

Systemes de cultures améliorés à base de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) pour une meilleure gestion de la sécurité alimentaire et des ressources naturelles en zone semi-aride du Burkina Faso

J.S. Zoundi ^{1*}, A. Lalba ², J.-P. Tiendrébéogo ³ & D. Bambara ⁴

Keywords: Cowpea- Food security- Income- modeling- Burkina Faso

Résumé

Des systèmes de cultures améliorés de niébé ont été introduits dans des exploitations mixtes agriculture-élevage de la zone semi-aride au Burkina Faso et ensuite évalués dans des modèles de programmation linéaire. Les résultats ont montré que les variétés améliorées de niébé associées aux céréales permettent d'accroître la production agricole et le disponible fourrager, et de dégager des revenus pour acheter des compléments de vivriers. L'application de ces systèmes sur les terres de cultures peut varier entre 38% et 64% dans la partie sahélienne. Ils permettent aux agriculteurs de doubler la production de mil et de produire en plus annuellement 353 kg de niébé. Ces systèmes peuvent être promus dans la zone semi-aride du pays sans politique de soutien à la production. Par contre les soles améliorées de cultures pures de niébé ne sont pas profitables en raison des pertes liées au risque climatique, et aussi des coûts de production élevés par rapport aux capacités financières des exploitants. Elles permettent toutefois d'accroître le disponible fourrager à la ferme. Des stratégies de diminution des coûts de production des systèmes améliorés auront un impact considérable sur la sécurité alimentaire et sur le revenu.

Summary

Improved Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Based Cropping Systems for Food Security and Natural Resource Management Enhancement in Semi-arid Burkina Faso

Improved cowpea cultivars were introduced in the cropping systems of mixed farms in the semi-arid part of Burkina Faso and their impact was assessed using a linear programming model. The results obtained put in evidence that the adoption of improved cowpea varieties intercropped with local cereals may lead to an increase in crop production and forage stock. Such improved cropping system may also allow the farmers to obtain some extra-revenues necessary to reach self sufficiency in food. Optimal land allocation of these promising cropping technologies varied between 38% and 64% of the arable area within the semi-arid sahelian sub-zone and permitted the farmers to obtain surplus of 353 kg per ha cowpea grain and to double their millet grain production level. These systems can be promoted across the whole semi-arid zone even without specific supports. However, sole cropping of improved cowpea cultivars has little chance to be adopted because of the crop failure due to drought risk and higher cost technology for the semi-arid smallholder farmers. The adoption of improved cowpea and cereals cultivars may lead to an increase in forage storage at the farm level. Promotion of low cost technologies adapted to the new improved cultivars for pests control and seed production will enhance farmers' food security and income.

1. Introduction

La zone semi-aride du Burkina Faso est confrontée à une insécurité alimentaire qui s'est aggravée depuis les grandes sécheresses qui ont sévi au Sahel dans les années 1974 et 1984 (2, 7). Les principales causes sont l'insuffisance et l'irrégularité des pluies, la baisse de la capacité productive des terres agricoles, l'explosion démographique et les systèmes de production qui demeurent toujours extensifs. L'agriculture repose principalement sur les cultures vivrières, notamment le mil (*Pennisetum thyphoides*) et le sorgho (*Sorghum vulgare*), avec une faible diversification des cultures. L'élevage des petits ruminants se positionne comme une activité clé dans l'amélioration de la sécurité alimentaire et du revenu des agriculteurs (1, 8, 9, 11, 12), mais est limité par la contrainte d'alimentation du bétail pendant la saison sèche qui dure huit mois. Dans ce contexte, la culture du niébé est d'une importance stratégique compte tenu de ses prix de vente plus incitatifs qui peuvent permettre aux agriculteurs de disposer de revenus pour acheter du vivrier (10). La culture joue également un rôle considérable dans l'alimentation énergétique des ruminants grâce aux fanes, et dans l'amélioration de la fertilité des sols par la fixation de l'azote atmosphérique, contribuant ainsi à une meilleure

gestion des ressources naturelles. Sa production demeure cependant faible et éparse dans les systèmes traditionnels de la zone semi-aride (2, 3), où elle n'occupe en moyenne que 20% de la superficie totale des associations avec les céréales locales (3). De plus en plus la culture prend de l'importance dans les systèmes de production de la zone avec l'introduction de nouvelles variétés et de systèmes de cultures améliorés. Cet article a pour objet d'analyser les comportements des producteurs par rapport à l'adoption de systèmes de cultures améliorés de niébé. La programmation linéaire a été utilisée pour mesurer les effets de politiques alternatives de crédit et de réduction des coûts de production sur l'adoption de ces systèmes et leur impact sur la sécurité alimentaire, le revenu des producteurs et l'alimentation du bétail en saison sèche.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu de l'étude

L'étude s'est déroulée dans la zone semi-aride du Burkina Faso, où deux villages ont servi de site de recherches. Le village de Madougou, localisé dans la partie sahélienne,

¹Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), 04 BP. 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso. Fax: 00 226 50 34 02 71. Tél: 00 226 70 23 92 16. e-mail: zoundi@fasonet.bf, zoundi@hotmail.com

²Programme de Développement de l'Agriculture de la Coopération Germano-burkinabé. BP. 11, Gaoua, Burkina Faso.

³INERA, CREAM de Kamboinsé, 01 BP. 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

⁴INERA, Station de Tougan, BP. 49, Tougan, Burkina Faso.

Reçu le 06.10.04 et accepté pour publication le 03.02.06.

comprise entre 13°59'56" et 14°6'44" de latitude nord et entre 2°28'02" et 2°37'66" de longitude ouest. La pluviométrie moyenne annuelle y varie de 400 à 600 mm. Le terroir de Ziga, localisé dans la partie soudano-sahélienne, comprise entre 13°22'34,08" et 13°26'41,25" de latitude nord et 2°16'37,66" et 2°22'4,08" de longitude ouest. La pluviométrie annuelle y varie entre 600 et 800 mm. L'intérêt de ces terroirs pour cette étude réside dans le fait que le premier a une orientation des activités vers l'agropastoralisme, avec une forte intégration de l'élevage des bovins et des petits ruminants (ovins et caprins) dans les systèmes de production qui sont dominés par le mil cultivé en association insignifiante avec le niébé. Le deuxième a une orientation des activités vers l'agriculture avec une faible intégration de l'élevage. Le système de production y est dominé par la culture du sorgho, principale céréale vivrière, à laquelle est associé traditionnellement le niébé.

2.2. Identification des options améliorées de production de niébé

Un diagnostic participatif sur la culture de niébé, utilisant la méthode accélérée de recherche participative (MARF), a été mené dans les deux villages. Des interviews semi-structurées auprès de groupes de producteurs (trices), ainsi que des informations secondaires recueillies auprès des agents locaux de services agricoles ont permis d'identifier avec ceux-ci les contraintes liées à la production du niébé et d'envisager les possibilités d'amélioration des systèmes de cultures traditionnels.

2.3. Evaluation des options améliorées de production de niébé en milieu paysan

Deux options ont été expérimentées chez 15 producteurs de chaque type d'exploitation dans la zone sahélienne: la culture pure de la variété améliorée de niébé K VX396-4-5-2D, et l'association de la variété améliorée de niébé IAR7/180-4-5-1 avec une variété améliorée de mil, la IKMV 8201. Trois options ont été expérimentées également chez 15 producteurs de chaque type d'exploitation dans la zone soudano-sahélienne: les soles des deux variétés améliorées de niébé, et l'association de la variété de niébé IAR7/180-4-5-1 avec une variété améliorée de sorgho, la CEF 382/2-1-1 (Sariasso 11). Les différentes options ont été introduites dans les systèmes de cultures des producteurs avec les paquets technologiques qui les accompagnent, notamment les écartements, la fertilisation organo-minérale, et les traitements phytosanitaires. Les expérimentations ont été conduites entièrement sous gestion paysanne, durant trois campagnes agricoles, de 2001 à 2003, afin de valider les résultats agronomiques et pour cerner la variabilité des rendements selon les années pluviométriques. Les rendements grains et pailles de céréales et de niébé ont été mesurés.

2.3. Evaluation de l'insertion des options en milieu paysan

Les modèles d'optimisation ont été développés à l'issue des expérimentations. Ils reposent sur des typologies d'exploitations réalisées dans les deux villages (Tableau 1). La formulation générale des modèles est: $F = \text{Max} \sum_k \text{Prob}_k$

Profit_k, dans laquelle F la fonction objective maximise (Max) le profit (Profit) suivant la probabilité (Prob) d'occurrence des saisons (k). Le profit est réalisé après déduction des coûts de production et du remboursement des crédits des recettes de vente des produits agricoles. Cette fonction induit explicitement la prise en compte du risque de façon exogène, sur la variabilité des coefficients de rendement et de prix en fonction des types d'année, sèche ou moyenne, selon qu'on se situe à des niveaux inférieurs ou supérieurs à la pluviométrie moyenne annuelle. Les contraintes sous lesquelles est optimisée la fonction sont les principales rencontrées dans les systèmes de culture de la zone.

Ces contraintes sont les suivantes:

(i)- la disponibilité des terres agricoles:

$$\sum_j \sum_{per} \sum_{tec} TER_{j,per,tec} \leq SUP_j$$

(ii)- la main-d'œuvre:

$$\sum_j \sum_{per} MOT_{j,per} * TER_{j,per} - MOE * JA_{per,a} \leq 0;$$

(iii)- le financement des activités agricoles:

$$\sum_j \sum_{per} \sum_{tec} TER_{j,per,tec} * COUT_{j,per,tec} \leq CAPITAL + CRED_{per}$$

(iv)- l'alimentation du bétail en saison sèche:

$$\sum_a \text{NOMANIM}_a * \text{MATSECHE} * \text{UBT}_a * \text{NJOUR}_{per,t} - \sum_j \sum_{per} \sum_{tec} TER_{j,per,tec} * \text{FOUR}_{j,per,tec} \leq 0$$

Dans lesquelles les variables sont:

- TER, l'allocation optimale de la terre, en hectares;
- SUP, la quantité de terres disponible, en hectares;
- MOT, la main-d'œuvre requise, en hommes-jours;
- MOE, le nombre de travailleurs actifs disponibles;
- JA, le nombre de jours de travail;
- COUT, le coût de production, en FCFA;
- CAPITAL, la liquidité disponible pour la campagne agricole, en FCFA;
- CRED, le crédit disponible pour le financement des activités agricoles;
- NOMANIM, le nombre d'animaux, en têtes de bétail;
- MATSECHE, la quantité de matière sèche ingérée;
- UBT, l'unité bovine tropicale, équivalente à un animal pesant en moyenne 250 kg et consommant 6,25 kg de matières sèches par jour;
- NJOUR, le nombre de jours;
- FOUR, la quantité de fourrage produite, en kg.ha⁻¹.

Et les indices:

- j, les activités agricoles ou cultures;
- s, les types de sol;
- tec, les technologies et itinéraires techniques;
- per, les périodes d'activités;
- a, les types de travailleur actif (femme, homme, enfant);
- ta, les types d'animaux (bovin, ovin, caprin).

Tableau 1
Caractéristiques des exploitations enquêtées dans les villages de Madougou et de Ziga

Nombre d'exploitations considérées	Villages														
	Madougou						Ziga								
	agriculteur 20		éleveur 20				petite 20			moyenne 20			grande 15		
moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	
Population (nb)	14	7	28	8	3	13	6	3	9	14	8	19	28	15	32
Actifs (nb)	8	4	19	3	2	7	4	1	7	7	3	12	16	8	24
Superficie totale (ha)	8,2	3	14,5	5,1	2	12,2	4,58	2	6,5	5,7	3,7	9,5	9	7,2	18
Bovins (nb)	4	0	22	32	10	102	0	0	0	2	0	10	2	0	14
Ovins (nb)	20	6	32	23	10	37	2	0	6	7	4	18	6	2	21
Caprins (nb)	24	12	44	48	21	72	2	0	8	8	4	22	6	3	16

Tableau 2
Prix de vente des productions animales et végétales

	Villages			
	Madougou		Ziga	
	Années			
	sèche	moyenne	sèche	moyenne
	Prix de vente des animaux (FCFA par tête)			
bovins	73 702	45 190	77 500	68 280
ovins	20 340	13 440	11 800	10 770
caprins	25 900	12 500	7 440	6 690
	Prix de vente des cultures (FCFA par kg)			
sorgho	-	-	100	60
mil	62	40	-	-
niébé	100	76	120	90

Tableau 3
Coûts de production des cultures et technologies (FCFA par hectare)

	Villages			
	Madougou		Ziga	
	Années			
	sèche	moyenne	sèche	moyenne
mil en système traditionnel	860	860	-	-
niébé K VX396-4-5-2D	43 768	43 768	36 050	36 050
association IAR7-IK MV	3 324	3 324	-	-
sorgho-niébé système traditionnel	-	-	1 500	1 500
sorgho Sariasso 11	-	-	5 540	5 540
niébé K VX396-4-5-2D	-	-	36 050	36 050
association IAR7-Sariasso 11	-	-	6 650	6 650

Les prix de vente et les coûts des productions qui ont été utilisés dans les modèles (Tableaux 2 et 3) sont issus des enquêtes exploratoires et du suivi des exploitations agricoles menés entre 2000 et 2003 par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs en milieu réel. Les rendements moyens utilisés sont ceux obtenus lors des expérimentations (Tableau 4). Les modèles d'optimisation sont écrits dans le logiciel GAMS 20.5 'General Algebraic Modelling System' utilisé par la Banque Mondiale.

3. Résultats et discussions

3.1. Ampleur des gains de productivité générés par les paquets technologiques améliorés

Des gains substantiels de rendements grains ont été obtenus avec les options améliorées testées dans les champs paysans (Tableau 4).

3.2. Situation actuelle sans introduction des options améliorées

Les résultats des modèles d'optimisation sans les options techniques améliorées (Tableau 5) montrent que toutes les exploitations-types des deux villages sont déficitaires en vivriers dans les années de faible pluviosité et doivent recourir au marché pour acheter des céréales afin de couvrir leurs besoins alimentaires.

Tableau 4
Gains moyens de productivité (kg.ha⁻¹) obtenus des différentes technologies

Options évaluées	Villages			
	Madougou		Ziga	
	Années			
	sèche	moyenne	sèche	moyenne
1- mil en système traditionnel	192	564	-	-
2- niébé K VX396-4-5-2D	446	847	228	496
3- association IAR7-IK MV				
- mil IK MV	1096	1470	-	-
- niébé IAR7	182	229	-	-
4- sorgho-niébé système traditionnel				
- sorgho	-	-	210	618
- niébé	-	-	32	60
5- sorgho Sariasso 11	-	-	346	926
6- association IAR7-Sariasso 11				
- sorgho Sariasso 11	-	-	588	775
- niébé IAR7	-	-	122	857
7- niébé IAR7	-	-	291	398

Tableau 5
Plans optimaux initiaux sans introduction de systèmes améliorés

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	petite exploitation	moyenne exploitation	grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	8,20	5,10	-	-	-
Sorgho-niébé	-	-	2,54	4,46	9,09
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	3 892	1 236	-	-	-
Sorgho	-	-	1 575	2 700	5 388
Niébé	-	-	153	255	496
Année sèche					
Mil	1 005	286	-	-	-
Sorgho	-	-	535	928	1 876
Niébé	-	-	81	149	317
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2 647	1 236	-	-	-
Sorgho	-	-	1 200	2 700	5 388
Année sèche					
Mil	1 005	286	-	-	-
Sorgho	-	-	535	928	1 876
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	323	-	-	-
Sorgho	-	-	0	43	96
Année sèche					
Mil	1 668	1 273	-	-	-
Sorgho	-	-	664	1 814	3 609
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	1 217	0	-	-	-
Sorgho	-	-	375	0	0
Niébé	-	-	152	255	496
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	81	149	317
Profit (FCFA)					
Année moyenne	+ 54 074	- 1 859	+ 37 998	+ 26 443	+ 43 048
Année sèche	- 98 109	- 64 406	- 68 260	- 192 918	- 388 959

3.2.1. Dans la zone sahélienne

Les niveaux de couverture des besoins céréaliers à partir de la production des exploitations (Tableau 5) varient considérablement en fonction de la pluviosité annuelle. En année de moyenne pluviosité, les exploitations d'agriculteurs arrivent à couvrir leurs besoins alimentaires et à dégager des excédents qui peuvent être stockés ou vendus sur le marché pour réaliser des profits. La valeur de cet excédent est en moyenne de 54 074 FCFA. Par contre en année de faible pluviosité les exploitations agricoles sont déficitaires et la valeur monétaire du déficit vivrier est de 98 109 FCFA. Ces résultats confirment l'importance du risque pluviométrique associé à la production agricole dans cette région du pays (2, 6, 7). A cela s'ajoutent les problèmes de dégradation des sols. Ces facteurs limitent la productivité des systèmes traditionnels et leur capacité à assurer la sécurité alimentaire, surtout dans les années de faible pluviosité. Avec l'absence de cultures de rente et d'autres cultures secondaires comme

le niébé, ce sont essentiellement les revenus tirés de la vente du bétail et des activités extra-agricoles qui permettent aux exploitations agricoles de faire face aux dépenses alimentaires (1, 2, 6, 9, 11).

3.2.2. Dans la zone soudano-sahélienne

Ce sont les petites exploitations faiblement peuplées qui arrivent à dégager des excédents céréaliers en année de moyenne pluviosité (Tableau 5). Plus les exploitations sont peuplées, plus elles sont exposées à l'insécurité alimentaire. La production traditionnelle du niébé en association avec le sorgho permet aux exploitations de disposer d'un revenu pour acheter des céréales. Dans les années de moyenne pluviosité, la production du niébé est plus importante et permet aux différents types d'exploitants de réaliser des profits après achat de faibles quantités de vivriers.

Tableau 6
Plans optimaux avec introduction des options améliorées sans mesures incitatives

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	3,29	-	-	-
Kvx	-	0,31	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,41	3,91	9,09
Sariasso 11-iar	-	-	0,13	0,54	0,46
Sariasso 11	-	-	0	0	0,64
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8 405	4 731	-	-	-
Sorgho	-	-	1597	2 823	5 746
Niébé	353	890	261	698	892
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1 140	2 147
Niébé	0	0	84	153	339
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1 200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2147
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1361	-	-	-
Sorgho	-	-	613	1602	3338
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	3760	-	-	-
Sorgho	-	-	397	81	261
Niébé	353	890	261	698	892
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	0	0	84	153	339
Profit (F CFA)					
Année moyenne	+ 261768	+ 194524	+ 47332	+ 67746	+ 95898
Année sèche	- 101197	- 84386	- 63538	- 57202	- 359880

3.3. Possibilités d'adoption et impacts des systèmes de culture améliorés de niébé

L'insertion des options techniques dans les modèles d'exploitation affecte les plans de production, de consommation, de vente et de profit (Tableau 6).

3.3.1. Dans la zone sahélienne

L'association des variétés de mil IKMV 8201 et de niébé IAR7/180-4-5-1 s'insère dans les systèmes de cultures en occupant 38% et 64,6% des terres cultivées respectivement dans les exploitations d'agriculteurs et d'éleveurs. Cela s'explique par sa meilleure productivité par rapport au système traditionnel, et aussi par un faible coût de

production (3 324 FCFA.ha⁻¹). La sole améliorée de niébé KVX396-4-5-2D n'est adoptée que par les exploitations d'éleveurs sur une superficie de 0,3 ha. Ceux-ci disposent de moins de terres cultivables et ont une capacité financière plus élevée que les agriculteurs, grâce au bétail, qui leur permet d'adopter des systèmes plus coûteux. L'adoption des systèmes améliorés permet d'augmenter la production de céréales et de niébé pouvant être stockée ou vendue. Les agriculteurs réalisent avec ces options 4 fois plus de profit en année de moyenne pluviosité. Les éleveurs, qui avaient un besoin de liquidités de 1 859 FCFA pour acheter du vivrier en année de moyenne pluviosité dégagent un

Tableau 7
Plans optimaux avec introduction des options améliorées et une politique de crédit de
10 000 FCFA

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	3,29	-	-	-
Kvx	-	0,31	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,41	3,91	8,97
Sariasso 11-iar	-	-	0,13	0,54	1,21
Sariasso 11	-	-	0	0	0
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8405	4731	-	-	-
Sorgho	-	-	1596	2823	6271
Niébé	353	890	261	698	1536
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2570
Niébé	0	0	84	153	371
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2570
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1361	-	-	-
Sorgho	-	-	613	1602	2915
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	3171	-	-	-
Sorgho	-	-	397	81	785
Niébé	353	890	261	698	1536
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	84	153	371
Profit (F CFA)					
Année moyenne					
	+ 261768	+194524	+ 47332	+ 67746	+ 175209
Année sèche					
	- 101197	- 84386	- 63538	- 173858	- 315502

profit 194 524 FCFA. La production fourragère de fanes de niébé permet aux agriculteurs d'alimenter intégralement leur troupeau de ruminants d'un total de 8,52 UBT (Unité Bovine Tropicale) pendant 18 jours en saison sèche. Elle permet aux éleveurs d'entretenir le troupeau de ruminants d'un total de 34,44 UBT pendant 11 jours en saison sèche. Par contre les systèmes améliorés présentent d'importants risques pour la sécurité alimentaire et le revenu des producteurs dans les années de faible pluviosité. En effet, les variétés améliorées de mil et de niébé sont plus sensibles au stress hydrique, si bien qu'elles ne permettent pas de produire en quantités suffisantes pour couvrir les déficits vivriers. Comparativement aux systèmes traditionnels, elles

provoquent même des besoins additionnels d'achat du vivrier; de 6,2% chez les agriculteurs et de 6,9% chez les éleveurs.

3.3.2. Dans la zone soudano-sahélienne

Le système traditionnel domine les systèmes améliorés (Tableau 6). L'association du sorgho Sariasso 11 et du niébé IAR7/180-4-5-1 occupe seulement 5,11% des terres cultivées dans les petites exploitations; 12,13% dans les moyennes exploitations, et 4,51% dans les grandes exploitations. Cela s'explique par le coût de production élevé de l'association (13 300 FCFA.ha⁻¹) par rapport aux capacités financières des producteurs de la localité.

Tableau 8
Plans optimaux avec introduction des options améliorées et une politique de crédit de
20 000 FCFA

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	3,29	-	-	-
Kvx	-	0,31	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,41	3,91	8,18
Sariasso 11-iar	-	-	0,13	0,54	2,01
Sariasso 11	-	-	0	0	0
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8405	4731	-	-	-
Sorgho	-	-	1596	2823	6451
Niébé	353	890	261	698	2180
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2878
Niébé	0	0	84	153	377
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2878
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1361	-	-	-
Sorgho	-	-	613	1602	2607
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	3171	-	-	-
Sorgho	-	-	397	81	966
Niébé	353	890	261	698	2180
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	84	153	377
Profit (FCFA)					
Année moyenne	+ 261768	+ 194524	+ 47332	+ 67746	+ 233819
Année sèche	- 101197	- 84386	- 63538	- 173858	- 287988

L'activité économique y est basée essentiellement sur l'agriculture vivrière, avec très peu de possibilités de générer des revenus. Cette option améliorée a cependant un impact considérable sur l'accroissement de la production de niébé dans les années de moyenne pluviosité. Sa production augmente de 70% dans les petites exploitations, de 270% dans les moyennes exploitations, et de 180% dans les grandes exploitations. Elle permet une augmentation substantielle des profits réalisés par les différents types d'exploitations. La production fourragère en fanes permet aux petites exploitations qui disposent de 0,48 UBT de les alimenter pendant 80 jours en saison sèche. Les moyennes exploitations qui ont 3,42 UBT peuvent les nourrir pendant

45 jours, et les grandes exploitations qui disposent de 3,06 UBT ont la possibilité de les nourrir pendant 43 jours. Contrairement à la zone sahélienne, on a pu relever que les systèmes améliorés présentent moins de risque pour la sécurité alimentaire et pour le revenu des agriculteurs dans les années de faible pluviosité, comparativement aux options traditionnelles. Ceci s'explique en grande partie par une amélioration de la production de sorgho et de niébé. Dans ces années la production de fanes permet aux petites exploitations d'alimenter les ruminants pendant 61 jours. Elle permet aux moyennes exploitations de les alimenter pendant 34 jours, et aux grandes exploitations pendant 32 jours. Comme dans la partie sahélienne, les soles pures de

Tableau 9
Plans optimaux avec introduction des options améliorées et une politique de crédit de 30 000 FCFA

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	3,29	-	-	-
Kvx	-	0,31	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,41	3,91	7,39
Sariasso 11-iar	-	-	0,13	0,54	2,80
Sariasso 11	-	-	0	0	0
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8405	4731	-	-	-
Sorgho	-	-	1596	2823	6632
Niébé	353	890	261	698	2825
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	3186
Niébé	0	0	84	153	383
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	3186
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1361	-	-	-
Sorgho	-	-	613	1602	2299
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	3171	-	-	-
Sorgho	-	-	397	81	1146
Niébé	353	890	261	698	2825
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	84	153	383
Profit (FCFA)					
Année moyenne					
	+ 261768	+ 194524	+ 47332	+ 67746	+ 292428
Année sèche					
	- 101197	- 84386	- 63538	- 17 858	- 260473

variétés améliorées de niébé Kvx396-4-5-2D et IAR7/180-4-5-1 ne s'insèrent pas dans les systèmes de cultures compte tenu des coûts de production élevés (36 050 FCFA.ha⁻¹).

3.4. Impacts de politiques de crédit

Ces nouvelles technologies ont des coûts additionnels que les producteurs ne sont pas en mesure de supporter, ou ne sont pas prêts à risquer financièrement dans le contexte climatique et économique incertains de la zone de l'étude. Trois hypothèses de crédit pouvant alléger la contrainte de trésorerie pour favoriser l'adoption des systèmes améliorés ont été simulées dans les modèles d'optimisation. Des crédits de 10 000 FCFA, 20 000 FCFA et 30 000 FCFA, au taux d'intérêt de 8% et avec un différé de remboursement de trois mois.

3.4.1. Dans la zone sahélienne

Les résultats obtenus des différentes simulations (Tableaux 7, 8 et 9) montrent que les politiques de crédit n'ont pas un impact sur l'introduction des innovations. Les possibilités financières de la majorité des exploitations agricoles dans cette zone sont en effet limitées. L'analyse des valeurs marginales montre une saturation de la contrainte foncière qui laisse très peu de marge de manœuvre aux agriculteurs pour risquer dans des activités d'intensification avec du crédit qu'ils ne pourront pas rembourser à partir des produits de l'agriculture.

3.4.2. Dans la zone soudano-sahélienne

Le crédit a un impact sur l'adoption des innovations proposées seulement dans les grandes exploitations. Avec

Tableau 10
Plans optimaux avec introduction des options améliorées et une réduction des coûts de production de 50%

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	2,97	-	-	-
Kvx	0	0,62	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,26	3,30	9,09
Sariasso 11-iar	-	-	0,28	1,15	0,90
Sariasso 11	-	-	0	0	0,18
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8405	4359	-	-	-
Sorgho	-	-	1620	2938	6103
Niébé	353	1097	382	1189	1287
Année sèche					
Mil	951	195	-	-	-
Sorgho	-	-	664	1373	2418
Niébé	0	0	86	161	361
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	195	-	-	-
Sorgho	-	-	644	1373	2419
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1364	-	-	-
Sorgho	-	-	555	1369	3066
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	2799	-	-	-
Sorgho	-	-	420	195	618
Niébé	353	1097	382	1189	1287
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	86	161	361
Profit (FCFA)					
Année moyenne	+ 261768	+ 195424	+ 59682	+ 118721	+ 152944
Année sèche	- 101197	- 84611	- 56343	- 144951	- 324664

seulement un crédit de 10 000 FCFA, ceux-ci pratiquent l'association de sorgho Sariasso 11 et de niébé IAR7/180-4-5-1 sur 2,6 fois plus de terres que dans le modèle sans intervention. Ce qui permet d'augmenter les productions de sorgho et de niébé, respectivement de 9% et 72% en année de moyenne pluviosité, et respectivement de 19,7% et 9,4% en année de faible pluviosité. Malgré la perte de production importante en année de faible pluviosité, les grandes exploitations arrivent ainsi à épargner 44 387 FCFA pour juguler le déficit céréalier. De plus la production de fanes leur permet de nourrir le bétail pendant 70 jours de plus en année de moyenne pluviosité, et pendant 54 jours de plus en année de faible pluviosité. Plus les montants de crédit alloués augmentent dans ces exploitations, plus elles

diminuent les superficies des systèmes traditionnels pour adopter le système amélioré d'association.

3.5. Impacts de la diminution des coûts de production

Les semences améliorées de niébé et de sorgho sont chères (750 FCFA.kg⁻¹) et peu disponibles localement. Les coûts de production de ces cultures sont élevés (Tableau 3). Une recherche d'accompagnement qui permettrait de former des paysans producteurs de semences et d'utiliser des bio-pesticides localement disponibles, tels que les gousses et feuilles de *Azadirachta indica*, peuvent diminuer considérablement les coûts de production du niébé. Une hypothèse de diminution de la moitié (50%) des coûts de production a donc été simulée dans les modèles

d'optimisation. Les résultats obtenus (Tableau 10) montrent un impact significatif sur l'adoption des systèmes de cultures améliorés et sur la possibilité pour les exploitations de générer des revenus.

3.5.1. Dans la zone sahélienne

Les impacts sont similaires à ceux observés dans les modèles sans intervention. Le scénario favorise cependant l'insertion de la sole améliorée de niébé KVX396-4-5-2D dans le système de cultures des éleveurs, qui peuvent la mettre en culture sur 0,62 ha de terres alors que c'est la moitié qui était mise en culture dans les autres scénarios. Il permet une légère augmentation du revenu des exploitations d'éleveurs. Ils arrivent à doubler la quantité de fanes produites qui permet d'alimenter les ruminants pendant 22 jours au lieu de 11 jours dans le scénario sans diminution des coûts de production.

3.5.2. Dans la zone soudano-sahélienne

L'impact est significatif sur la sécurité alimentaire et sur le revenu des trois types d'exploitations. Elle permet d'augmenter le niveau d'adoption de l'association Sariasso 11 et IAR7/180-4-5-1, avec une augmentation significative de la production graine de sorgho et de niébé. Comparativement au scénario sans intervention, les excédents dégagés permettent d'augmenter les profits de 26% dans les petites exploitations; de 75,24% dans les moyennes exploitations et de 243% dans les grandes exploitations. L'impact est par ailleurs significatif sur la production fourragère et la capacité d'entretenir les animaux pendant la saison sèche. En année de moyenne pluviosité, les petites exploitations ont la possibilité d'alimenter leur effectif de ruminants pendant 171 jours, les moyennes exploitations pendant 96 jours, et les grandes exploitations pendant 86 jours. En année de faible pluviosité, les petites exploitations peuvent utiliser les fanes pour nourrir le bétail pendant 130 jours, les moyennes exploitations pendant 73 jours, et les grandes exploitations pendant 65 jours.

4. Conclusions

Dans le contexte spécifique de la zone semi-aride du Burkina Faso, l'introduction de nouvelles technologies en matière de diversification des cultures permet d'améliorer efficacement

les systèmes de cultures traditionnels. Même sans recourir à des politiques de soutien à l'adoption, les variétés améliorées de niébé associées aux céréales locales ou améliorées peuvent s'insérer dans les systèmes de production, améliorer la sécurité alimentaire, augmenter le revenu des producteurs, et accroître la disponibilité fourragère à la ferme pour l'alimentation des ruminants en saison sèche. Par contre avec le risque climatique élevé, la faible capacité de financement des activités par les producteurs ruraux, et la contrainte foncière, les producteurs sont limités dans l'adoption des soles pures de variétés améliorées de niébé. L'impact des politiques et mesures alternatives pouvant favoriser l'adoption des innovations est lié à la disponibilité des ressources foncières, financières et humaines dans les exploitations agricoles. Plus elles disposent de ressources, plus elles bénéficieront des retombées économiques de telles mesures. Des politiques de crédit visant à promouvoir les systèmes de cultures améliorés ne peuvent être efficaces que dans les grandes exploitations qui disposent des ressources foncières et financières suffisantes pour risquer de se lancer dans la mise en œuvre de nouvelles technologies. Les possibilités de réduction des prix des semences et l'utilisation de bio-pesticides, moins onéreux, constituent des alternatives potentielles que la recherche-développement devrait explorer pour favoriser la diffusion de ces innovations. Dans la partie soudano-sahélienne, le risque pluviométrique plus faible et les ressources agricoles disponibles dans les exploitations agricoles favorisent plus l'adoption de systèmes améliorés. Dans la partie sahélienne plus aride, la stratégie devra être orientée vers la recherche des meilleures combinaisons possibles entre les systèmes de cultures améliorés utilisant les variétés locales adaptées à la sécheresse.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements au Centre Canadien de Recherche pour le Développement International (CRDI) qui a financé la recherche. Leur reconnaissance va également à l'endroit des techniciens de recherche Justin Tiemtoré, Issa Tassebedo, et Sonkaly Sérémé qui ont assuré la mise en place des expérimentations et la collecte des données.

Références bibliographiques

- Delgado C.L., 1979, The southern fulani farming system in Upper Volta: a model for the integration of crop and livestock production in the west African Savannah. Department of Agricultural Economics, Michigan State University, East Lansing, Michigan, 185 p.
- Dugué P., 1989, Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de culture vivriers en zone soudano-sahélienne: le cas du Yatenga (Burkina Faso). Thèse de docteur-ingénieur. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France, 269 p.
- Fornage N., 1993, Enjeux et possibilités de l'intensification au Nord-Yatenga. Rapport Projet Vivrier Nord-Yatenga, Ouahigouya, 78 p.
- Maatman A., Sawadogo H., Schweigman C. & Ouédraogo A., 1998, Application of zaï and rock bunds in the northwest region of Burkina Faso: study of its impact on household level by using a stochastic linear programming model. Netherlands Journal of Agricultural Science, 46, 123-136.
- Marchal J.Y., 1984, Yatenga Nord Haute Volta. La dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. Travaux et documents de l'ORSTOM. 167, 849 p.
- Matlock G.W., 1978, Environment uncertainty and livestock production in Upper Volta. Upper Volta village project report. USAID, Washington, 147 p.
- Reardon T., Matlon P. & Delgado C., 1992, Coping with household-level food insecurity in drought-affected areas of Burkina Faso. World Development, 16, 1065-1074.
- Tapsoba B., 1986, Aspects socio-économiques de la culture pure du niébé dans les systèmes de production agricole. Mémoire de fin d'études d'ingénieur des sciences appliquées. IPR Katiébougou, 58 p.
- Winrock International, 1992, Assessment of animal agriculture in sub-saharian Africa. Winrock International Institute for Agricultural Development, Arkansas, 119 p.
- Zoundi S.J., 1997, Interaction agriculture-élevage et développement agricole en zone semi-aride d'Afrique sub-saharienne pp. 185-198, in: Les cahiers de l'EISMV, 3, Actes du séminaire sur l'étude des contraintes au développement des productions animales en Afrique sub-saharienne.

J.S. Zoundi, Burkinabè, Chargé de recherches en zootechnie, Chef de service, Liaison Recherche-Développement, Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), 04 BP. 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso. Fax: 00 226 50 34 02 71. Tél: 00 226 70 23 92 16. e-mail: zoundi@fasonet.bf, zoundi@hotmail.com

A. Lalba, Burkinabè, Master of Science, zootechnie et économie, Responsable modernisation et équipement des exploitations du sud-ouest. Programme de Développement de l'Agriculture de la Coopération Germano-burkinabè, BP. 11, Gaoua, Burkina Faso.

J.-P. Tiendrébéogo, Burkinabè, Ingénieur de recherche en agro-pastoralisme. INERA, CREAM de Kamboinsé, 01 BP. 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

D. Bambara, Burkinabè, Ingénieur de recherche en agronomie, INERA, Station de Tougan, BP. 49, Tougan, Burkina Faso.