

# La recherche opérationnelle, outil d'investigation dans les exploitations agricoles de Thies-Diourbel (Sénégal).

J. Degand et Lo Cheikh

## Summary

### Operational research as a tool for farming research in Thies-Diourbel (Senegal).

*The paper is concerned with the choice procedure of production plans at the farm level in Senegal.*

*Two ways of intensification have been selected in order to improve the present farming system; the first one is characterized by an averaged use of fertilizer coming along with horse power mechanization, the second one promotes high dosis of fertilizers and oxen drawn tools.*

*Different models have been set up assuming a fair matching of the basic needs of rural population and an optimization of family welfare. Optimal solutions are displaying gross margin per labor unit much higher (73%) when applying oxen traction rather than horse traction.*

*Risk and uncertainty are fairly taken into account in the chosen plans.*

La situation des exploitations agricoles dans les zones de Thies-Diourbel s'est caractérisée durant cette dernière décennie à la fois par une extension vertigineuse de la monoculture d'arachide et une nette tendance à la baisse des cultures céréalières. Plusieurs tentatives d'explications ont été avancées, mais la plus plausible nous semble être celle afférente aux structures de production.

Il apparaît dès lors, qu'un effort ardu et multiforme dans ce domaine est nécessaire en vue d'estomper cette tension sans cesse croissante et de jeter les bases d'une transformation structurelle progressive qui devra assurer l'auto-suffisance alimentaire, ensuite une augmentation du surplus pour permettre à l'agriculture de jouer pleinement le rôle qui lui est dévolu dans le développement de ces régions, tout en améliorant de manière sensible le bien-être général du paysan.

Le but de cet article tente de rendre plus efficiente la prise de décisions au sein de l'exploitation, notamment en matière d'assolement pour un équipement et une dimension donnés, ou en matière d'équipement pour une dimension donnée par le biais de la programmation linéaire. Mais cette étude s'inscrit dans un souci de cohérence avec les structures sociales spécifiques à ces régions que l'on ne peut ignorer sous peine d'aberrance des conclusions.

Du point de vue méthodologique, deux niveaux d'intensification et de traction ont été conçus, d'une part une *traction équine avec une fumure moyenne* (NPK: 100 kg/ha) et d'autre part une *traction bovine avec une fumure forte* (NPK: 150 kg/ha).

## 1. Spécificité de l'exploitation agricole sénégalaise et généralités

### 1.1. Définition

L'exploitation agricole sénégalaise est une organisation familiale autour du chef de carré qui est l'ainé pour la production de la consommation alimentaire commune et pour permettre à chacun de ses membres de produire et satisfaire ses besoins et assurer ainsi les conditions de la reproduction du groupe. Dans la pratique l'exploitation agricole sera donc facile à identifier puisqu'elle correspond au foyer.

L'analyse de l'exploitation agricole fait ressortir la structure suivante conformément aux statuts de travail :

- un chef d'exploitation ou chef de « carré »
- des sourgas (l'ensemble des forces de travail relevant du chef d'exploitation)
- des navétanes (l'ensemble des travailleurs saisonniers)
- des femmes (l'ensemble du groupe des femmes)

Le chef de « carré » est le patriarche de la famille, c'est lui qui gère la terre (droit de hache) qu'il a obtenue du maître (droit de feu) ou du « Lamane » à qui il verse quelques redevances; c'est lui qui distribue à ses membres avant chaque période hivernale une partie des terres qu'il gère et s'en réserve une partie.

Dans cet univers familial, le centre de décision principal de toute évidence se situe au niveau de l'exploitation dirigée par le chef de carré, nonobstant l'existence de sous-exploitations.

Par conséquent, le plus souvent une connaissance rudimentaire des sous-exploitations suffira, tandis que l'accent sera surtout mis sur l'observation agro-technique et agro-économique du chef d'exploitation. Il utilise dans son champ le travail de ses membres tant pour les cultures vivrières que pour la culture d'arachide; il alloue en contrepartie un lopin de terre aux autres membres du carré cultivé le plus souvent en arachide.

## 1.2. Les objectifs économiques

Le chef d'exploitation vise une production céréalière qui pourra satisfaire aux besoins normaux en mil et sorgho de tous les membres de son exploitation.

D'autre part le chef de carré aura comme objectif principal, entre autres, la *maximisation de son revenu, qui du reste est assuré par la commercialisation d'une partie des produits céréaliers et de ses cultures de rente.*

De cette manière, il subvient à ses besoins monétaires et cherche à augmenter la richesse de son exploitation, notamment en achetant du bétail et en améliorant les habitations.

## 2. Etude de l'allocation optimale des ressources par la programmation linéaire

### 2.1. Le choix du modèle

Cet outil d'approche permet de dégager le *plan optimum de production* qui valorise le mieux les ressources engagées par l'exploitant dans le cadre réel des exploitations agricoles. Tirer argument d'un seul calcul des prix de revient des différentes cultures possibles est incomplet, voire dangereux. Il faut intégrer l'ensemble des contraintes agronomiques et techniques, notamment des rotations pratiquées, mais aussi de la disponibilité suivant les différentes périodes de l'année en main-d'œuvre et en traction suivant le cas envisagé (équine ou bovine). Les besoins d'auto-consommation indispensables à la famille de l'exploitant ainsi qu'aux rations d'entretien et de travail des animaux de trait, etc.

### 2.2. Information de base

L'information technico-économique de base a été récoltée auprès des exploitations les plus représentatives dans les régions de Thies et de Diourbel et complétée par des données plus générales recueillies auprès des institutions traitant de l'agriculture sénégalaise et dans les ouvrages classiques d'agronomie.

### 2.3. Caractéristiques techniques de l'étude

Il est hors de propos de donner à travers cet article une description exhaustive des paramètres techniques de l'étude, mais cependant nous esquisserons certains

aspects pour faciliter la compréhension aux lecteurs peu familiarisés au système de contraintes envisagées ici. L'étude technico-économique est basée sur une exploitation représentative d'une superficie de 13 hectares répartie en trois types de champs: *un champ de case* ou *Toll Keur* (2 ha), un champ intermédiaire ou *Toll Diatti* (6 ha) et un champ de *brousse* ou *Tolgor* (5 ha). Au point de vue main-d'œuvre active au sein de l'exploitation, la disponibilité est de (4 U.T.). D'autre part vu l'importance agronomique et économique des rotations tant sur le plan sanitaire en évitant les accumulations de toxines que pour le maintien de la fertilité, des rotations intensives sans sole de régénération ont été retenues.

Autrement dit, trois types de rotation ont été conçus suivant le champ concerné:

- champ de case ou Toll-Keur: destiné à la culture bisannuelle du manioc et du mil souna (annuelle); soit une rotation triennale: manioc 1<sup>re</sup> année, manioc 2<sup>e</sup> année et du mil souna.
- *champ intermédiaire* ou *Toll-Diatti*: destiné aux cultures céréalières et à la culture de rente arachide. A ce niveau la rotation quadriennale suivante a été retenue: mil souna — arachide — sorgho — arachide —
- *champ de brousse* ou *Tolgor*: consacré à la culture d'arachide et de fourrage: le sanio. Nous avons envisagé dans ce type de champ une rotation biennale: sanio fourrager — arachide.

En outre, trois considérations méritent cependant attention. La première préoccupation du modèle est de rencontrer les disponibilités en travail et traction. Dans ce but, on tient compte des besoins et disponibilités pour chaque activité culturelle et post-culturelle.

La deuxième préoccupation porte sur la couverture des besoins alimentaires globaux de l'exploitation à toutes les époques de l'année pour éviter des fluctuations qui peuvent être importantes en période de soudure.

La troisième considération de cette étude est la maximisation du revenu d'exploitation.

On entend par revenu d'exploitation, l'ensemble des recettes brutes dont on défalque les coûts directs de production et des charges de structures spécifiques à ces productions, le tout exprimé en termes monétaires. Le fait d'introduire les charges de structures spécifiques dans la fonction « objectif » permet de mieux visualiser *l'allocation des ressources fixes* dans le cadre d'exploitation.

## 3. Principaux résultats

### 3.1 Premier niveau technico-économique ou thème léger et une fumure moyenne

Le tableau 1 illustre le plan optimum de production obtenu à ce premier niveau d'intensification et de traction (traction équine + une fumure NPK: 100 kg/ha)

Mais il est important de souligner que pour accéder à cet optimum, compte tenu de la forte tension en main-d'œuvre pendant la période de battage «mil — sorgho» qui révèle un coût d'opportunité (valeur duale) de l'heure de travail (variation du revenu d'exploitation par variation à la marge d'une heure de travail) de 1 080,25 Frs CFA; une location de 310 heures de main-d'œuvre extérieure. Ce phénomène s'explique par le fait que le battage manuel «mil — sorgho» effectué par les femmes se singularise par sa forte exigence en heures de travail.

Parallèlement pour permettre l'emblavement de toute la superficie disponible, deux activités de location de traction supplémentaires ont dû être créées notamment:

- «la traction au semis (S1)» essentiellement consacrée au semis de l'arachide avec une valeur duale de 8 630,72 Frs CFA à l'heure de traction
- «la traction au semis (S2)» qui est une période fortement contraignante due au chevauchement de certains travaux, entre autres: le premier désherbage du mil — souna, la poursuite du semis d'arachide et le premier binage des semis d'arachide de première pluie, ayant une valeur duale identique à celle de la période de semis (S1) (1).

TABLEAU 1

Plan de production au 1<sup>er</sup> niveau d'intensification

Activités	Superficies
<i>Toll Keur</i>	
X1: manioc de 1 <sup>re</sup> année	0,667 ha
X2: manioc de 2 <sup>re</sup> année	0,667 ha
X3: mil souna	0,667 ha
<i>Toll Diatti</i>	
X4: mil souna	1,5 ha
X5: arachide	1,5 ha
X6: sorgho	1,5 ha
X7: arachide	1,5 ha
<i>Tolgor</i>	
X8: sanio fourrager	2,5 ha
X9: arachide	2,5 ha

## 3.2. Second niveau technico-économique ou thème mi-lourd et une fumure forte

A cette étape l'innovation réside dans l'adoption d'une traction bovine (une paire de bovins de trait) avec une fumure forte (NPK: 150 kg/ha), du point de vue technique culturale un labour de fin de cycle de 10 à 15 cm qui crée une surface automulchante (correcteur pédo-édaphique) et l'introduction d'une batteuse

(1) Le calendrier cultural a été subdivisé en différentes sous-périodes correspondant aux différentes activités agricoles telles que S1, S2...

mécanique pour le battage du «mil-sorgho», qui devient un coût direct spécifique aux spéculations céréalières mil et sorgho. De même, à l'optimum le plan de production obtenu reste identique à celui illustré dans le tableau 1. Mais, notons toutefois que la saturation de la chaîne de traction déjà constatée avec la traction équine se confirme à ce nouveau stade en période de semis (S2) avec une valeur duale de 15 074,4 Frs CFA à l'heure de traction; il a donc fallu une location d'une chaîne de traction bovine pour 3 journées effectives afin d'utiliser toute la terre disponible.

## 3.3. Comparaison des résultats économiques des deux niveaux de technicité et d'intensification

Les résultats qui se dégagent du tableau 2 permettent de tirer quelques conclusions:

- une progression importante de la marge brute annuelle par actif quand on passe de la traction équine avec une fumure moyenne (162 991,6 Frs CFA) à la traction bovine et une fumure forte (283 236,6 Frs CFA), soit une amélioration de 73,7% de la marge brute globale
- aussi on note un accroissement des heures de traction à l'hectare en traction bovine, autrement dit le recours à la traction bovine permet l'intensification par la possibilité de faire un labour de fin de cycle qui améliore la structure du sol.

En outre, l'étude des indices du tableau 3 indique que l'usage de la traction bovine avec une fumure forte améliore de manière très sensible la productivité du travail, autrement dit elle permet une meilleure allocation des heures de travail.

TABLEAU 2

## Tableau comparatif des deux niveaux d'intensification et de technicité (en valeurs absolues)

	Traction équine + houe sine et fumure moyenne (1)	Traction bovine + ariana et une fumure forte (2)
Heures de traction totales	683	813
Heures de traction par ha cultivé	53	63
Heures de travail totales (main-d'œuvre)	2 829	3 486
Heures de travail par actif	566	698
Heures de travail par ha cultivé	218	269
Marge brute par heure de travail (F. CFA)	288	406,2
Marge brute globale annuelle par actif (F CFA)	162 991,6	283 236,6

(1) Houe sine: classe de houe utilisée en traction équine.

(2) Ariana: outil utilisé en traction bovine.

TABLEAU 3

**Tableau comparatif des deux niveaux d'intensification et de technicité (en indices; base 100 en traction équine + fumure moyenne)**

	Traction équine + fumure moyenne	Traction bovine + fumure forte
Marge brute globale annuelle	100	173,77
Heures de travail par actif	100	123,22
Heures de travail par ha cultivé	100	123,39
Marge brute par heure de travail	100	141

#### 4. Application de la méthode de Boussard (1) pour l'approche du risque et de l'incertitude au sein de l'exploitation

Le but est l'intégration de la notion de risque et d'incertitude due à la mauvaise pluviosité dans la prise de décision au sein de l'exploitation adoptant la traction bovine avec une fumure forte.

Les tableaux 2 et 3 ont déjà renseigné le lecteur sur les ordres de grandeur du gain appréciable enregistré pour le passage du premier niveau de traction et d'intensification au second niveau.

Selon Boussard, il est nécessaire d'une part de pouvoir évaluer les effets de la variabilité d'un ou de plusieurs coefficients de la matrice en terme de variabilité de la fonction économique, et d'autre part d'effectuer un arbitrage entre le gain espéré et le risque couru.

La particularité de ce modèle réside dans la possibilité de fixer un revenu incompressible suffisant pour assurer la subsistance du chef d'exploitation et de sa famille, ainsi que des dépenses inévitables (paiement des impôts, le remboursement de certains inputs reçus à crédit, certains produits de consommation courante, etc.). Aussi l'introduction de contraintes de sécurité supplémentaire sur ce modèle permet normalement d'avoir un assolement diversifié, qui est un moyen usuel de réduire les risques.

Mais dans cette étude l'ensemble des activités a été retenu, donc nous ne devrions pas nous attendre à une amélioration dans ce sens; l'intérêt du modèle réside surtout dans la possibilité d'évaluer la perte globale sur l'ensemble des activités compatible avec le revenu minimum fixé.

En fait, le revenu minimum fixé à 300 000 frs CFA, a été largement couvert, en dépit d'une chute de la marge brute totale de 46% en année mauvaise par rapport au revenu normal.

Ainsi, à la lumière de ces résultats, on est en droit d'affirmer que l'utilisation de la traction bovine et une fumure forte est une protection contre les aléas climatiques et un correctif des conditions pédo-édaphiques

défavorables grâce au labour de fin de cycle qui améliore la structure du sol et contribue à une meilleure économie d'eau.

#### Résumé — Conclusions

Cet article a été principalement axé sur le choix du plan de production et d'équipement d'une exploitation par le biais de la programmation linéaire.

Du point de vue méthodologique, deux niveaux d'intensification et de traction ont été conçus, d'une part une traction équine avec une fumure moyenne et d'autre part une traction bovine avec une fumure forte.

Les différents modèles ont été établis sur des bases réalistes, les objectifs sont entre autres, la satisfaction des besoins d'autoconsommation des membres de la famille du chef d'exploitation, des animaux utilisés pour la traction et la maximisation du revenu monétaire provenant de la commercialisation des cultures de rente (d'arachide), des surplus dégagés sur les spéculations céréalières.

Sur le plan technique; le premier niveau d'intensification a permis de déceler l'opportunité d'introduire une batteuse dans l'exploitation pour permettre l'extension des cultures céréalières, eu égard à la forte tension en main-d'œuvre pendant la période de battage «mil-sorgho» qui nécessite une location de 310 heures de main-d'œuvre extérieure.

Sur le plan économique; les résultats s'avèrent intéressants. Etablis à partir de normes de rendements, de coefficients techniques et de prix aux producteurs réels, les programmes dégagent respectivement à leur optimum une marge brute annuelle par actif de 162 991,6 frs CFA en traction équine avec une fumure moyenne et de 283 236,6 frs CFA en traction bovine avec une fumure forte; ce qui correspond à un taux moyen d'augmentation de 73,7%. Ce progrès notable est imputable en partie par l'utilisation de la traction bovine qui permet un travail profond du sol, notamment le labour de fin de cycle améliorateur créant une surface automulchante avec une meilleure économie d'eau.

En outre, l'introduction de la notion de risque et d'incertitude liée à une mauvaise pluviométrie n'entraîne pas de modifications du plan de production correspondant au second niveau d'intensification; l'ensemble des contraintes de sécurité est satisfait et le revenu minimum nécessaire est atteint. Autrement dit, ce plan de production protège suffisamment le chef de carré, malgré une perte probable de 46% en année mauvaise par rapport au revenu normal.

Cependant, les appréciations devront être modérées dans la mesure où nos résultats découlent de modèles déterministes qui n'intègrent pas certains événements aléatoires non négligeables et leur impact sur la stratégie choisie. Mais, par contre on est en droit d'affirmer qu'on se situe dans les fourchettes acceptables pour les différents résultats obtenus.

## Bibliographie

1. Boussard, J.-M., (1970) Programmation mathématique et théorie de la production agricole, Cujas, Paris.
2. Boussard, J.-M., (1967) Representation of Farmers' Behaviour under uncertainty with a Focus-Loss constraint, *Journal of Farm Economics*, vol. 49, No 4.
3. Bublot, G., (1974) *Economie de la production agricole*, Vander, Louvain, 444 p.
4. Degand, J., (1981) *Cours de Recherche opérationnelle en agriculture*, Louvain-la-Neuve.
5. Desbazeille, G., (1976) *Exercices et problèmes de Recherche Opérationnelle*, Bordas, Paris.
6. De Bodt, G., (1978) *La Maîtrise des Coûts et des Marges dans l'Entreprise*, Dunod, Paris, 4<sup>e</sup> édition.
7. Fall, M., (1977) *Avant-projet de Modélisation des exploitations de Thies-Diourbel*, Institut Sénégalais de recherche agronomique, Bambey.
8. Germain, R., (1978) *Cours d'Ecophysiologie des cultures tropicales et sub-tropicales*, Louvain-la-Neuve.
9. Hadley, G., (1962) *Linear Programming*, Adisson, Wasley P. C.Y USA.
10. Kaufmann, A., (1959) *Méthodes et Modèles de la recherche opérationnelle*, Dunod, Paris.
11. Kleene, P., (1974) Structures socio-économiques réelles de production en milieu Wolof du Sine-Saloum (Sénégal).
12. Langham, M.R., (1968) *A dynamic linear programming model for development planning in Economic development of Tropical agriculture*, W. McPherson University of Florida Press.
13. Labonne et Legagneux, (1978) *Fonctionnement d'un modèle de l'agriculture pluviale dans 5 pays sahéliens: le rôle comparé de la valeur d'usage et de la valeur marchande des produits agricoles*, INRA, Montpellier.
14. Peemans, J.-P.-H., (Séminaire de l'ONUDI, 13-18 nov. 1978) *Les problèmes généraux de la petite industrialisation rurale dans le cadre de la crise agraire actuelle en Afrique au Sud du Sahara*.
15. Soned Afrique, (1980) *Modélisation des prix agricoles au Sénégal*, Dakar.
16. Van De Panne, C., (1976) *Linear Programming and North Holland, related techniques*, Publ. Cy.
17. *Le modèle «4S»*, (1976) *Programme linéaire pour les exploitations agricoles du Sine-Saloum au Sénégal*.

*Lo Cheikh, Sénégalais, agro-économiste, s'est spécialisé dans l'application des modèles de gestion à l'exploitation traditionnelle africaine.*

*J. Degand, Professeur ordinaire à l'U.C.L., Belge, chargé des cours d'Economie rurale, liés aux problèmes de développement, coordonnateur de la Faculté des Sciences Agronomiques à Bujumbura, consultant A.G.C.D.*

## CORRIGENDA

Prière de rectifier comme suit en page 17 du numéro 1, 1983, dernière ligne:

Guy Aelterman, belge, ingénieur agronome R.U.G., coopérant A.G.C.D. comme assistant à l'ENSA au Cameroun, Science du Sol.

Please correct as follows on page 26, number 1, 1983, last line:

Y. Dejaegher, belge, ingénieur agronome R.U.G., coopérant A.G.C.D. comme General Survey Manager, Bureau des Statistiques Agricoles au Rwanda.