

## L'ECONOMIE DE CONSTRUCTION DE CORDONS PIERREUX SUR LE SORGHO ET LE MIL AU BURKINA FASO

KABORE Daniel\*

LOWENBERG-DEBOER Jess\*\*

### RESUME

Bien construits, les cordons pierreux (ou diguettes) peuvent être une technologie appropriée pour la maîtrise de l'érosion du sol et de collecte des eaux pour la production des cultures. Ce présent document mène une investigation sur l'économie de la construction de cordons pierreux sur les champs de sorgho et de mil au Burkina Faso.

Les bénéfices bruts de la construction des cordons pierreux sont estimés à partir d'une analyse de données collectées d'une large expérimentation d'engrais à travers plusieurs années et plusieurs sites sur des champs de céréales des paysans.

La base de données offre une opportunité unique d'étudier les interactions des différents facteurs, y compris les cordons pierreux, sur la production céréalière.

L'analyse indique que des accroissements de 10 à 17 % de la production du sorgho et du mil sont possibles grâce aux investissements dans les cordons pierreux. De tels bénéfices sont comparés aux coûts de construction de cordons pierreux estimés par les chercheurs du Programme de Recherche sur les Systèmes de Production (RSP) de l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso. Des implications de politique des résultats sont également discutées.

MOTS-CLES : Burkina Faso - Diguette - Mil - Sorgho - Bénéfices - Durable

---

\* INERA 03 BP 7192 - OUAGADOUGOU 03 BURKINA FASO

\*\*PURGE UNIVERSITY, West Lafayette, USA

## ABSTRACT

Properly constructed, rock bunds (diguettes or cordon pierreux) can be an effective technology for controlling soil erosion as well as a means of harvesting water for crop production. This paper investigates the economics of rock bund construction on sorghum and millet fields in Burkina Faso. Gross benefits of rock bund construction are estimated by presenting an analysis of data collected from a large multi-year, multi-site fertilizer experiment on farmer's cereal fields. The data offer an unique opportunity to study the interactions of many different factors, including rock bunds, on cereal production. The analysis indicates that annual increases of 10 %-17 % in sorghum and millet production may be brought about by investments in rock bunds. These benefits are compared to rock bund construction cost estimated developed by researchers from the Production Systems Research (RSP) Unit of the Burkinabè Institute of Agricultural Studies and Research (IN.E.R.A). Policy implications results are also discussed.

KEY-WORDS : Burkina Faso - Rock bunds - Mille - Sorghum - Benefits - Sustainable.

## I. INTRODUCTION

De tous les défis auxquels est actuellement confronté le Burkina Faso, ceux affectant sa ressource sol ont probablement les implications les plus importantes pour l'avenir. La croissance démographique rapide, la faible croissance économique et le changement climatique exercent ensemble une forte pression sur la base fragile de la ressource sol. Les techniques de conservation du sol adéquates et durables sont souvent au-dessus des faibles ressources financières des paysans burkinabè.

Le résultat est la baisse de productivité qui à son tour contraint à un changement dans le système traditionnel de jachère conduisant à une culture continue et à l'exploitation de terres marginales. Ces changements ont les implications les plus sérieuses pour la production céréalière, principale activité agricole au Burkina Faso : au cours de la campagne 1988-89, quelques 2,1 millions de tonnes de grains de céréales ont été produits (SAWADOGO et LARIVIERE, 1992) représentant 63 % de la valeur de toute la production mesurée en FCFA constants, base 1985.

Etant donné l'importance des céréales et la détérioration de la base de la ressource sol, les facteurs affectant la production céréalière font l'objet de beaucoup de

recherche scientifique et de débat de politique. Si des recherches de type traditionnel sur la plupart des facteurs relatifs à la production céréalière peuvent alimenter un tel débat et conduire à améliorer les décisions de politique, la nature même de certains intrants impose des contraintes aux approches traditionnelles dans la recherche. Les bénéfices diffus, la nature à large échelle et la variabilité de la construction des cordons pierreux sur les champs des paysans par exemple, imposent des limites pratiques sur les méthodes traditionnelles d'évaluation. Néanmoins il est bien connu que des cordons pierreux bien construits peuvent constituer une technologie efficace de maîtrise de l'érosion du sol et un moyen de collecte des eaux pour une production accrue. Des recherches de type agronomique sous gestion chercheur ont en effet permis de montrer que les cordons pierreux augmentent la capacité de rétention en eau du sol, la proportion d'argile dans le sol et réduisent l'érosion hydrique, notamment lorsqu'ils sont associés aux billons cloisonnés (HULUGALLE et al., 1990). Il est toutefois important que les bénéfices soient étudiés, quantifiés si possible et comparés aux coûts afin que les aspects économiques de la construction des diguettes puissent être pris en compte dans tout débat pertinent de politique.

L'objectif de ce document est de présenter des estimations de la contribution moyenne des cordons pierreux sur les champs de paysans à la production céréalière. Spécifiquement, des fonctions de production pour le sorgho et le mil sont estimées en utilisant l'analyse de régression de données tirées d'une large base de données de tests-paysans sur plusieurs années et plusieurs sites collectées par le Projet Engrais Vivriers de 1989 à 1991, exécuté par l'INERA. Ces bénéfices sont comparés aux coûts de construction des cordons pierreux estimés par les chercheurs de l'INERA. Les implications de politique agricole et de stratégie de recherche sont discutées.

Ce document est organisé en trois autres sections : la section suivante décrit l'approche méthodologique utilisée, la troisième présente les résultats de l'estimation de la régression, la dernière tire les conclusions et les implications de politique. La méthodologie de collecte des données pour cette étude a été rapportée ailleurs (HIEN *et al.*, 1990, 1991 ; HIEN ET YOUL, 1992) et ne sera pas répétée ici. De même, voir HIEN *et al.* (1992) pour une discussion des aspects économiques et des risques des traitements d'engrais.

## **II. METHODOLOGIE : l'approche de la fonction de production**

### **2.1 La fonction de production**

Une fonction de production est une représentation du processus de production. C'est le fondement de l'économie de la production : voir HENDERSON et QUANDT (1971) pour une large discussion de la théorie de la production. Sur le plan statistique, une fonction de production décrit la réponse moyenne en rendements à un niveau donné d'intrants. Les fonctions de production peuvent être estimées par unité de superficie de culture, par animal ou par exploitation (HEADY et DILLON, 1961 ; DILLON, 1977). Elles peuvent aussi être estimées pour une région entière ou un secteur de l'économie (GRILICHES, 1963 ; BERTELSEN, 1975). Le but de cette étude étant de déterminer les effets des cordons pierreux sur les céréales au niveau de l'exploitation, elle se focalisera sur la production céréalière par hectare.

L'approche de la fonction de production a été choisie parce qu'étant la voie la plus simple d'atteindre les objectifs de l'étude. L'approche populaire "duale" n'a pas été utilisée parce que les données disponibles couvraient des intrants physiques et des produits et les objectifs centrés sur la réponse physique. L'approche duale utilise des données comptables pour estimer des fonctions de profit ou de coût et de ce fait évalue indirectement la productivité. De plus amples détails dans la modélisation sur la réponse peuvent être obtenus avec des modèles de simulation mais à un coût plus élevé en temps investi, en collecte de données et en ressources humaines. Les fonctions de production ont l'avantage d'être relativement rapides, non coûteuses à développer et peuvent résumer les relations de production qui seraient perdues dans le détail de la simulation. Elles sont une technologie appropriée pour une situation de recherche agricole dans laquelle une réponse rapide à faible coût est nécessaire pour des problèmes urgents.

### **2.2. Estimation des fonctions de production**

Etant donné leur nature, une vaste et riche littérature existe sur l'estimation des fonctions de production (HEADY et DILLON, 1961 ; DILLON, 1977). Les méthodes traditionnelles incluent l'utilisation des techniques de régression des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) pour estimer la fonction basée soit sur des données expérimentales soit sur des données d'enquête. Les données des stations de recherche sont utiles dans la détermination du potentiel des nouvelles technologies mais surestiment souvent la réponse obtenue en champs paysans. Les données d'enquête peuvent donner des informations sur les pratiques réelles des paysans mais les

difficultés dans la collecte des données et la variation inhérente entre les paysans, peuvent déboucher sur des données avec beaucoup de variabilité inexplicée. Pour étudier la productivité des facteurs, les données de tests-paysans constituent un compromis entre les essais en station de recherche et la collecte des données d'enquête. Les données de tests-paysans sont des observations sur les champs des paysans selon une structure que le chercheur établit afin d'améliorer la qualité des données.

Pour minimiser le biais dans l'estimation d'une fonction de production, trois principaux types de facteurs de production devront être inclus dans l'analyse : variables de décision (soumises à la gestion), variables prédéterminées (dont la valeur ou les conditions sont connues d'avance) et variables d'incertitude (dont la valeur ou les conditions ne sont pas connues d'avance).

### 2.3. Les données

Les données agronomiques collectées des essais étaient les rendements de sorgho et de mil. Les quatre traitements étaient organisés en un dispositif de blocs complètement randomisés (chaque paysan était traité comme un bloc) comprenant un témoin (sans engrais), un traitement de phosphate naturel plus urée et potassium, un traitement de phosphate naturel partiellement acidulé plus urée et potassium et traitement de NPK (14-23-14) plus urée. Les quantités d'engrais par traitement variaient légèrement en fonction de la zone agro-écologique de l'essai : elles sont présentées au tableau 1. Trois zones agro-écologiques étaient représentées dans l'expérimentation : zone de moins de 600 mm de pluviométrie annuelle, de 600-800 mm, et de plus de 800 mm.

D'autres variables incluses dans l'analyse comprennent des variables prédéterminées (type de sol, position sur la toposéquence), des variables d'incertitude (date de semis) et des variables de décision (technologie du labour, technologie de captage des eaux de ruissellement). Les paysans ont semé leurs propres semences et conduit le test (HIEN *et al.*, 1992) pour une description complète du protocole d'expérimentation).

Il est regrettable que des données relatives à une variable de décision importante, à savoir le temps de travail, n'aient été collectées que pour un petit échantillon et ne pouvaient de ce fait être incluses dans l'analyse. Le biais possible que cela pourrait impliquer dans l'analyse est discuté ci-dessus.

**Tableau I. Doses d'engrais appliquées au mil et au sorgho par zone agro-écologique, 1989-91 (kg/ha)**

Traitement et zone	Type d'engrais				
	BP	BPA	NPK	Urée	Kcl
<b>Faible pluviométrie</b>					
T1	0	0	0	0	0
T2	200	0	0	67	12
T3	0	50	0	65	12
T4	0	0	50	50	0
<b>Pluviométrie intermédiaire</b>					
T1	0	0	0	0	0
T2	200	0	0	74	19
T3	0	66	0	72	19
T4	0	0	75	50	0
<b>Forte pluviométrie</b>					
T1	0	0	0	0	0
T2	200	0	0	83	25
T3	0	87	0	79	25
T4	0	0	100	50	0

Source Hien *et al.*, 1990

BP = Burkina phosphate

BPA = Burkina Phosphate (partiellement) acidulé

Kcl = chlorure de potassium

#### 2.4. Le modèle statistique

Le choix de la forme fonctionnelle spécifique pour le modèle statistique est souvent d'une importance critique pour des études de ce type. Par exemple, estimer des fonctions polynomiales ne serait pas faisable à cause du nombre élevé de variables discrètes dans le modèle et des coefficients qui seraient requis. Des fonctions linéaires ont été estimées mais leur performance était moins efficace avec des  $R^2$  et des seuils de significativité plus faibles que ceux des fonctions puissance (Cobb-Douglas).

Les fonctions puissance ont été largement utilisées dans l'estimation de

fonction de production (Heady et Dillon, 1961). Leur nature multiplicative prend en compte les interactions entre les différents facteurs. En outre, elles ont l'avantage de pouvoir fournir des coefficients qui sont directement interprétables comme des élasticités de production c'est-à-dire des variations en pourcentage du rendement étant donné une variation en pourcentage d'un input donné, les autres facteurs étant gardés constants.

Les fonctions puissance ont souvent été critiquées dans leurs applications par unité de superficie ou par animal parce qu'elles n'atteignent jamais de maximum. Pour de telles fonctions, l'augmentation marginale de la productivité avec chaque unité d'input peut décroître, mais demeurera toujours positive. L'expérience enseigne que la plupart des processus de production biologiques ont un maximum au-delà duquel des intrants additionnels n'ont aucun effet (atteignent un plateau) ou ont un effet négatif, ce qui conduit à des productivités marginales négatives. Si ceci était le cas dans la présente analyse, l'utilisation de fonction puissance est clairement inappropriée. Toutefois, si l'étendue des données n'inclut pas de productivités marginales négatives, la fonction puissance peut être utilisée pour une approximation valide de la relation fonctionnelle, mais il faut éviter d'extrapoler les effets au-delà de cette gamme des données.

Etant donné la relative faible utilisation d'intrants dans l'agriculture burkinabè et même dans le dispositif expérimental du projet engrais vivriers, il est largement invraisemblable que les intrants dans la base de données atteignent le niveau de produits marginaux décroissants. Par conséquent, la fonction puissance peut représenter de manière appropriée, la structure réelle de production.

Une fonction de production puissance généralisée peut être spécifiée comme suit :

$$Q = b_0 X_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots X_n^{b_n}$$

où  $Q$  = quantité produite par unité de temps et d'espace  
 $X_i$  = intrants ( $i = 1, \dots, n$ ),  
 $b_i$  = paramètres à estimer ( $i = 1, \dots, n$ ).

Pour les besoins de l'estimation, la version linéaire de la fonction puissance devient :

$$\log Q = A_0 + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2 + \dots + b_n \log X_n$$

où  $A_0$  est le terme d'intercept (constante), tous les autres symboles sont ceux

ci-dessus définis et les  $b_i$  sont les élasticités individuelles de production.

Dans l'estimation statistique de fonction de production faite selon la méthode des moindres carrés ordinaires les constructions théoriques ont été adaptées aux données et aux ressources disponibles. Au surplus, des complications se développant dans le modèle statistique lui-même peuvent affecter les combinaisons particulières de variables incluses dans le modèle final. Deux difficultés, à savoir la multicollinéarité et l'autocorrélation sont discutées ci-après.

#### *a) Multicollinéarité*

Lorsqu'une ou plusieurs variables explicatives sont fortement corrélées avec une autre variable explicative, une multicollinéarité sévère existe. L'effet de la multicollinéarité est de détruire l'analyse : une matrice singulière est obtenue de laquelle aucune information ne peut être retirée. Les effets d'une multicollinéarité sévère sont d'accroître la variance et donc de réduire la significativité des paramètres estimés. Les paramètres estimés eux-mêmes demeurent non biaisés même s'il peut être extrêmement difficile d'isoler et d'interpréter les effets des coefficients individuels (voir des manuels d'économétrie comme THEIL (1971) pour une discussion complète de la multicollinéarité).

Comme la significativité des variables est un résultat important de l'analyse de régression, une démarche est nécessaire pour permettre de diagnostiquer et de réduire les effets de la multicollinéarité. Dans le cas présent, il ressort que les variables de zonation (faible pluviométrie, pluviométrie moyenne) étaient corrélées avec la pluviométrie. En conséquence, en dépit du fait que la pluviométrie est de toute évidence une variable d'incertitude, il a été décidé de l'éliminer de l'analyse, quelques effets de la pluviométrie étant indirectement saisis dans le modèle par l'inclusion de la variable date de semis. La multicollinéarité n'est pas jugée comme étant un problème pour les autres variables.

#### *b) Autocorrélation*

Lorsque des termes d'erreur successifs sont corrélés, il existe l'autocorrélation. Tant que le terme d'erreur est non corrélé avec les variables explicatives, l'autocorrélation (ou corrélation intertemporelle dans le cas des analyses de séries chronologiques) conduit à des estimateurs non biaisés mais inefficaces. La présence des problèmes d'autocorrélation indique que le modèle a été mal spécifié (omission de variables importantes, nécessité d'estimer des équations simultanées, etc.)

Dans le cas présent on s'attendait à ce que l'absence de la variable travail dans

les modèles crée des problèmes d'autocorrélation et cause de ce fait un biais dans les résultats. Toutefois, un examen du nuage de points des résidus n'a pas révélé de schéma important pour aucun des modèles, indiquant des problèmes d'autocorrélation. Heureusement que cette absence d'autocorrélation a été observée car un tel problème n'aurait pas pu être corrigé puisque les données sur le travail ne sont pas disponibles (THEIL, 1971) pour une discussion complète de l'autocorrélation).

### *c) Effets des variables dichotomiques*

Les variables qualitatives entrent habituellement dans l'analyse avec la valeur 0 ou 1 indiquant l'absence ou la présence d'un attribut associé à l'observation. Dans la formulation logarithmique, les chiffres 0 et 1 sont remplacés par '1' et 'e' qui produisent les mêmes résultats après avoir pris les logarithmes naturels de chaque variable. L'effet d'une variable dichotomique est de jouer le rôle de changement d'intercept (constante), augmentant ou abaissant la surface totale de production à cause de l'introduction de la variable dichotomique. Pour éviter qu'une multicollinéarité parfaite (voir ci-dessus) ne puisse se développer à cause de l'inclusion explicite de toutes les catégories de chaque variable qualitative, une catégorie de chaque variable dichotomique est omise dans l'analyse. Par exemple, s'il y a deux variables pouvant décrire une situation qualitative (par exemple la présence ou l'absence de cordons pierreux dans un champ), seule une nouvelle variable est créée (présence de cordons pierreux) et reçoit le code '1' si les cordons pierreux existent dans le champ et '0' sinon.

Les effets des catégories omises sont dits confondus avec ceux de tous les autres variables non incluses, implicites dans l'intercept (constante) de l'équation estimée. Une grande prudence est requise dans l'interprétation des élasticités des variables qualitatives puisqu'elles traitent de larges variations (tout ou rien) plutôt que de petites variations normalement considérées.

En plus des traitements d'engrais, les autres variables dichotomiques incluses dans l'analyse sont :

- zone de faible pluviométrie = e si l'essai a été fait en zone à faible pluviométrie et 1 sinon ;
- zone à pluviométrie intermédiaire = e si l'essai est situé en zone à pluviométrie intermédiaire et 1 sinon ;
- plateau = e si la position sur la toposéquence est le plateau et 1 sinon ;
- pente = e si la parcelle est située au milieu de la toposéquence et 1 sinon ;

- sol gravelleux = e si le sol est gravelleux et 1 sinon ;
- sol sableux = e si le sol est sableux et 1 sinon ;
- sol argileux = e si le sol est limoneux et 1 sinon ;
- Burkina Phosphate = e s'il s'agit du traitement T2 (Burkina phosphate + Urée +Kcl) et 1 sinon ;
- Burkina Phosphate partiellement acidulé (BPA) = e s'il s'agit du traitement T3 (Burkina phosphate partiellement acidulé + Urée + Kcl) et 1 sinon ;
- engrais coton = e s'il s'agit du traitement T4 (NPK + Urée) et 1 sinon ;
- cordons pierreux = e s'il existe des cordons pierreux et 1 sinon ;
- buttage = e si le buttage a été fait sur la parcelle et 1 sinon ;
- labour = e si le labour manuel a été fait et 1 s'il a été fait à la traction animale.

### **III. RESULTATS**

#### **3.1. Modèles estimés**

Le tableau 2 présente les résultats de l'analyse. Les coefficients estimés pour chaque culture sont présentés.

Le biais possible introduit dans l'analyse à cause de l'absence de la variable travail est discuté ci-dessus.

Cette absence de la variable travail pourrait être responsable en partie des  $R^2$  corrigés relativement faibles dans l'analyse. Le fait que le  $R^2$  corrigé relatif au mil, moins exigeant en travail soit beaucoup plus élevé que celui afférent au sorgho tend à supporter cette hypothèse. Néanmoins, l'ampleur du  $R^2$  corrigé (25 % - 42 %) est acceptable pour des données d'essais en milieu paysan : les tests F indiquent qu'une proportion significative de la variabilité est expliquée par chacune des équations.

**Tableau II** : Coefficients estimés des fonctions puissance  
(Cobb Douglas) par culture, rendement à l'ha = variable dépendante)

VARIABLE	CULTURE	
	SORGHO	MIL
Zone à faible pluviométrie	-0,0413	-0,2211**
Zone à pluviométrie intermédiaire	0,1421**	0,1494
Plateau	-	0,1861**
Pente (milieu de la toposéquence)	0,1357**	-
Sol graveleux	0,0035	-0,4605**
Sol sableux	-0,1043*	-0,2945***
Sol argileux	-0,0637	0,0815
Burkina phosphate (BP)	0,3322***	0,3821***
Burkina phosphate partiellement acidulé (BPA)	0,4121***	0,4147***
NPK	0,5478***	0,5671***
Labour Manuel	0,1678***	-0,0571
Date de semis	-1,2579***	-1,3458*
Cordons pierreux	0,1067*	0,1692*
Buttage	0,0178	0,1676**
Constante	12,9548***	13,1970***
Nombre d'observations	405	156
R2 corrigé	0,2500	0,4272
Statistique F	11,2709***	11,7952***
Durbin Watson	0,9483***	1,1060***

\* Statistiquement significatif au seuil de 10 %

\*\* Statistiquement significatif au seuil de 5 %

\*\*\* Statistiquement significatif au seuil de 1 %

*a) Résultats sur le sorgho*

Les rendements de sorgho sont significativement plus élevés dans la zone à pluviométrie intermédiaire que dans la zone à plus forte pluviométrie (confondue

dans la constante). Tous les traitements d'engrais donnent des accroissements de rendement élevés et significatifs, le traitement NPK plus urée donnant l'accroissement le plus important.

Le labour manuel accroît significativement le rendement de sorgho. Les effets d'un apport plus important de main d'oeuvre et de la taille plus petite de parcelles pourraient être corrélés avec cette variable mais les données utilisées ne permettent pas de tester cette hypothèse.

Un retard dans la date de semis affecte négativement et de manière significative la production : la baisse de rendement est d'environ 1,26 % pour tout retard de 1,8 jours.

Les effets attendus de la toposéquence et du type de sol sont ressortis par l'analyse. Les parcelles situées sur la pente (milieu de la toposéquence) ont un rendement d'environ 13 % plus élevé que celui des parcelles en bas de pente (confondu dans la constante).

De manière similaire, les rendements sur les sols sableux sont d'environ 10 % plus faibles que ceux des sols limoneux (également confondus dans la constante).

Finalement, la construction des cordons pierreux augmente la production de manière significative, d'environ 10 % par an.

### *b) Résultats sur le mil*

Les rendements de mil sont significativement plus faibles dans les régions à faible pluviométrie du pays.

La réponse du mil aux traitements d'engrais est très similaire à celle du sorgho : l'importance des accroissements de rendement est virtuellement du même ordre (38 % - 56 %).

Comme le mil est sensible au faible drainage (excès d'humidité) l'accroissement significatif du rendement de 20 % à cause de la situation sur le plateau n'est pas surprenant, les sols de bas de pente étant confondus dans la constante.

Les sols plus pauvres (graveleux et sableux) ont négativement et de manière significative, affecté la production de mil par rapport au sol limoneux. Ces sols semblent d'une extrême pauvreté car le mil, est généralement peu exigeant en fertilisants.

La présence de cordons pierreux a augmenté les rendements de près de 17% en moyenne. De même, le buttage a augmenté le rendement d'environ 17 % bien que celui-ci puisse être confondu avec le troisième sarclage au cours duquel il est effectué.

#### IV. IMPLICATIONS DE POLITIQUES ET CONCLUSIONS

Les implications de politiques de ces résultats dépendent de la relation entre l'ampleur des accroissements de productivité et les coûts associés à de tels accroissements.

Les paysans n'investiront dans les technologies de fertilité et de conservation du sol que s'ils s'en trouvent mieux en y investissant leurs ressources rares par opposition à d'autres activités. Le taux de rentabilité est souvent utilisé pour des comparaisons à travers les différents secteurs de l'économie. Il est le ratio des bénéfices nets/investissement et est comparable au taux d'intérêt sur les marchés financiers.

##### 4.1. Coûts d'opportunité du capital

Les activités non agricoles de petite taille en Afrique de l'Ouest ont souvent un niveau de rentabilité des investissements très élevé (VIJVERBERG, 1991 ; LOWENBERG-DEBOER *et al.*, 1993ab, 1993a)). Des individus relativement riches pourraient avoir un coût d'opportunité du capital d'environ 50 % par an. Autrement dit, en investissant dans l'engrais ou dans la conservation du sol, ils renoncent à un taux de rentabilité annuel de leur investissement égal à 50 %. Des individus plus pauvres peuvent même avoir des taux de rentabilité de 1000 % . En conséquence, pour les pauvres paysans, le coût effectif de l'engrais pourrait être 10 fois plus élevé que son prix à cause de la valeur relative des autres opportunités économiques auxquelles ils devront renoncer. Par comparaison, les agriculteurs des pays développés ont souvent des coûts d'opportunité du capital allant de 5 % à 15 %. Les gouvernements des pays développés et les pays en développement ayant accès au crédit des bailleurs peuvent avoir des coûts de capital d'environ de 1 % à 7 % par an.

Des individus plus riches ont souvent des coûts d'opportunité du capital plus faibles parce qu'ils ont toujours des fonds en réserve après avoir épuisé leurs opportunités d'investissement les plus rentables et doivent de ce fait accepter quelques activités à rentabilité marginale plus faible. Les pauvres individus concentrent leurs maigres ressources seulement dans les activités à plus forte rentabilité et ne peuvent

pas avoir assez de fonds pour épuiser les opportunités d'investissement.

#### 4.2. Analyse économique des cordons pierreux

La construction des cordons pierreux est un investissement de long terme dans la capacité productive du sol. La durée de vie utile des cordons pierreux n'est pas bien étudiée mais un cordon peut durer plus de 20 ans. La durée de vie utile peut être accrue par un entretien régulier en refermant les brèches et en permettant une végétalisation du cordon par des herbes ou des arbres.

La construction des cordons pierreux exige peu de capital de l'exploitation. Le principal investissement se fait sous la forme de travail en saison sèche. En fonction de la disponibilité en cailloux, de la densité de cordons par hectare, de l'organisation du travail, la construction de cordons peut exiger 100 heures à 1.280 heures par hectare (VLAAR, 1992 ; KABORE *et al.*, 1993).

Le chiffre de 100 heures par hectare s'applique au cas de construction par une exploitation avec les cailloux non loin du champ. Les temps de travail les plus élevés correspondent aux cas où les cailloux doivent être transportés sur de longues distances et où la main d'oeuvre est organisée en journées de travail communautaire.

La valeur du travail en saison sèche est difficile à évaluer car les marchés du travail en cette période de l'année, spécialement pour les femmes et les enfants, ne sont pas bien développés au Burkina Faso. Les données collectées par LOWENBERG-DEBOER *et al.* (1993 a et b) suggèrent que les coûts d'opportunité du travail dans les activités non agricoles sont au maximum de 50 FCFA/heure dans le Nord du Plateau Central du Burkina. Utilisant le chiffre de 50 FCFA/heure, l'investissement en temps de travail dans la construction de cordons pierreux peut être évalué jusqu'à 64.000 FCFA/ha.

Dans certains cas, les paysans construisent de manière privée leurs cordons pierreux (KABORE *et al.*, 1993), mais les organisations gouvernementales et non gouvernementales sont souvent impliquées dans le traçage des courbes de niveau et le transport des cailloux. Le coût du traçage des courbes de niveau et la confection des cordons pierreux par un personnel professionnel est difficile à séparer des frais généraux des agences et des projets, mais les coûts de transport sont bien connus. Vlaar cite un intervalle de 12.200 FCFA à 26.300 FCFA/ha tandis que KABORE *et al.* (1993) indique un coût d'environ 18.700 FCFA par hectare lorsque les camions sont loués.

Les éléments de politique peuvent être clarifiés en comparant la valeur des

accroissements de rendement liés à la présence de cordons pierreux aux coûts de construction des deux scénarios présentés par Kaboré *et al.* (1993) pour le Nord du Plateau Central du Burkina Faso (voir tableau 3). Le premier scénario considère un paysan qui dispose de cailloux non loin de son champ de sorgho et qui a construit les cordons avec l'aide de la main d'oeuvre familiale. Le seul recours extérieur était l'aide d'un voisin pour l'utilisation du niveau à eau fourni par une organisation privée volontaire. Ils passèrent, lui et sa famille près de 97 heures/ha dans la construction des cordons. Au coût de 50 FCFA/heure, ceci vaut 4.850 FCFA/ha. Le bénéfice annuel de la construction des cordons serait l'augmentation de rendement du sorgho dans la zone à faible pluviométrie. Si on fait l'hypothèse que les bénéfices non évalués (tels l'infiltration de l'eau, l'amélioration de l'environnement) et les coûts non quantifiés (tels le coût de formation de ce voisin par l'ONG, celui du niveau à eau, l'amortissement du matériel de l'exploitation) s'équilibrent et que la durée de vie des cordons est de 20 ans, le taux de rentabilité simple est de 112 %.

**Tableau III :** Estimation de taux de rentabilité simple de la construction de cordons pierreux en deux scénarios<sup>1</sup>, Nord du Plateau Central, Burkina Faso

DESIGNATION	CONSTRUCTION	
	Privée	Communautaire
Accroissement de rendement de sorgho (Kg/ha)	75	75
Valeur de l'accroissement (FCFA/ha)	5690	5690
Valeur de la main d'oeuvre (FCFA/ha)	4850	33650
Coût du camionnage (FCFA/ha)	0	18700
Investissement initial (FCFA/ha)	4850	52350
Taux de rentabilité simple (%)	112	6
Taux de rentabilité interne (%)	117	9

*1. Les scénarios ont été développés sous les hypothèses suivantes: le sorgho est cultivé sans engrais sur des sols graveleux, sur la pente, sans préparation de sol ni buttage. Les rendements estimés sous ces hypothèses sont de 665 kg/ha sans cordons et 740 Kg/ha avec cordons.*

Le taux de rentabilité simple a été utilisé ici comme une estimation du taux de rentabilité à cause des questions posées à propos de l'hypothèse du taux de réinvestissement inhérente au calcul du taux de rentabilité interne (LOWENBERG-DEBOER, 1993). Dans ce cas, le taux de rentabilité interne est seulement légèrement plus élevé que le taux de rentabilité simple.

Le second scénario se réfère à la construction des cordons pierreux par le travail communautaire. Le temps de travail moyen requis est de 673 heures/ha correspondant à 33.650 FCFA/ha au coût de 50 FCFA/heure, les frais de location du camion étant de 18.546 FCFA/ha. Si on suppose que les bénéfices non évalués et les coûts non quantifiés s'équilibrent, le taux de rentabilité simple est de 6 % pour un taux de rentabilité interne de 9 %.

En fonction de celui qui supporte les coûts, les taux de rentabilité privée et sociale peuvent différer. Dans chacun des deux cas les bénéfices quantifiés sont privés. Dans le premier scénario les taux de rentabilité privée et sociale seraient égaux car les coûts quantifiés sont privés. Dans le second, le taux de rentabilité privée de la construction des cordons pierreux serait substantiellement plus élevé que le taux de rentabilité sociale calculé. Etant donné que du travail communautaire est apporté et que ce ne sont pas tous les champs des membres participant au travail communautaire qui sont affectés par la construction des cordons, l'investissement privé d'une exploitation donnée dans la construction peut varier. Dans certains cas, les exploitations peuvent contribuer par leur travail à la construction des cordons entièrement sur les champs des autres.

Les taux de rentabilité estimés indiquent que lorsque les cailloux sont disponibles, la construction des cordons serait attrayante pour les paysans plus riches. Lorsque des organisations extérieures sont impliquées et si l'exploitation apporte sa main d'oeuvre dans le travail communautaire proportionnellement à la superficie de ses champs aménagés, le taux de rentabilité est probablement trop bas pour concurrencer d'autres activités. Toutefois, en tant qu'investissement social, le taux de rentabilité de 6%-9% sur la construction des cordons pierreux est légèrement au-dessus du coût du capital des bailleurs des gouvernements ayant accès au crédit concessionnel.

Les exemples du taux de rentabilité des cordons développés ici indiquent qu'un plus grand investissement social dans la construction des cordons pourrait être justifié, spécialement si le niveau de la main d'oeuvre pouvait être ramené à un niveau plus proche de celui observé dans la construction privée des cordons. Les cordons procurent de substantiels bénéfices sociaux sous forme de protection de l'environnement et de l'amélioration de l'infiltration des eaux qui n'ont pu être quantifiés ici. Ils sont une technologie relativement accessible pour les paysans pauvres en ce qu'ils n'exigent pas d'investissement monétaire. La subvention des coûts du transport des cailloux donne actuellement un mécanisme de soutien administrativement faisable à la construction de cordons.

Outre la recherche sur l'amélioration de l'efficacité des cordons pierreux, il serait utile de considérer comment la subvention pourrait être accrue d'une manière

administrativement gérable. KABORE *et al.* (1993) identifient la rareté de cailloux libres à une distance de transport acceptable comme une contrainte de plus en plus importante. Il serait nécessaire de recourir à des explosifs et à des équipements d'excavation pour augmenter la quantité de cailloux.

Ils ont également fait l'hypothèse que les exigences en main-d'oeuvre pour le camionnage seraient plus fortes que celles pour l'investissement privé car l'utilisation efficace du camion contraint à un programme de travail inefficace. Si les cailloux étaient mécaniquement chargés et camionnés au champ, il est possible que les exigences en main-d'oeuvre soient réduites et plus de superficies protégées par les cordons pierreux.

## V. CONCLUSION

Compte tenu de l'importance des céréales et la présente détérioration de la ressource sol du Burkina Faso, la recherche sur les facteurs affectant la production céréalière constitue une priorité de premier rang.

Il est nécessaire que cette recherche fournisse les éléments nécessaires au débat sur les options futures en matière de politique agricole. La recherche sur la fonction de production peut procurer un examen valable des effets de productivité de quelques intrants que les méthodes de recherche classique pourraient trouver difficiles ou non pratiques à étudier. L'analyse de l'économie des cordons pierreux est un exemple où la recherche sur la fonction de production est indiquée.

L'analyse de la fonction de production des données du Projet Engrais Vivriers montre qu'en dépit des contraintes imposées par le sol, la topographie et la pluviométrie, de substantielles possibilités d'accroître les rendements de sorgho et de mil existent. Les résultats de l'analyse indiquent que l'emploi de l'engrais NPK et de l'urée augmente les rendements moyens de mil et de sorgho de près de 55 %.

Les produits phosphatés (BP et BPA) produisent également des accroissements substantiels et statistiquement significatifs.

L'analyse montre également le potentiel des cordons pierreux. En moyenne, les cordons augmentent les rendements de mil de plus de 17 % et ceux de sorgho de plus de 10 %.

De telles augmentations peuvent se traduire en taux de rentabilité simple de

l'investissement se situant entre 6 % et 112 % en fonction des circonstances spécifiques de construction. Les effets de productivité des cordons pierreux suggèrent qu'un investissement social dans les cordons pourrait être justifiable.

Les cordons pierreux procurent des bénéfices environnementaux substantiels et comme ils ne requièrent pas d'investissement monétaire important, ils sont accessibles à une grande partie des paysans. Il est nécessaire que la recherche quantifie mieux les bénéfices environnementaux, ceux en termes de rendement et évalue les coûts "cachés" du travail des agences et détermine si des changements dans les arrangements pour le chargement et le transport des cailloux pourraient améliorer la productivité du travail et réduire ainsi les coûts.

Au surplus il est important qu'une étude de la rentabilité économique des cordons pierreux au niveau de la collectivité puisse être faite de même qu'un diagnostic approfondi des contraintes de vulgarisation à plus grande échelle de cette technologie.

### **BIBLIOGRAPHIE**

**BERTELSEN, Michael K.** 1975 : An Estimate of the Marginal Value Products of Inputs in United States Agriculture for the Year 1973: An Aggregate Production Function Approach, Unpublished Master's Paper, University of Wisconsin, River Falls.

**DILLON, J. L.** 1977 : The Analysis of Response in Crop and Livestock Production, Pergamon Press, Oxford.

**GRILICHES, Z.,** 1963 : "Estimates of the Aggregate Agricultural Production Function From Cross-Sectional Data", Journal of Farm Economics, Vol. 45, N°2.

**HENDERSON, J.M. ; QUANDT, R.E.,** 1971 : Microeconomic Theory a Mathematical Approach, McGraw-Hill, New York.

**HEADY, E.O. ; DILLON J.L.,** 1961 : Agricultural Production Functions, Iowa State University Press, Ames, Iowa.

**HIEN, V., KABORE, D. ; SANSAN Y. ; LOWENBERG-DEBOER, J.** 1992 : "Les Caractéristiques de Riques de Technologies Testées en Milieu Rural pa le Projet Engrais Vivriers de 1989 à 1991", INERA.

**HIEN, V. ; SANON, K. ; TRAORÉ, O.** 1990 : "Rapport d'activité du volet expérimentation du projet engrais vivriers - campagne 1989", INERA, Ouagadougou.

**HIEN, V. ; TRAORE, O. SANON, K.** 1991 : "Rapport d'activité du volet expérimentation du projet engrais vivriers - campagne 1990", INERA, Ouagadougou.

**HIEN, V. ; SANSAN, Y.** 1992 : "Rapport d'activité du volet expérimentation du projet engrais vivriers - campagne 1992", INERA, Ouagadougou.

**HULUGALLE, N.R. ; KONING, J. ; MATLON, P.J.** 1990 : Effect of rock bunds and tied ridges on soil water content and soil properties in the Sudan savannah of Burkina Faso, *Tropical Agriculture (Trinidad)* Vol 67 n°2 p. 149-153

**KABORE, D. ; KAMBOU, F. ; DICKEY, J. ; LOWENBERG-DEBOER, J.** 1993 : "Economics of Rock Bunds, Mulching and Zai in the Northern Central Plateau of Burkina Faso : A Preliminary Perspective," Sept., 1993.

**LOWENBERG-DEBOER J.,** 1993 : Matériel Pédagogique du Cours sur la Prise en Compte du Temps dans l'Analyse Economique de la Production Agricole", Kollo, Niger.

**LOWENBERG-DEBOER J. ; KABORE, D.** 1993 a : "Rapport de mission à Donsin, 10 avril 1993", Projet ARTS, Purdue University, West Lafayette Indiana.

**LOWENBERG-DEBOER J., TAHIROU, A. ; KABORE, D.** 1993 b : "The opportunity cost of capital for agriculture in the Sahel : Case Evidence from Niger and Burkina Faso".

**SAWADOGO, K., ; LARIVIERE, S.** 1992 : Ajustement Structurel et Performance Agricole : Quelques Leçons de l'expérience d'auto-ajustement au Burkina Faso. *Articles et Communications N° 2.* Projet Cedres/Laval. Juin 1992.

**THEIL, H.,** 1971 : *Principles of Econometrics.* John Wiley & Sons, New York.

**VIJVERBERG, W. P.,** 1991 : "Profits from Self Employment : The Case of Cote d'Ivoire", *World Development* 19 (1991), p. 683-696.

**VLAAR, J.C.J. ed.** 1992 : "Les Techniques de Conservations des Eaux et Des Sols dans les Pays du Sahel", CIEH/University of Wageningen.