

GESTION DURABLE DE LA FERTILITÉ DU SOL DANS UN SYSTÈME AGRO-PASTORAL À BARAKA-FIZI, AU SUD-KIVU

Mto W.W., Mergeai G., Malumba P. et Baudoin J.P

Résumé

L'agriculture itinérante sur abattis-brûlis est identifiée parmi les principales menaces aux forêts et à la biodiversité de la localité de Baraka-Fizi en particulier et de la République Démocratique du Congo en général. Cet article propose un modèle agroforestier permettant la fixation des champs et la sédentarisation des élevages et conduisant à des utilisations rationnelles des terres. L'usage des émondes d'engrais verts comme fertilisants ; l'optimisation de leurs doses et modes d'application dans différentes associations de cultures ; les assolements collectifs et l'intégration de l'élevage bovin dans le système de production sont les principales directives de ce modèles. Une gestion optimale et durable de la fertilité des sols et l'amélioration de l'économie paysanne peuvent être attendues grâce aux effets synergiques entre les productions agroforestières (engrais verts), vivrières, fourragères et bovines.

Mots clés : Agroforesterie, localité de Baraka-Fizi (RDC), utilisation des terres, matière organique, assolement collectif.

2.1. Introduction

Après la promulgation de la loi portant Code Forestier en 2002, il est initié, à travers plusieurs terroirs de la République Démocratique du Congo, des projets de planification de l'utilisation des terres visant à préserver les écosystèmes et à réduire la déforestation et la perte de la biodiversité.

Parmi les menaces majeures qui guettent les écosystèmes forestiers congolais et leurs biodiversités, figure l'agriculture itinérante sur abattis-brûlis encore dominante dans la localité de Baraka-Fizi. Si des techniques classiques d'amélioration de la fertilité des sols visant à augmenter la production agricole ont été largement vulgarisées dans les milieux ruraux congolais, leur adoption par les agro-éleveurs de Baraka-Fizi est faible, ceux-ci n'arrivant pas à percevoir, au travers de ces techniques, la réponse à leurs préoccupations qui, qui intègrent, au delà de la rentabilité économique immédiate, des paramètres sociaux et écologiques qui garantissent la durabilité de leurs écosystèmes.

La présente étude part de l'hypothèse selon laquelle pour réussir le développement d'une agriculture soutenable à long terme, il est nécessaire que trois principales formes d'utilisation des terres rurales à savoir la production végétale, la production animale et la conservation des ressources naturelles, s'interpénètrent et évoluent de façon systémique. C'est pourquoi, il s'avère important d'identifier un modèle d'intensification agricole intégrant ces trois types d'activités et qui soit adapté aux conditions écologiques, économiques et culturelles des agro-éleveurs de Baraka-Fizi.

Le but de ce travail est d'identifier un modèle d'intensification agricole à tester avec les agro-éleveurs de la localité de Baraka-Fizi, répondant aux besoins de l'économie paysanne et permettant à la fois la fixation des champs, la sédentarisation de l'élevage et l'amélioration des systèmes traditionnels de gestion de la fertilité des sols. Il s'agit d'étudier et de mettre au point un modèle d'assolement qui peut combiner au mieux l'exploitation des terres cultivées et les pâturages, car de plus en plus on s'aperçoit que cette combinaison est souvent à la base d'une utilisation rationnelle de la terre. Ce modèle est d'abord conçu pour la localité de Baraka où le problème de surpeuplement est le plus important ; puis il sera adapté pour son application dans d'autres terroirs de la République Démocratique du Congo.

2.2. Milieu d'étude

Baraka se situe dans la collectivité de Mutambala en territoire de Fizi (Sud-Kivu, RDC). Celle-ci est la collectivité la plus peuplée du territoire de Fizi. La densité de population de la collectivité de Mutambala est estimée à 146 habitants par km². Dans cette collectivité en particulier et dans tout le territoire de Fizi en général, Baraka constitue la localité la plus importante. Elle est dans la zone de plaine littorale du lac Tanganyika, à l'altitude de 783 m. Son sol est du type ferrisol sur roches non différenciées (RS) avec une texture argilo-sableuse, un pH de 4,5 ; une teneur en carbone, azote et en matière organique respectivement de 1,11% ; 0,10% et 1,9% dans sa couche arable. Le climat est du type (Aw5) selon la classification de Köppen. La température moyenne annuelle y est de 24°C et les précipitations moyennes annuelles sont de 855 mm (Sys, 1960).

2.3. Modèle d'exploitation proposé

2.3.1 Présentation sommaire

Le modèle que nous proposons comprend les éléments suivants : l'organisation des agro-éleveurs en paysannats, les assolements collectifs ; la production des cultures vivrières en associations ; la conduite des cultures fourragères (également en association) ; les cultures agroforestières sur les

haies et la fertilisation à base de *Tithonia diversifolia* et d'engrais verts ; la production des bovins et les rotations temporaires et spatiales de ces composantes. Le dispositif du modèle se trouve schématisé à la figure 2.1.

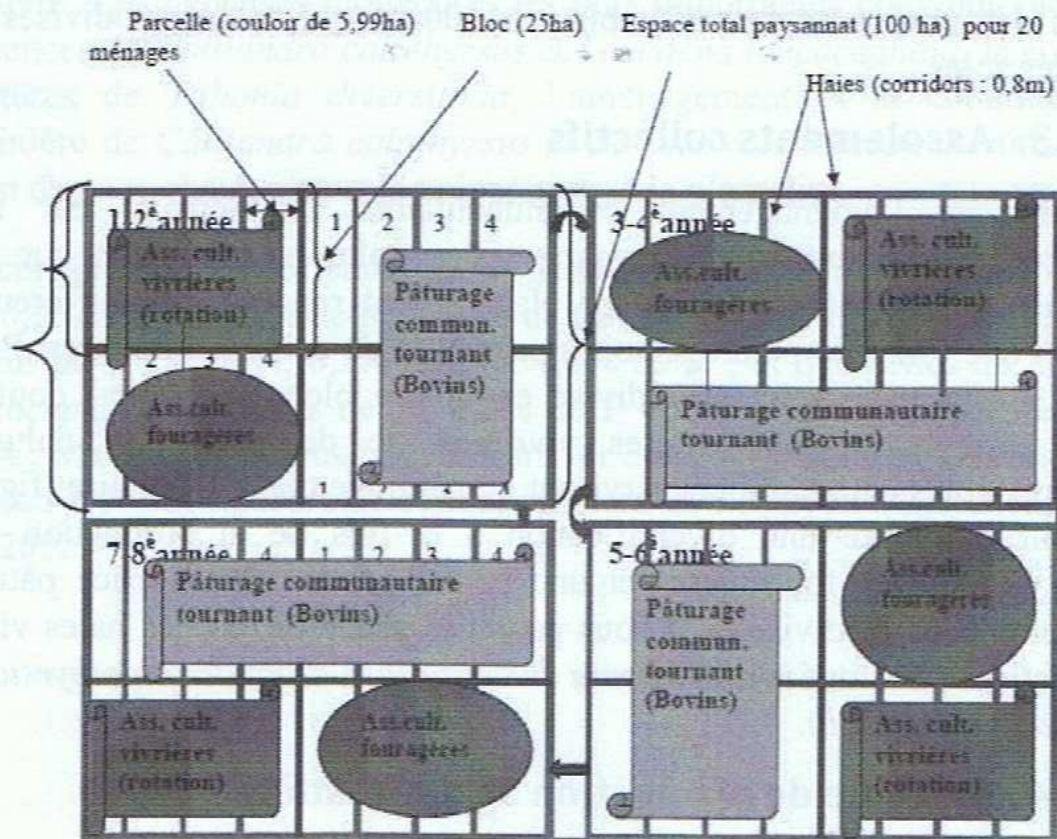


Figure 2.1. Dispositif préconisé et rotations dans l'espace et dans le temps

2.3.2. Organisation paysanne

L'intégration de la pratique de l'agriculture mixte dans les systèmes de production traditionnels en territoire de Fizi doit d'abord passer par l'organisation des paysannats. L'objectif est bien d'amener les agro-éleveurs à considérer les solutions aux contraintes d'élevage et d'agriculture (dégradation des sols, déclin de la production agricole, difficulté de trouver du fourrage pendant la saison sèche, destructions des cultures causées par le feu et les animaux lors de la transhumance, capacités d'investissement limitée...) sous un angle « collectif » afin de les atténuer.

Le regroupement des paysans n'est pas une nouveauté en territoire de Fizi car traditionnellement les champs des agriculteurs sont généralement regroupés sur des terroirs qui sont localement reconnus sous le nom d'« Akoko ». Les exploitants d'un même « Akoko » organisent à tour de rôle des travaux d'assistance communautaire (entraide mutuelle) à presque chaque opération culturale. Ces travaux y sont dénommés « Esalé ».

Pour l'intensification conjointe des productions animales et végétales, il sera question d'améliorer le système de gestion, d'organisation du travail, de la production et d'aménagement des sols de ces terroirs. A cet effet, nous pensons former des paysannats pilotes dont chacun comprendra au moins 20 ménages. Un paysannat peut s'établir sur 100 ha qui seront subdivisés en différentes soles.

2.3.3. Assolements collectifs

La gestion et l'aménagement communautaires des terroirs par une intensification conjointe de l'élevage et des cultures supposent que les différentes composantes à mettre en place soient réparties sur différentes soles afin que l'aire de pâturage soit à proximité de celle des cultures. Pour ce faire, l'espace (terroir) sera divisé en quatre blocs (de 25ha) dont le premier comprendra les cultures vivrières, le deuxième les cultures fourragères et les deux derniers serviront de pâturage communautaire (figure 2.1). Pour permettre une diversification à la fois de la production des cultures vivrières et fourragères et une bonne gestion de l'espace pâturé, chaque bloc sera subdivisé en 4 sous parcelles séparées par des haies vives multifonctions constituées de *Tithonia diversifolia*, *Calliandra calothyrsus* et *Leucaena leucocephala*.

2.3.4. Système de production agroforestière et fertilisation

Dans le schéma d'aménagement que nous proposons, les cultures agroforestières (*Tithonia diversifolia*, *Calliandra calothyrsus* et *Leucaena leucocephala*) seront plantées sur les limites entre les soles, entre les blocs et tout autour de l'exploitation.

Ces cultures seront installées en doubles rangées et pourront jouer différents rôles, notamment : la fourniture de la biomasse (engrais verts) par émondage, la fourniture du fourrage, la fermeture des parcelles (enclos parcelles de cultures, paddock), le marquage du terroir (Akoko) et des limites foncières, la protection des cultures, le contrôle des troupeaux et de leurs mouvements pour gérer les soles de pâturage, la protection du vent, la prévention de l'érosion des sols. Les espèces à installer sur les haies de cultures en couloir sont principalement *Tithonia diversifolia*, *Calliandra calothyrsus* et *Leucaena leucocephala*.

Dans toutes les haies, *Tithonia diversifolia* sera associé avec l'une ou l'autre de ces deux dernières espèces. Comme il s'agit d'une exploitation dans la zone de plaine, les haies seront larges de 0,8 m et la surface totale occupée par les haies par bloc (25ha) sera de 1,056ha, soit 4,22 ha sur l'ensemble du

paysannat (100ha). La largeur de la bande entre deux haies consécutives sera de 20,4m.

L'établissement de ces haies est une opération qui requiert surtout de la main d'œuvre. Les dépenses monétaires les plus importantes couvrent l'achat des semences de *Calliandra calothyrsus* et *Leucaena leucocephala*, la coupe des boutures de *Tithonia diversifolia*, l'aménagement et la conduite de la pépinière de *Calliandra calothyrsus* et *Leucaena leucocephala* ainsi que la main d'œuvre requise pour la préparation et la plantation.

En considérant que les émondes de *Tithonia diversifolia* contiennent 3% de N ; 0,3% de P et 2,5% de K ; celles de *Calliandra calothyrsus* possèdent une teneur de 2,8% de N, 0,2% de P et 1,0% de K ; et que celles de *Leucaena leucocephala* ont 3,4% de N, 0,2% de P et 2,9% de K (Barrios et Cobo, 2004 ; Mate, 2001), nous pouvons arriver aux estimations présentées dans le tableau 2.1. Les facteurs de conversion sont de : $P_2O_5 = P \times 2,288$ et $K_2O = K \times 1,205$.

Tableau 2.1. Coût d'aménagement des haies et quantités de biomasse produite par l'ensemble des haies par an (le prix d'un homme-jour = 300Francs congolais équivalent à 0,5 \$)

Espèce	Surface couverte (ha)	Emondes produites (T M.S/ha.an)	Quantité d'émondes (T M.S/an)	Eléments fertilisants (en kg)			Coût d'aménagements des haies		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Semences+ opérations		HJ/4ha
							HJ/ha	HJ/4ha	
<i>Tithonia diversifolia</i>	2,112	16,40	34,6	1038,0	237,5	1042,0	---	---	---
<i>Leucaena leucocephala</i>	1,056	16,90	17,8 ¹	292,5	39,4	300,4	10	40	40
<i>Calliandra calothyrsus</i>	1,056	18,97	20,0	91,5	91,5	240,9	25	100	100
Totaux annuels	4,224	---	72,4	2203,2	410,5	1904,7	100	400	445
Situations à la 8 ^{ème} année	---	----	63,2	1890,4	368,4	1583,3	445	360	1345
									total

HJ= homme-jour (temps moyen d'exécution = 2h30') ; Qtté= quantité
 Barrios et Cobo (2004) ; Mate (2001).

¹ Stonnes d'émondes de *Leucaena leucocephala* seront utilisées pour l'alimentation du bétail à la 8^{ème} année d'exploitation.

Il ressort de ce tableau que les quantités de fertilisants recyclées chaque année par l'ensemble des haies sont de 2203,2 kg de N ; 410,5 kg de P₂O₅ et 1904,7 kg de K₂O. La quantité d'azote apportée par enfouissement est suffisante pour fertiliser 20 ha de maïs à la dose de 110 kg N/ha. Le coût total d'aménagement des haies est estimé à environ 1345 hommes-jours (HJ) (tableau I). Par ailleurs, à la huitième année d'exploitation, 8 tonnes de matières sèches d'émondages de *Leucaena leucocephala* seront utilisées dans l'alimentation de bétail. Il en restera donc 1890,4 kg de N ; 368,4 kg de P₂O₅ et 1583,3 kg de K₂O pour la fertilisation

2.3.5. Système de production fourrager

L'intensification de la production animale impose l'établissement des cultures fourragères, qui permettront d'améliorer substantiellement la production de fourrage et sa qualité. En utilisant des espèces de fourrage appropriées, et en adoptant des pratiques de cultures et d'exploitation convenables, les agro-éleveurs pourront améliorer la ration alimentaire de leur bétail tout en maintenant la bonne conservation des sols.

Globalement, les cultures fourragères répondront aux besoins suivants :

- augmentation de la production de fourrage ;
- amélioration de la qualité du fourrage ;
- constitution de réserves pour la saison de déficit fourrager (saison sèche) ;
- alimentation pour l'élevage intensif ;
- réhabilitation des sols par la fixation de l'azote, l'amélioration de la structure du sol par la matière organique apportée ;
- amélioration des jachères.

Pour ce faire, quatre espèces seront utilisées pour la production fourragère. Elles seront cultivées en association. Il s'agit du système *Brachiaria ruziziensis* R. German & Evrard, associé avec *Stylosanthes guyanensis* (JB Aublet) OP Swartz et celui de *Setaria sphacelata* (Schumach) MBMoss avec *Desmodium intortum* (Miller) Urban. En plus de ces espèces cultivées, il y a la jachère à pâturage communautaire que nous considérons être à dominance d'*Hyparrhenia diplandra*, 8 tonnes d'émondages de *Leucaena leucocephala* issues des haies et les résidus de cultures. Le tableau 2.2 donne les estimations de coût de production et des quantités de matières sèches (M.S) qui seront produites par an.

Tableau 2.2. Coût de production et quantités de fourrage produites par an

Type d'association	Ha emblavés	Production M.S (tonnes/ha.an)		Production M.S totale (tonnes/an)		Production totale (tonnes de M.S/ an)	Coût de production		
		A	B	A	B		Semence et opérations	HJ/ha et quantité semences	HJ/24ha coût
<i>Brachiaria</i> (A) + <i>Stylosanthes</i> (B)	11,972	10	10	59,86	29,93	89,790	<i>Desmodium</i> et <i>Stylosanthes</i> (semences)	180kg 600kg	--- ---
<i>Setaria</i> (A) + <i>Desmodium</i> (B)	11,972	10	5	59,86	29,93	89,790	<i>Brachiaria</i> et <i>Setaria</i> (semences) Fauchage	25 [*] 100 ^{**}	600 2400
<i>Hyparrhenia</i> (jachère commune)	47,888	3	---	143,67	---	143,664	Labour Semis Entretien Coupe fourrage	90 62 120 [†]	2160 1488 2880
Total	71,832	---	---	---	---	323,244	Total	-	9528

HJ=homme-jour
Renard (2001), SOCOODEFI (2004).

La quantité totale de matières sèches produite sur le bloc à cultures fourragères s'élève à 180 tonnes et celle de la jachère à pâturage communautaire est de 144 tonnes, soit un total de 323 tonnes de matières sèches produites par an.

Au sujet des coûts, les principaux éléments nécessaires à la culture fourragère seront les suivants : achat des semences, établissement de la culture fourragère, protection phytosanitaire et main-d'œuvre.

2.3.6. Système de production des cultures vivrières

Comme dans le système traditionnel, les cultures vivrières seront conduites en association. Il s'agit des associations : manioc-maïs, manioc-arachide, maïs- arachide, maïs- haricot et maïs- riz. Elles seront fertilisées au moyen des émondes coupées des haies. Les tableaux 2.3 et 2.4 présentent les coûts liés aux opérations et la répartition des cultures vivrières au sein du système.

Tableau 2.3. Coût¹ des opérations et des semences de cultures vivrières

Opérations culturales	HJ/ha	Coût des semences	
		Cultures	Quantités/ha
- Fauchage	25	manioc	4 000 m linéaires
- Labour	100	maïs	12 kg (grains)
- Coupe engrais vert (émondes)	120 (5t m.s)	arachides	100 kg (gousses)
- Enfouissement engrais vert (émondes)	60	haricot	60 kg (graines)
- Semis maïs ou manioc	30	soja	70 kg (graines)
- Semis arachide (ou haricot, soja, riz, maïs)	30	riz	50 kg (grains)
- 2 Sarclages	100		
- 2 Récoltes	90		
- Egrenage maïs + battage riz/ haricot ou soja	70		
- Vanage de riz	70		
Total	695		

Outre les rendements escomptés, on aura divers sous-produits comme la paille de maïs et de riz, les fanes et coques d'arachides, les balles et les sons de riz, les cosses de haricots et de soja, etc. Les fanes d'arachide seront enfouies dans le sol. Les restes de résidus (soit 53034,6 kg de M.S) serviront dans l'alimentation du bétail.

¹ Le coût sera évalué par opération culturale en fonction du prix d'un HJ. Il doit être mis à jour en fonction de la variation dudit prix

Tableau 2.4. Répartition des systèmes au sein du bloc à cultures vivrières et sous produits destinés à l'alimentation du bétail

Type d'association	Superficie (ha)	Production principale (en t/ha)		Production principale (t/paysannat)		Sous-produits destinés à l'alimentation du bétail (en tonnes)									
		A	B	A	B	Epluchures manioc (26%aracines)	Feuilles manioc	Son et balles de riz (37% paddy)	Cosses soja (43% gousses)	Cosses haricot (43%gousses)	Coques arachide (17% gousses)	Paille de riz	Paille de maïs		
manioc(A)+maïs(B)	3,99	10	1,5	40	6,0	10,4	3,99	--	--	--	--	--	--	8,4	
manioc(A)+arachide(B)	3,99	10	0,8	40	3,2	10,4	3,99	--	--	--	0,544	--	--	--	
maïs (A)+arachide(B)	3,99	1,5	0,8	6,0	3,2	--	--	--	--	--	0,544	--	--	8,4	
maïs(A)+haricot(B)	3,99	1,5	0,6	6,0	2,4	--	--	--	--	1,72	--	--	--	8,4	
maïs(A)+soja(B)	3,99	1,5	0,6	6,0	2,4	--	--	--	1,7	--	--	--	--	8,4	
maïs (A) +riz (B)	3,99	1,5	1,5	6,0	6,0	--	--	1,98	--	--	--	7,2	--	8,4	
Total (en tonne)	23,94	--	--	--	--	20,8	7,98	2,22	1,72	1,72	1,09	7,2	42		
% matière sèche (M.S)	--	--	--	--	--	27,3	27,3	90	89,1	86	92,4	92,3	77,4		
Total M.S (en kg)	--	--	--	--	--	5678,4	2178,5	1998	1532,5	1479,2	1007,2	6652,8	32508		

FAO (2005) ; INERA (2005) ; Defoer et al. (2000) ; Pissinaba (2005) ; Hubert (2005)

Tableau 2.5. Préviation de l'état du cheptel- évolution du troupeau suivant les années-

Age Année	3ans	4	5	6	7	8	9	10	11	Vente vache	Total vache	Veaux nés/sevrés	Gen1	Gen2	taur 1	taur 2	taur 3	taur 4	Vente taur.	Troupe au
1 ^{ère}		25									25	17/15								40
2 ^{ème}			24								24	16/14	7		8					53
3 ^{ème}				23							23	16/14	7	6	7	7				64
4 ^{ème}	5				22						27	19/17	7	6	7	6	6			76
5 ^{ème}	5	4				21					30	21/19	8	6	9	6	5	5		88
6 ^{ème}	5	4	3				20				32	22/20	9	7	10	8	5	4	5	95
7 ^{ème}	6	4	3	2				17		2	32	22/20	10	8	10	9	7	4	4	100
8 ^{ème}	7	5	3	2	1				12	4	30	21/19	10	9	10	9	8	6	4	101
9 ^{ème}	8	6	4	2	1	0				12	21	14/13	9	9	10	9	8	7	6	86

Gen1 = génisses d'un an ; Gen2= génisses de 2 ans ; Taur1 ; 2 ; 3 ; 4 =taurillons de 1 ; 2 ; 3 et 4 ans.
Huart et Leroy (2003)

Avant de penser à toute possibilité d'amélioration génétique, nous utiliserons d'abord les races locales notamment, l'Afrikander (originaire d'Afrique australe) et l'Ankolé (d'origine ougandaise).

D'autre part, pour l'alimentation de ces bovins, les agro-éleveurs disposeront de 384,3 kg de matière sèche par an (tableau 2.6).

Tableau 2.6. Les aliments disponibles et leurs valeurs alimentaires

Aliment	% M.S	M.S disponible (kg)	MAD ou MPD (g/kgM)	Ca (g)	P (g)	UF
<i>Hyparrhenia diplandra</i> (15j végétation)	28	143664	42	0,28	0,15	0,57
<i>Brachiaria ruziziensis</i> (à 5 semaines)	20,9	59860	4,3	0,50	0,36	0,64
<i>Stylosanthes guyanensis</i> (à 5 semaines)	21	29930	154	1,44	0,47	0,73
<i>Setaria sphacelata</i> (5 à 6 semaines)	21,9	59860	2,7	0,28	0,28	0,63
<i>Desmodium intortum</i>		29930	120			0,65
<i>Leucaena leucocephala</i> (7 semaines)	27,4	9200	16,1	0,98	0,23	0,89
paille de riz	92,3	6652,8	0	0,19	0,08	0,42
paille de maïs	77,4	32508	0	0,48	0,10	0,30
coques d'arachide	92,4	1007,2	14	0,20	0,04	0,08
son + balles de riz	90	1998	68	0,15	0,78	0,46
cosse de soja	89,1	1532,5		0,81	0,26	
cosse de haricot	86	1479,2	6,0	0,87	0,12	0,50
épluchures de manioc	27,3	5678,4	1,0	0,34	0,13	0,60
feuilles de manioc (vertes)	27,3	2178,5	94	0,92	0,51	0,64
Total	---	385478,6	---	---	---	---

MS : Matières sèches ; MAD = matières azotées digestibles ; MPD = matières protéiques digestibles ; UF = unités fourragères ; M.S = matière sèche

Rivière (1991) et Rivière (1979)

Considérant une consommation moyenne journalière de 6,25 kg de matière sèche par UBT et un coefficient moyen d'utilisation de phytomasse de 0,6 (60%), cette quantité d'aliments est suffisante pour nourrir 101 UBT par an. Durant la 1^{ère} année de mise en œuvre du projet, les bovins se nourriront de la biomasse du pâturage communautaire qui sera complétée par quelques résidus de cultures. Ce n'est qu'à partir de la 2^{ème} année que les biomasses de la sole fourragère seront disponibles. On donnera des quantités correspondantes au nombre des animaux comme le montre le tableau 2.7.

Les biomasses restantes seront enfouies dans le sol pour la fertilisation des cultures vivrières. La taille du troupeau sera gérée de manière à éviter toute surcharge. Comme on le constate dans le tableau 2.7., au bout de 8 ans d'exploitation, 19 bœufs de 5 ans et 18 vaches auront été vendus. La taille de l'ensemble du troupeau restant sera de 73 têtes de bovins dont 21 vaches, 9 génisses de 1 an, 9 génisses de 2 ans, 10 ; 9 ; 8 ; 7 taurillons respectivement de 1 ; 2 ; 3 ; 4 ans. Ainsi, chaque ménage pourra, au bout de 8 ans d'exploitation, posséder au moins 3 têtes de bœufs.

Tableau 2.7. Biomasses consommées au cours de 8 années d'exploitation

Année	Taille troupeau	Besoins aliments (t M.S/an)	Biomasses disponibles (t M.S/an)				Biomasse restante (t)	Qté enfouie (24ha)	
			Pâturage commun	Sole fourragère	Résidus cultures	<i>Leucaena</i> (haie)			total
1 ^{ère}	40	152,1	143,7	0	53	0	196,7	44,6	1,9
2 ^{ème}	53	201,5	143,7	179,6	53	0	376,3	174,8	7,3
3 ^{ème}	64	243,3	143,7	179,6	53	0	376,3	133	5,5
4 ^{ème}	76	289	143,7	179,6	53	0	376,3	87,3	3,6
5 ^{ème}	88	334,6	143,7	179,6	53	0	376,3	41,7	1,7
6 ^{ème}	95	361,2	143,7	179,6	53	0	376,3	15,1	0,6
7 ^{ème}	100	380,2	143,7	179,6	53	0	376,3	3,9	0,1
8 ^{ème}	101	384	143,7	179,6	53	8	384,3	0	0

Defoer *et al.* (2000)

Concernant la production laitière, le tableau 2.8 donne des prévisions analysées pour une durée de 8 ans d'exploitation. La production journalière est estimée à 2 litres/vache/jour¹ et cela pendant 5 mois au cours de l'année (CIRAD, 2002).

Tableau 2.8. Productions estimées de lait en 8 années d'exploitation

Année d'exploitation	Nbre vaches allaitantes	Production lait (L/an)
1 ^{ère}	17	5 100
2 ^{ème}	16	4 800
3 ^{ème}	16	4 800
4 ^{ème}	19	5 700
5 ^{ème}	21	6 300
6 ^{ème}	22	6 600
7 ^{ème}	22	6 600
8 ^{ème}	21	6 300
Total	--	46 200

CIRAD (2002)

La quantité totale de lait qui sera produite au bout de 8 ans d'exploitation s'élève à 46200 litres (tableau 2.8).

En plus, les déjections des animaux permettront d'obtenir du fumier dont les quantités prévisionnelles sont présentées au tableau 2.9. Un UBT produit en moyenne 1026 kg de matière sèche de déjections par an (Defoer *et al.*, 2000 ; Lavigne, 1996).

¹ Ici, nous prenons la production laitière la plus faible pour les taurins africains issus de la race N'dama (2 litres représentent la quantité prélevée par jour soit 40 % de la production totale).

Tableau 2.9. Déjections produites et leurs valeurs en éléments fertilisants

Année d'exploitation	Blocs pâturés (bloc=25ha) (l'annexe)	UBT	M.S déjection (Kg/2blocs)	M.S (kg/ ha)	Fertilisants déposés par ha (kg/ha)		
					N (2,1%M)	P ₂ O ₅ (1,8%M)	K ₂ O (0,6%M)
1 ^{ère}	I et II	40	41 040	820,8	17,2	15,0	5,4
2 ^{ème}	I et II	53	54 378	1 087,6	22,8	19,9	7,2
3 ^{ème}	II et III	64	65 664	1 313,3	27,6	24,0	8,7
4 ^{ème}	II et III	76	77 976	1 559,5	32,7	28,5	10,3
5 ^{ème}	III et IV	88	90 288	1 805,8	37,9	33,0	11,9
6 ^{ème}	III et IV	95	97 470	1 949,4	40,9	35,7	12,9
7 ^{ème}	IV et I	100	102 600	2 052	43,1	37,6	13,5
8 ^{ème}	IV et I	101	103 626	2 072,5	43,5	37,9	13,7

UBT= unité bétail tropical ; M.S= matière sèche Defoer *et al.* (2000) ; Lavigne (1996).

Chaque bloc aura été pâturé 4 fois au cours des 8 ans d'exploitation. Un hectare du bloc IV, par exemple, aura successivement bénéficié de 1805,8 ; 1949,4 ; 2052 ; 2072,5 kg de matière sèche de déjections, au cours de 4 années d'exploitation (soit en moyenne 1970 kg M.S par an). Dans ce modèle, nous prévoyons d'aménager des kraals pour le maintien du troupeau en stabulation nocturne. De ce fait, les déjections nocturnes (soit 1970kg/2= 985kg) seront mélangées à la litière issues des restes des aliments (40% aliments non utilisés). En mélangeant 625 kg de litière avec 500 kg de M.S de déjections pour avoir 1 tonne de fumier (Defoer *et al.*, 2000), nous aurons produit en moyenne 1970 kg M.S de fumier (déjections mélangées à la litière) plus 985 kg M.S de déjections laissées la journée sur l'aire de pâturage communautaire. Ceci donne au total une production de 2955 kg M.S de fumier par ha et par an sur ce bloc. Cette quantité de fumier est suffisante pour maintenir le taux d'humus d'un sol perdant 0,89 tonnes d'humus par ha et par an (Defoer *et al.*, 2000 ; Lavigne, 1996).

En considérant que seuls les taurillons sont utilisés dans la traction avant d'être vendus et cela à partir de l'âge de deux ans, avec une masse d'environ 250 kg, la quantité d'énergie disponible dans cette exploitation peut aussi être évaluée. Le tableau 2.10 présente l'accroissement de l'énergie disponible dans l'exploitation au cours de 8 ans.

Selon Destain (2002), la force de travail de traction moyenne qu'un bovin peut fournir en continu est équivalente au 1/7 de son poids. Considérant une vitesse de travail moyenne de 0,6m/s, un bœuf de 250kg développera donc une puissance égale à : $250 \times 9,81 \times 0,6/7 = 210$ watt, soit 0,29 CV. L'effort humain est évalué à 0,1CV. A la troisième année d'exploitation, on aura 3 paires de bœufs de trait et à la huitième, 11 y seront disponibles. Celles-ci permettront de labourer 3,5ha par jour.

Tableau 2.10. Energie de traction bovine disponible au cours de 8 ans d'exploitation

Année	Nbre de bœufs de traction	Energie en CV/0,6(m/s)/boeuf	Energie totale en CV/jour (7,5heures)	Nbre d' ha labourables/jour	Nbre de paires de boeufs
1 ^{ère}	0	0	0	0	0
2 ^{ème}	0	0	0	0	0
3 ^{ème}	7	2,03	54810	1,0	3
4 ^{ème}	12	3,48	93960	1,8	6
5 ^{ème}	16	4,64	125280	2,4	8
6 ^{ème}	17	4,93	133110	2,6	8
7 ^{ème}	20	5,80	156600	3,0	10
8 ^{ème}	23	6,67	180090	3,5	11

Destain (2002). CV= cheval Vapeur

Une paire de bœufs permettra de réduire le temps de labour en moyenne de 300heures à 25heures (Destain, 2002). L'usage de la traction bovine va alléger les tâches de labour et de transport des récoltes. Pour ce faire, il faudra disposer des outils de traction bovine (charrues et charrettes).

2.3.8. Rotations temporelles et spatiales des composantes

Différentes rotations auront lieu dans ce système, aussi bien entre les blocs qu'à l'intérieur du bloc. Ce système que nous pouvons qualifier de « tournant » aura deux types de rotations. Le premier type de rotation est celui qui se fera au sein du bloc des cultures vivrières entre les différentes combinaisons de cultures et au sein de ceux du pâturage communautaire. Ici, deux parcelles sur 8 seront mises en défens et six parcelles seront exploitées en saison sèche. Deux parcelles seront exploitées en saison des pluies.

Le deuxième type de rotation consistera à déplacer les composantes d'un bloc à l'autre tous les deux ans, soit après 4 saisons culturales. Les cultures vivrières céderont la place aux cultures fourragères et occuperont l'un des deux blocs pâturés et ainsi de suite. Au cours de ces deux ans, le bloc à cultures fourragères servira à fournir pendant les saisons sèches, une herbe suffisamment nutritive pour éviter les pertes de poids anormales se posant en cette période. Aussi, cette mise en réserve de pâturage et du feu pendant deux ans, du bloc à cultures fourragères, permettra de prévenir la dégradation éventuelle des sols.

2.4. Flux et effets des composantes du modèle

2.4.1 Fertilisation du sol (effet agronomique et écologique)

Au sein de ce modèle, différentes composantes vont contribuer à la restauration et au maintien de la fertilité du sol de manières différentes. Nous avons estimé que le stock en humus du sol pourra diminuer de 60,8 à 50,43 tonnes (soit 17%) dans le système traditionnel alors qu'il ne passera que de 60,8 à 57,2 t (soit 6%) avec le modèle proposé. La figure 2.2 illustre l'évolution de ces deux situations.

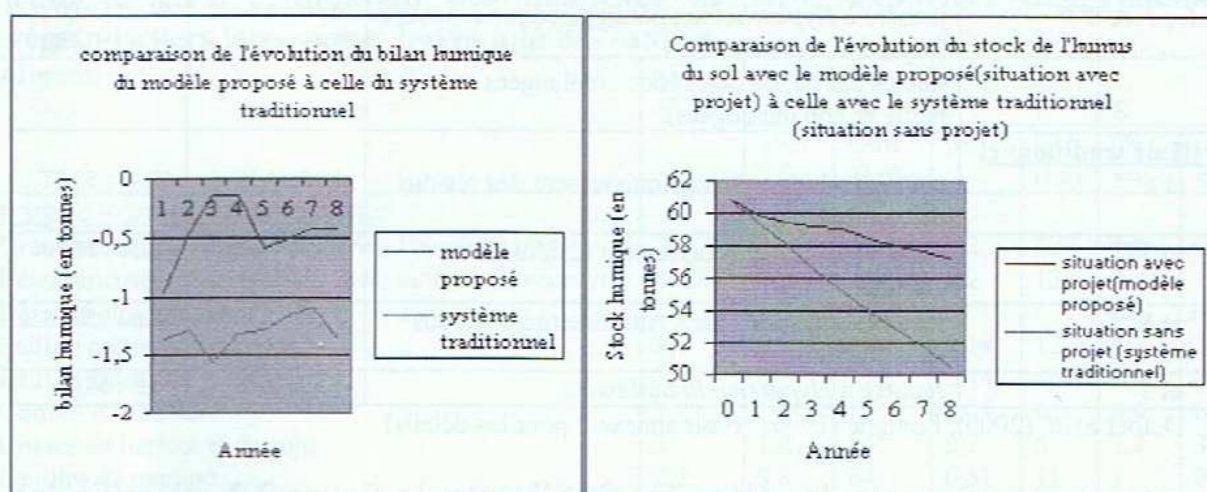


Figure 2.2 : Quantité d'humus du sol (Defoer *et al.*, 2000).

Les courbes de ces graphiques montrent que le modèle d'exploitation mixte présente plus d'avantages que le système traditionnel. La courbe du bilan humique du modèle proposé tend vers l'équilibre.

Le deuxième avantage du modèle se situe au niveau de l'amélioration de la fertilité du sol à partir de la fixation biologique de l'azote de l'air (N_2). En effet, les légumineuses fourragères de ce modèle fixent plus d'azote que les légumineuses vivrières. *Desmodium intortum*, par exemple, fixe jusqu'à 897 kg de $N \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$ équivalant à un apport de 1950 kg d'Urée (46% de N). La quantité totale de N fixé par l'ensemble des légumineuses de l'exploitation dans 8 ans peut être estimée à 46 tonnes. L'établissement de ces cultures dans la rotation aura donc un effet bénéfique sur la réhabilitation et la gestion de la fertilité du sol.

Tableau 2.11. Comparaison de l'évolution de l'humus du sol avec le modèle proposé à celle avec le système traditionnel (rotation sur un ha du bloc IV).

Année	Successions des systèmes d'exploitation (coefficient de minéralisation K_2 estimé à 3%/an ; teneur en humus au temps $t_0 = 0,019$; Stock humus du sol initial = 60,8 tonnes)	Bilan humique	Stock humus après l'année
Modèle proposé 1 ^{ère}	maïs- arachide ; enfouissement 3,2t de biomasse de <i>Tithonia</i> et engrais verts, et des résidus d'arachide	-0,96	59,84
2 ^{ème}	maïs- riz ; enfouissement 5 t de biomasse de <i>Tithonia</i> et engrais verts, et des 5,1 t de la biomasse (fourragère).	-0,46	59,38
3 ^{ème} & 4 ^{ème}	cultures fourragères : <i>Brachiaria</i> et <i>Stylosanthes</i> (associat. 50% : 50%)	-0,15 ; -0,15	59,23 ; 59,08
5 ; 6 ; 7 & 8 ^{ème}	jachère à <i>Hyparrhenia</i> ; pâturage communautaire (déjection animale : 2,71 ¹ ; 2,92 ; 3,1 ; 3,11 tonnes par ha de déjections : mélangées avec la paille et non mélangées).	-0,59 ; -0,5 -0,43 ; -0,42	58,49 ; 58,0 ; 57,6 ; 57,18
Système traditionnel 1 ^{ère} et 6 ^{ème}	maïs- arachide ; sans enfouissement des résidus de cultures	-1,35 ; -1,15	59,45 ; 52,87
2 ^{ème} et 7 ^{ème}	maïs- riz ; sans enfouissement résidus de cultures	-1,27 ; -1,09	58,18 ; 51,79
3 ^{ème} et 8 ^{ème}	manioc- arachide ; sans enfouissement résidus de cultures	-1,56 ; -1,36	56,62 ; 50,43
4 ^{ème} et 5 ^{ème}	Jachère à <i>Hyparrhenia diplandra</i>	-1,32 ; -1,28	55,3 ; 54,02

Defoer *et al.* (2000), Lavigne (1996) (voir annexe 2 pour les détails)

Quant aux mouvements des éléments fertilisants, la figure 2.3 quantifie les entrées et les sorties des éléments majeurs (NPK) entre les différents systèmes. Il en ressort qu'au bout de 8 ans, à peu près 46 t N auront été fixées au sol (de l'exploitation) à partir de l'atmosphère.

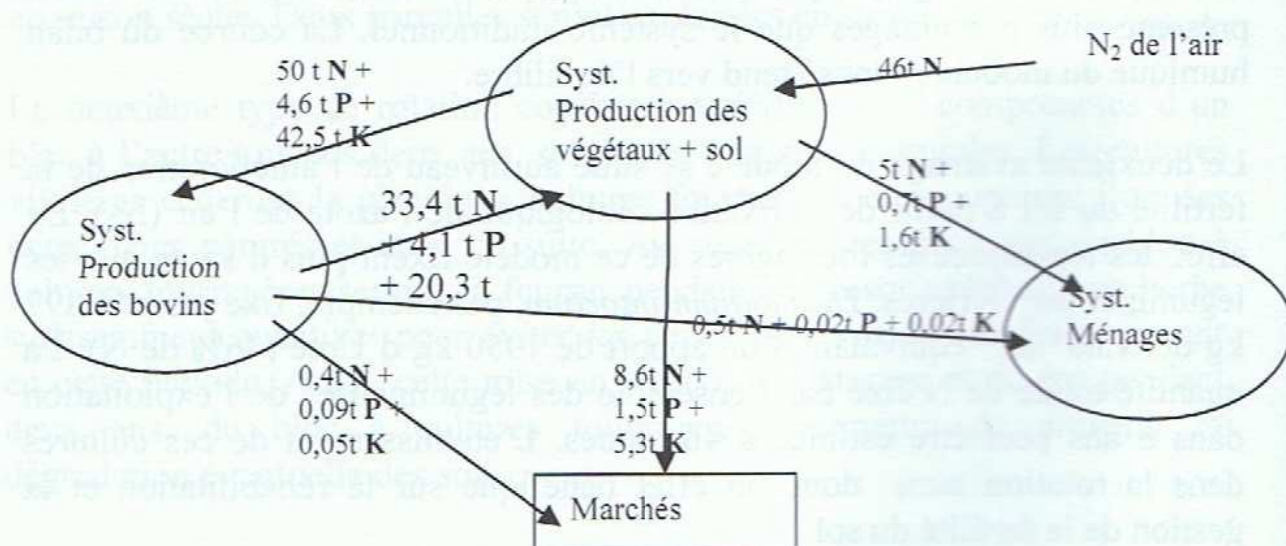


Figure 2.3. Bilan des flux de NPK après 8 ans d'exploitation

¹ 2,71 tonnes = 1805,8 kg M.S déjection (tableau IX) / 2 x 1 tonne fumier / 500 kg M.S déjection + 1805,8 kg M.S déjection / 2 tonnes

Mais l'exploitation aura perdu environ 14,5t N ; 2,3t P et 6,97t K dont 5,5t N ; 0,72t P ; 1,62t K ayant été consommés par les ménages sous forme de lait et produits végétaux ; et 9t N ; 1,59t P ; 5,35t K vendus aux marchés sous forme d'animaux, produits végétaux et lait.

De ce fait, lors du deuxième cycle d'exploitation (c'est-à-dire après les 8 années d'exploitation), il faudra penser à apporter du phosphore (soit 23kg P/ha) et du potassium (soit 69,7 kg K/ha) au système, en les combinant avec l'engrais vert.

Tableau 2.12. Estimation des quantités de NPK exportées des systèmes végétaux vers le système bovin à la 8^{ème} année.

Aliments	MS (T)	N		P		K	
		(%)	Qtité (kg)	(%)	Qté (kg)	(%)	Qtité (kg)
<u>svstème fourrager et agroforestier</u>							
Graminées (<i>Brachiaria ; Setaria ; Hypparrhenia</i>)	263,4	2,1	5531	0,2	527	1,8	4741
Légumineuses (<i>Desmodium, Stylosanthes, Leucaena</i>)	67,9	3,2	2173	0,2	136	2,2	1494
<u>Résidus des cultures</u>							
Paille +balles et sons de riz	8,7	1	87	0,14	12,2	1,7	148
Paille de maïs	32,5	0,8	276	0,14	46	1,2	390
Coques d'arachide	1	1	10	0,05	0,5	0,6	6
Cosses de haricot et de soja	3	1,8	54	0,2	6	1,2	36
Feuilles de manioc	2,2	3,8	84	0,51	11	1	22
Epluchures de manioc	5,7	0,2	11	0,13	7	0,8	46
total	384	--	8226	--	746	--	6883

Defoer *et al.* (2000) ; Rivière (1979)

Les haies (*Tithonia diversifolia* et engrais verts), le fumier, les cultures fourragères et vivrières et le labour auront donc des effets cumulés sur la restitution de la matière organique au sol car il y aura davantage la fixation de l'azote au sol, la production d'engrais verts, de fumier, des racines et des déchets (résidus de récolte).

2.4.2. Rentabilisation des résidus de cultures (effet économique et environnemental)

Comme évoqué précédemment, divers résidus de cultures seront utilisés dans l'alimentation du bétail et seront combinés aux principaux fourrages de ce modèle. Les tableaux 2.13 et 2.14 présentent respectivement les aliments dont les agro-éleveurs disposeront et à partir desquels ils pourront faire des combinaisons des rations selon chaque catégorie de bovins (vache allaitante, gestante ; bœufs de trait ; génisses et taurillons) et les besoins nutritionnels journalier d'une paire de bœufs de trait.

Tableau 2.13. Les aliments disponibles et leurs valeurs alimentaires

Aliment	% MS	M.S (kg)	MPD (g/kg MS)	Ca (g)	P (g)	UF
- <i>Hypparrhenia diplandra</i> (à 15j de végétation)	28	143664	42	0,28	0,15	0,57
- <i>Brachiaria ruziziensis</i> (à 5 semaines)	20,9	59860	4,3	0,50	0,36	0,64
- <i>Stylosanthes guyanensis</i> (à 5 semaines)	21	29930	154	1,44	0,47	0,73
- <i>Setaria sphacelata</i> (5 à 6 semaines)	21,9	59860	2,7	0,28	0,28	0,63
- <i>Desmodium intortum</i>		29930	120			0,65
- <i>Leucaena leucocephala</i> (7 semaines)	27,4	9200	16,1	0,98	0,23	0,89
- paille de riz	92,3	6652,8	0	0,19	0,08	0,42
-paille de maïs	77,4	32508	0	0,48	0,10	0,30
-coques d'arachide	92,4	1007,2	14	0,20	0,04	0,08
-son + balles de riz	90	1998	68	0,15	0,78	0,46
-cosse de soja	89,1	1532,5		0,81	0,26	
-cosse de haricot	86	1479,2	6,0	0,87	0,12	0,50
-épluchures de manioc	27,3	5678,4	1,0	0,34	0,13	0,60
-feuilles de manioc (vertes)	27,3	2178,5	94	0,92	0,51	0,64
Total	---	385478	---	---	---	---

MPD = matières protéiques digestibles ; UF= unités fourragères ; M.S= matière sèche
Rivière (1991) et Rivière (1979)

Tableau 2.14. Besoins nutritionnels journalier d'une vache laitière et d'une paire de bœufs de trait (pesant 250 kg chacun)

Catégories	Matière azotée Utilisable (g MS)	Ca (g)	P (g)	Energie (UF)	Vitamine A & D (UI/kg d'aliment)
<u>Vache laitière</u>					
entretien (250kg)	250 x 0,6=150	5x2,5=12,5	3 x 2,5=7,5	2,3	A=15000 UI
lactation (objectif : 5kg)	5 x 60=300	5 x 3=15	5x2,5=12,5	0,38x5=1,9	D=2500 UI
total	450	27,5	20	4,2	
<u>paire bœufs (500kg)</u>	0,8 x 500=400	--	--	3,8x5/2=9,5	

Source : Rivière (1979)

Pour les génisses et taurillons en croissance, l'alimentation suivra les normes suivantes : Kg M.S=1,8 + 1,8% de poids vif ; UF=1+1,5% de P.V ; MAD=125g x UF ; NaCl =5g/100kg P.V + 2g/kg de gain journalier (Rivière, 1979).

Tableau 2.15. Besoins en Ca et P suivant les poids vifs des bovins en croissance

Poids vif (en kg)	20	50	75	100	125	150	200	250	300	400	500
Ca (en g/j)	12	14	18	20	24	26	32	38	39	43	47
P (en g/j)	5	9	11	14	15	19	23	29	29	34	38

Source : Pozy et Dehareng (1996)

2.4.3. Réduction de la pénibilité du travail

Ce modèle d'agriculture mixte va permettre aux cultivateurs et aux éleveurs exclusifs de se convertir à la fois à l'élevage et à la production végétale. En territoire de Fizi, pour retourner un ha il faut 100 hommes-jours (avec 1HJ égale en moyenne 2,5heures, soit au total 250 heures). Ce temps sera réduit jusqu'à environ 25heures/ha (soit 3,5jours) grâce à la traction bovine (avec une paire de bœuf). En plus du labour, la traction bovine va permettre d'alléger le travail de transport de l'engrais vert, de récolte vers l'habitation

et réduire le nombre d'hommes-jours requis pour l'application d'engrais verts. La figure 4 compare l'évolution de la quantité de travail requise par unité travailleur agricole annuel (UTA) du modèle préconisé à celle du système traditionnel (si l'on considère, dans les deux cas, une superficie agricole totale par ménage de 5 ha). Sur cette figure on remarque que la quantité de travail/UTA diminue sensiblement au fil des années, dans le modèle préconisé.

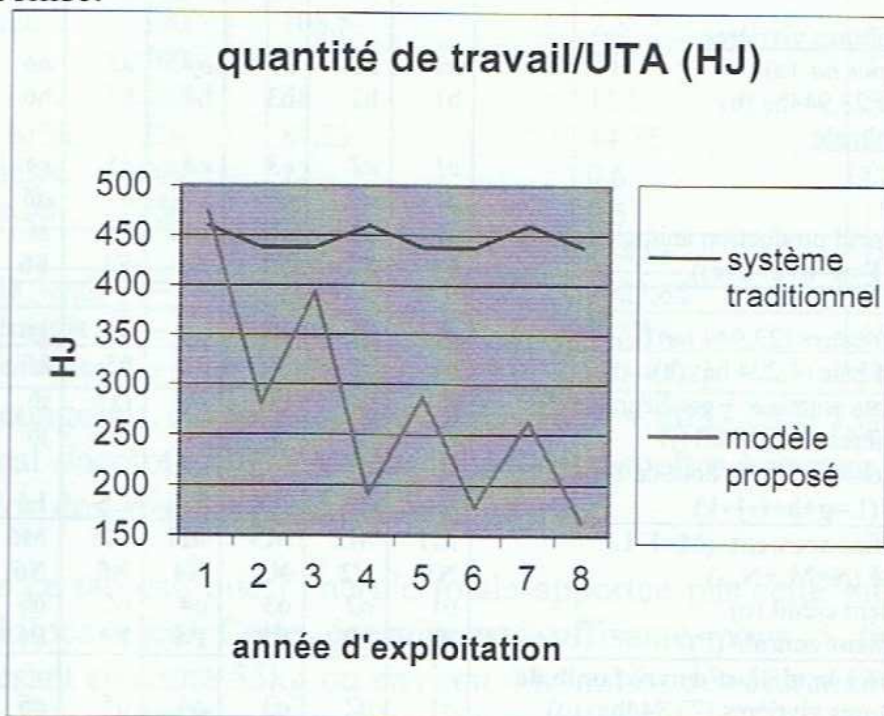


Figure 2.4 : Comparaison de l'évolution de la quantité de travail par unité travailleur agricole annuel (UTA) dans le modèle et dans le système traditionnel (exploitation de 2,5 ha avec jachère de 2,5 ha/ménage).

Le travail est plus intense la première année d'exploitation (avec 474HJ/UTA) mais diminue jusqu'à environ 178, 263 et 163 HJ/UTA respectivement à la 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} année. Dans le système traditionnel, par contre, la quantité de travail reste élevée ; elle n'oscille qu'entre 460 et 438 HJ/UTA au cours de 8 ans d'exploitation.

2.4.4. Sécurité de revenu (effet économique)

Les principaux intrants et extrants de ce complexe systémique sont présentés au tableau 2.16. Ce tableau montre la manière d'évaluer le revenu moyen de 20 ménages d'agro-éleveurs pratiquant ce modèle à partir de l'analyse de différents flux financiers au cours de 8 ans d'exploitation.

La sécurité de revenu des agro-éleveurs se situera d'abord au niveau de la production végétale. Grâce à la pratique d'associations culturales, ils auront la garantie de récolter et de ne pas tomber totalement en faillite malgré les aléas climatiques, phytopathologiques et la baisse éventuelle des prix de certains produits sur le marché. La combinaison avec l'élevage bovin va

permettre la transformation des sous produits des cultures en produits de grande valeur (lait, viande...) et diminuera aussi les risques de destruction des productions agricoles en cas de manque de marché.

Tableau 2.16. Principaux intrants et extrants du modèle d'exploitation mixte (en \$)

Année	1	2	3	4	5	6	7	8
Gains								
<u>Production cultures vivrières</u>								
-gain moyen par ha (a)	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
-gain total par 23,944ha (b)	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
<u>Production animale</u>								
-vente bœufs (c)	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8
-vente lait (d)	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8
-gain total annuel production animale (e)	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8
Total gains (F=a+b+c+d+e)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Pertes								
Cultures fourragères (23,944 ha) (g)	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
Mise en place haie (4,224 ha) (h)	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	h8
Investissements animaux + gardiennage (i)	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8
Cultures vivrières (23,944ha) (j)	j1	j2	j3	j4	j5	j6	j7	j8
-valeur cheptel restant ¹ au bout de 8ans (k)								-k
Total pertes (L=g+h+i+j+k)	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Solde avant financement (M=F-L)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Solde cumulé (N=M_n+N_{n-1})	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
Remboursement crédit (o)	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8
Remboursement cumulé (P)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coût attribué à la main-d'œuvre familiale								
- travaux cultures vivrières (23,944ha) (q)	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8
-travaux cultures fourragères (23,944ha) (r)	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
-travaux mise en place des haies (s)	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
-gardiennage des animaux (t)	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Total coût de la main-d'œuvre familiale (U=q+r+s+t)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8
Gain moyen/ménage (main œuvre) (V=U/20)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Gain moyen cumulé par ménage (mo) (W=V_n+W_{n-1})	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
Revenu moyen par ménage (X=(F1-L2-P1)/20 + V1)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Revenu moyen par ménage cumulé (Y=X_n+Y_{n-1})	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8

Dillon et Hardaker (1983)

En effet, comme le dit Griffon (1998, cité par CIRAD, 1999), la spécialisation rend les exploitations agricoles plus sensibles et vulnérables à des changements de prix.

2.4.5. Sécurité alimentaire (effet nutritionnel)

L'alimentation des ménages des agro-éleveurs sera sécurisée par la diversité des productions offertes par ce modèle. Le tableau 2.17 donne l'exemple d'une ration alimentaire à base des denrées disponibles (récoltées) dans l'exploitation.

¹ Les 52 petits étant supposés vendus au prix moyen de 150\$ par tête.

Tableau 2.17. Valeur pécuniaire et alimentaire d'une ration journalière à base des produits de ce modèle d'exploitation mixte

Menu	Qtté (g/jour)/ ménage	Valeur alimentaire (en g)		
		Protéines (1g=4kcal)	Lipides (1g=9kcal)	Glucides (1g=4kcal)
manioc (farine)	500	5,5	2,5	441
maïs (farine)	750	71,25	30	540
riz	500	35	3	399
haricot commun	500	108,5	7,5	304,5
lait entier	500	19	24	27
arachide	250	58	112	57,5
soja (fève ou farine)	250	84,25	44,75	84,75
feuilles de manioc	300	12	0,6	13,2
feuilles de haricot	250	10	0,5	11
Total		403,5	224,85	1877,95
Apport énergie (kcal)	---	1614	2023,65	7511,8
Pourcentage énergie	---	14,5%	18,2%	68%
Normes référentielles	---	[12-14%]	[20-40%]	[45-58%]

FC= Franc congolais. Apport énergie total = 1614 + 2023,25 + 7511,8 kcal = 11149,45 kcal Jacotot (1983). Valeur monétaire à mettre à jour en fonction de la variation des prix des produits sur le marché

Il ressort de ce tableau que l'énergie totale apportée par cette ration est de 11.149,45 kilocalories. Cette énergie est suffisante pour 5 femmes de référence pesant chacune 55kg ou environ 4 hommes de référence¹ (de 65kg chacun) (Jacotot, 1983). Cependant, cette ration comporte un excès d'énergie d'origine glucidique et un déficit en celle d'origine lipidique. Pour subvenir à ce déséquilibre, il suffira de vendre un peu de glucides pour se procurer des lipides supplémentaires. Les dépenses totales annuelles de nourritures (autoconsommation par le ménage) représentent environ 43% de la production ou du revenu agricole du ménage.

En somme, les effets synergiques pour l'équilibre économique et écologique seront multiples dans ce système. La figure 1.5 illustre les principaux flux de ce complexe systémique (*Tithonia diversifolia* et engrais vert, système d'élevage, système des cultures vivrières, système production végétales, système des cultures fourragères, système d'organisation social et système ménage). Il s'agit surtout des flux en matière organique, animaux et leurs produits, énergie, monnaie, etc. Il résultera de l'optimalisation de ces flux, une augmentation de la production végétale et fourragère qui pourront entraîner une augmentation du nombre des animaux à entretenir et de la production de fumier utilisable pour soutenir la fertilité du sol.

¹ Une femme et un homme de référence doivent consommer respectivement 2200 et 3000 kcal/jour (Jacotot, 1983).

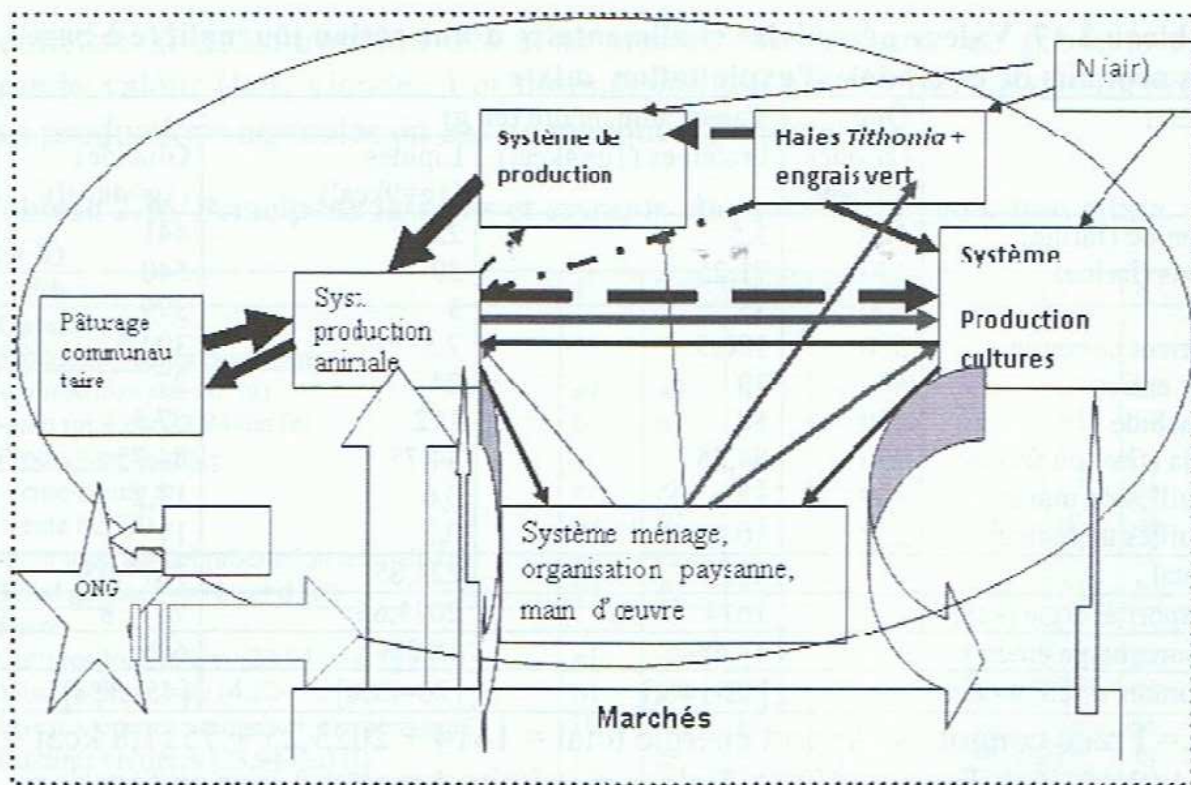
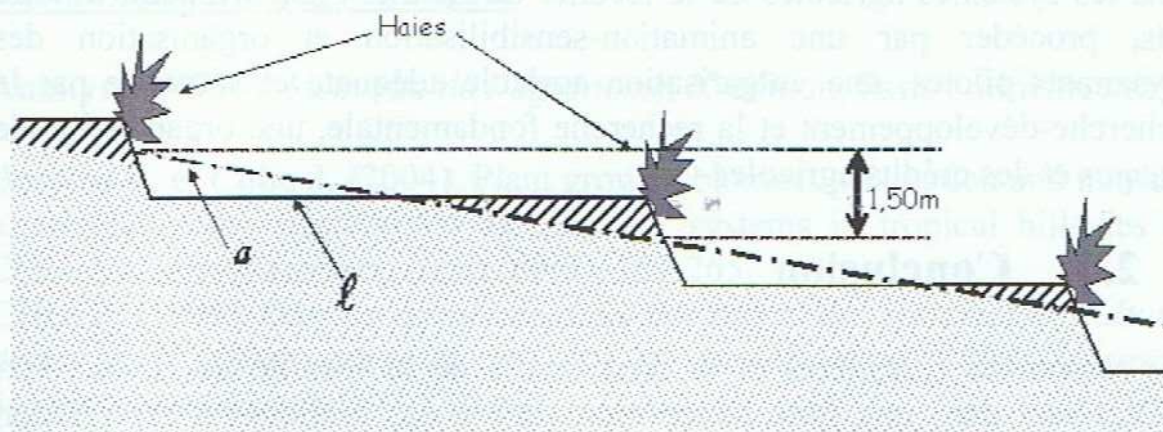


Figure 2.5 : quelques flux et interrelations caractérisant le modèle proposé

L'intensification se fera dans le sens d'une augmentation continue de la fertilité des sols et du niveau de revenu des ménages des agro-éleveurs.

2.5. Adaptation du modèle en zone accidentée

Le relief des zones accidentées du territoire de Fizi prédispose leurs terres à l'érosion. L'utilisation intensive de ces terres doit prendre en compte des mesures de lutte antiérosives (à haies obstacles filtres). De ce fait, l'application du modèle d'exploitation mixte proposé ci-dessus nécessite des adaptations au niveau du dimensionnement des parcelles et d'ajustement des équidistances entre les haies afin de permettre une formation facile des terrasses progressives. Le dispositif du modèle, présenté à la figure 1, est applicable aux terrains dont l'angle d'inclinaison va de 0 à 4°. Au-delà de 4°, la largeur des bandes entre les haies consécutives (couloirs) sera diminuée au fur et à mesure que l'angle d'inclinaison de la pente augmente (Anonyme, 1980) (figure 2.6).



Remblai naturel progressif (colluvions) ; a = profil initial (hypoténuse) ;
 l = profil terminal (largeur de la terrasse) ; 1,50m = hauteur

Figure 2.6. Haies isohypses continues dans l'exploitation en pente

Tableau 2.18. Evolution de la largeur des bandes des cultures intercalaires (équidistances entre les haies consécutives) suivant l'importance de la pente

Angle de l'inclinaison de la pente (en degrés) ($^{\circ}$) = α	Hauteur entre 2 haies consécutives (en m)	Sin α	Equidistances largeur des bandes (m) (a) ¹	Largeur de la terrasse (l) (m)	Nombre des parcelles par bloc
5	1,5	0,08	18,8	18,7	4
10	1,5	0,17	8,8	8,7	8
15	1,5	0,26	5,8	5,6	12
20	1,5	0,34	4,4	4,1	16
25	1,5	0,42	3,6	3,3	20
30	1,5	0,50	3	2,6	24

Anonyme (1980)

Pour les fortes pentes au-delà de l'angle d'inclinaison de 25° (plus de 40% de pente), le modèle conviendra mal et l'on devra se contenter des boisements afin de prévenir les pertes de terres au niveau des champs cultivés situés en aval.

2.6. Intégration du modèle par les paysans

L'adoption d'une innovation ne se fait que si elle se révèle plus sécurisante, plus rentable ou porteuse de perspectives heureuses ou encore si son efficacité par rapport aux techniques préexistantes paraît évidente. L'extension du système agricole mixte dans la localité de Baraka-Fizi sera liée d'abord à la compréhension, à la saisie de son utilité par les agro-éleveurs. Ensuite, son application nécessite un investissement préalable, à la fois technique et matériel. Ainsi, pour lancer ce système et pour l'intégrer

¹ a = largeur initiale de la bande = hypoténuse de l'angle ; α = hauteur (1,5m) / Sin α

dans les systèmes agricoles de la localité de Baraka-Fizi, il faudra, à notre avis, procéder par une animation-sensibilisation et organisation des paysannats pilotes, une vulgarisation agricole adéquate et soutenue par la recherche-développement et la recherche fondamentale, une organisation de groupes et des crédits agricoles.

2.7. Conclusion

Les ressources forestières et la biodiversité de la localité de Baraka-Fizi (RDC) sont dans une forte déperdition suite à des pratiques d'exploitation abusives dont l'agriculture itinérante sur abattis-brûlis. Pour réduire la perte de ressources forestières et de la biodiversité due à l'agriculture dans cette localité, une démarche devant conduire à l'utilisation plus rationnelle des terres agricoles a été proposée. Cette démarche vise l'intensification conjointe, productions animales et végétales, sur les micro-zones destinées à l'agriculture.

Le modèle d'exploitation mixte identifié ici en associant les cultures vivrières, fourragères, agroforestières, et l'élevage des bovins présente des effets d'entraînement multiples et très avantageux sur plusieurs aspects. Il s'agit entre autres de :

- la gestion de la fertilité du sol (effet agronomique et écologique) ;
- la rentabilisation des résidus des cultures (effet économique et environnemental) ;
- la sécurité alimentaire (effet nutritionnel) ;
- la réduction de la pénibilité du travail de la femme (effet social).
- En organisant des paysannats d'agro-éleveurs, en renforçant les systèmes de vulgarisation et des crédits agricoles, nous pouvons aboutir à l'adoption de ce complexe systémique prometteur aussi bien pour la restauration et le maintien de la fertilité des sols que pour le relèvement du niveau de vie du petit paysan de Baraka-Fizi. L'amélioration de la fertilité des sols résultera des effets de complémentarité de différentes composantes du modèle (système de cultures associées ; système d'engrais verts ; système d'élevage des bovins ; système de cultures fourragères ; et système de gestion participative du terroir). Notons aussi que l'application de ce modèle sera également, pour le petit paysan (aux moyens réduits), une solution aux problèmes d'accroissement des distances habitation- champs et à l'éloignement progressif des bois de chauffage et d'œuvre.

Références bibliographiques

- Anonyme** (1980). *Mémento de l'agronome*, 3^e édition, Paris : ministère de la coopération
- Barrios E. et Cobo J.** (2004). Plant growth, biomass production and nutrient accumulation by slash/mulch agroforestry systems in tropical hillsides of Colombia. *Agroforestry systems*. **60**(3), 255-265
- CIRAD.** (1999). *Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture. Actes de l'atelier international du 23 au 28 mars 1998 Antsirabe Madagascar*. Montpellier : CIRAD
- CIRAD** (2002). *Mémento de l'agronome*. Paris : CIRAD, GRET et ministère des affaires étrangères
- Defoer T., Budelman A., Toulmin C., Carter S-C., Ticheler J. et Kater L.** (2000). *Managing soil fertility in the tropics. A resource guide to participatory learning and action research.1*. Amsterdam : Royal Tropical Institute
- Destain M-F.** (2002). *Machines agricoles des régions chaudes*. Gembloux : Fusagx
- FAO** (2005). le transformateur de paddy. [en ligne]. url : www.fao.org/docrep/x5415f/x5415fo5.htm consulté le 29/04/2005
- Huart A. et Leroy P.** (2003). *Economie des productions des élevages sous les tropiques*. Liège : Université de Liège
- INERA** (2005).(1). url : www.inera.org/mvuazi01.htm
- Hubert P.** (2005). Filière technique agricole. [en ligne]. Adresse url : www.maep.gov.mg/fr/fertecharicot.htm consulté le 29/04/05
- Jacotot B.** (1983). *Nutrition et alimentation*. Paris : Masson
- Lavigne D.** (1996). *Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel. Diagnostic et conseil aux paysans*. Paris : GRET ministère de la coopération; Wageningen : CTA
- Mate J-P.** (2001). *Croissance, phytomasse et minéralomasse des haies des légumineuses améliorantes en cultures en allés à Kisangani (RDC)*. Bruxelles : ULB
- Pessinaba I-Y.** (2005). Programme de développement de l'élevage des petits ruminants. url : www.fao.org/wairdocs/ilri/x5520b/x5520b1j.htm consulté le 29/04/05
- Pozy P. et Dehareng D.** (1996). Composition et valeur nutritive des aliments pour animaux au Burundi. *Publication agricole n° 37*. Bujumbura : ISABU
- Renard C.** (2001). Plantes fourragères : Raemaekers R. (2001). *Agriculture en Afrique Tropicale*. Bruxelles : DGCI
- Rivière R.** (1979). *Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical*. 2^e éd. Paris : Ministère de la coopération

- Rivière R.** (1991). *Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical*. Paris : IEMVT
- SOCOODEFI.** (2004). *Rapport de collecte des données socio-économiques sur le territoire de Fizi*. Inédit. Kazimia : SOCOODEFI
- Sys C.** (1960). *Carte des sols et de la végétation du Congo Belge et du Ruanda- Urundi, Notice explicative de la carte des sols du Congo Belge et du Ruanda- Urundi*. Bruxelles : INEA