dont on peut comprendre que la consommation de riz soit supérieure à la moyenne nationale, mais d'autre part les résultats de l'analyse doivent être interprétés comme une description de situations potentielles : les ménages dont la production disponible ne couvre pas les besoins sont potentiellement des acheteurs nets. Dans les faits, cela n'implique pas qu'ils aient des moyens suffisants pour acheter du riz. Il est apparu ainsi, selon ce calcul, que la consommation de riz est "rationnée" pour de nombreux ménages : leur consommation réelle est inférieure à leur consommation potentielle, étant donné que, pour la grande majorité des producteurs, le riz constitue l'aliment de base préféré.

Sous réserve de la validité des hypothèses émises plus haut, seuls 36% des ménages producteurs de riz sont des vendeurs nets (Tableau 12). Cette proportion varie de 19% à Maromandia à 58% à Vinany. Au niveau agrégé, 64% des producteurs de riz des observatoires sont des acheteurs nets de riz au cours de l'année d'enquête et cette proportion varie de 42% à Vinany à 81% à Maromandia ce qui remet en question l'idée selon laquelle une majorité des producteurs de riz seraient, sinon vendeurs nets, du moins autosuffisants. Étant donné la définition des types et les caractéristiques régionales, les résultats semblent assez cohérents. En effet, la vocation des grands périmètres irrigués étant d'être des "greniers à riz" pour les régions déficitaires - en particulier urbaines - les réseaux de commercialisation y sont assez développés. Ce développement est reflété par la proportion de ménages vendeurs de riz dans l'observatoire de Marovoay et par le taux de commercialisation moyen. Par ailleurs, la production des ménages des périmètres étant très spécialisée, le riz constitue une des seules sources de revenus monétaires liée à l'activité agricole familiale. Un autre résultat intéressant est le "profil typologique" de Vinany, qui se rapproche bien plus de ceux des villages de l'observatoire de Marovoay que de celui de Soanindrariny.

Tableau 12 Typologie des ménages, taux de commercialisation, d'autoconsommation et part des achats dans la consommation totale de riz

| | Ensemble | Antalaha | | Antsirabe | | Marovoay | |
|---------------------------|----------|----------|------------|----------------|--------|----------|----------------|
| | | Ampohibe | Maromandia | Soanindrari ny | Vinany | Bepako | Madiromiongana |
| Vendeurs nets | 36.1% | 32.0% | 18.9% | 19.9% | 57.7% | 50.5% | 44.4% |
| Acheteurs nets | 63.8% | 68.0% | 81.1% | 80.1% | 42.3% | 49.5% | 55.6% |
| Total | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| Taux de commercialisation | 10.7 | 2.8 | 2.4 | 2.5 | 13.3 | 25.9 | 21.8 |
| Taux d'autoconsommation | 68.6 | 81.2 | 84.6 | 84.4 | 67.3 | 38.5 | 48.1 |
| Part des achats | 31.0 | 22.6 | 27.3 | 36.2 | 21.6 | 40.6 | 40.8 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

Cette typologie ne suffit cependant pas à caractériser les comportements d'offre des ménages producteurs de riz car subsiste encore, au sein des types décrits, une diversité importante liée aux niveaux des taux de commercialisation, d'autoconsommation ou à la part des achats dans la consommation de riz. Trois estimations ont été conduites afin d'identifier les déterminants des taux de commercialisation, d'autoconsommation et de la part des achats de riz dans la consommation totale. On fait ici l'hypothèse que lorsque le ménage prend la décision de vente, un certain nombre de paramètres lui sont connus, en particulier sa production et ses besoins en consommation. L'intérêt de l'approche économétrique consiste à identifier d'autres facteurs qui expliqueraient des taux de commercialisation différents tout en contrôlant le niveau de production et la taille du ménage qui constitue une variable indicatrices des besoins de consommation. Les variables explicatives sont le niveau de production de riz, le prix du paddy, le taux de salaire, le profit du ménage, la composition démographique du ménage, l'âge et le sexe du chef de ménage, les variables dichotomiques régionales et la possession d'un moyen de transport. Les estimations sont conduites pour les quartiles de superficie cultivée en riz. Les résultats des régressions sont regroupés dans le Tableau 13.

Tableau 13 Les déterminants du taux de commercialisation du riz (MCO)

| Taux de commercialisation | Ensemble | | Quartile 1 | | Quartile 2 | | Quartile 3 | | Quartile 4 | |
|---|----------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
| | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t |
| Production disponible de paddy ^a | 4.66 | 9.520 | 15.50 | 5.479 | 4.03 | 2.831 | 6.11 | 3.995 | 3.13 | 3.783 |
| Prix de vente du paddy | -0.01 | -1.883 | -0.02 | -3.261 | -0.01 | -1.904 | 0.00 | -0.539 | 0.01 | 1.489 |
| Taux de salaire | 0.00 | 2.531 | 0.00 | 0.961 | 0.00 | 0.529 | 0.00 | 0.628 | 0.00 | 1.698 |
| Profit | 0.00 | -2.644 | 0.00 | -1.681 | 0.00 | -0.974 | 0.00 | -0.898 | 0.00 | -2.291 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| Taille du ménage | -0.85 | -3.525 | -0.70 | -1.274 | -0.17 | -0.387 | -1.14 | -2.266 | -1.10 | -2.304 |
| Structure démographique ^b | | | | | | | | | | |
| Membres de 6 à 11ans | 2.16 | 0.593 | 10.29 | 1.523 | -7.24 | -1.206 | -8.10 | -1.053 | 10.39 | 1.139 |
| Membres de 12 à 19 ans | -5.23 | -1.590 | -2.51 | -0.428 | -5.92 | -1.064 | -6.55 | -0.928 | -10.00 | -1.240 |
| Membres de 20 ans et plus | 1.31 | 0.380 | 2.41 | 0.402 | 5.01 | 0.847 | 11.30 | 1.522 | -5.32 | -0.577 |
| Age du chef de ménage | -0.04 | -1.103 | 0.00 | 0.030 | -0.08 | -1.311 | -0.06 | -0.718 | -0.14 | -1.548 |
| Sexe du chef de ménage | 1.86 | 1.461 | 0.79 | 0.368 | 0.50 | 0.226 | -0.11 | -0.041 | 7.01 | 1.880 |
| Moyen de transport (dummy) | 0.86 | 0.748 | -2.95 | -1.149 | -0.28 | -0.143 | 1.70 | 0.712 | 0.14 | 0.056 |
| Village | | | | | | | | | | |
| - Ampohibe | -22.52 | -12.663 | -25.92 | -7.536 | -23.32 | -8.325 | -20.54 | -5.257 | -22.41 | -5.145 |
| - Maromandia | -21.74 | -12.686 | -25.54 | -7.886 | -22.35 | -7.898 | -19.89 | -5.164 | -20.59 | -5.124 |
| - Soanindrariny | -19.99 | -10.406 | -22.31 | -5.793 | -23.91 | -7.248 | -17.16 | -4.017 | -14.44 | -3.323 |
| - Vinany | -12.59 | -7.162 | -17.82 | -5.286 | -15.11 | -5.281 | -8.86 | -2.387 | -5.46 | -1.295 |
| - Bepako | 5.18 | 3.103 | 2.39 | 0.774 | 7.15 | 2.612 | 3.73 | 1.064 | 8.93 | 2.226 |
| - Madiromiongana | | mod.ref |
| Constante | 29.02 | 6.526 | 35.11 | 3.895 | 35.06 | 4.658 | 25.69 | 2.912 | 22.15 | 2.031 |
| R ² | | 0.53 | | 0.54 | | 0.61 | | 0.54 | | 0.57 |
| Nombre d'observations | | 1 104 | | 303 | | 285 | | 254 | | 262 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs
a production de paddy nette des versements au titre du métayage
b en proportion

Les chiffres du Tableau 13 mettent en évidence plusieurs résultats intéressants. Le premier concerne le lien entre production et taux de commercialisation : les coefficients de la production disponible dans les cinq régressions montrent que le taux de commercialisation augmente lorsque la production de paddy augmente. Ce résultat suggère que les ménages satisfont d'abord leurs besoins alimentaires en riz et vendent ensuite les surplus, quelque soit le quartile considéré. Au niveau de la régression agrégée, la taille du ménage agit négativement sur le taux de commercialisation, ce qui confirme le résultat précédent. Néanmoins, ce résultat n'est plus valable au niveau des ménages des deux premiers quartiles. On peut relier ce résultat aux coefficients du prix du paddy qui sont significativement négatifs au niveau agrégé et dans les régressions des deux premiers quartiles. Ce résultat peut paraître surprenant mais une explication possible repose sur le concept d'offre contrainte évoqué plus haut. Ainsi, si le prix du paddy est élevé au moment de la récolte, les ménages peuvent vendre

des quantités moins importantes pour rembourser leurs dettes. Cette explication repose sur l'hypothèse que les prêts sont faits en argent.

Les coefficients des variables dichotomiques régionales sont pratiquement tous significatifs, ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle il existe des facteurs régionaux expliquant la variabilité des taux de commercialisation, indépendamment des quantités produites ou des prix. Ces facteurs sont probablement liés au développement des infrastructures ainsi qu'à l'organisation des réseaux de commercialisation. De ce point de vue, les villages de l'observatoire de Marovoay sont clairement favorisés par rapport aux autres, tandis que ceux de l'observatoire d'Antalaha souffrent vraisemblablement des conditions d'enclavement.

3.3. Estimation de l'offre de riz des ménages

La structure de la destination de la production de riz et son poids dans la consommation des ménages conduisent à essayer de relier production et consommation de riz pour une meilleure compréhension des mécanismes de l'offre. Le principe des modèles de ménages est de formaliser conjointement la production et la consommation des ménages agricoles. Le modèle de base est récursif et repose donc sur l'hypothèse que les ménages sont "price-taker" pour l'ensemble des produits qu'ils consomment ou produisent, ce qui permet de considérer que les décisions de production et de consommation sont séquentielles. Un programme classique de maximisation du profit est appliqué, déterminant la demande de travail salarié et la production totale. Ensuite, un programme de maximisation de l'utilité est calculé sous la contrainte du revenu déterminé précédemment. La forme de l'utilité une fois spécifiée, les demandes de biens consommables et de loisir sont calculées.

Si on abandonne l'hypothèse que les ménages sont "price-taker" pour les biens qu'ils produisent et consomment, alors on doit abandonner l'hypothèse de récursivité. C'est ce qui se produit dans une situation de défaillance des marchés. La défaillance des marchés peut être modélisée moyennant l'introduction de coûts de transaction qui sont à l'origine d'un différentiel entre prix de vente et prix d'achat des biens. Lorsque le prix implicite d'un bien - c'est-à-dire le prix qui équilibre l'offre et la demande du bien considéré au sein du ménage - se trouve dans la bande de prix, le ménage ne participe pas au marché. Dans cette situation, il n'est plus possible de séparer la résolution du programme de la production et celle du programme de consommation : le modèle n'est plus séparable. Nous n'avons pas ici estimé de modèle non séparable du fait des difficultés posées par l'estimation de ces modèles mais nous

avons en revanche introduit dans les fonctions d'offre des variables liées à la consommation afin de tester la récursivité du comportement des ménages.

Les régressions sont conduites au niveau de l'ensemble des producteurs et également au niveau des quartiles de superficie cultivée en riz. Les variables explicatives sont les prix des biens et des facteurs, les facteurs fixes, les dummy régionales, les moyens de transport ainsi que le nombre d'enfants de 0 à 5 ans. Les résultats des régressions sont regroupés dans le Tableau 14.

Le modèle est assez simple et le premier paramètre d'intérêt est l'élasticité-prix de l'offre. Le signe du coefficient du prix de vente du paddy apparaît conforme à la théorie au niveau agrégé : l'élasticité-prix de l'offre est positive. En revanche, le coefficient du taux de salaire est surprenant car on s'attend, d'après la théorie, à obtenir un signe négatif. Deux explications peuvent être avancées. La première est que la variabilité du salaire est principalement liée à des opérations culturales différentes (six opérations sont distinguées dans le questionnaire pour la culture du riz : labour, mise en eau et piétinage, repiquage, sarclage, récolte, battage et transport) et qu'ainsi le signe du salaire s'expliquerait par, d'un côté, la corrélation entre productivité du travail à chaque opération et taux de salaire et, de l'autre, l'existence de contraintes de liquidité pour les exploitations les moins productives, qui les empêchent d'avoir recours à de la main d'œuvre salariée lorsque celle-ci est chère. L'autre explication est liée au problème de la mesure du prix du riz. En effet, pour les exploitations qui ne vendent pas, le prix considéré est un prix moyen calculé au niveau du village. Par ailleurs, une partie des salaires est payée en nature (de 10% à 50% du salaire global selon les observatoires). Les taux de salaire sont donc corrélés au prix du produit et, dans le cas des ménages non vendeurs, le prix reflété à travers le salaire représente peut être une meilleure mesure du prix implicite du riz pour le ménage que la moyenne calculée au niveau du village. Le signe du coefficient taux de salaire serait donc lié à la corrélation entre salaires et prix du riz.

Tableau 14 Les déterminants de l'offre de riz (MCO)

| | Ensemble | | Quartile 1 | | Quartile 2 | | Quartile 3 | | Quartile 4 | |
|-------------------|----------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t | Coef. | t |
| Prix du paddy | 0.10* | 1.787 | 0.08 | 0.825 | -0.10 | -0.808 | 0.18** | 2.007 | 0.33** | 2.178 |
| Taux de salaire | 0.07* | 1.821 | 0.03 | 0.427 | 0.08 | 1.133 | 0.04 | 0.589 | 0.05 | 0.529 |
| Superficie totale | 0.59*** | 22.969 | 0.41*** | 6.675 | | 2.672 | | 5.759 | | 4.551 |
| sup_pl | | mod.ref | | mod.ref | 0.21*** | | 0.42*** | | 0.36*** | |
| | | | | | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| sup_bf | -0.12* | -1.791 | -0.14 | -1.109 | -0.12 | -1.070 | -0.27** | -2.131 | 0.04 | 0.220 |
| sup_tn | -0.39*** | -3.790 | -0.31 | -1.443 | - | -2.863 | -0.33* | -1.662 | -0.43* | -1.848 |
| | | | | | 0.47*** | | | | | |
| sup_tv | -0.28** | -2.418 | -0.16 | -0.667 | 0.06 | 0.254 | -0.32 | -1.434 | -0.36 | -1.461 |
| piri | 0.13* | 1.757 | 0.14 | 0.933 | 0.20 | 1.531 | 0.15 | 1.090 | 0.21 | 1.184 |
| prop | -0.09* | -1.703 | -0.06 | -0.594 | 0.08 | 0.826 | -0.11 | -1.198 | -0.10 | -0.753 |
| lneq | 0.06*** | 3.570 | 0.00 | 0.117 | -0.02 | -0.618 | 0.07** | 2.086 | 0.09** | 2.050 |
| lnbet | 0.03*** | 4.095 | 0.02 | 1.443 | 0.03** | 2.048 | 0.03** | 2.084 | 0.03 | 1.776 |
| nact | 0.06*** | 5.420 | 0.04 | 1.482 | | 2.890 | | 3.690 | 0.06 | 3.073 |
| | | | | | 0.07*** | | 0.07*** | | | |
| sco | 0.05** | 2.293 | 0.04 | 0.909 | 0.09** | 2.019 | 0.01 | 0.160 | 0.02 | 0.387 |
| sco2 | -0.01* | -1.730 | -0.01 | -0.902 | -0.01* | -1.672 | 0.00 | 0.109 | 0.00 | -0.180 |
| vil1 | -0.23** | -2.424 | -0.11 | -0.564 | - | -2.733 | -0.17 | -1.017 | -0.34 | -1.565 |
| | | | | | 0.49*** | | | | | |
| vil2 | -0.43*** | -5.089 | -0.32** | -1.978 | - | -3.621 | -0.36** | -2.345 | - | -2.816 |
| | | | | | 0.57*** | | | | 0.56*** | |
| vil3 | -1.01*** | -11.185 | -1.08*** | -6.000 | - | -7.685 | - | -5.795 | - | -4.556 |
| | | | | | 1.30*** | | 0.92*** | | 0.91*** | |
| vil4 | -0.43*** | -5.146 | -0.49*** | -2.853 | -0.30* | -1.951 | -0.21 | -1.432 | -0.05 | -0.270 |
| vil5 | 0.30*** | 4.869 | 0.36*** | 2.923 | 0.13 | 1.128 | 0.14 | 1.312 | | 3.557 |
| | | | | | | | | | 0.47*** | |
| vil6 | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref |
| mtrans | 0.10** | 2.166 | 0.18* | 1.694 | 0.03 | 0.383 | 0.02 | 0.305 | 0.01 | 0.077 |
| sexe | 0.06 | 1.311 | 0.10 | 1.274 | -0.05 | -0.632 | 0.11 | 1.363 | 0.28** | 2.423 |
| n_05 | 0.04*** | 2.717 | 0.07** | 1.912 | 0.04 | 1.295 | 0.03 | 1.080 | 0.03 | 0.876 |
| Constante | 2.36*** | 4.558 | 3.68*** | 3.895 | | 5.312 | | 3.343 | 2.02 | 1.599 |
| | | | | | 5.89*** | | 3.13*** | | | |
| R ² | | 0.66 | | 0.48 | | 0.53 | | 0.68 | | 0.67 |
| Nombre d'observations | | 1 104 | | 303 | | 285 | | 254 | | 262 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

*** significatif au seuil de 1% ** significatif au seuil de 5% * significatif au seuil de 10%.

Au niveau agrégé, l'élasticité-prix de l'offre serait donc de l'ordre de 0.10, ce qui confirme les résultats obtenus par la méthode indirecte. Ce résultat cache néanmoins des disparités entre les différentes catégories de ménages : l'élasticité-prix de l'offre de riz apparaît nulle pour les ménages des deux premiers quartiles, tandis qu'elle apparaît positive et relativement élevée pour les ménages des deux derniers quartiles.

Le deuxième paramètre d'intérêt est le nombre d'enfants de 0 à 5 ans. Le coefficient de cette variable renseigne sur la séparabilité des comportements de production et de consommation. La séparabilité est donc rejeté au niveau agrégé. Les régressions conduites au niveau des quartiles permettent de préciser ce résultat : l'hypothèse de séparabilité des comportements n'est pas rejetée pour les trois derniers quartiles.

L'interprétation du coefficient du prix du riz dans l'estimation d'une fonction d'offre sur données transversales pose néanmoins problème du fait de l'origine de sa variabilité. Une grande partie de la variabilité correspond en effet à des fluctuations saisonnières : les prix du riz sont typiquement peu élevés au moment de la récolte, tandis qu'ils augmentent fortement au moment de la soudure. Les ménages ayant la capacité financière et physique de stocker du riz au-delà de la récolte peuvent donc obtenir des prix plus élevés. Ces ménages étant généralement les plus gros producteurs, le lien entre capacité de stockage et prix obtenu pourrait conduire à surestimer l'élasticité-prix de l'offre.

La dernière régression concerne la consommation de riz. Les variables explicatives d'intérêt sont le profit (équivalent du revenu) et le prix du riz. Les autres variables sont la taille et la structure démographique du ménage ainsi que le sexe et l'âge du chef de ménage, et la variable dichotomique régionale. Les régressions sont conduites au niveau agrégé et pour chaque quartile. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 15.

Tableau 15 Les déterminants de la consommation de riz (MCO)

| | Ensemble | | Quartile 1 | | Quartile 2 | | Quartile 3 | | Quartile 4 | |
|------------------------|----------|---------|------------|---------|------------|--------|------------|---------|------------|--------|
| | Coef. | t# | Coef. | t# | Coef. | t# | Coef. | t# | Coef. | t# |
| Prix du paddy | -0.06* | -1.614 | -0.14*** | -2.885 | -0.13 | -1.520 | 0.02 | 0.313 | 0.14** | 2.135 |
| Profit | 0.14*** | 10.155 | 0.11*** | 3.769 | 0.13*** | 3.797 | 0.11*** | 3.496 | 0.15*** | 5.308 |
| age du chef de ménage | 0.00*** | 3.773 | 0.00 | 1.510 | 0.00 | 1.598 | 0.00*** | 2.648 | 0.00 | 1.469 |
| sexe du chef de ménage | 0.08*** | 2.906 | 0.12** | 2.572 | 0.06 | 0.973 | 0.09* | 1.722 | -0.04 | -0.776 |
| taille du ménage | 0.12*** | 23.616 | 0.12*** | 12.358 | 0.12*** | 12.259 | 0.10*** | 10.698 | 0.11*** | 12.575 |
| p_0611 | 0.29*** | 4.331 | 0.27** | 2.040 | 0.08 | 0.631 | 0.38*** | 3.008 | 0.48*** | 3.558 |
| p_1219 | 0.33*** | 5.436 | 0.30*** | 2.582 | 0.29** | 2.290 | 0.38*** | 3.423 | 0.41*** | 3.481 |
| p_20 | 0.00 | 0.065 | 0.07 | 0.616 | -0.18 | -1.265 | 0.02 | 0.108 | 0.15 | 0.977 |
| vil1 | -0.19*** | -6.694 | -0.14*** | -2.911 | -0.26*** | -4.510 | -0.19*** | -2.997 | -0.22*** | -4.197 |
| vil2 | -0.20*** | -7.653 | -0.22*** | -4.640 | -0.22*** | -4.012 | -0.17*** | -2.855 | -0.20*** | -4.285 |
| vil3 | -0.71*** | -20.916 | -0.75*** | -11.333 | -0.76*** | -9.763 | -0.68*** | -11.731 | -0.60*** | -9.748 |
| vil4 | -0.47*** | -13.116 | -0.42*** | -6.237 | -0.62*** | -9.270 | -0.34*** | -4.899 | -0.41*** | -5.721 |
| vil5 | 0.08*** | 2.872 | 0.10* | 1.868 | 0.04 | 0.831 | 0.05 | 0.851 | 0.12** | 2.438 |
| vil6 | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | | mod.ref | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|--------|---------|--------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|
| moyen de transport | 0.07*** | 3.412 | 0.12** | 2.431 | 0.02 | 0.500 | 0.03 | 0.756 | 0.06 | 1.553 |
| Constante | 5.59*** | 20.801 | 6.29*** | 15.391 | 6.40*** | 9.679 | 5.32*** | 12.117 | 4.21*** | 9.048 |
| R ² | 0.73 | | 0.69 | | 0.71 | | 0.72 | | 0.73 | |
| Nombre d'observations | 1 104 | | 303 | | 285 | | 254 | | 262 | |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs.

*** significatif au seuil de 1% ** significatif au seuil de 5% * significatif au seuil de 10%.

erreurs standards corrigées de l'hétéroscédasticité par la méthode de Huber.

Les chiffres du Tableau 15 mettent en évidence deux résultats intéressants. Le premier concerne le signe et la valeur du coefficient du profit. L'élasticité-profit - équivalent de l'élasticité-revenu - de la consommation de riz est positive, ce qui est conforme à la théorie du consommateur. Par ailleurs, les coefficients augmentent avec le quartile. De la même manière, le signe du coefficient du prix du paddy est conforme à la théorie de la production au niveau agrégé bien que non significatif. Les régressions conduites au niveau des quartiles montrent que l'élasticité-prix de la consommation est en effet négative pour les deux premiers quartiles bien que significativement seulement pour le premier, tandis qu'elle apparaît positive pour les deux derniers. Ce résultat peut se comprendre dans le cadre théorique du modèle de ménage : l'effet-revenu d'une augmentation du prix du riz domine l'effet-prix standard (voir Annexe 3). Le modèle de ménage développé dans l'Annexe 3 montre assez simplement comment on peut calculer l'élasticité-prix de l'offre commercialisée de riz à partir des élasticités de production et de consommation. Les résultats de ce calcul sont regroupés dans le Tableau 16.

Tableau 16 Elasticité-prix de l'offre commercialisée de riz

| | Ensemble | Quartile 1 | Quartile 2 | Quartile 3 | Quartile 4 |
|--|----------|------------|------------|------------|------------|
| P Production nette de paddy (kg) | 1 652 | 718 | 1 214 | 1 831 | 3 034 |
| C Consommation de paddy (kg) | 1 343 | 935 | 1 232 | 1 425 | 1 857 |
| MS Surplus moyen commercialisé (kg) | 309 | -217 | -18 | 406 | 1 178 |
| E _p Elasticité-prix de la production | 0.10* | 0.08 | -0.10 | 0.18** | 0.33** |
| E _c Elasticité-prix de la consommation | -0.06* | -0.14*** | -0.13 | 0.02 | 0.14** |
| E _{ms} Elasticité-prix de l'offre commercialisée ^a | 0.80 | -0.87 | -2.15 | 0.74 | 0.63 |

Source : MADIO, Observatoires Ruraux 1996, nos propres calculs

*** significatif au seuil de 1% ** significatif au seuil de 5% * significatif au seuil de 10%.

^a E_{ms} = (E_p*P-E_c*C)/MS

Les chiffres du Tableau 16 mettent en évidence le poids de la consommation dans le comportement des ménages producteurs de riz : l'élasticité-prix de l'offre commercialisée apparaît en effet élevée non pas à cause d'une élasticité-prix de la production élevée, mais à cause du signe de l'élasticité-prix de la consommation. Ce résultat calculé pour l'ensemble des ménages producteurs cache néanmoins des situations très différentes selon les ménages : pour

les deux premiers quartiles, l'élasticité-prix de l'offre commercialisée est négative car l'effet-prix sur la consommation domine. Pour les deux derniers quartiles, l'effet-prix sur la production domine malgré l'effet-prix positif sur la consommation.

Au niveau agrégé, ces chiffres conduisent donc à un résultat intéressant : lorsque les prix du riz augmentent, l'offre commercialisée augmente plus que la production du fait de l'effet-prix négatif sur la consommation des ménages producteurs.

L'utilisation du concept de ménage permet de mettre en évidence et d'expliquer quelques résultats intéressants concernant l'offre des ménages malgaches. Par ailleurs, la classification des ménages par quartiles de superficies cultivées en riz montre que des ménages ayant des dotations différentes, ont des comportements différents de production et de consommation différente.

CONCLUSION : quelques résultats et limites des méthodes mises en oeuvre

L'étude des systèmes de culture rizicoles malgaches met en évidence leur diversité mais fait également apparaître qu'aucun ne semble jusqu'ici avoir dépassé le stade de l'agriculture de subsistance caractérisée par des structures de production de petite taille, des productivités de la terre et du travail très faibles, des surplus commercialisés peu importants au regard de l'autoconsommation et une utilisation très faible d'intrants variables. Cette constatation reste vérifiée quelque soit le niveau d'intervention de l'Etat ou d'organismes de développement. Certains systèmes apparaissent néanmoins plus productifs que d'autres mais les facteurs de cette plus forte productivité demeurent difficiles à identifier.

Les méthodes économétriques mises en oeuvre afin d'identifier les déterminants de l'offre de riz présentent l'avantage de permettre la prise en compte d'un grand nombre de paramètres tout en isolant la contribution de chacun. La mise en pratique de ces méthodes soulève néanmoins de nombreux problèmes d'autant plus difficiles à résoudre que les mesures de certaines variables d'intérêt sont également délicates. Il faut donc rester prudent dans l'interprétation des résultats.

L'estimation d'une fonction de production à partir de données individuelles permet d'analyser les contributions relatives à la production des différents facteurs. Les résultats de l'estimation confirment que les facteurs principaux sont la quantité de terre et le travail familial et que, par ailleurs, la situation de la terre cultivée ainsi que l'éducation des actifs ont un impact

significatif et positif sur la productivité globale des facteurs. La théorie du producteur permet d'obtenir les paramètres de réponse de l'offre agricole à partir de l'estimation d'une fonction de production de la forme Cobb-Douglas, moyennant des hypothèses sur la fixité des facteurs. Les estimations conduisent à des élasticité-prix de court-terme variant entre 0.10 et 0.17 selon les méthodes d'estimations. Ces valeurs apparaissent élevées et en contradiction avec l'évolution récente du secteur rizicole malgache qui a vu sa production stagner malgré une augmentation non négligeable du prix du riz. Ce résultat peut s'expliquer par l'imperfection des marchés du travail et des autres intrants qui en font non pas des facteurs variables mais des facteurs quasi fixes.

L'étude de l'offre de riz des ménages met par ailleurs en évidence un autre résultat intéressant: près de 65% des producteurs de riz des observatoires ruraux sont potentiellement des acheteurs nets de riz : leur autoconsommation ne suffit pas à couvrir leurs besoins alimentaires. L'estimation directe d'une fonction d'offre conduit à des paramètres conformes à la théorie de la production et rejoignant les résultats obtenus par la méthode indirecte : l'élasticité-prix de l'offre est positive et de l'ordre de 0.11 au niveau agrégé. Il apparaît également qu'elle varie selon la taille de l'exploitation : les petits producteurs ont une élasticité nulle, tandis que pour les plus gros elle est de l'ordre de 0.33. Du côté de la consommation, l'élasticité-revenu est positive bien que faible, tandis que les élasticité-prix sont négatives pour les petits producteurs et positives pour les plus grands, ce qui s'explique en mobilisant les résultats de la théorie des ménages.

A partir des résultats des estimations des fonctions d'offre et de consommation, le calcul de l'élasticité-prix de l'offre commercialisée confirme le poids de la consommation dans les comportements d'offre pour les petits producteurs. Au niveau agrégé, l'effet négatif du prix sur la consommation conduit à une élasticité-prix de l'offre commercialisée supérieure à l'élasticité-prix de la production : les producteurs augmentent leur offre de riz lorsque les prix augmentent mais aux dépens de leur propre consommation car leur offre est relativement rigide. Les volumes commercialisés restent néanmoins faibles par rapport à la production globale.

De nombreux résultats mettent enfin en évidence des imperfections des marchés des facteurs, en particulier du marché du travail. Des coûts de transaction existent au sein des villages, ce qui expliquerait les différences de productivité du travail entre petits et grand producteurs, tandis que la faible mobilité inter régionale des actifs conduirait à une segmentation régionale et expliquerait les différences de productivité du travail entre régions. Ces observations

doivent néanmoins être confirmées à partir d'enquêtes mesurant avec une plus grande précision l'utilisation de travail familial.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNIER, R. et DOROSH, P.A. (1993) *"Constraints on Rice Production in Madagascar : The Farmer's Perspective"*. Working Paper n°34 Cornell Food and Nutrition Policy Program : Ithaca.
- CHAMBERS, R.G. (1988) *"Applied production analysis. A dual approach"*. Ed. Cambridge University Press : Cambridge.
- COLMAN, D. (1983) *"A review of the arts of supply response analysis"*. *American Journal of Agricultural Economics* 51, pp 201-230.
- DEOLALIKAR, A.B. (1981) *"The Inverse Relationship between Productivity and Farm Size: A Test using Regional Data from India"*, *American Journal of Agricultural Economics*, Mai: 275-279.
- DROY, I. (1997) *"Que sont les greniers à riz devenus?"*, Revue Economie de Madagascar n°2, Antananarivo.
- DROY, I. (1991) *"La réhabilitation des petits périmètres irrigués à Madagascar : une réponse aux importations?"*, *Cahiers des Sciences Humaines* 27(1-2), ORSTOM : Paris.
- DEATON, A. (1994) *"Data & Econometric Tools for Development Analysis"* in *Handbooks of Development Economics*. Ed.
- FRASLIN, J.H. (1997) *"Quel crédit pour les agriculteurs?"*, Revue Economie de Madagascar n°2, Antananarivo.
- FUJISAKA, S. (1990) *"Agroecosystem and Farmer Practices and Knowledge in Madagascar's Central Highland: Toward Improved Rice-Based Systems research"* IRRI Research Paper Series n°143, Manila.
- JACOBY, H. (1993) *"Shadow Wages and Peasant Family Labour Supply: An Econometric Application to the Peruvian Sierra"* *Review of Economic Studies* 60 : 903-921.
- MADIO *"Un aperçu de l'état des campagnes malgaches : les Observatoires Ruraux en 1995. Synthèse des premiers résultats d'enquêtes sur les Observatoires Ruraux."* Antananarivo, 1996.
- MADIO *"Un aperçu de l'état des campagnes malgaches : les Observatoires Ruraux en 1996. Synthèse des premiers résultats d'enquêtes sur les Observatoires Ruraux."* Antananarivo, 1997.
- PESNEAUD, F. (1997) *"La riziculture des Hautes-Terres de Madagascar : les performances bridées d'un système de production"* Revue Economie de Madagascar n°2, Antananarivo, 1997.
- RASAMISON, J.H. (1997) *"La B.T.M. et ses activités de micro-finance : pour un partenariat efficace"* Revue Economie de Madagascar n°2, Antananarivo, 1997.
- SADOULET, E. et DE JANVRY, A. (1995) *"Quantitative Development Policy Analysis"*. Ed. The Johns Hopkins University Press : Baltimore and London.
- SKOUFIAS, E. (1994) *"Using Shadow wages to Estimate Labor Supply of Agricultural Households"* *American Journal of Agricultural Economics* 76:215-227.
- ZELLER, M. (1997) *"Les déterminants du rationnement du crédit : une étude des prêteurs informels et des groupements de crédit à Madagascar."* Revue Economie de Madagascar n°2, Antananarivo.

Annexe 1 : Modèle du producteur

Considérons un producteur ayant le choix entre plusieurs activités et ayant une quantité fixe de terre. Son programme s'écrit :

$$\begin{aligned} \text{Max } \Pi &= \sum p_i Q_i - \sum c_i x_i \\ \text{sous contrainte } Q_i &= Q_i(T_i, x_i) \\ \sum T_i &\leq T \end{aligned}$$

Le Lagrangien s'écrit donc:

$$L = \sum p_i Q_i(T_i, x_i) - \sum c_i x_i + \lambda (T - \sum T_i)$$

Et les dérivés du Lagrangien par rapport aux T_i , aux x_i et au multiplicateur de Lagrange sont :

$$\partial L / \partial T_i = p_i \partial Q_i / \partial T_i - \lambda = 0 \Rightarrow p_i \partial Q_i / \partial T_i = \lambda$$

$$\partial L / \partial x_i = p_i \partial Q_i / \partial x_i - c_i = 0 \Rightarrow p_i \partial Q_i / \partial x_i = c_i$$

$$\partial L / \partial \lambda = T - \sum T_i = 0 \Rightarrow \sum T_i = T$$

On a donc le résultat classique selon lequel la productivité marginale des facteurs variables est égale à leur coût et la productivité marginale des facteurs fixes est égale entre toutes les productions.

Pour illustrer ces résultats, on a choisi une fonction de production de la forme Cobb-Douglas à deux facteurs de production qui s'écrit :

$$Q = A x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2}$$

où x_1 est un facteur fixe

x_2 est un facteur variable

Le profit s'écrit :

$$\Pi = p Q - w x_2$$

où p est le prix du produit

w est le prix du facteur variable

La maximisation du profit conduit au résultat classique d'égalité entre la productivité marginale du facteur variable et son coût : $\partial \Pi / \partial x_2 = \alpha_2 Q / x_2 - w = 0$

La demande de facteur variable s'écrit donc : $x_2 = \alpha_2 (p/w) Q$

On en déduit la fonction d'offre:

$$Q = A^{1/(1-\alpha_2)} x_1^{\alpha_1/(1-\alpha_2)} (\alpha_2/w)^{\alpha_2/(1-\alpha_2)} \cdot p^{\alpha_2/(1-\alpha_2)}$$

L'élasticité-prix de l'offre est donc égale à : $\alpha_2/(1-\alpha_2)$

La valeur de l'élasticité-prix de l'offre dépend donc de la contribution à la production du facteur variable.

Annexe 2 : Productivité marginale des facteurs

Le calcul de la productivité marginale d'un facteur dépend de la forme fonctionnelle considérée.

Dans le cas d'une fonction de production de la forme Cobb-Douglas, la productivité marginale de chaque facteur s'écrit :

$$q'_i = \frac{\partial q}{\partial x_i} = \alpha_i \cdot \frac{q}{x_i}$$

Dans le cas d'une fonction de production translog qui s'écrit :

$$\ln q = \ln \gamma_a + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \beta_1 (\ln x_1)^2 + \beta_2 (\ln x_2) + \gamma_1 \ln x_1 \ln x_2$$

La productivité marginale du facteur i s'écrit :

$$\frac{\partial q}{\partial x_i} = \frac{q}{x_i} (\alpha_i + 2\beta_i \ln x_i + \gamma_1 \ln x_j)$$

Annexe 3 : Modèle séparable de ménage

On considère trois vecteurs de biens consommés :

X_a : vecteur de biens agricoles consommés

X_m : vecteur de biens manufacturés consommés

X_l : loisir

Le ménage maximise son utilité $U(X_a, X_m, X_l)$ sous trois contraintes :

* une contrainte budgétaire : $p_m X_m = p_a(Q - X_a) - w(L - F)$

où p_a et p_m sont des vecteurs de prix des biens agricoles et manufacturés

Q est la production agricole totale du ménage

L est la quantité de travail nécessaire

F est la quantité de travail familial

* une contrainte de temps de travail : $X_l + F = T$

où T est le stock total de travail familial

* une contrainte technologique de production : $Q = Q(L, z^q)$

où L est la quantité de travail

z^q est la dotation en facteurs fixes

En additionnant ces contraintes, on obtient l'équation :

$$p_m X_m + p_a X_a + w X_l = wT + p_a Q(L, z^q) - wL$$

La résolution de ce programme passe tout d'abord par la maximisation du profit. La condition de premier ordre s'écrit :

$$p_a (\partial Q / \partial L) = w$$

Or L est la seule variable endogène. On a donc $L^* = L^*(w, p_a, z^q)$

D'où l'équation : $p_m X_m + p_a X_a + w X_l = Y^*$

où Y^* est la solution optimale.

Le programme de maximisation de l'utilité a pour conditions de premier ordre :

$$\partial U / \partial X_m = \lambda p_m \quad (1)$$

$$\partial U / \partial X_a = \lambda p_a \quad (2)$$

$$\partial U / \partial X_l = \lambda w \quad (3)$$

$$\text{et } p_m X_m + p_a X_a + w X_l = Y^*$$

Les solutions des équations (1), (2) et (3) sont des courbes de la forme :

$$X_i = X_i(p_m, p_a, w, Y^*) \quad \text{où } i = a, m, l$$

Ainsi, la demande de biens dépend des prix et du revenu, qui, dans le cas de ménages ruraux, est déterminé par les activités de production. Des changements affectant la production vont donc affecter Y^* et, par suite, la consommation. On cherche l'élasticité-prix du surplus commercialisé :

$$\partial MS_a / \partial p_a = \partial Q / \partial p_a - \partial X_a / \partial p_a$$

D'après la théorie de l'offre, le premier terme est positif (la production d'un bien augmente lorsque son prix augmente). Cherchons le signe de $\partial X_a / \partial p_a$. On a :

$$\partial X_a / \partial p_a = \partial X_a / \partial p_a |_{Y^* = \text{cte}} + (\partial X_a / \partial Y^*) (\partial Y^* / \partial p_a) = \partial X_a / \partial p_a |_{Y^* = \text{cte}} + Q \cdot (\partial X_a / \partial Y^*)$$

D'après la théorie de la demande, le premier terme peut être décomposé en effet de substitution et effet revenu (équation de Slutsky). On a donc :

$$\begin{aligned}\frac{\partial X_a}{\partial p_a} &= \frac{\partial X_a}{\partial p_a}|_{u=cte} - X_a \cdot \left(\frac{\partial X_a}{\partial Y^*}\right) + Q \cdot \left(\frac{\partial X_a}{\partial Y^*}\right) \\ &= \frac{\partial X_a}{\partial p_a}|_{u=cte} + (Q - X_a) \cdot \left(\frac{\partial X_a}{\partial Y^*}\right)\end{aligned}$$

D'après la théorie de la demande, le premier terme est négatif (à utilité constante, la consommation d'un bien normal diminue lorsque le prix du bien augmente), tandis que le signe du deuxième terme dépend du statut du ménage. En effet, le terme $(\partial X_a / \partial Y^*)$ est positif d'après la théorie (lorsque le revenu augmente, la consommation d'un bien normal augmente) et on a :

$Q - X_a > 0$ si le ménage est vendeur net

et $Q - X_a < 0$ si le ménage est acheteur net.

Ainsi, si le ménage est un acheteur net, sa consommation de bien agricole diminue lorsque le prix du bien augmente. En revanche, si le ménage est vendeur net, l'effet-profit peut contrebalancer l'effet négatif standard issu de la théorie de la demande. Dans ce modèle, l'effet-profit intervient négativement sur la production vivrière commercialisée, ce qui constituerait un élément explicatif de la faiblesse des élasticités-prix de l'offre agricole.