

ISO 70127

[Retour au menu](#)



INSTITUT SÉNÉGALAIS
DE
RECHERCHES AGRICOLES

**MICHIGAN STATE
UNIVERSITY**

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL ECONOMICS

ETUDES ET DOCUMENTS

**L'ANALYSE ECONOMIQUE
DES ESSAIS
AGRONOMIQUES ,
POUR LA FORMULATION
DES RECOMMANDATIONS
AUX PAYSANS**

Eric Crawford et Mulumba Kamuanga

ISSN 0850-8933

Vol 4 N° 7 1991

ISRA

Institut **Sénégalais** de Recherches Agricoles

Rue Thiong x Valmy

BP. 3120

DAKAR, Sénégal

 **2124251211913**

Telex - 61117 SG

TLC (221) 22 34 13

Document réalisé par

la **Direction des Recherches sur les Systèmes Agraires et l'Economie Agricole**

Route du Front de Terre

B.P. 2057

Dakar ■ Hann

 **32 0442**

Eric Crawford, Chercheur au **Sénégal** de novembre 1983
à mai 1986 ■ Ph. D. en Economie Agricole, spécialiste
en production et gestion des exploitations agricoles ■
Professeur, Michigan State University, East Lansing,
MI. 48824-I 039, USA

Mulumba Kamuanga, Chercheur au Sénégal d'avril 1982
à juillet 1986 ■ Ph. D. en Economie Agricole, spécialiste
en production et gestion des exploitations agricoles ■
Economiste, Institut de la Recherche Agronomique,
CRA, B.P 33, **Maroua**, Cameroun

Ce document a été publié dans un **premier temps** sous forme de rapport par l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Il a été réimprimé ensuite dans la série conjointe ISRA / MSU (Michigan State University) des publications sur le développement international avec le soutien financier du **Projet de Recherche et Planification Agricole** (contrat USAID / MSU N° 685-0223) et du **Projet de Recherche Agricole II** au Sénégal (contrat USAID / MSU N° 6854957).

La **série** des présentes publications ISRA / MSU est financée dans le cadre du **Projet de Recherche Agricole II** au Sénégal.

Les opinions **exprimées** dans ce document par les auteurs de l'USAID ne **reflètent** pas nécessairement le point de vue de l'USAID / Sénégal.

**L'ANALYSE ECONOMIQUE DES ESSAIS AGRONOMIQUES
POUR LA FORMULATION DES RECOMMANDATIONS
AUX PAYSANS**

RESUME

L'accent mis sur la recherche appliquée renforce le rôle des essais en milieu paysan. Le document présente une méthode d'analyse économique des essais agronomiques (proposée antérieurement par le CIMMYT), dont l'objet est de déterminer la rentabilité et la faisabilité des traitements agronomiques, du point de vue du paysan. Cette analyse vise donc à contribuer à la formulation des recommandations que le paysan peut adopter. Le document présente les étapes principales de la méthode; les concepts, critères de choix, et données nécessaires; l'évaluation des coûts et des revenus; l'élaboration des budgets partiels; le calcul du taux marginal de rentabilité; et les analyses de risque et de sensibilité. Un accent particulier est mis sur les concepts du coût d'opportunité et de l'analyse marginale. L'application de cette méthode à plusieurs types d'essai est illustrée (traitements avec doses croissantes d'intrants, essais variétaux, et choix d'itinéraires techniques plus performants).

ABSTRACT

The **recent** emphasis on farming systems research has reinforced the role of on-farm **agronomic** trials. This paper sets forth **one** method for the economic analysis of on-farm trials (proposed earlier by **CIMMYT**), whose objective is to **evaluate** the profitability and feasibility of experimental treatments from the farmer's point of view, as part of the process of formulating farmer **recommendations**. The paper presents the major steps involved in the analysis; key concepts, evaluation criteria, and data necessary for the analysis; valuation of **costs** and returns; construction of partial budgets; calculation of the marginal rate of return; and finally, risk and sensitivity analysis. Concepts of opportunity **cost** and marginal analysis receive **special** emphasis. The paper illustrates the application of this method to several types of on-farm trials (experiments including various chemical **input** levels, variety trials, and tests of improved production practices).

L'ANALYSE ECONOMIQUE DES ESSAIS AGRONOMIQUES POUR LA FORMULATION DES RECOMMANDATIONS AUX PAYSANS

INTRODUCTION

La réorientation des programmes de recherche à l'ISRA et l'accent mis actuellement sur la recherche appliquée renforcent le rôle et l'importance des essais en milieu paysan. Les essais gérés par les paysans, mis en place par les équipes de recherche sur les systèmes de production, et les essais en milieu paysan gérés par les chercheurs dans les programmes par produit, sont tous conduits avec l'objectif d'aboutir à une technologie ou à des pratiques plus performantes.

Ce document s'adresse aux chercheurs (sélectionneurs, agronomes, et économistes) et aux vulgarisateurs soucieux de formuler des recommandations aux paysans à partir des types d'essais courants (traitements avec doses croissantes d'intrants, essais variétaux, choix d'itinéraires techniques plus performants, etc.), à l'aide de l'analyse marginale. Quant à l'investissement en matériel agricole, il existe d'autres méthodes d'analyse économique plus appropriées.

L'objectif général de l'analyse économique des essais agronomiques est de déterminer la rentabilité économique et la faisabilité d'un traitement agronomique, du point de vue du paysan, afin de contribuer à la formulation des recommandations qu'il peut adopter. Le "meilleur" traitement sur le plan économique n'est pas forcément celui qui a le rendement physique le plus élevé. L'analyse permet aussi d'identifier la combinaison optimale des éléments du "paquet" technique, **et/ou** le meilleur niveau d'utilisation des intrants concernés.

Puisque l'objectif est de formuler des recommandations, on évaluera la rentabilité du point de vue du paysan (rentabilité financière), ce qui implique l'utilisation des prix courants, taxes ou subventions incluses. Il ne s'agit donc pas d'une analyse au niveau de l'économie nationale (rentabilité économique), qui exigerait plutôt l'utilisation des prix qui prévalent sur le marché international, nets de taxes et subventions. (Ce genre d'analyse garde cependant tout son intérêt, selon les objectifs que l'on poursuit.)

L'analyse ou l'interprétation économique des essais agronomiques peut se faire à l'aide de plusieurs méthodes. Dans ce document nous présentons une méthode souvent utilisée, sans prétendre qu'elle soit parfaitement adaptée à toutes les variantes de l'analyse économique. (Pour une présentation plus détaillée de cette méthode, voir le document du CIMMYT par PERRIN et al.)

METHODE GENERALE

En résumé, la méthode comprend les étapes suivantes:

1. L'élaboration d'un budget partiel pour chaque traitement. Ceci comprend à son tour les sous-étapes suivantes:
 - a. L'estimation de la valeur de la production (produit brut) correspondant aux différents traitements incorporés dans l'essai.
 - b. L'énumération des différents intrants utilisés et l'estimation de leur valeur.
 - c. Le calcul du bénéfice net (égal au produit brut diminué de la valeur des intrants utilisés, sauf le capital) pour chaque traitement.
2. La détermination des traitements "supérieurs" dont la rentabilité justifie l'adoption par le paysan.
3. Le calcul, pour chaque traitement "supérieur", du taux marginal de rentabilité (TMR), c'est-à-dire du rapport (en pourcentage) du bénéfice net additionnel aux coûts additionnels entraînés par l'adoption de niveaux croissants de l'intrant. Autrement dit, une mesure de ce que gagne le paysan en termes de revenu net quand il dépense des sommes de plus en plus importantes pour produire?
4. La détermination, parmi les traitements jugés suffisamment rentables, de celui qui paraît le plus intéressant compte tenu des moyens dont dispose le paysan, et de ses objectifs non encore pris en compte dans l'analyse. En principe, c'est ce traitement que l'on proposera aux paysans par l'intermédiaire de la société régionale de développement, et qui fera l'objet d'autres essais et de tests de pré vulgarisation.

CONCEPTS DE L'ANALYSE ET CRITERES DE CHOIX

Il y a deux concepts-clés pour l'analyse présentée ici, à savoir:

1. L'approche par budgets partiels. Dans les budgets partiels, on évalue le gain net du changement en allant des pratiques actuelles aux pratiques préconisées. Les éléments qui restent fixes ne figurent pas dans l'analyse. Le schéma classique du budget partiel est le suivant:

Bénéfices additionnels, qui comprennent:

- la valeur additionnelle de la production
- la diminution des coûts

'Coûts additionnels, qui comprennent:

- les coûts additionnels
- la diminution de la valeur de la production (manque à gagner)

Gain net = bénéfices additionnels - coûts additionnels

Par exemple, on pourrait comparer la réponse du riz aux différentes doses d'engrais minéral à la pratique traditionnelle de fumage des rizières. Dans ce cas simple, les rubriques "diminution des coûts" et "diminution de la valeur de la production" ne rentrent probablement pas en jeu.

2. L'analyse marginale. Dans les essais comprenant plusieurs traitements à différents niveaux d'intrants (et donc de coût), on étudie l'accroissement du coût et du revenu obtenu en passant d'une combinaison à une autre. Cela permet d'identifier le point où un accroissement donné des coûts de production cesse d'apporter une augmentation égale ou supérieure des revenus. (Comme il a été dit plus haut, les grands investissements ou changements radicaux du système de production sont mieux analysés à l'aide des méthodes plus appropriées que celle qui est décrite ici.) Néanmoins, le principe d'analyse marginale est fondamental en économie.)

En général, les traitements incorporés dans l'essai sont évalués par rapport aux critères suivants:

La rentabilité. Il s'agit de comparer les revenus nets reçus aux fonds engagés. Le taux de rentabilité est comparé soit à un taux-cible qui est supposé acceptable pour le paysan, soit aux taux observés dans des études empiriques sur les activités économiques des paysans.

Les risques. En plus du niveau de rentabilité d'une nouvelle technologie, on s'intéresse à sa sensibilité aux aléas provenant de l'environnement. Ceci revient à prendre en compte des facteurs tels que la stabilité de rendement, le rendement obtenu dans de mauvaises années, etc...

La faisabilité. Fondamentalement, il faut savoir si la nouvelle technologie est compatible ou non avec le système de production actuel du paysan. Dans quelle mesure l'adoption d'une technologie (même très rentable) est-elle limitée par les moyens dont dispose le paysan, comme par exemple les fonds mobilisables pour l'investissement, le manque de liquidités, la main-d'oeuvre familiale, la terre, etc...? On ne peut pas toujours supposer qu'il existe un moyen de surmonter les obstacles dûs aux ressources limitées dont dispose le paysan.

DONNEES NECESSAIRES POUR L'ANALYSE

1. Chaque essai pour lequel l'analyse économique est prévue doit inclure un témoin (traitement zéro et/ou pratiques actuelles des paysans). Sinon, on ne pourra pas déterminer l'intérêt de l'adoption de la nouvelle option pour le paysan.

2. La quantité et le prix de tous les intrants utilisés qui varient d'un traitement à un autre doivent être connus, qu'ils soient fournis par le paysan sur ses propres stocks, achetés sur le marché, ou obtenus à crédit. Dans cette catégorie, entrent des intrants tels que les semences, le fumier, l'engrais, les autres produits chimiques, la quantité de main-d'oeuvre (familiale et extérieure), ainsi que les frais d'utilisation du matériel agricole.

3. Doivent être chiffrés également la quantité et le prix de tous les produits, quelle que soit leur utilisation (vente, stockage, consommation). Les sous-produits de la production végétale (paille, fane) ou animale (fumier) doivent souvent être pris en compte.

4. Il en va de même du taux-cible de rentabilité, défini comme le taux de rentabilité minimum jugé nécessaire pour l'adoption d'une technologie quelconque par les paysans.

EVALUATION DES COÛTS ET DES REVENUS

Des problèmes d'estimation des quantités ou des prix se posent dans certains cas. Il convient de rappeler quelques principes, à savoir:

1. **Les prix des produits.** Pour les produits qui sont usuellement commercialisés, on recherche le prix de vente au niveau du producteur, qui est le prix officiel ou le prix pratiqué sur le marché local, diminué des coûts de transport et des frais de commercialisation supportés par le paysan. Pour les produits destinés à la consommation familiale, on recherche le prix d'achat, y compris le coût de transport et les autres frais nécessaires pour amener le produit chez le paysan.

L'utilisation du prix officiel au producteur n'est indiquée que si (a) celui-ci est le prix effectivement perçu par le paysan, (b) l'on veut se faire une idée de ce que le prix officiel implique comme revenu net, ou (c) aucune autre estimation valable du prix réel n'existe. En pratique au Sénégal, le plus souvent on utilisera le prix officiel pour l'arachide, le coton, et pour le riz dans la zone de la SAED. ¹ Pour le riz en Casamance, on doit tenir compte du fait que beaucoup de paysans sont actuellement déficitaires et vendent rarement le riz; un prix basé sur l'équivalent en paddy du prix d'achat du riz blanc semble approprié, car en fait la production locale du riz se substitue bien au riz importé. Pour les autres céréales (maïs, mil, sorgho), le niébé, et les cultures maraîchères, les prix observés dans les marchés locaux sont plus indiqués.

Il n'est pas possible de préciser les prix appropriés dans tous les cas. Néanmoins, le tableau annexe 1 donne des indications par région et par culture. ²

2. Des questions identiques se posent pour l'évaluation du coût des intrants, surtout quand il s'agit des intrants non achetés. Il est également important ici d'appliquer des prix qui tiennent compte des frais d'achat et des frais de transport entre le point d'achat et le lieu d'utilisation, surtout pour l'engrais et la fumure organique (qui nécessitent parfois de grandes quantités). (Le tableau annexe 1 présente des coûts pertinents pour l'analyse des essais au Sénégal.)

Pour les intrants non achetés (semences, fumier, et les services que procure la traction animale), le principe général est d'évaluer chaque facteur en termes de "coût d'opportunité," c'est-à-dire le prix que le paysan aurait payé s'il avait acheté le facteur. Cela suppose une bonne connaissance des prix dans les marchés locaux.

3. La main-d'oeuvre. La main-d'oeuvre représente souvent une part très importante des coûts de production, et constitue donc un facteur essentiel pour l'analyse. La quantité de main-d'oeuvre est cependant souvent difficile à estimer sur la base des essais agronomiques, compte tenu de leur petite taille et des exigences particulières de conduite et de contrôle des essais. Il convient de l'estimer surtout quand on s'attend à des différences substantielles dans la pratique préconisée (temps de sarclage, par exemple).

Plus difficile encore est l'estimation de la valeur de la main-d'oeuvre familiale. L'approche classique consiste à évaluer son "coût d'opportunité," c'est-à-dire "le salaire qui serait perçu pour un travail à l'extérieur de l'exploitation, ou bien la valeur estimée du temps consacré à une activité sur l'exploitation, ou la valeur affectée au loisir" (PERRIN et al., p. 8).

Cette approche n'est pas facile à appliquer sur le plan pratique. D'abord, la valeur du loisir est pratiquement impossible à évaluer (question subjective). Ensuite, la première option mentionnée pose (entre autres) trois problèmes, à savoir: (a) en principe, le salaire varie selon la tâche, la saison, et le statut de l'ouvrier; or les données sur ces variations sont rarement disponibles; (b) si peu de gens dans une région travaillent à l'extérieur de l'exploitation, il n'est pas logique de supposer que cela représente une option disponible pour tout le monde; et (c) même si le travail hors-exploitation est envisageable, en général le paysan accepte de travailler sur son exploitation à un taux de rémunération inférieur au salaire payé pour le travail extérieur. Tout cela veut dire que souvent le salaire payé à la main-d'oeuvre extérieure est une surestimation du coût d'opportunité de la main-d'oeuvre familiale. On est donc conduit à diminuer le salaire observé par un facteur plus ou moins arbitraire.

Une autre solution consiste à ne pas déduire les coûts d'opportunité de la main-d'oeuvre familiale, mais plutôt à calculer le revenu net par unité de travail familial à la place du revenu net à l'hectare. On peut enfin évaluer la main-d'oeuvre familiale en utilisant la rémunération moyenne obtenue par le paysan dans l'ensemble de ses activités agricoles, en supposant que si celui-ci ne se consacrait pas à la spéculation en question, il affecterait son temps à une autre activité agricole (plutôt qu'à une activité extra-agricole). Ceci est l'approche adoptée par l'équipe de recherches sur les systèmes de production (ISRA) de Djibélor qui, sur la base des enquêtes, a estimé la rémunération moyenne dans l'agriculture à 500 FCFA par journée de travail.

Les mêmes observations peuvent s'appliquer à l'évaluation du coût d'opportunité de l'emploi de la traction animale familiale.

4. Dans la méthodologie du CIMMYT, on propose un réajustement du rendement obtenu dans l'essai en vue de mieux représenter le rendement réalisable par le paysan. Ce réajustement reflète la diminution possible de la performance de l'itinéraire technique appliqué en milieu paysan dû à la qualité inférieure des facteurs de production utilisés par le paysan, ou à la dérive introduite par le paysan dans la gestion de l'itinéraire technique. Estimer le niveau approprié de ce réajustement n'est pas évident.

5. Enfin, le taux-cible de rentabilité n'est pas facile à estimer. Nous en parlerons plus loin.

LES ETAPES DE L'ANALYSE

Pour illustrer les étapes essentielles, nous utiliserons le cas d'un essai de fertilisation du riz conduit par les chercheurs de l'ISRA/Djibélor. Pour illustrer les analyses de variabilité et de sensibilité, nous servirons d'un essai de fertilisation du maïs conduit au Mexique par le CIMMYT.

L'ELABORATION OU BUDGET PARTIEL

Il s'agit d'un essai de riz pluvial strict conduit par le programme Riz de l'ISRA/Djibélor à Fadiga dans la région de Kolda (MBODJ et al.). Signalons que les rendements de cet essai sont très élevés pour le riz pluvial strict. Le dispositif utilisé était un split-plot destiné à analyser les effets principaux des facteurs (diversité des sols, engrais, variétés, et facteur phytosanitaire). Nous avons retenu uniquement le facteur engrais sur une seule variété afin de présenter la démarche analytique conduisant à la proposition des recommandations. Les niveaux de fumure NPK étaient les suivants:

A₀ = sans fumure, simulant la situation actuelle au niveau des paysans;

A₁ = 25% de la fumure recommandée par la recherche, soit 50 kg de 8-18-27 par ha et 37,5 kg/ha d'urée;

A₂ = 50% de la fumure recommandée, soit 100 kg/ha de 8-18-27 et 75 kg/ha d'urée;

A₃ = 100% de la recommandation, soit 200 kg/ha de 8-18-27 et 150 kg/ha d'urée.

1. Le calcul du rendement moyen par traitement. L'analyse économique se base sur le rendement moyen de toutes les répétitions de chaque traitement. Les chiffres indiqués dans le tableau 1 sont les moyennes de quatre répétitions par traitement. On se limite aux traitements pertinents pour un groupe homogène d'exploitations ("recommendation domain" en anglais), mais les données de plusieurs années ou sites peuvent être regroupées.

2. Le calcul du rendement réajusté par traitement. Il s'agit de multiplier le rendement moyen par le facteur de réajustement pour arriver au rendement réalisable par le paysan dans ses propres conditions. D'habitude, le paysan n'obtient pas le même rendement que le chercheur, même en appliquant le traitement "identique", pour plusieurs raisons, à savoir:

a. Gestion: en général, le chercheur met en place le traitement avec plus de précision et au moment plus approprié que le paysan.

-7-

b. Mode de récolte: le chercheur a tendance à récolter au moment de la maturité physiologique; alors que souvent le paysan laisse sécher la culture dans le champ;³ il y a donc une correction à faire au rendement moyen en fonction du pourcentage d'humidité à la récolte. La quantité récoltée par le chercheur peut aussi être supérieure grâce à un meilleur contrôle des adventices ou à une récolte manuelle plus minutieuse.

c. Taille de la parcelle: même en tenant compte de l'effet de bordure, les rendements sur les petites parcelles tests sont souvent plus élevés que ceux obtenus sur les parcelles paysannes plus grandes.⁴ Dans le tableau 1, on a diminué le rendement brut de 10%.

3. Le calcul du prix à la production (au niveau du paysan). Ce prix est calculé en soustrayant au prix reçu par le paysan (par exemple, sur le marché local, compte tenu de la période et de la forme de vente) tous les frais supportés par le paysan pour la transformation (décortilage), le transport, le stockage, et la commercialisation. Dans l'approche du CIMMYT, on déduit aussi les coûts de récolte unitaires (par kg).⁵ Dans le tableau 1, on a évalué le riz en utilisant une combinaison de l'équivalent en paddy du prix au consommateur (107 FCFA/kg) appliqué aux premiers 2.000 kg de rendement par hectare, et le prix officiel (70 FCFA/kg en 1984/85) appliqué au rendement en dessus de 2.000 kg/ha. Ceci avec le raisonnement que les paysans sont actuellement déficitaires en riz, donc que la première part du rendement se substituerait au riz acheté, tandis que le surplus par rapport aux besoins alimentaires de la famille (représenté par le seuil arbitraire de 2.000 kg/ha) serait vendu au prix officiel.⁶

4. Le calcul du produit brut, qui est simplement le rendement réajusté multiplié par le prix à la production.

5. Le calcul du bénéfice net, qui est le produit brut diminué de la valeur de toutes les charges variables (monétaires et non-monétaires). Cela demande que (a) l'on fasse la liste des catégories de charges variables, (b) on chiffre les quantités de facteurs utilisés dans chaque catégorie, et (c) on fixe le prix (ou coût d'opportunité) associé à chaque facteur.

On a déjà discuté plus haut les principes à suivre pour évaluer le coût des facteurs ou intrants utilisés. Pour l'essai de fertilisation du riz pluvial à Fadiga, voir les notes du tableau 1 pour les détails de la méthode utilisée. D'autres points à noter sont les suivants:

a. Les coûts variables monétaires comprennent seulement l'engrais, étant donné que la quantité de semences améliorées reste identique à travers les quatre traitements.

b. Il existe deux types de coût d'opportunité dont il faut nécessairement tenir compte: le coût d'épandage de l'engrais qui est fonction de la dose appliquée par traitement; et le coût du temps de récolte additionnel que requiert toute augmentation sensible du rendement. Nous avons utilisé comme situation de référence les temps de travaux de riz pluvial en milieu paysan casamançais obtenus au départ des enquêtes menées par l'équipe systèmes de l'ISRA/Djibélor.

-8-

Tableau 1. Essai de Fertilisation du Riz Pluvial (Variété 144B/9)
à Fadiga (Région de Kolda), 1984-85: Budget Partiel

Rubrique	Niveaux de Fertilisation			
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃
Rendement moyen (kg/ha)	1.517	2.603	2.139	3.555
Rendement réajusté (-10%) a/	1.365	2.343	1.925	3.200
Valeur de la production brute (FCFA) b/	146.055	238.010	205.975	298.000
Coûts variables monétaires (FCFA)				
Quantité de 8-18-27 (kg)	0	50	100	200
Quantité d'urée (kg)	0	37,5	75	150
Coût unitaire de 8-18-27 c/	120,35	120,35	120,35	120,35
Coût unitaire d'urée c/	86,52	86,52	86,52	86,52
Coût monétaire de l'engrais	0	9.262	18.524	37.048
Autres coûts	0		0	0
Total coûts var. monétaires	0	9.262	18.524	37.048
Coûts var. d'opportunité (FCFA)				
Temps de travaux (homme-jours)				
Epandage de l'engrais d/	0	1	1,5	2
Temps de récolte add'l e/	0	17	10	31
Taux journalier moyen (FCFA) f/	500	500	500	500
Total coûts d'opportunité	0	8.797	5.502	16.570
Coûts variables totaux (FCFA)	0	18.059	24.026	53.618
Bénéfice net (FCFA)	146.055	219.951	181.949	244.382

a/ Le taux de réajustement représente une estimation de la dérive du paysan et des pertes éventuelles à la récolte.

b/ Jusqu'au niveau de 2.000 kg/ha (seuil retenu pour le riz), le rendement est évalué à l'équivalent en paddy du prix payé par le consommateur (107 FCFA/kg). Il est supposé que cette quantité se substitue au riz acheté, compte tenu de la situation déficitaire où se trouvent la plupart des paysans. La part du rendement au-dessus de 2.000 kg/ha est évaluée au prix de vente officiel (70 FCFA/kg en 1984/85).

c/ Il s'agit des prix non-subsventionnés que les paysans sont actuellement tenus de payer.

d/ La quantité de travail à différent niveaux de fertilisation est basée sur des données empiriques.

e/ Pour le riz pluvial strict, les temps de travaux de récolte moyen sont de 38 journées (Rapport Equipe Systèmes, ISRA/Djibélor, 1984). Selon quelques données empiriques, il faut prévoir une augmentation de temps de travaux de 40% pour un accroissement de rendement de 65% (soit 6,15% pour un accroissement de rendement de 10%) (Spencer).

f/ Le taux journalier représente la rémunération moyenne de la journée de travail agricole, estimée sur la base des enquêtes conduites en Casamance en 1982-84. (Voir Rapports Equipe Systèmes, 1983 et 1984.)

c. Le taux journalier utilisé pour évaluer la main-d'oeuvre est basé sur le concept de la rémunération de la main-d'oeuvre dans les activités agricole de l'exploitation, estimé sur la base de trois ans d'enquêtes (1982-84) faites par l'équipe Systèmes dans la région de Ziguinchor.

On note dans le tableau 1 que le traitement avec le rendement le plus élevé (A3) est caractérisé par le bénéfice net le plus élevé. Pourtant cette règle ne tient pas forcément dans tous les cas. De plus, on verra plus loin que le "meilleur" traitement (du point de vue économique) n'est pas forcément celui dont le bénéfice net est le plus élevé.

POSSIBILITES D'ANALYSE SIMPLE

Si on a des difficultés à évaluer le coût de la main-d'oeuvre ou d'autres facteurs non-achetés (par exemple, le fumier ou les semences fournis par le paysan), une analyse simple peut être réalisée de deux manières, à savoir:

1. D'abord calculer le rendement additionnel (RA) nécessaire pour couvrir le coût des intrants achetés. On obtient ce résultat en divisant les coûts monétaires (CM) de chaque traitement par le prix unitaire du produit (P): $RA = CM/P$. Pour tenir compte du coût du capital engagé, on ajoute une fraction de ce capital selon la formule:

$$RA = (CM - (CM \times CC))/P, \text{ où } CC \text{ représente le taux d'intérêt (\%).}$$

2. Pour les essais de fertilisation, on pourrait calculer le ratio valeur-coût, concept utilisé souvent par la FAO. Ce ratio est le produit brut additionnel divisé par la valeur de l'engrais utilisé dans le traitement concerné. Il est souvent dit que ce ratio doit être égal ou supérieur à 2 pour que le paysan accepte d'appliquer de l'engrais. (D'autres disent que dans les conditions du Sahel le seuil doit être plutôt de 3 ou 4.) La faiblesse de ce ratio comme base d'évaluation de la rentabilité est due d'abord au fait que les coûts autres que ceux de l'engrais ne sont pas pris en compte, et ensuite que ce ratio d'habitude est calculé de façon moyenne plutôt que marginale.

IDENTIFICATION DES TRAITEMENTS DOMINES

Selon la terminologie du CIMMYT, un traitement est dit "dominé" quand il existe au moins une option offrant un bénéfice net supérieur pour des charges inférieures ou égales. Un traitement est donc "non-dominé" quand il n'existe pas d'autre option offrant un bénéfice net supérieur pour des charges inférieures ou égales. On pourrait substituer les termes 'supérieur' et 'inférieur' par "non-dominé" et "dominé." Les traitements supérieurs peuvent être identifiés à l'aide de l'analyse graphique ou numérique.

Dans la figure 1, les trois traitements supérieurs se trouvent sur la ligne frontière reliant les points dont la cote est plus haute et plus à gauche. On peut déterminer les traitements supérieurs et inférieurs à la

lecture du tableau 2, où ils sont classés par ordre décroissant selon le bénéfice net correspondant à chaque traitement. Les traitements dominés ont des charges variables plus élevées que ceux des traitements de plus haut rang sur le plan du bénéfice net.

Tableau 2. Essai de Fertilisation du Riz Pluvial--Identification des Traitements Supérieurs.

Traitement	Bénéfice Net (FCFA)	coûts Variables Totaux (FCFA)	Supérieur?
A ₃	244.382	53.618	Oui
A ₁	219.951	18.059	Oui
A ₂	181.949	24.026	Non
A ₀	146.055	0	Oui

Sur la figure 1 (et dans le tableau 2), on constate que le traitement A₂ (50% de la recommandation, soit 100 kg/ha de 8-18-27 plus 75 kg/ha d'urée) est une option dominée. Il existe ainsi à gauche de A₂ au moins un traitement dont le coût variable total est inférieur mais avec un bénéfice net plus élevé (A₁). Le choix optimal se porte sur les traitements A₀ (sans engrais), A₁ (25% de la recommandation), et A₃ (100% de la recommandation).

ANALYSE DE LA RENTABILITE

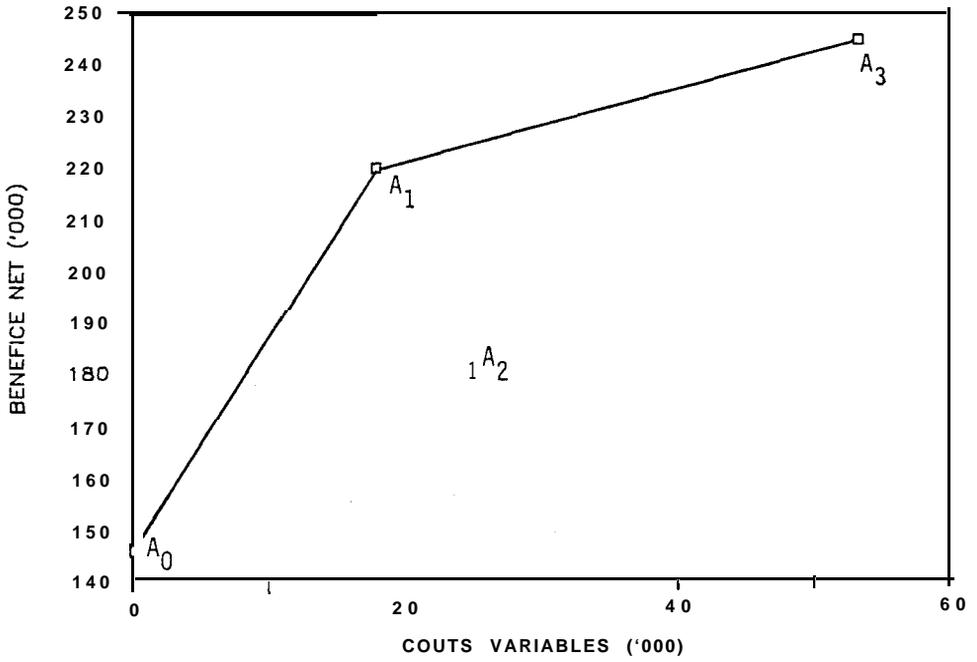
Calcul du Taux Marginal de Rentabilité

Il s'agit d'abord de calculer les taux marginaux de rentabilité (TMR) pour tous les traitements supérieurs, et puis de les comparer avec le taux-cible afin d'identifier les traitements satisfaisants. Le TMR est calculé comme indiqué dans le tableau 3: on compare l'augmentation des charges variables qu'entraîne le passage d'une option à une autre plus coûteuse à l'augmentation correspondante du bénéfice net. Le TMR est donc le rapport du bénéfice net marginal sur les charges variables marginales, exprimé en pourcentage.

Tableau 3. Essai de Fertilisation du Riz Pluvial--Calcul du Taux Marginal de Rentabilité.

Traitement	coûts Variables Totaux (FCFA)	coûts Variables Marginaux (FCFA)	Bénéfice Net (FCFA)	Bénéfice Marginal (FCFA)	TMR (%)
A ₃	53.618	35.559	244.382	24.431	69
A ₁	18.059	18.059	219.951	73.896	409
A ₀	0	--	146.055	--	--

FIGURE 1. COURBE DES OPTIONS DOMINANTES
FERTILISATION DU RIZ PLUVIAL



On voit que le TMR en allant du traitement A_0 jusqu'au traitement A_1 est beaucoup plus élevé que celui obtenu en allant de A_1 jusqu'à A_3 . La pente de la courbe des bénéfices nets reflète le même résultat (voir la figure 1, quand on relie uniquement les traitements supérieurs).

Il convient de noter ici l'avantage de l'analyse marginale. Si on calcule le taux moyen de rentabilité du traitement A_3 par rapport au traitement A_0 , on obtient $(244.382 - 146.055)/(53.619) = 183\%$ comme résultat. Mais cela cache le fait que le taux de rémunération aux premières dépenses de 18.059 FCFA (en appliquant le quart de la dose recommandée) est 409%, alors que le taux de rémunération aux dépenses additionnelles de 35.559 FCFA (en appliquant les trois quarts restants) n'est que 69%. Donc une dépense qui paraît intéressante sur la base d'une analyse moyenne ou globale se révèle nettement (et effectivement) moins intéressante sur la base de l'analyse marginale.

Il est à noter aussi que ce n'est pas le traitement ayant le bénéfice net le plus élevé (A_3) qui donne le TMR le plus élevé, mais plutôt le traitement A_1 .

Le Choix du Taux-Cible'

Quel taux-cible de rentabilité faut-il retenir? En principe, le paysan, en évaluant une nouvelle option d'investissement (ou d'achat d'intrants), souhaite recevoir une rémunération égale ou supérieure au gain qu'il réaliserait en plaçant son capital dans d'autres investissements. On pourrait donc estimer le taux-cible en se référant aux taux observés pour les autres activités du paysan. Comme de telles données ne sont pas toujours disponibles, on utilise souvent une méthode alternative d'estimation basée sur le coût du capital, c'est-à-dire le taux d'intérêt.

Dans l'exemple donné par PERRIN et al. (p. 13), on calcule le taux-cible comme suit: 11% (le taux réel d'intérêt du prêt) plus 20% (prime de risque, dont on parlera plus loin), ce qui donne un taux-cible de 31%. En fin de compte, comme norme empirique, on préconise un taux-cible de 40%.

Dans le contexte du Sénégal, 50% représenterait le seuil minimum. En effet, un taux-cible de 100% semblerait plus raisonnable si l'on tient compte des taux d'intérêt payés sur l'argent emprunté pour l'achat des vivres en période de soudure, qui correspond souvent au moment où s'expriment les besoins des paysans en intrants agricoles.

On a noté plus haut que la FAO utilise une norme qui précise que le ratio valeur-coût doit être au moins égal à 2. Cette approche ne tient pas compte d'autres coûts tels que la main-d'oeuvre pour l'épandage de l'engrais. Comme il s'agit du produit brut plutôt que du bénéfice net, et du coût total au lieu du coût marginal, cette norme représente un taux moyen de rentabilité de 100%.

Le Choix du Traitement Préféré

Tous les traitements ayant des TMR égaux ou supérieurs au taux-cible sont satisfaisants. Parmi les traitements satisfaisants, le

choix final du traitement à recommander se fera en considérant un nombre de facteurs. Bien souvent on recommandera le traitement satisfaisant ayant le bénéfice net le plus élevé, sauf dans le cas où les ressources financières du paysan ne lui permettent pas de faire la dépense nécessaire. Ainsi pour un taux-cible de 50%, notre essai illustratif aboutirait au choix du traitement A3 sur la base du bénéfice net. Mais on écarterait A₃ sur le plan pratique parce que l'achat de sa dose d'engrais demanderait des revenus monétaires plus élevés que ceux dont disposent la plupart des paysans. Il y a donc un facteur risque (qui sera abordé par la suite) assez important pour que l'on en tienne compte.

Si par contre on retient le taux-cible de 100% (apparemment le plus indiqué dans le contexte sénégalais), seul le traitement AI est satisfaisant et donc recommandable. (En général, pour des raisons techniques, il n'est pas correct de faire le choix simplement en fonction du TMR le plus élevé, bien que dans ce cas cela soit une coïncidence pour le traitement AI.)

ANALYSES DE VARIABILITE ET DE RISQUES

Jusqu'ici, le facteur risque n'a pas été considéré d'une façon explicite, à part l'inclusion de la "prime de risque" dans le taux-cible de rentabilité. Pourtant il est essentiel de considérer non seulement le niveau du bénéfice attendu mais aussi sa variabilité à travers le temps et l'espace. Cela représente un facteur-clé, surtout pour les paysans qui ne veulent pas ou ne peuvent pas supporter de déficits.

Il y a plusieurs calculs simples à faire pour l'analyse des risques, à savoir:

1. L'écart-type du bénéfice net pour chaque traitement, calculé sur toutes les répétitions.
2. "L'index de variabilité," défini comme l'écart-type divisé par le bénéfice net moyen, en pourcentage.
3. L'identification du bénéfice net minimum, qui reflète la performance du traitement dans de mauvaises conditions.
4. Afin de tenir compte de l'occurrence de situations défavorables, on peut aussi calculer la moyenne du bénéfice net des traitements les plus faibles en retenant le quart inférieur (25%) des traitements totaux.

Les résultats de ces calculs pour l'exemple d'un essai de fertilisation du maïs au Mexique se trouvent dans le tableau 4. (Voir les tableaux 2 et 3 de l'annexe pour le budget partiel et le calcul des TMR qui correspondent à cet essai. Sur la base de ces chiffres, le traitement (50,25) est préféré.) L'analyse de variabilité ne nous amène pas à modifier notre choix du traitement (50,25), car par rapport au traitement (50,0) il a un écart-type faible (890 contre 1.302), un index de variabilité moins élevé (32 contre 55), et aussi des bénéfices nets "mauvais" qui sont plus élevés (1.712 contre 972).

Tableau 4. Analyse de Risque pour l'Essai Fertilisation du Maïs.

Traitement (Kg N,P)	Bénéfice Net Moyen	Ecart Type	Index de Variabilité	Bénéfice Net Minimum (a)	Moyenne des 2 Bénéfices Nets Les Plus Bas
			(Pesos)		
0,0	1991	1345	67,5	360	725
50,0	2376	1302	54,8	666	972
100,0	2619	1150	43,9	873	923
150,0	2312	1084	46,9	671	689
0,25	1899	1309	68,9	411	744
50,25	2792	890	31,9	1622	1712
100,25	2806	1137	40,5	1091	1375
150,25	2802	1465	52,3	970	1029
0,50	1576	1532	97,2	512	598
50,50	2698	866	32,1	1309	1728
100,50	2864	1072	37,4	1552	1570
150,50	2846	1114	39,2	1458	1476

Source: Basé sur PERRIN et al. Nombre d'observations = 8 par traitement.

(a) Index de variabilité = (ecart type/BN moyen) x 100.

Il serait utile de connaître aussi la probabilité d'occurrence du cas du bénéfice minimum, et encore plus utile de connaître la distribution des probabilités de rendement. Celle-ci permettrait une estimation plus fine du bénéfice moyen attendu. Cela demanderait des données expérimentales sur une série d'années, à moins qu'on ne soit en mesure de prévoir les rendements en fonction de la pluviométrie, à l'aide d'un modèle quantitatif.

ANALYSES DE SENSIBILITE

Les analyses présentées ci-dessus sont basées sur un ensemble de données empiriques et de paramètres estimés. Il faut se demander dans quelle mesure les résultats seraient différents en modifiant les valeurs de certains paramètres. Le choix de traitement préféré serait-il différent si, par exemple, on faisait varier le prix à la production ou les charges variables?

Prenons d'abord, pour l'exemple de l'essai de maïs au Mexique, le cas où le prix du maïs varie de 20% par rapport au prix initial de \$1.000/tonne (voir le tableau 5). A un prix de \$1.200/tonne, la question est de savoir si le traitement (100,50) se révèle maintenant préférable au traitement (50,25), étant donné que le nouveau prix augmente le TMR du traitement (100,50) jusqu'à 49%. On voit que le TMR en allant de (50,25) jusqu'à (100,50) est 34%. Cela tombe en-dessous du taux-cible, mais si on prévoyait encore une hausse de prix le traitement (100,50) mériterait d'être considéré.

A un prix de \$800/tonne, les traitements (50,0) et (50,25) donnent des TMR satisfaisants. Le traitement (50,25) est plus indiqué; il a un bénéfice net plus élevé, et son taux moyen de rentabilité (par rapport à (0,0)) est 71%.

Supposons maintenant que le coût d'opportunité de la main-d'oeuvre soit \$50/jour au lieu de \$25/jour. Les résultats repris au tableau 5 montrent que le traitement (50,25) reste toujours préférable.

Enfin, si le coût de l'engrais augmente de 100%, les seuls traitements restant "supérieurs" sont (50,25) et (0,0). Cependant, le traitement (50,25), avec un TMR de 11%, n'est plus acceptable.

Dans une des variantes de l'analyse de sensibilité, on recherche le prix ou le coût "d'intérêt", c'est-à-dire que l'on calcule le seuil (en termes de prix ou de coût) en-dessous duquel le traitement devient inacceptable. Par exemple, pour le traitement (50,25), on pourrait accepter une augmentation d'environ 90% du coût de l'engrais sans tomber en-dessous du taux-cible de 40%.

CHOIX FINAL DU TRAITEMENT PREFERE

Les étapes suivantes ont déjà été accomplies: on a évalué d'abord la rentabilité de tous les traitements, en termes de bénéfice net et de taux marginal de rentabilité. La comparaison de ces TMR au taux-cible permet

-15-

Tableau 5. Analyses de Sensibilité, Essai Fertilisation du Maïs.

Traitement (Kg N,P)	Bénéfice Net (\$) ^{a/}	Charges Variables (\$)	Bénéfice Net Marginal (\$)	Charges Variables Marginales (\$)	Taux Marginal de Rentabilité (%)
Cas No. 1: Prix du Maïs = \$1200/tonne					
100,50	3724	1400	122	250	49
100,25	3602	1150	114 (236)	450 (700)	25 (34) ^{b/}
50,25	3488	700	542	250	217
50,0	2946	450	558	450	124
0,0	2388	0	--	--	--
Cas No. 2: Prix du Maïs = \$800/tonne					
100,50	2016 (dominé)				
100,25	2018 (dominé)				
50,25	2092	700	278	250	111
50,0	1814	450	222	450	49
0,0	1592	0	--	--	--
Cas No. 3: Coût de la main-d'oeuvre = \$50/jour					
100,50	2770	1500	30	750	4
50,25	2740	750	410	250	164
100,25	2710	1250 (dominé)			
50,0	2330	500	340	500	68
0,0	1990	0	--	--	--
Cas No. 4: Prix de l'Engrais Augmenté de 100%					
50,25	2140	1350	150	1350	11
0,0	1990	0	--	--	--
(autres traitements dominés)					

Source: Basé sur PERRIN et al.

^{a/}\$ = Pesos.^{b/}Les chiffres entre parenthèses se rapportent à la différence entre le traitement (50,25) et le traitement (100,50).

de sélectionner les traitements satisfaisants, en tenant compte du coût de capital et du facteur risque. On a ensuite examiné la variabilité de rendement de chaque traitement, et sa performance dans de mauvaises conditions. Cela permet de favoriser les traitements stables et résistants aux aléas climatiques. Enfin on a fait un criblage selon les résultats des analyses de sensibilité, dont l'objectif était d'évaluer la performance relative des traitements satisfaisants sous des conditions de prix et de coût différentes.

Pour reprendre l'essai de fertilisation du maïs, il s'est avéré que le traitement (50,25) restait meilleur quelque soit le critère utilisé. Evidemment, d'autres essais pourraient donner des résultats moins nets. Dans ce cas-là, il reviendra à l'équipe de recherche de choisir le traitement à retenir sur la base des résultats de ces analyses et aussi de leur connaissance de la situation des paysans dans la zone étudiée. Quelquefois la décision correcte sera de programmer d'autres essais agronomiques avant de faire des recommandations définitives. Dans ce cas-là, l'analyse économique aura servi à mieux orienter les essais ultérieurs.

EXEMPLES D'ANALYSE D'AUTRES TYPES D'ESSAIS

L'Analyse des Essais de Sélection Variétale.

L'analyse des essais de sélection variétale est plus simple si le niveau d'intrants utilisés ne varie pas selon la variété. Dans ce cas-là, pour l'analyse économique, il suffit de comparer les variétés en termes de revenu brut ou valeur de la production. On peut aussi dans certain cas calculer le rendement par jour du cycle végétatif pour chaque variété, s'il existe des possibilités de valoriser le temps ainsi gagné (double culture par exemple, ou possibilité de vendre plus tôt à un prix intéressant). D'habitude il est important d'évaluer d'autres aspects de la performance des différentes variétés, tels que la qualité de la graine, les aspects organoleptiques, la quantité de paille, etc..., mais cela ne relève pas évidemment de l'analyse économique.

Si le niveau d'intrants n'est pas le même pour toutes les variétés, l'analyse marginale sera appropriée. Ce cas peut arriver si le dispositif comprend une variété locale avec le niveau d'intrants utilisé par le paysan, comparée aux variétés améliorées mises en place avec un niveau d'intrants plus élevé.

A titre d'exemple, nous examinons le cas d'un essai de riz de nappe à Affignam conduit par le programme Riz de l'ISRA/Djibélor. Les variétés comparées (IRAT 112, IRAT 133, IKP, DJ 12-519, et la Barafita (variété locale établie depuis plusieurs années)) sont préconisées à partir des tests variétaux de rendement. Les trois niveaux de fertilisation sont ceux qu'on a définis antérieurement à savoir A0 (sans engrais), A1 (25% de la recommandation), A2 (50% de la recommandation), et AS (100% de la recommandation).

L'analyse porte sur la détermination des options alternatives (variétés, niveaux de fertilisation) en fonction des taux marginaux de

rentabilité que chaque option procure et des considérations sur les possibilités financières réelles des paysans. Ce genre d'essai s'étale normalement sur plusieurs années de façon à prendre en compte les variations interannuelles. Cet exercice n'a dès lors qu'une valeur indicative.

Elaboration du budget partiel.

La Barafita sans engrais représente la situation de référence. C'est une variété locale (elle-même probablement issue d'une introduction) et dont le port érigé est fort apprécié par les paysans pour une riziculture de nappe. C'est aussi une variété qui répond bien à l'engrais.

Le budget partiel présenté dans le tableau 6 est établi selon la même procédure que celle du tableau 1. Nous supposons que les paysans utilisent leurs propres semences pour la Barafita, mais les semences sont évaluées au même prix que les semences sélectionnées, en raison de leur valeur d'opportunité élevée (à la consommation comme pour le semis). La densité de 100 kg/ha recommandée par la recherche est utilisée pour toutes les variétés.

Les bénéfices nets varient de 77.458 FCFA pour la Barafita (A_0) jusqu'à 270.692 FCFA pour la DJ 12-519 (A_3). Cette dernière combinaison donne aussi le rendement moyen le plus élevé (4.369 kg/ha).

Elimination des options dominées.

Dans le tableau 7, les bénéfices nets par option sont rangés par ordre décroissant. Il est conseillé d'éliminer d'abord les options dont le bénéfice net est inférieur à la situation de référence (CIMMYT, 1976), Barafita A_0 en l'occurrence. Pourtant il se trouve dans ce cas-ci que la situation de référence donne le bénéfice net le plus bas.

Donc on procède directement à l'identification des options dominées. Après avoir écarté les options dominées (indiquées par la lettre D dans le tableau 7), le bénéfice net marginal est calculé pour les options supérieures, au nombre de 8. Les mêmes options sont reliées par la courbe dans la figure 2.

Choix des alternatives à conseiller aux paysans.

L'IRAT 112 (A_0) représente l'option supérieure ayant l'investissement minimum. Toutefois il faut noter que son bénéfice net n'est pas très différent de celui de la Barafita A_0 (tableau 7), pour laquelle le paysan n'est pas obligé d'acheter les semences. Si le paysan veut changer de variété sans devoir dépenser pour l'achat des engrais, il a devant lui deux possibilités dont les TMR sont très élevés et assez proches; la DJ 12-519 (A_0) et l'IKP (A_0). Ceci n'est envisageable cependant que dans la mesure où le paysan préfère l'une ou l'autre de ces deux variétés par rapport à la Barafita, et s'ils sont en mesure de payer pour les semences sélectionnées (ce qui est une contrainte surmontable).

TABLEAU N° 6

BUDGET PARTIEL DES ESSAIS VARIETES-FERTILISATION
DU RIZ DE NAPPE A AFFIGNAN (BASSE CASAMANCE)

RUBRIQUES	IRAT 112				IRAT 133				DJ 12-519				BARAFITA				IKP			
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃
Rendement moyen	918	1092	1759	2644	890	1226	1541	2803	1368	2245	3211	4369	882	1630	2782	3960	1840	2914	3841	4116
Rendement ajusté (-10 %) ^{a)}	826	983	1583	2380	801	1103	1477	2523	1231	2021	2890	3932	794	1467	2504	3564	1656	2623	3457	3704
VALEUR DE LA PRODUCTION BRUTE (107FCFA/KG)	88382	105181	169388	240600	85707	118021	158038	250610	111717	215470	276300	349240	84958	156969	249280	323480	177192	257610	315990	333280
COÛTS VARIABLES MONETAIRES (FCFA)																				
- Quantité 8:18:27 (kg)	0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200
- Quantité urée (kg)	0	37,5	75	150	0	37,5	75	150	0	37,5	75	150	0	37,5	75	150	0	37,5	75	150
- Coût unitaire 8:18:27 (FCFA)	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35	120,35
- Coût unitaire d'urée (FCFA)	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52	86,52
- Coût total engrais (FCFA)	0	9262	18524	37048	0	9262	18524	37048	0	9262	18524	37048	0	9262	18524	37048	0	9262	18524	37048
- Autres coûts (semences anél. 100kg/ha à 75F/kg)	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	0	0	0	0	7500	7500	7500	7500
- Total coûts var. monétaires (FCFA)	7500	16762	26024	44548	7500	16762	26024	44548	7500	16762	26024	44548	0	9262	18524	37048	7500	16762	26024	44548
COÛTS D'OPPORTUNITÉ																				
- Epandage engrais (h-j) ^{b)}	0	1	1,5	2	0	1	1,5	2	0	1	1,5	2	0	1	1,5	2	0	1	1,5	2
- Temps de récolte add. (h-j) ^{c)}	0	0	16	33	0	6	14	36	9	26	44	66	0	14	36	58	18	36	56	61
- Taux journalier (FCFA) ^{d)}	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
- Autres coûts (semences propres)													7500	7500	7500	7500				
- Total coûts d'opportunité	0	500	8750	17500	0	3000	7750	19000	4500	13500	22250	34000	7500	15000	26250	37500	9000	19500	28750	31500
COÛTS VARIABLES TOTAUX (FCFA)	7500	17262	34774	62048	7500	19762	33774	63548	12000	30262	48274	78548	7500	24262	44774	74548	16500	36262	54774	76048
BENEFICE NET (FCFA)	80882	87919	134607	178552	78207	98259	124265	187062	119717	185208	228026	270692	77458	132707	204506	248932	160692	221348	261216	257232

a) Ajustement fait pour tenir compte des pertes éventuelles à la récolte et de la dérive du paysan.

b) Des doses croissantes d'engrais nécessitent un temps d'épandage plus long. Les estimations sont basées sur des données empiriques.

c) Le temps de récolte additionnel est fonction de l'augmentation du rendement. Selon les données empiriques, il faut prévoir une augmentation du temps de récolte de 40 % pour un accroissement de rendement du riz de 65 %. La situation de référence est l'emploi de la variété locale (Barafita) sans engrais dont le temps de récolte est de 28 h-j en moyenne estimé sur la base des données de l'Equipe Systèmes (Voir Rapport 1983-84).

d) La journée de travail agricole en Casamance est valorisée en moyenne à 500 FCFA.

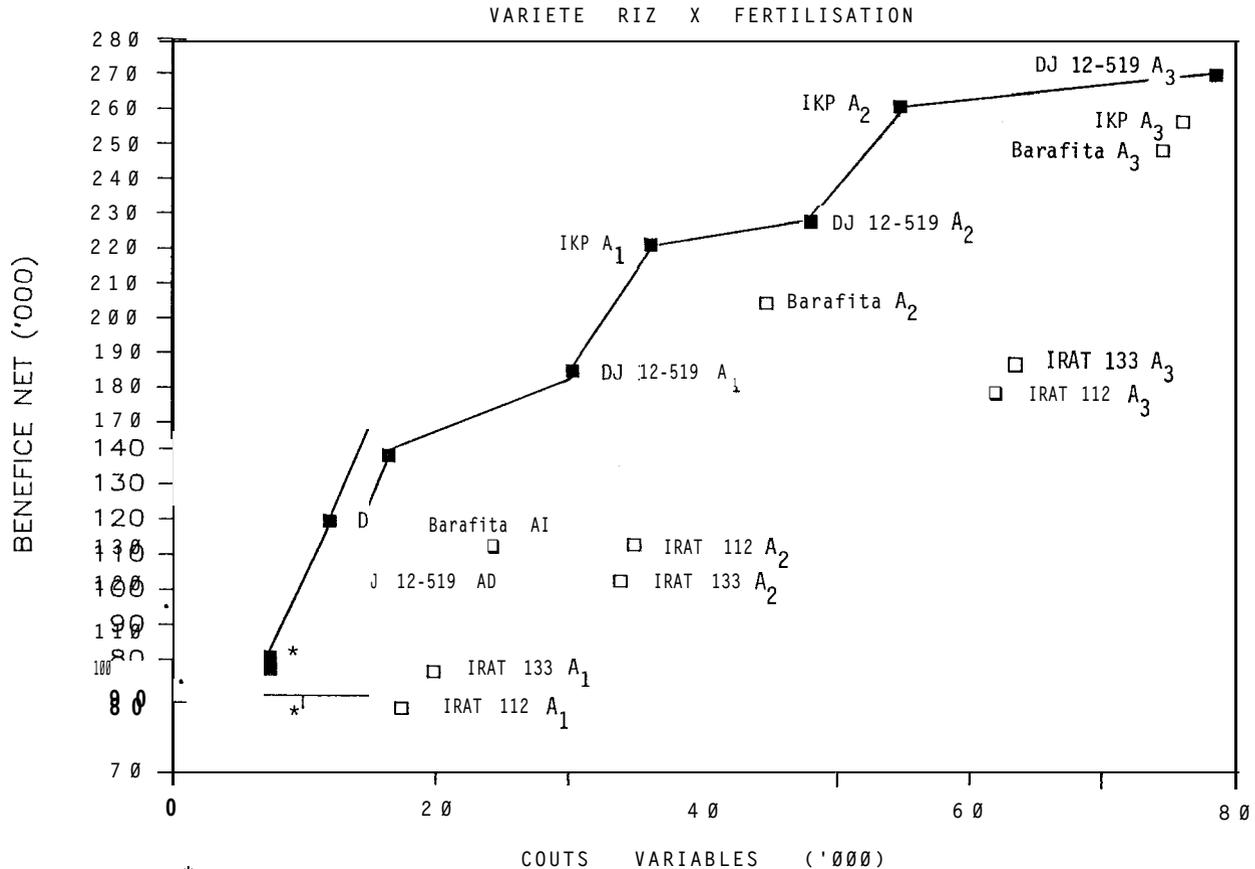
Tableau 7. Analyse Marginale des Bénéfices Nets: Essai Variété du Riz de Nappe et Niveau de Fertilisation.

Bénéfice Net (FCFA)	Variété	Niveau de Fertilisation a/	Coût Variable Total (FCFA)	Combinaison Dominée (D)	Coût Marginal (FCFA) b/	Bénéfice Net Marginal (FCFA) b/	Taux Marginal de Rémunération (%)
270.692	DJ 12-519	A ₃	78.548		23.774	9.476	40
261.216	IKP	A ₂	54.774		6.500	33.190	511
257.232	IKP	A ₃	76.048	D			
248.932	Barafita	A ₃	74.548	D			
228.026	DJ 12-519	A ₂	48.274		12.012	6.678	56
221.348	IKP	A ₁	36.262		6.000	36.140	602
204.506	Barafita	A ₂	44.774	D			
187.062	IRAT 133	A ₃	63.548	D			
185.208	DJ 12-519	A ₁	30.262		13.762	24.516	178
178.552	IRAT 112	A ₃	62.048	D			
160.692	IKP	A ₀	16.500		4.500	40.975	911
134.607	IRAT 112	A ₂	34.774	D			
132.707	Barafita	A ₁	24.262	D			
124.265	IRAT 133	A ₂	33.774	D			
119.717	DJ 12-519	A ₀	12.000		4.500	38.835	863
98.259	IRAT 133	A ₁	19.762	D			
87.919	IRAT 112	A ₁	17.262	D			
80.882	IRAT 112	A ₀	7.500		0	3.424	--
78.207	IRAT 133	A ₀	7.500	D			
77.458	Barafita	A ₀	7.500	D			

a/A₀ = sans engrais; A₁, A₂, et A₃ = 25%, 50%, et 100% de la dose recommandée, respectivement.

b/La valeur marginale pour un traitement donné est le coût (bénéfice) additionnel qu'entraîne le passage à ce traitement à partir du traitement non-dominé ayant le bénéfice net plus bas dans la liste. Ainsi, les valeurs pour le traitement DJ 12-519 (AD) sont calculées par rapport à celles de l'IRAT 112 (AD).

FIGURE 2. COURBE DES OPTIONS DOMINANTES



-19-

Le reste des choix dépend question des possibilités financières des paysans. Ceux qui sont en mesure d'acheter de l'engrais et de n'appliquer que 25% ou 50% de la dose recommandée (A_1 et A_2) pourront faire le choix entre la DJ 12-519 (A_1) et l'IKP (A_1) et (A_2). Cette dernière ayant un TMR très élevé (511 %). Les renseignements dont nous disposons sur la capacité financière des paysans en Basse Casamance nous indiquent que le niveau A3 sera inaccessible à beaucoup d'entre eux. Du reste ces combinaisons sont dominées ou ont un TMR très bas.

En résumé, le choix sera porté entre la Barafita--préférée pour son port érigé--et l'IRAT 112 (sans engrais). Les niveaux de fertilisation A1 et A2 pour la DJ 12-519 et l'IKP permettent d'obtenir des bénéfices nets fort élevés et le choix sera limité par la contrainte financière des paysans. Signalons que l'utilisation du prix officiel pour évaluer le rendement de riz ne changerait pas ces résultats.

L'Analyse des Essais sur les Techniques Culturelles Alternatives.

L'approche par budget partiel est utile aussi pour l'analyse des essais où l'on compare les pratiques alternatives d'un itinéraire technique. Nous faisons appel ici à l'exemple d'un essai comparant l'effet du labour à plat au labour en billon pour le maïs. Le thème de labour à plat est actuellement vulgarisé par le PIDAC en Basse Casamance pour l'ensemble de cultures de plateau et le riz de semis direct. Les essais en milieu paysan et les tests conduits par l'équipe systèmes de Djibélor révèlent pour les rizières hautes et pour le maïs que le labour en billon, pratique traditionnelle, est plus rapide que le labour à plat. A rendement égal, il permet en outre un meilleur contrôle des adventices (voir Rapport Equipe Systèmes, Djibélor, 1984-85).

Dû à la variation extrême des temps de travaux entre les sites, le test en 1984 a été conduit dans un seul village (Boulandor) avec 3 paysans pour apprécier le mérite de ces deux pratiques et pour évaluer l'intérêt du labour à plat. Le test comprend 3 traitements:

- T₁ -- techniques des paysans: labour en billon à la charrue UCF, semis et sarclage effectués manuellement.
- T₂ -- labour à plat (charrue UCF) avec semis et sarclage manuel, pour apprécier l'effet du labour à plat proprement dit.
- T₃ -- labour à plat (charrue UCF), semis manuel et sarclage-buttagé mécanique à la quatrième semaine après le semis.

Les résultats sont présentés au tableau 8 sous forme de budget partiel. Il n'existe pas de différence significative en temps de travaux pour les deux types de labour attelé. Les bénéfices nets sont par conséquent sensiblement égaux. Le labour à plat n'est bénéfique que quand il est suivi d'un sarclage mécanique (T_3), qui réduit le temps de sarclage au cinquième du temps de sarclage manuel. En fait T_3 domine les deux autres traitements, à cause de son bénéfice net plus élevé et des coûts variables plus bas. La productivité du travail en termes de rendement par journée de travail pour le labour et le sarclage est près de cinq fois plus élevée par rapport aux deux autres méthodes.

Tableau 8. Essai sur des Méthodes Alternatives de Labour et de Sarclage du **Maïs** en Basse **Casamance**, 1984-85.

Rubrique	Traitement a/		
	T ₁	T ₂	T ₃
Rendement (kg/ha) b/	1.690	1.732	1.597
Valeur brute de la production (FCFA) c/	118.300	121.240	111.790
Coûts variables monétaires (FCFA) d/	--	--	--
Coûts variables d'opportunité e/			
Temps de labour (homme-jours)	5	5	6
Temps de sarclage	28	30	5
Total	33	35	11
Valeur (FCFA)	16.500	17.500	6.500 f/
Bénéfice net par ha (FCFA)	101.800	103.740	105.290
Rapport rendement/temps de travaux (kg/homme-jour)	51,2	49,5	145,2

Source: Rapport Equipe SYSPRO, 1984-85, ISRA/Département Systèmes.

a/T₁ = labour en billon; semis et sarclage manuels
 T₂ = labour à plat; semis et sarclage manuels
 T₃ = labour à plat; semis manuel; sarclage mécanique.

b/Les rendements ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

c/Valorisée à 70 FCFA/kg.

d/Les coûts variables monétaires à l'hectare (80 kg de semences, 100 kg d'urée + 100 kg de 8-18-27) sont identiques à travers les trois traitements.

e/Le temps de récolte ne varie pas significativement entre les trois traitements.

f/γ compris le coût d'opportunité (1000 FCFA/ha) pour l'emploi de son propre équipement.

L'Analyse des Tests d'Itinéraires Techniques Complets.

L'itinéraire technique est un facteur discret, qui ne peut pas varier d'une façon continue comme les intrants chimiques. Par conséquent, on pourrait penser que l'analyse marginale est moins applicable dans ce cas-ci. Cependant, étant donné que l'analyse est faite en termes de valeur monétaire, il existe en principe une infinité de niveaux de coût intermédiaires. Donc on peut utiliser l'approche présentée plus haut pour évaluer le bénéfice net additionnel obtenu par rapport aux charges additionnelles entraînées par l'application d'itinéraires techniques de plus en plus coûteux.

Nous nous servons ici de l'exemple d'un essai de vérification d'itinéraires techniques complets sur le maïs conduit au Mexique (Harrington, 1982). Les traitements utilisés sont les suivants:

- 1) Semences locales
Densité = 12 kg/ha semences
Pas d'engrais
Pas d'insecticide
Préparation du sol et contrôle des mauvaises herbes traditionnels
- 2) Le même traitement que (1) mais avec des semences améliorées.
- 3) Semences locales
Densité = 12 kg/ha semences
Pas d'engrais
Pas d'insecticide
Préparation nulle plus herbicide
- 4) Le même traitement que (3) mais avec semences améliorées.
- 5) Semences locales
Densité = 20 kg/ha semences
50 kg/ha N
Birlane appliqué une fois
Préparation nulle plus herbicide
- 6) Le même traitement que (5) mais avec semences améliorées.

Le tableau 9 présente le budget partiel pour les six traitements. Les traitements supérieurs sont T(1), T(3), et T(5) (voir le tableau 10). L'analyse marginale révèle un taux marginal de rentabilité de 422% pour T(3), et de 4% pour T(5). On choisirait donc le traitement T(3).

REMARQUE SUR LA SIGNIFICATION STATISTIQUE

En général, l'analyse économique se fait pour les essais où la différence d'impact entre les traitements est jugée significative sur le plan statistique. Cependant, il peut arriver que l'effet d'aucun traitement ne soit significatif, ou que seul l'impact d'un facteur (et non des autres) soit significatif. L'approche à utiliser dans une telle situation n'est pas tout à fait évidente, mais quelques éléments méritent d'être considérés, à savoir:

Tableau 9. Budget Partiel--Essai de Vérification des Itinéraires Techniques Complets sur le Maïs au Mexique.

Rubrique	!----- Traitement -----!					
	1	2	3	4	5	6
Rendement moyen (kg/ha)	1125	1115	1475	1475	1963	1975
Rendement réajusté (kg/ha)	900	892	1180	1180	1570	1580
Produit brut (Pesos/ha)	3690	3657	4838	4838	6437	6478
Coûts variables (Pesos/ha)						
Semences locales	84	0	84	0	140	0
Semences améliorées	0	300	0	300	0	500
Semis additionnel	0	0	0	0	150	150
Prép. du sol et contrôle des mauvaises herbes tradit.	2200	2200	0	0	0	0
Gramaxone (herbicide)	0	0	750	750	750	750
Gesaprim (herbicide)	0	0	720	720	720	720
Location du pulvérisateur	0	0	50	50	50	50
Application de l'herbicide et collecte de l'eau	0	0	900	900	900	900
Insecticide	0	0	0	0	384	384
Applic. de l'insecticide	0	0	0	0	150	150
N	0	0	0	0	500	500
Application de N	0	0	0	0	300	300
Coûts var. totaux	2284	2500	2504	2720	4044	4404
Bénéfice net (Pesos/ha)	1406	1157	2334	2118	2393	2074

Source: Harrington, L. Exercises in the Economic Analysis of Agronomic Data. Mexico: CIMMYT, 1982.

Tableau 10. Analyse Marginale--Essai de Vérification des Itinéraires Techniques Complets sur le Maïs au Mexique.

Traitement	Bénéfice Net	Coûts Var. Totaux	Supérieur?	Bénéfice Net Marginal	Coûts Var. Marginaux	Taux Marginal de Rentabilité
(Pesos)						
5	2393	4044	Oui	59 a/	1540 a/	4%
3	2334	2504	oui	928 b/	222 b/	422%
4	2118	2720	Non			
6	2074	4404	Non			
1	1406	2284	Oui	--	--	--
2	1157	2500	Non			

Source: Harrington, L. Exercises in the Economic Analysis of Agronomic Data. Mexico: CIMMYT, 1982.

a/ Valeur additonnelle par rapport au traitement 3.

b/ Valeur additionnelle par rapport au traitement 1.

1. D'abord, la puissance des tests statistiques est faible (surtout pour les essais en milieu paysan). Dans le cas d'un essai pour lequel les traitements ne sont pas jugés significatifs, le chercheur doit néanmoins regarder les résultats en détail. S'il constate des tendances qui semblent intéressantes, l'essai mérite d'être repris. Ceci pourrait éventuellement intéresser suffisamment le producteur pour qu'il teste lui-même le traitement sous ses propres conditions, pourvu que les risques entraînés ne soient pas trop élevés. (Voir PERRIN et al.; SMAIL et al.)

2. Si aucune différence statistique significative n'a pu être mise en évidence entre les traitements, le traitement préféré sur le plan économique est le traitement ayant le moindre coût. Par exemple, une nouvelle pratique culturale pourrait réduire les coûts de production sans changer le rendement. Toutes choses égales par ailleurs, cette pratique doit intéresser le producteur.

3. Si, dans un essai à plusieurs facteurs, seul un facteur est significatif sur le plan statistique, on pourrait calculer les valeurs économiques à partir des valeurs moyennes pour ce facteur en regroupant les résultats pour les autres facteurs. Par exemple, pour un essai dont le dispositif comprend trois niveaux d'engrais minéral et trois variétés, si l'on trouve que le rendement ne varie pas significativement selon la variété, on pourrait calculer le rendement moyen pour chaque niveau d'engrais, toutes variétés confondues.

4. En fin de compte, comme on l'a dit plus haut, si les résultats de l'essai ne sont pas décisifs, l'attitude correcte sera de programmer d'autres essais pour confirmer l'impact des traitements, avant de faire des recommandations définitives.

UTILISATION DE L'OUTIL INFORMATIQUE

Les analyses discutées dans ce document sont évidemment faisables manuellement. Toutefois, l'utilisation de l'ordinateur peut faciliter le travail s'il y a beaucoup d'essais à traiter ou beaucoup d'analyses de sensibilité à faire. Pour le traitement à l'ordinateur, deux options sont actuellement ouvertes à l'ISRA:

1. Le progiciel MSTAT comprend un sous-programme "ECON" avec lequel on peut faire toutes les analyses présentées dans ce document. ECON peut travailler sur le fichier de données créé en utilisant le logiciel MSTAT dans le cadre d'autres analyses statistiques. MSTAT tourne soit sur IBM PC soit sur Apple II (en CP/M), et il est à la disposition de tous les chercheurs de l'ISRA. Le manuel d'utilisation de MSTAT comprend une section qui explique comment se servir de ECON, et qui présente les tableaux de sortie.

2. Le logiciel LOTUS 1-2-3, qui représente une "feuille de travail électronique" avec la possibilité de manipuler des bases de données et de faire des graphiques, permet à l'utilisateur de créer son propre cadre d'analyse économique. En principe, il serait possible d'élaborer un cadre général applicable à n'importe quel type d'essai, mais en pratique il vaudrait mieux créer un cadre d'analyse spécifique pour chaque type

d'essai. Par contre, on peut traiter plusieurs types d'essais avec MSTAT/ECON, sans modifier le cadre du programme. Il est prévu d'installer LOTUS 1-2-3 dans les différents centres ISRA qui seront équipés d'IBM PC-XT. Un exemple illustratif de l'utilisation de LOTUS 1-2-3 pour l'analyse économique des essais agronomiques est disponible auprès des auteurs (Département Systèmes, ISRA).

CONCLUSIONS

Nous avons présenté dans ce document une méthode d'analyse économique simple qui s'applique aux essais mis en place pour formuler des recommandations destinées à un groupe-cible d'exploitants. Nous insisterons sur trois aspects importants: la place de l'analyse économique dans le processus qui aboutit à l'élaboration des recommandations, le rôle crucial de l'identification et de l'évaluation des coûts et des bénéfices, et la notion du coût d'opportunité de ressources.

Pour différents types d'essai examinés dans ce document, l'analyse économique intervient dès la conclusion du traitement statistique des résultats expérimentaux, dans l'objectif d'identifier le meilleur traitement du point de vue du paysan. Mais l'analyse économique pourrait aussi contribuer à l'élaboration ou à la réorientation du dispositif des essais. Ceci, sur la base des résultats des enquêtes sur le fonctionnement et les contraintes des systèmes de production, ou à la suite de l'interprétation des données expérimentales antérieures. Il s'agit d'une réorientation qui va dans le sens d'une maîtrise plus grande des coûts et du risque, tels qu'ils sont perçus par le paysan.

Nous avons présenté certains principes et méthodes pour l'évaluation des coûts et des revenus. Toutefois il est évident que les essais présentés dans ce document n'illustrent que partiellement l'application de ces techniques. Il convient néanmoins de souligner l'importance de bien cerner les différents coûts pertinents pour le décideur, quel qu'il soit.

Dans certains exemples présentés, la notion du coût d'opportunité revêt une importance capitale. Le coût d'opportunité est avant tout un moyen que nous utilisons pour pondérer les valeurs des différentes ressources que l'on estime dans leur meilleure forme d'utilisation. Mais la notion du coût d'opportunité n'implique pas pourtant que les paysans évaluent subjectivement toutes leurs ressources en termes monétaires.

NOTES

¹Le prix officiel est utilisé dans ce cas-ci parce que la majeure partie de la production du paysan est vendue dans le circuit officiel.

²Les économistes du Département Systèmes ou du BAME dans chaque région doivent être en mesure de fournir des précisions sur les prix à utiliser.

³Le cas du maïs récolté frais par les paysans, ou dont la récolte est échelonnée dans le temps, est une exception.

⁴Voir HARRINGTON. Le CIMMYT fait encore une déduction pour les pertes au stockage qui pourraient réduire la quantité du produit effectivement disponible au paysan. A notre avis, ce procédé est discutable; il vaut mieux ne pas confondre cet aspect avec l'évaluation de l'impact du traitement en termes de production.

⁵Ils jugent plus simple de prendre en compte ces coûts en ajustant le prix du produit, au lieu d'utiliser un prix "brut" et de regrouper ces coûts avec les autres charges variables. Quelle que soit la méthode, il est essentiel de cerner tous les coûts de production et de vente afin d'arriver au bénéfice net.

⁶Les principaux résultats de l'analyse de cet essai ne changeront pas si l'on utilise le prix officiel de 70 FCFA/kg (1984/85) pour évaluer l'ensemble du rendement. Dans ce cas-ci, les bénéfices nets sont plus bas, mais l'ordre de classement des traitements, les traitements supérieurs, et le traitement préféré restent les mêmes. Le traitement A₁ aurait un taux marginal de rentabilité de 279% au lieu de 409%.

⁷Il est important d'incorporer le coût du capital vu la disponibilité très limitée de cette ressource. Il y a deux moyens de prendre en compte le coût du capital: (1) on ajoute le coût du capital aux coûts des autres facteurs, pour le déduire ensuite du produit brut; ou (2) on n'impute pas le coût du capital aux coûts des autres facteurs mais on compare le taux de rentabilité "brut" estimé au taux d'opportunité de rentabilité, représenté par le taux-cible.

REFERENCES

- DILLON, John L., et J. Brian HARDAKER. Farm Management Research for Small Farmer Development. FAO Agricultural Services Bulletin No. 41. Rome: FAO, 1980.
- HARRINGTON, Larry. **Exercises in the Economic Analysis of Agronomic Data.** Working Paper. Centre Internationale d'Amélioration du Maïs et du Blé (CIMMYT), Mexico, 1982.
- ISRA Département Systèmes. Recherche sur les Systèmes de Production en Basse-Casamance. Equipe de Recherche sur les Systèmes de Production, Rapport Annuel No. 3, Campagne 1984-85 (Document provisoire).
- MBODJ, Yamar, Gérard DEMAY, et al. Résultats Analytiques des Actions Multilocales d'Évaluation des Variétés de Riz en Présence de Différentes Doses d'Engrais. ISRA, CRA de Djibélor, 1984.
- PERRIN, Richard K., Donald L. WINKELMANN, Edgardo R. MOSCARDI, et Jock R. ANDERSON. Comment Etablir des Conseils aux Agriculteurs à Partir des Données Experimentales. CIMMYT, Mexico, 1979.
- SMAIL, V.W., T. STILWELL, A. GHADERI, D. REICOSKY, O. NISSEN, et R. FREED. Guide de l'usager de MSTAT (Version 2.0). East Lansing, MI, Department of Crop and Soil Science and Department of Agricultural Economics, Michigan State University, February, 1984.
- SPENCER, Dunstan S.C. The Economics of Rice Production in Sierra Leone: Upland Rice. Bulletin No. 1, Department of Agricultural Economics and Extension, Njala University College, University of Sierra Leone, 1975.

Tableau Annexe 1. Quelques Prix de Produits et Coûts d'Intrants pour l'Analyse Economique des Essais Agronomiques au Sénégal.

Rubrique	Prix Officiel		Prix Local	
	a/	Casamance	b/ Sine-Saloum	c/ Fleuve d/
Produits	!----- (F. CFA/kg) -----!			
Mil	70	113	65-80	
Sorgho blanc	70	117	70-80	
Riz paddy	85	85		86
Arachide (coque)	90	160		
Arachide en grain		207	150-200	
Maïs en grain	70	234	70-85	
Maïs en vert		400		
Niébé (sec)	110	233	100-200	
Coton e/	100/90/55			
Tomate		220		40-65
Tomate industrielle				23
Intrants				
NPK: 8-18-27		120 f/		
NPK: 0-15-20	60-72	70-72	63-64	65
NPK: 18-46-0				
Urée		87 f/		65
Ronstar		4000/litre		
Main-d'oeuvre extérieure		400-600/jour (800/jour en ville) g/		
Semences Selectionnées h/				
Mil/Sorg	90			
Maïs	90			
Riz Paddy	105			
Niébé	150			
Arachide	105			

a/Source: Le Soleil du 5 avril 1985 pour les prix officiels de produits (1985/86).

b/Source: Equipe Systèmes, ISRA/Djibélor. Valeurs moyennes pour la ville de Ziguinchor, Septembre 1985 - Février 1986.

c/Source: ISRA/Bureau d'Analyses Macro-Economiques, 1986.

d/Source: Equipe Systèmes, ISRA/St. Louis.

e/Selon les trois niveaux de qualité du produit,

f/Prix pour 1985.

g/En général, 400 pour les femmes et 600 pour les hommes.

h/Source: Le Soleil du 8 novembre 1985.

**Tableau Annexe 2. Essai de Fertilisation du Maïs au Mexique:
Budget Partiel.**

Rubrique	N: P ₂ O ₅ :	Traitements: quantité d'engrais (kg/ha)											
		0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150
		0	0	0	0	25	25	25	25	50	50	50	50
1) Rendement moyen (T/ha)		2,21	3,14	3,91	4,01	2,44	3,88	4,40	4,84	2,36	4,05	4,74	5,16
2) Rendement réajusté		1,99	2,83	3,52	3,61	2,20	3,49	3,96	4,36	2,12	3,64	4,27	4,64
3) Produit brut (PS/ha à PS 1000/T) a/		1.990	2.830	3.520	3.610	2.200	3.490	3.960	4.360	2.120	3.640	4.270	4.640
4) Azote (PS 8/kg N)		0	400	800	1.200	0	400	800	1.200	0	400	800	1.200
5) Phosphate (PS 10/kg P ₂ O ₅)		0	0	0	0	250	250	250	250	500	500	500	500
6) Coûts variables monétaires (PS/ha, 4+5)		0	0	0	0	250	650	1.050	1.450	500	900	1.300	1.700
7) Nombre d'applications		0	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
8) Coût par application (2 hem.-jours à PS 25)		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
9) Coût d'opportunité (PS/ha, 7+8)		0	50	100	100	50	50	100	100	50	50	100	100
10) Coûts variables tot. (PS/ha, 6+9)		0	450	900	1.300	300	700	1.150	1.550	550	950	1.400	1.800
11) Bénéfice net (3-10)		1.990	2.380	2.620	2.310	1.900	2.790	2.810	2.810	1.570	2.690	2.870	2.840

Source: PERRIN et al., 1976.

a/PS = Pesos.

Tableau Annexe 3. Essai de Fertilisation du Maïs au Mexique:
Analyse Marginale des Options Non-Dominées.

Option N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	Bénéfice Net (PS/ha) ^{a/}	Coût Variable (PS/ha)	Bénéfice Marginal (PS/ha)	Coût Variable Marginal (PS/ha)	Taux Marginal de Rentabilité (%)
100	50	2.870	1.400	60	250	24
100	25	2.810	1.150	20	450	4
50	25	2.790	700	410	250	164
50	0	2.380	450	390	450	87
0	0	1.990	0	--	--	--

Source: PERRIN, et al., 1976.

^{a/}PS = Pesos.

Isra
bp 3120
Dakar
Sénégal

UNIVAL
documentation
et éditions
scientifiques agronomiques