

Arriere effet de l'érosion.

Effets des fumures organiques et minérales sur la réhabilitation des sols acides des hauts plateaux du Burundi.

RISHIRUMUHIRWA Théodomir * et ROOSE Eric **

* Pédologue, EPFL, DGR/IATE-Pédologie, Ecublens, CH 1015, Lausanne, Suisse.

** Dir. Rech. en Pédologie, LCSC, Centre ORSTOM, BP 5045, 34032, Montpellier, France.

Résumé

La majorité des sols du Burundi sont ferrallitiques, acides, très désaturés, carencés en phosphore et très peu productifs. Par ailleurs, la densité de population est très élevée (250 à >800 habit./km²) : doublant tous les 25 ans, la population est obligée de cultiver des pentes dépassant parfois 40%. L'érosion y est très importante : 200 à 500 t/ha/an selon la pente, les pluies et le couvert végétal (Rishirumuhirwa, 1997). Dans ce contexte les agriculteurs ont développé des systèmes de production basés sur la concentration de la matière organique sur la bananeraie et les cultures associées autour des cases.

Une étude sur l'érosion en fonction de la densité de plantation des bananiers sur 6 parcelles d'érosion (300 m²) a été menée à la station IRAZ de Mashitsi sur le plateau central du Burundi, vers 1650 m d'altitude. Sur ces parcelles la pluviosité varie autour de 1100 mm et la pente autour de 8%. Les premiers résultats ont montré que l'érosion cumulée sur 3 ans varie de 0.1 t/ha sous bananeraie paillée à 58 t/ha sous bananeraie peu dense et 154 t/ha sur sol nu.

La 4^{ème} année on y a implanté du maïs comme indicateur de la capacité de production des sols érodés. On a soumis chaque parcelle à 4 sous-traitements : T0 = témoin sans apport montrant l'arrière effet de l'érosion, T1 = apport de 20 t/ha de fumier frais pour réhabiliter le sol érodé depuis 3 ans, T2 = Idem + apport minéral complémentaire de NPK, T3 = Idem + dolomie broyée.

Les résultats montrent que l'érosion a une influence très forte sur la production de maïs. Le fumier améliore le pH, apporte des cations, mais ne peut restituer assez vite N et P. Le rendement plafonne à 2t/ha /an de grain. Le fumier complétement par la fumure minérale permet de produire jusqu'à 4 t/ha de grain sur les parcelles protégées par le paillage. Le complément de dolomie réduit légèrement la production.

En conclusion, l'érosion en nappe réduit non seulement la production annuelle, mais aussi la possibilité de restaurer la productivité à un niveau susceptible d'alimenter une population très dense. En effet, un sol très dégradé réagit peu aux intrants. Il faut donc intervenir en priorité sur les terres en production avant leur dégradation avancée (GCES au lieu de DRS).

Avec du fumier et un complément minéral, on peut atteindre des productions très élevées, capables de nourrir jusqu'à 1000 hab /km². Cependant le financement de la fumure minérale pose un autre problème d'ordre politico-économique.

Mots -clés : Burundi, bananeraie, terres acides, réhabilitation, effet économique de l'érosion, fumure organique, NPK, dolomie.

Key words : Burundi, banana plantations, acid ultisol, soil productivity restoration, erosion impact on grain production, after effect of erosion, manuring, complementary mineral fertilizing, dolomite.

1. PROBLEMATIQUE

Les tropiques humides d'altitude, qu'on rencontre notamment sur les plateaux de l'Afrique orientale, dans les zones bananières de la région des Grands Lacs à fortes densités de population (500 et même localement plus 1000 habitants au km²), sont caractérisés par des sols acides, très désaturés, carencés en phosphore et à très faible potentiel de production. Ils jouissent, en outre, d'un climat doux et pluvieux et présentent une géomorphologie très accidentée. Ces conditions sont favorables à une érosion hydrique intense, de l'ordre de 200 à plus de 500 t/an/an dans le cas du Burundi, surtout après déboisement ou défrichement (RISHIRUMUHIRWA, 1997).

Dans ce contexte, la problématique majeure du secteur agricole est d'assurer l'autosuffisance alimentaire des populations et de répondre aux besoins de plus en plus élevés en produits vivriers de base par de bonnes techniques de gestion des sols.

L'article présente les résultats de 2 études portant respectivement sur la gestion des sols ferrallitiques après défrichement et leur restauration s'ils sont érodés.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Milieu

Ces études ont été menées à la station de l'IRAZ - Mashitsi, dans la région du Kirimiro située sur le plateau central burundais, entre 1500 et 2000 m d'altitude. La température moyenne annuelle est de 18.7° C et les précipitations de 1157 mm (RISHIRUMUHIRWA, et al., 1989). Elles sont réparties sur 9 mois, avec une saison sèche qui va généralement de mi-mai à fin août. Le tableau 1 donne les propriétés physico-chimiques du sol des essais.

Tableau 1 : Propriétés du sol des essais dans les 20 premiers cm.

prof. en cm	horiz.	Ref. à 2 mm	Granulométrie (µm) en%								Matière organique			
			0-2	2-20	20-50	50-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000	C en %	N en %	C/N	
0-20	A1	--	50,3	2,1	4,9	7,2	23,0	11,1	1,3	0,1	1,42	0,09	16	
pH 1/5 20°C	Cond.		Complexe adsorbant en méq./100 g											
eau	KCl	µS/m	Cations basiques échangeables				Valeurs S/T/V			A = Al ³⁺ +H ⁺	T.eff.	V.eff.	Ind. Kamp	P ppm (o-d)
			Na	K	Ca	Mg	S	T à pH 7	V					
4,7	4,2	--	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	7,0	3%	1,6	1,8	11%	86%	15

2.2. Traitements

2.2.1. Techniques de gestion des sols après défrichement

Les deux techniques étudiées sont la fumure organique et le chaulage sur haricot (*Phaseolus vulgaris*), maïs (*Zea mays*) et manioc (*Manihot exulenta*). Trois doses de fumier de ferme ont été étudiées, soit 10, 20 et 30 t/ha/an (ou 3, 6 et 9 t de matière sèche dosant 0.63% de Ca, 0.35% de Mg, 1.07% de K, 0.29% de P₂O₅ et 1.8% de N total). Elles ont été associées à 2 t de dolomie. Le chaulage a porté sur 4 doses de dolomie appliquées pour 3 ans (1, 2, 3 et 4 t/ha contenant 41% de MgO et 42% de CaO) et associées à 10 t de fumier.

2.2.2. Restauration des terres érodées

L'essai a été mené sur maïs (*Zea mays*), sur 6 anciennes parcelles d'érosion qui ont

perdu en 3 ans respectivement 154 t, 58 t, 54 t, 32 t, 17 t et 0,1 t/ha. Quatre de ces parcelles avaient porté des bananiers dont les écartements étaient 2 x 3 m, 3 x 3 m, 4 x 3 m et 5 x 3 m. Une avait été maintenue nue (Wischmeier) et une autre sous paillis complet. Les méthodes de restauration étudiées sont : le fumier de ferme (20 t/ha/an ou 6 t/ha/an en matière sèche), le fumier + le chaulage (500 kg de dolomie/ha/an) et le fumier + le chaulage + les engrais NPK à la dose de 60-40-60/ha.

Tous les essais (2.2.1. et 2.2.2.) ont été disposés en blocs randomisés à 4 répétitions.

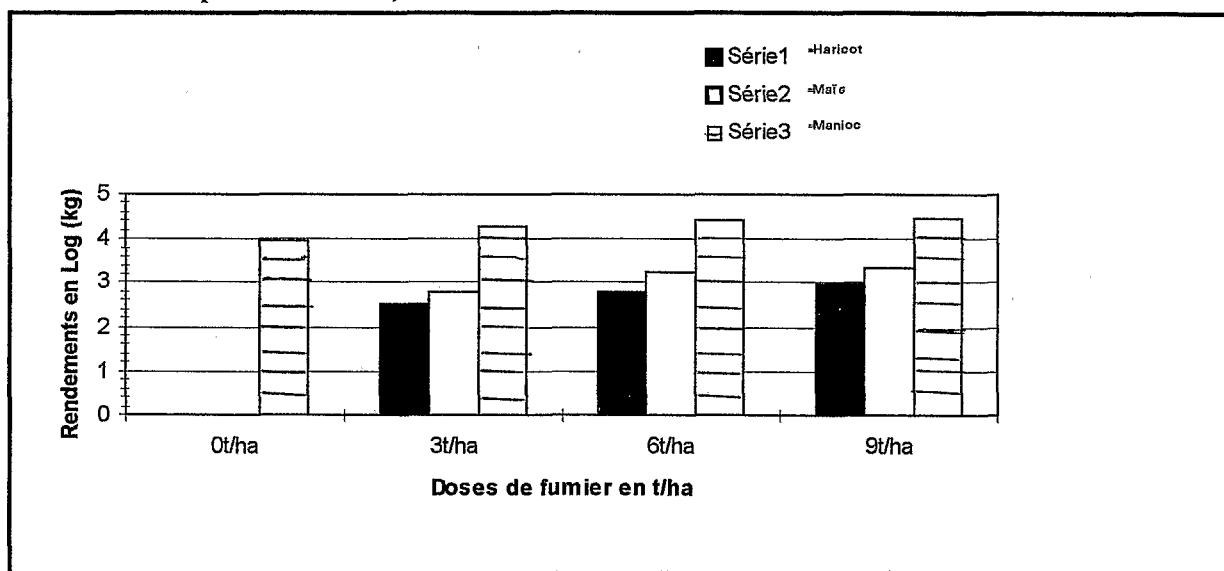
3. RESULTATS

3.1. Gestion de la productivité après défrichage

3.1.1. Effet fumure organique

Le tableau 2 donne les résultats obtenus avec des doses croissantes de fumier.

Tableau. 2 : Réponse du haricot, du maïs et du manioc à 3 doses de fumier associées à 2 t de dolomie.



Traitement	Haricot		Maïs		Manioc	
	Rendement en kg	Groupe. homogène	Rendement en kg	Groupe. homogène	Rendement en kg	Groupe. homogène
Témoin	0	A	0	A	9000	A
3 t/ha fumier	330	B	591	A	20000	B
6 t/ha fumier	642	C	1758	B	26000	C
9 t/ha fumier	901	D	2118	B	28000	C
C.V.	28,8%		49,6%		11,6%	
PPDS	129,5		957,2		3200	

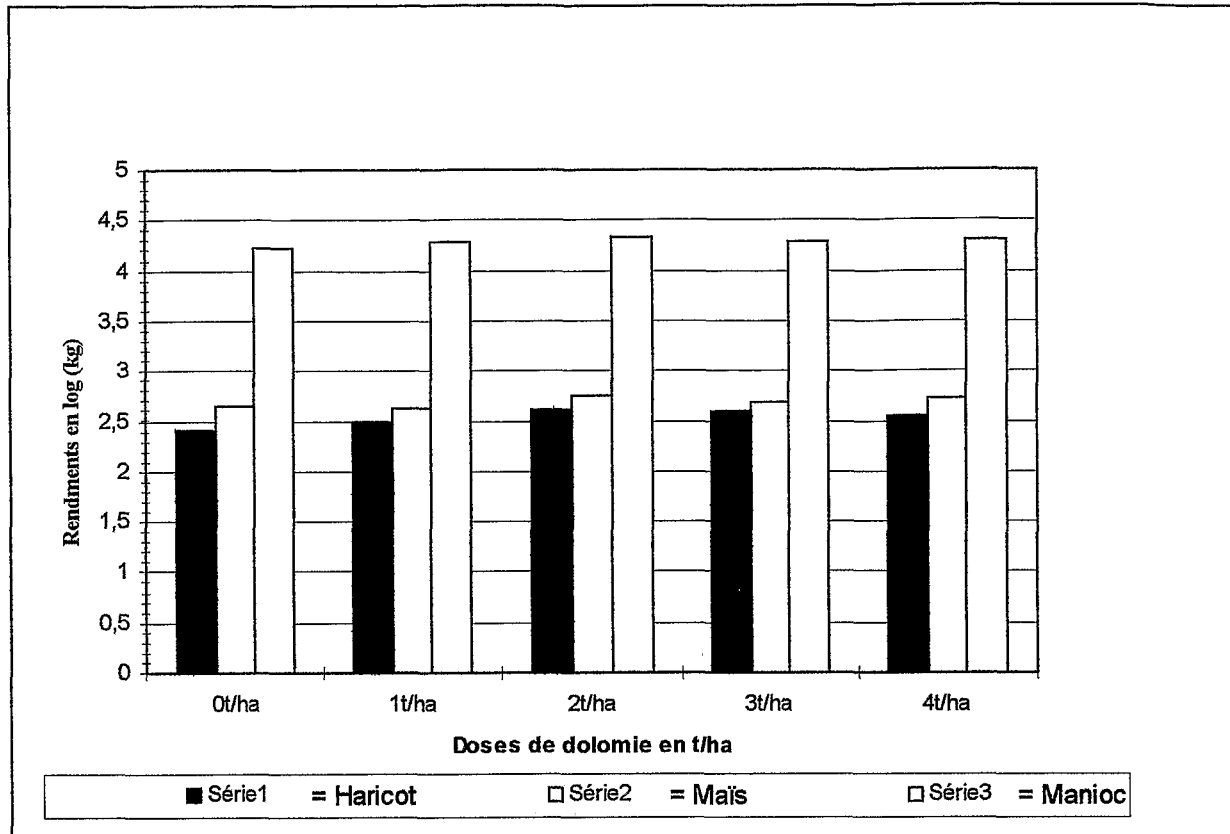
Ces résultats montrent que les doses croissantes de fumiers induisent des rendements de plus en plus élevés. Les 3 traitements accusent des différences significatives au seuil de 95% sur haricot. Sur maïs, le témoin ne diffère pas du traitement avec 3 t/ha de fumier malgré une différence de production de 591 kg/ha. Les traitements 6 et 9 t/ha s'équivalent.

Avec le manioc, les écarts des rendements entre traitements voisins s'atténuent et les doses 6 et 9 t/ha ne diffèrent plus significativement du point de vue statistique.

3.1.2. Effet de la dolomie

Les résultats des essais sur l'effet de la dolomie sont résumés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Réponse du haricot, du maïs et du manioc à 4 doses de dolomie associées à 10 t/ha de fumier.



Traitement	Haricot		Maïs		Manioc	
	Rendement en kg	Groupe. homogène	Rendement en kg	Groupe. homogène	Rendement en kg	Groupe. Homogène
Témoin	257	A	438	A	17000	A
1 t/ha dolomie	311	A	423	A	19000	A
2 t/ha dolomie	400	A	555	A	21000	A
3 t/ha dolomie	387	A	496	A	19000	A
4 t/ha dolomie	351	A	525	A	20000	A
C.V.	41%		54%		18%	
PPDS	142,9		329,5		4600	

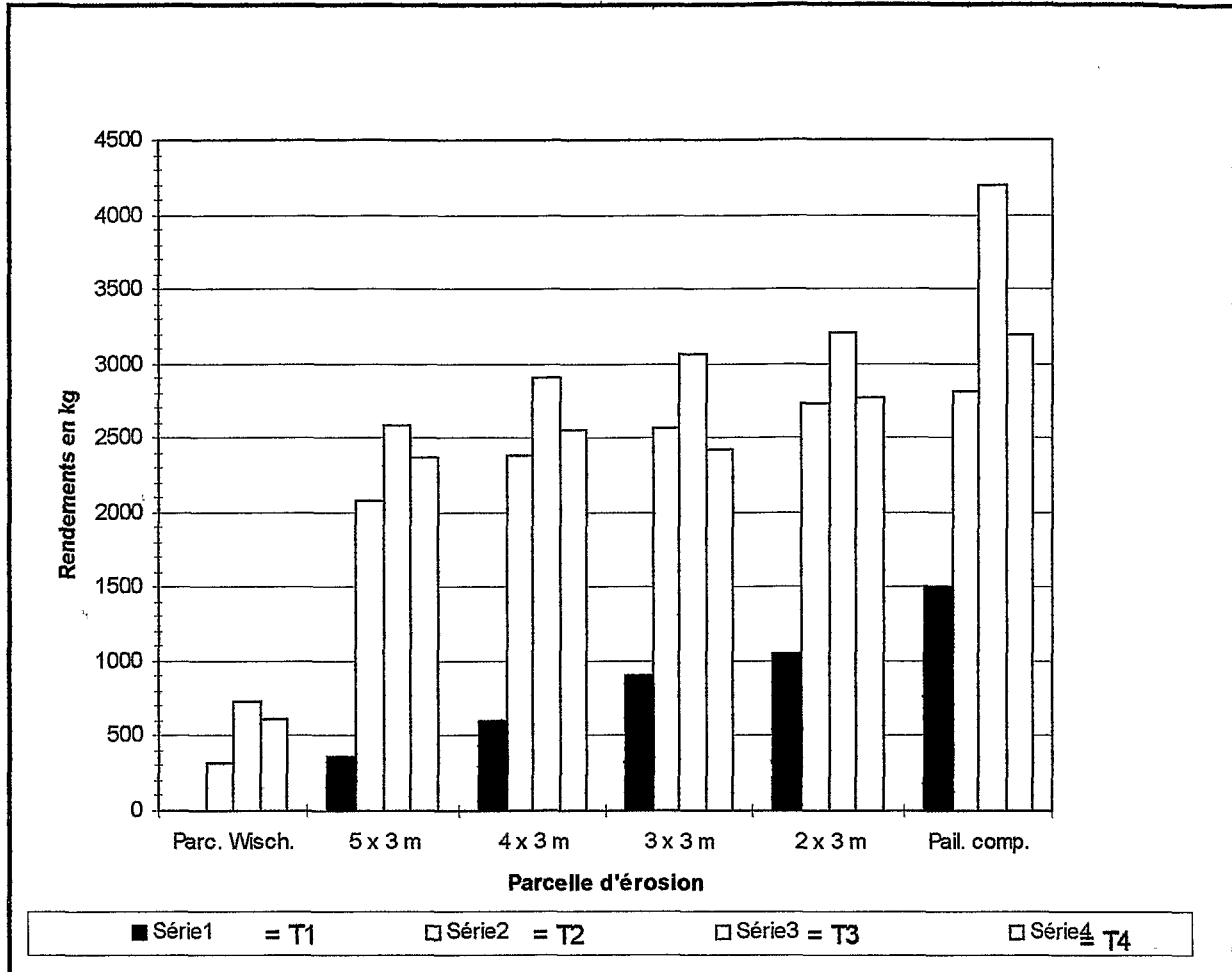
Ces résultats ne montrent aucune différence significative entre les 5 traitements sur les 3 cultures. En particulier, les différentes doses de dolomie donnent les mêmes rendements que le témoin. Le chaulage avec ce produit n'aurait donc aucun effet sur la productivité des sols.

Par ailleurs, les rendements du haricot et du maïs restent très faibles. Ceci confirme leur caractère exigeant. Trois tonnes de fumier (matière sèche) et les différentes doses de dolomie ne suffisent pas à répondre à leurs besoins nutritionnels. Des apports plus importants de fumier sont nécessaires pour augmenter significativement leurs rendements.

3.2. Restauration des terres érodées

Les résultats obtenus avec les 3 méthodes sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Réponse du maïs à 3 méthodes de restauration des terres érodées.



Traitement	Erosion/ ans	T1	T2	T3	T4	Moyen.	Ecart type	
Ancienne parc. Wisch.	153,9	0	326	732	610	417	502	
Ancienne bananeraie 5 x 3 m	57,8	353	2075	2577	2374	1845	149	
Ancienne bananeraie 4 x 3 m	53,9	597	2387	2903	2550	2109	437	
Ancienne bananeraie 3 x 3 m	32,2	909	2563	3065	2428	2241	160	
Ancienne bananeraie 2 x 3 m	16,8	1058	2726	3215	2767	2442	203	
parcelle avec paillis complet	0,14	1506	2806	4191	3201	2801	484	
Moyenne		737	2147	2781	2322	1975		
Ecart type		485	337	332	116			
Groupe homogène		A	B	Cq	B C			
Coefficient de variation		22,5%						
P.P.D.S.		590						

T1 = témoin
 T2 = Fumier
 T3 = Fumier + NPK
 T4 = Fumier + NPK + dolomie

Les résultats du témoin permettent d'évaluer la baisse de productivité imputable à l'érosion. Les rendements sont nuls sur l'ancienne parcelle nue qui a subi les pertes en terre les plus importantes. Ils varient de 600 à 1000 dans les anciennes bananeraies, mais ne sont pas différents au seuil de 95%. La parcelle avec paillis complet donne les meilleurs rendements (1500 kg) et montre une différence significative avec les autres parcelles sauf l'ancienne parcelle à bananeraie très dense (2 x 3 m).

Les pertes en terres semblent donc avoir entraîné une baisse de productivité d'autant plus importante qu'elles sont plus élevées. Cependant, cette conclusion doit être nuancée.

En effet, nous avons vu que ce type de sol donne des rendements de maïs nuls, après défrichage, en l'absence de fumier. Les rendements de la parcelle qui a perdu 154 tonnes de terre ne pouvaient donc être supérieurs.

Concernant les 3 méthodes de restauration, les résultats montrent que, quelle que soit la méthode adoptée, les rendements de l'ancienne parcelle nue restent bas, ne dépassant guère 740 kg, même en associant le fumier, les engrais N-P-K et la dolomie. Avec la même quantité de fumier, mais sans engrais, on obtenait 1758 kg de maïs sur parcelle récemment défrichée (voir 3.1.1.).

L'érosion a donc réduit fortement la productivité de ces sols dont la restauration devient très difficile même en présence de fortes doses de fumier. En effet, elle affecte sélectivement les particules les plus fines (argile) et la matière organique qui commandent le comportement colloïdal du sol. Dans ce cas-ci, l'application de 20 t/ha de fumier ne parvient à restaurer la productivité initiale de l'ancienne parcelle nue qui a perdu 154 t/ha en 3 ans malgré un apport de dolomie et d'engrais N-P-K.

Sur les autres traitements (anciennes bananeraies), la réponse à la restauration est rapide. Déjà, avec le fumier seul, on atteint des rendements de 2 tonnes, même avec des parcelles ayant perdu plus de 50 tonnes de terre. Ces rendements sont comparables à ceux observés sur les terrains en ouverture, mais avec 9 t/ha de fumier.

On note aussi qu'avec le fumier seul, les rendements plafonnent vers 2150 kg/ha. Ce comportement semble indiquer qu'on atteint un pallier vraisemblablement imputable à un facteur limitant que le fumier de ferme n'arrive pas à contourner.

Ceci est confirmé par la réponse du maïs aux engrais N-P-K. Les rendements augmentent de manière significative et atteignent 2781 kg/ha. Du point de vue technique, cette association semble donc plus intéressante que le fumier seul comme méthode de restauration. Sa rentabilité économique dépendra du coût de l'engrais et des prix du maïs.

Les engrais présentent l'avantage d'être très mobiles. Ils sont rapidement solubilisés et mis à la disposition de la plante. Mais cette mobilité peut augmenter les risques de lixiviation (ROOSE, 1978). Les nutriments apportés par la matière organique sont, par contre, libérés progressivement par minéralisation. Leur action est plus lente mais avec un bon arrière-effet.

Le chaulage ne semble pas augmenter les rendements qui ont plutôt tendance à baisser par rapport à la combinaison fumier + engrais même s'ils n'en diffèrent pas significativement. Ainsi, ils passent de 2781 à 2322 kg/ha. Ce comportement a déjà été mis en évidence sur manioc à Mashitsi sur terrain en ouverture (RISHIRUMUHIRWA, 1993).

Plusieurs raisons peuvent être invoquées pour expliquer cette tendance notamment le blocage ou l'immobilisation de certains éléments et oligo-éléments, la sélectivité de l'échange ionique favorisant les bivalents Ca et Mg au détriment surtout de K qui passerait en solution et serait plus facilement lixivié, une modification des concentrations relatives des différents éléments conduisant à des déséquilibres entre nutriments préjudiciables aux rendements (HOMES, 1969), une concurrence vis-à-vis des nutriments entre la plante et les micro-organismes du sol dans un milieu déjà fortement carencé.

4. CONCLUSIONS

La matière organique (fumier) semble la clé non seulement de la gestion des sols ferrallitiques après défrichement mais également de leur restauration s'ils sont érodés. D'autres essais ont montré que la biomasse joue un rôle essentiel dans le contrôle de l'érosion et le management du ruissellement (RISHIRUMUHIRWA, 1993). Si dans les systèmes d'élevage extensif des transferts de biomasse, des formations végétales naturelles et des boisements et pâturages domaniaux vers l'exploitation, permettent d'atteindre un certain équilibre en zone à faible densité de population (+/- 40 habitants au km²), il en va tout autrement au-delà de 400 habitants au km². Dans ce cas, on doit recourir à une production intensive de fumier (stabulation permanente), à l'agroforesterie et aux engrais minéraux (ROOSE, 1994).

Les travaux de NEUMANN et PIETROVIC au Rwanda sur les techniques agroforestières permettent de recommander, dans le cas du plateau central burundais, l'introduction d'arbres dans les exploitations traditionnelles à raison de 125 à 250 tiges /ha ainsi que des haies vives de légumineuses arbustives distantes de 10 m. On arrive alors à produire suffisamment de biomasse pour couvrir les besoins en fourrage (à concurrence de 50%), en bois de chauffage, en litière pour le bétail et en paillis pour les cultures (couvrant 40% des terres de culture). On assure ainsi une bonne production du fumier, indispensable à la gestion de la fertilité des sols, et du paillis, les protégeant efficacement contre l'érosion et le ruissellement excessif.

BIBLIOGRAPHIE

- HOMES, M.V. et VAN SCHOOR, G.H., 1969. - La nutrition minérale des végétaux. Ed. Masson et Cie, Paris VI^e, 162 p.
- NEUMANN, I., et PIETROWICZ, P., (1987). - Projet Agro Pastoral de Nabisindu. Etudes et expériences. N° 9. 126 p.
- RISHIRUMUHIRWA, T., 1989. - Etude pédologique des 8 sites repères pour les essais engrais au sein de la CEPGL (Moso, Mashitsi, Rubona, Karama, Yangambi, Mulungu, Gandajika et M'Vuazi).
- RISHIRUMUHIRWA, T., 1992. - Effet de la fumure organique et du chaulage sur les rendements du haricot, du maïs et du manioc à la station expérimentale de Mashitsi.- Communication à l'atelier IBSRAM sur la gestion des sols acides, Bujumbura, mai 1992.
- RISHIRUMUHIRWA, T., 1993. - Potentiel du bananier dans la gestion et la conservation des sols ferrallitiques du Burundi. Cah. Orstom, Pédol., 28, 2 : 367 - 383.
- RISHIRUMUHIRWA, T., 1993. - Contribution des résidus du bananier en conservation de l'eau et du sol. Bul. Réseau Erosion n° 13, Montpellier : 63 - 70.
- RISHIRUMUHIRWA, T., 1997. - Rôle du bananier dans le fonctionnement des exploitations agricoles sur les hauts plateaux de l'Afrique orientale (application au cas de la région du Kirimiro - Burundi). Thèse n°1636, EPFL, Lausanne.
- ROOSE, E. et GODEFROY, J., 197. - Pédogénèse d'un sol ferrallitique remanié sur schiste sous forêt et sous bananeraie fertilisée de basse Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, Pédol., 25, 4 : 409 -436.
- ROOSE, E., 1994 -Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)- Bulletin Pédologique de la FAO n°70, 420 p., Rome.