

Erosion cumulée et restauration de la productivité d'un sol ferrallitique acide du Burundi

Rishirumuhirwa Théodomir* et Roose Eric**

* Directeur Agrobiotec, BP 5667 Bujumbura, Burundi, courriel : agrobiotec2002@yahoo.fr

** DR émérite IRD, UMR Eco & Sol, BP 64501, F34394 Montpellier, France : eric.roose@ird.fr

Résumé

Les hauts plateaux du Burundi sont soumis à une forte pression démographique (>250 hab./km²) et à une dégradation rapide des terres entraînant une baisse continue de la production agricole. Dans ce contexte, l'impact de l'érosion hydrique et la réponse de trois méthodes de restauration des terres sur les rendements et la rentabilité économique du maïs ont été étudiés à la station de recherche de l'IRAZ à Mashitsi, sur un sol ferrallitique très acide de 8% de pente. L'étude a porté sur 3 années de mesure sur six parcelles d'érosion dont les pertes cumulées sont respectivement de 154 t/ha/3 ans sur le témoin (jachère nue travaillée), de 0,14 t sur la parcelle totalement paillée et de 17 à 58 t/ha/3 ans sur les parcelles sous bananeraies de moins en moins denses. Le ruissellement a diminué de 15 à 1% pour une pluviosité de 1200mm en fonction du taux de couverture du sol. La 4^{ème} année, chaque parcelle a été divisée en 4 parties soumises à 3 modes de restauration (6t de fumier, fumier + NPK 60-60-40, idem + 500kg de chaux) et semée en maïs. Les résultats montrent que les terres les plus érodées sont les plus dégradées et sont beaucoup plus difficiles à restaurer que les sols bien protégés : leur restauration nécessite des moyens plus importants (fumier et NPK), difficiles à mobiliser par les agriculteurs burundais. Ils montrent aussi que la fumure organique est la clé de toute restauration et qu'un complément en engrais NPK en renforce l'efficacité. Le chaulage, par contre semble déprimer les rendements du maïs.

Mots-clés : Burundi, sols ferrallitiques, érosion, paillage, restauration des sols érodés

Abstract

In central Burundi, the yield of various crops is low and still decreasing while the population density is very high (250 up to 800 people /km²). Erosion was measured on six runoff plots (300 m²) and 3 treatments: the standard bare fallow, the fully mulched with local grass, and 4 densities of bananas trees partially mulched with their leaf residues. Annual runoff varied from 15 to 1% of the rains (around 1200 mm/year) and cumulated erosion on 8 % slope decreased from 154 t/ha/3years on the bare plot to 0.14 t/ha/3years under full mulch. Under banana plantation, erosion decreased (58 t/ha to 17 t/ha/3years) with higher banana trees density and higher rate of mulched surface. During the fourth year, each runoff plot was divided into 4 parts on which the following soil restoration methods were tested: 1/ the control with no restoration, 2/ restoration with 6 t/ha of manure, 3/ restoration cumulating 6 t/ha of manure (D.W.) and N60, P60, K40, 4/ the same treatment + 500 kg/ha of lime. All the plots were planted with maize (Bambou variety). The results showed that it is very difficult to restore soil productivity of very eroded ultisols. Combining manure and mineral nutrients improved yields up to 3 to 4 t/ha of maize grains the first season on protected plots. Liming seems to have a negative impact on yields. The economical analysis showed that the most economic system of restoration is the use of manure and a few NPK complement.

Keywords: Burundi, ultisols, erosion, mulched surface, eroded soils restoration.

1. Problématique

En dehors des zones volcaniques, la région des Grands Lacs africains est caractérisée par une succession de collines et de montagnes où vivent des populations très denses (250 à 800 habitants / km²) sur des sols en majorité ferrallitiques (Ultisols) très acides et très pauvres en nutriments. Le défrichement de ces sols conduit à une rapide minéralisation de leurs horizons humifères et la lixiviation des nutriments. Leur productivité dépend ensuite des systèmes de culture, du mode de gestion des résidus organiques et de l'importance de l'érosion. C'est dans ce contexte qu'une étude sur les pertes en terre et le ruissellement sous bananeraies a été menée à la station de Mashitsi située sur les plateaux centraux du Burundi, sur des pentes moyennes (8%). L'étude a été faite sur six parcelles d'érosion de 300m². Elle a permis de comparer les risques potentiels d'érosion sur sol nu, sur parcelle complètement paillée et les pertes réelles sous bananeraies plus ou moins denses, d'évaluer l'arrière effet de l'érosion cumulée durant 3 ans sur le rendement du maïs et surtout de tester trois modes de restauration de la productivité de ces sols plus ou moins érodés de même que la rentabilité économique des méthodes utilisées.

2. Cadre de l'étude

La station de Mashitsi de l'IRAZ (Institut de Recherche Agronomique et Zootechnique) est située sur le plateau central du Burundi, en province de Gitega, dans la région naturelle du Kirimiro comprise entre 3°04' à 3°50' latitudes-Sud et 29°37' à 30°08' longitudes-Est, à 1620 m d'altitude (RISHIRUMUHIRWA et al., 1989 ; RUFIRIKI, 1992).

Le climat de cette station est de type tropical à 4 mois de saison sèche (Aw4 selon Köppen) cité par Van der Velpen (1973). Ses précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 1200 mm (ISABU, 1989) et ses sols, sur schiste avec des filons quartzitiques, sont de vieux sols ferrallitiques, très acides et très désaturés, à teneur élevée en argile de type kaolonite, associée à de fortes quantités d'oxydes de fer et d'alumine. Ils sont classés dans les Oxisols ultic selon la Soil Taxonomy (RISHIRUMUHIRWA et al., 1989).

Le bulletin analytique ci-après montre un sol à très faible capacité d'échange, pauvre en bases, en azote, phosphore assimilable et en matière organique.

Tableau 1 : Bulletin analytique du sol ferrallitique des parcelles d'érosion de Mashitsi.

Horiz.	Prof. cm	pH 1/5 20°C		bases échangeables (még./100 gr)					Valeurs S/TV					C N & P			
		eau	KCl	Na	K	Ca	Mg	S	T à pH 7	V	Al ³⁺ + H ⁺	T.eff.	V.eff.	Ind. Kamp.	C en %	N en %	P ppm
A1	0-17	4,7	4,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	7,0	3%	1,6	1,8	11%	86%	1,42	0,09	15
A3	17-40	4,8	4,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	6,2	5%	1,7	2,0	15%	83%	1,34	0,08	13
B21	40-75	5,0	4,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	5,8	3%	1,4	1,6	13%	88%	1,10	0,06	5
B22	75-160	5,1	4,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	4,6	4%	0,2	0,4	50%	50%	0,58	0,04	15

Source : RISHIRUMUHIRWA, 1997.

Sur ce type de sol, on a aménagé six parcelles d'érosion suivant le modèle de Wischmeier (WISCHMEIER et al, 1978), portant 5 modes de production bananière et soumises à l'érosion hydrique pendant 3 ans, entre 1991 et 1993, dans le but de mettre en évidence le rôle de la densité des bananiers, culture

principale des systèmes culturaux burundais, et du mode de gestion des résidus de récolte (paillage en bandes ou en couronne autour des souches de bananiers) sur la conservation des eaux et des sols.

Les parcelles étudiées portaient sur quatre densités de plantation couramment observées en milieu rural, soit : 1667 - 1111 - 833 et 666 plants par hectare avec paillage en feuilles de bananiers décroissant de 100 à 20%. Une parcelle nue (témoin universelle de Wischmeier) a complété ce dispositif. La parcelle avec paillis complet porte aussi des bananiers à la densité de 1667 pieds par hectare.

Après trois campagnes de mesure, on a évalué le niveau de productivité des différentes parcelles au regard des pertes cumulées en terre exprimée par leurs rendements en maïs sans fertilisation, ni organique ni minérale.

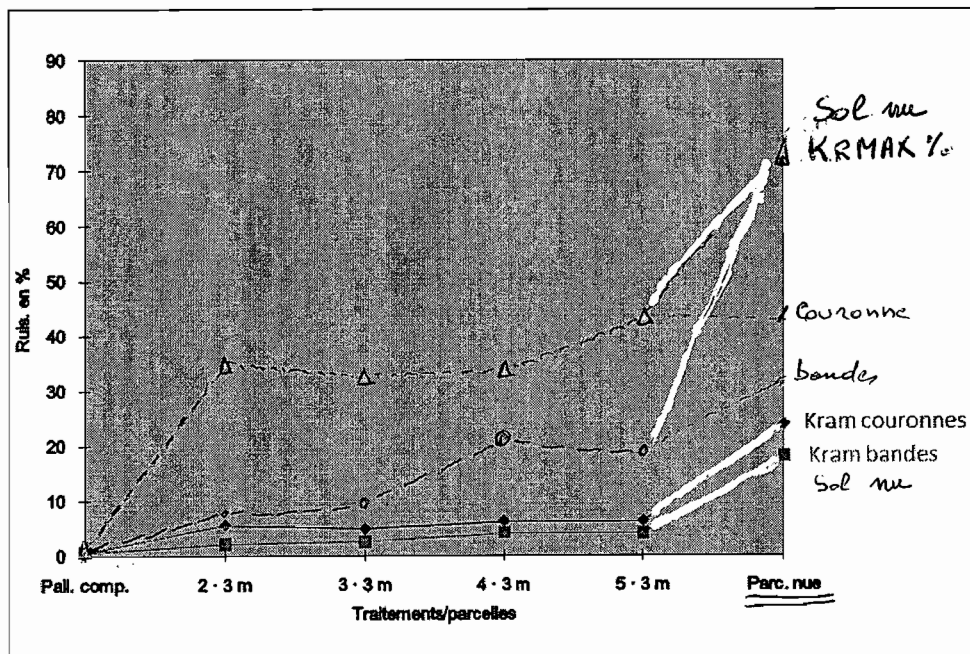
On a ensuite testé 3 modes de restauration de ces parcelles, les 3 méthodes testées étant : 1) apport de 6 t/ha de matières sèches de fumier de ferme ; 2) apport de 6t/ha de fumier avec un complément minéral NPK (N₆₀ P₆₀ K₄₀) et 3) les mêmes apports en fumier et NPK complétés par un supplément de 500 kg /ha de chaux. Ici aussi, on a utilisé le maïs comme culture test.

3. Résultats

3.1. Ruissellement, densité de plantation et mode de paillis.

Les coefficients de ruissellement (Kr^1 , $Kram^2$ et $Krmax^3$) calculés pour les différents modes de paillis (parcelle nue, paillis complet, paillis en couronne et en bandes) sont présentés dans la figure 1.

Figure 1 : Kram et Krmax sur parcelle nue, sous paillis complet, paillis en bandes et en couronne
(à VOIR en noir: arrêtés et isoler parcelle nue)



Ces résultats montrent que le paillis complet assure une excellente maîtrise de l'eau. En effet, le ruissellement annuel moyen est de 0,7% et le Krmax ne

¹ Kr : Coefficient de ruissellement

² Kram : Coefficient de ruissellement annuel moyen

³ Krmax : Coefficient de ruissellement maximum

dépasse guère 1%. L'infiltration améliorée entraîne la reconstitution des réserves hydriques du sol en saison de pluies et un bilan hydrique favorable sur toute l'année. La parcelle nue, par contre, donne les valeurs de ruissellement les plus élevées avec un ruissellement annuel moyen (Kram) de 24 % et un K_{max} de 74%. Le paillage en bandes contrôle mieux le ruissellement (Kram variant de 2 à 4% et des K_{max} variant de 5 à 20%) que le paillage en couronnes (Kram : 4 à 6% et K_{max} de 33 à 43%). Le paillis en bandes est d'autant plus efficace que les écartements diminuent, ces dernières se comportant comme des obstacles à l'écoulement des eaux de surface. Ceci est confirmé par les observations sur les parcelles après de fortes averses : avec le paillis en couronne, il se forme des rigoles continues entre les lignes de bananiers dans le sens de la pente alors qu'avec le paillis en bandes, elles sont stoppées au niveau de chaque bande créant ainsi une zone d'absorption du ruissellement.

3.2. Pertes en terre cumulées sur 3 ans

Les pertes en terre (t/ha/3 ans) par érosion observées sur les différents traitements durant les 3 années de mesure sont données dans le tableau 2.

Ces résultats montrent que le paillis complet est très efficace dans le contrôle de l'érosion. En effet, les pertes observées au cours de cette période sont de l'ordre de 40 kg/ha/an sur parcelle paillée contre 51 300 kg/ha/an pour la parcelle nue. Pour les autres traitements, les résultats montrent que l'érosion est fonction du mode de paillage (en bandes ou en couronnes) et de l'écartement. Avec le paillis en couronne, on observe une forte corrélation linéaire entre les pertes en terre (14 t/ha à 47,7 t/ha) et les écartements. Le paillis en bandes ramène ces pertes à moins de 3,7 t/ha quel que soit l'écartement.

Tableau n° 2 : Productivité en maïs (kg/ha) après 3 années d'érosion (t/ha/3ans)

Traitement	Erosion cumulée	Rendements maïs
Parcelle nue (témoin)	153.9	0
parcelle 5x3m=667 plant	57.8	353
parcelle 4x3m=833 pl.	53.9	597
parcelle 3 x 3 m=1111pl	32.2	909
parcelle 2x3 m=1667 pl	16.8	1058
3 x 3 m + paillis complet	0.14	1506

3.3. Arrière effet de l'érosion sur le rendement en maïs

L'arrière effet de l'érosion est donné par le niveau de fertilité résiduelle des parcelles après 3 années d'érosion. Le niveau de production en maïs est supposé dépendant des quantités cumulées des terres perdues par érosion. En effet, l'érosion hydrique emporte les éléments les plus fins du sol (argile et humus) des premiers cm du profil. Or, ces éléments sont les principaux responsables de la richesse chimique et biologique du sol.

Ce tableau 2 montre que la production en maïs est corrélée négativement avec les pertes en terre cumulées des trois années de l'étude : la production baisse considérablement lorsque l'érosion augmente.

Cependant, cette conclusion doit être assortie de quelques réserves. La fertilité initiale du sol étudié (ferrallitique, très acide et très désaturé) est médiocre

comme le montre le bulletin analytique (tableau 1). En l'absence de correction par la fumure, notamment organique, les rendements en grain restent faibles (1,5 t/ha dans le meilleur des cas c'est-à-dire le paillis complet)

3.4. Restauration des terres par le fumier, les engrais NPK et le chaulage

La restauration de ces parcelles a été faite par les 3 méthodes d'intensification croissante suivantes :

- ✓ Fumier de ferme à raison de 6 tonnes (matière sèche) par hectare ;
- ✓ Fumier de ferme (6 t/ha de matière sèche) complété par une fertilisation minérale NPK aux doses respectives de 60-60-40 unités fertilisantes/ha ;
- ✓ Fumier de ferme (6 t) avec engrais NPK et chaulage (500 kg de dolomie/ha) ;
- ✓ Témoin n'ayant reçu ni fumier, ni engrais, ni dolomie.

Les parcelles d'érosion ont été considérées comme des blocs à l'intérieur desquels les méthodes de restauration ont été réparties au hasard. Le dispositif expérimental obtenu donne des blocs randomisés. Les observations ont porté sur les rendements en maïs graines (en kg/ha) et sur le coût et la rentabilité économique de chaque méthode de restauration.

Les rendements graines du maïs obtenus sur les différentes parcelles après 3 années de mesures sont donnés dans le tableau 3.

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

Erosion en t/ha/3ans, rendement en grain en kg/ha

Traitement	Erosion	T1 = témoin	T2 = Fumier	T3 = T2 + NPK	T4 = T3 + dolomie
Parcelle nue	153.9	0	326	732	610
parcelle 5 x 3 m	57.8	353	2075	2577	2374
parcelle 4 x 3 m	53.9	597	2387	2903	2550
parcelle 3 x 3 m	32.2	909	2563	3065	2428
parcelle 2 x 3 m	16.8	1058	2726	3215	2767
parc. + paillis complet	0.14	1506	2806	4191	3201

Les parcelles nues, très érodées, deviennent rapidement improductives. C'est ainsi que la parcelle nue ayant perdu 153,9 t/ha en 3 ans donne des rendements nuls en l'absence de fumier. Ils restent médiocres (<750 kg/ha) même avec application de fumier et apport de NPK.

Les parcelles les mieux conservées, représentées par la parcelle sous paillis complet, répondent très bien à la restauration. On passe de 1506 kg/ha (sans fumier) à 2806 (avec fumier) et 4191 kg/ha (avec fumier associé à NPK).

Pour les cas intermédiaires (parcelles à bananeraies avec différentes densités de plantation et partiellement paillées), les réponses aux méthodes d'intensification sont dépendantes des pertes en terres cumulées observées. Elles sont moins spectaculaires que sur la parcelle bien conservée. Ici aussi, l'importance du fumier est mise en évidence et un complément d'NPK induit des accroissements de rendements intéressants même s'ils ne sont pas statistiquement significatifs. Par contre, l'apport de dolomie semble curieusement avoir dans cet essai un effet dépressif.

4. Coût de la restauration des terres érodées

Le coût et la rentabilité des méthodes de restauration ont été estimés en comparant les coûts des intrants et les plus-values qu'ils génèrent en termes de revenus. Les prix utilisés pour cette analyse économique sont : 12€/t de fumier (M.S.⁴), des engrais NPK à 0,8 €/kg et 12,5 € par kg de dolomie. Le maïs est vendu à 0,30 €/kg.

Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Coût (€) et rentabilité des méthodes de restauration à Mashitsi.

Méthode	Traitement	Δ Rdt	Coût	Plus-value (V)	Rapport V/C ⁵
Fumier	Parcelle nue	326	72	97,8	1,4
	parc. 5 x 3 m	1722	72	516,6	7,2
	parc. 4 x 3 m	1790	72	537	7,5
	parc. 3 x 3 m	1654	72	496,2	6,9
	parc. 2 x 3 m	1668	72	500,4	7,0
	parc. + paillis	1300	72	390	5,4
Fumier + NPK	Parcelle nue	732	312	219,6	0,7
	parc. 5 x 3 m	2224	312	667,2	2,1
	parc. 4 x 3 m	2306	312	691,8	2,2
	parc. 3 x 3 m	2156	312	646,8	2,1
	parc. 2 x 3 m	2157	312	647,1	2,1
	parc. + paillis	2685	312	805,5	2,6
Fumier + NPK + dolomie	Parcelle nue	610	324,5	183	0,6
	parc. 5 x 3 m	2021	324,5	606,3	1,9
	parc. 4 x 3 m	1953	324,5	585,9	1,8
	parc. 3 x 3 m	1519	324,5	455,7	1,4
	parc. 2 x 3 m	1709	324,5	512,7	1,6
	parc. + paillis	1695	324,5	508,5	1,6

Ce tableau 4 montre que le maïs rentabilise bien la fumure organique. Les plus-values obtenues sur l'ancienne parcelle nue restent marginales (V/C de 1,4) mais montent très rapidement sur les autres parcelles paillées pour se situer entre 5,4 et 7,5. Ceci signifie que chaque € investi dans le fumier en rapporte 5,4 à 7,5 €, le seuil de rentabilité généralement admis étant de V/C égal ou supérieur à 2.

La combinaison de fumier et des engrais permet d'accroître les rendements en maïs/grain, mais le taux de rentabilité diminue sans jamais descendre en dessous du seuil (valeurs comprises entre 2,1 et 2,6) sauf pour l'ancienne parcelle nue où ce rapport est inférieur à 1 signifiant par là que l'apport d'engrais sur cette parcelle induit des pertes économiques.

L'effet dépressif des apports de chaux sur les rendements compromet aussi leur rentabilité économique avec des V/C toujours inférieures à 2 (comprises entre 1,4 et

⁴ M.S. Matière sèche ou D.W. Dry weight

⁵ V/C : Rapport de la valeur V de la production sur les coûts C des intrants utilisés

1,9). Les pertes économiques sont d'autant plus importantes que les parcelles sont plus érodées.

Aucune méthode de restauration n'est économiquement rentable sur l'ancienne parcelle nue, trop érodée. En effet, les rendements qu'on y observe restent faibles quelque soit la méthode de restauration et n'arrivent pas à rentabiliser les intrants utilisés dès la première année. Il aurait fallu continuer l'expérimentation pendant cinq années pour avoir la confirmation dans la durée de la rentabilité des intrants, mais les événements et la sécurité ne l'ont pas permis.

L'étude de la rentabilité des techniques de restauration n'as pas tenu compte du surplus de production de fourrage dont le coût peut facilement atteindre 25% de la valeur des récoltes

5. Discussions

5.1. Ruissellement et pertes en terre

Les résultats obtenus dans d'autres conditions d'expérimentales confirment l'importance du paillage dans la réduction du ruissellement. A Kanyosha (Burundi), DUCHAUFOR, H. et al. (1992) ont trouvé des ruissellements moyens annuels qui varient de 3,9 à 6,7 % pour des bandes de caféiers paillés tous les 10 m, des haies de *Setaria* et de *Calliandra* et des combinaisons de ces dispositifs mais sur de très fortes pentes (45%).

A la station de Rubona (Rwanda), sur une pente de 23%, NDAYIZIGIYE, F. (1993) a montré que les haies de *Calliandra*, de *Leucaena* et mixtes (*Calliandra* + *Setaria*) réduisent le ruissellement à 1,8 % mais seulement après deux ans. A Mashitsi, les résidus des bananiers aboutissent au même résultat dès la première année s'ils sont disposés en bandes.

L'efficacité du paillis complet a été clairement démontrée dans la réduction des pertes en terres, avec une valeur de l'indice cultural 'C' de l'USLE⁶ de Wischmeier (1978) de l'ordre de 0,001. Ceci a été confirmé par d'autres auteurs dans d'autres conditions d'expérimentation, notamment ROOSE et GODEFROY (1977) ; LAL R. (1979) ; DUCHAUFOR, H. et al. (1992).

Le mode de paillage et les densités de plantation (écartements) influent également sur les pertes en terre. A cet égard, le paillage en bandes se révèle plus efficace que le paillage en couronne. En effet, il crée des lignes d'absorption du ruissellement et de filtrage des particules en suspension et semble jouer le même rôle que les lignes de haies vives comme a pu le démontrer NDAYIZIGIYE (1993) à Rubona avec des haies de *Calliandra* et de *Leucaena* où il obtient des résultats comparables de moins de 2 t/ha/an mais seulement la deuxième année après leur installation.

5.2. Restauration des terres érodées

Les sols de Mashitsi où l'étude a été menée sont des sols ferrallitiques, très pauvres. Ceci a été mis en évidence dans une autre étude qui a démontré que, sur haricot et maïs, il faut appliquer des doses de fumier de 9t/ha/an de (M.S.) pour atteindre une production comparable aux moyennes observées au Burundi, soit 700

à 1000 kg/ha de haricot et 1800 à 2000 kg/ha de maïs (RISHIRUMUHIRWA, T., 1992).

L'étude de restauration des sols érodés montre à quel point la lutte antiérosive doit être pensée en termes de gestion de fertilité, de conservation des eaux de ruissellement afin de limiter les pertes en terres. Un accent particulier devra être mis sur l'érosion en nappe, très dommageable à la fertilité chimique des sols très pauvres (ROOSE, 1994). En effet, elle entraîne une baisse de productivité d'autant plus marquée que les pertes en terre cumulées sont plus élevées. C'est ce qui explique les difficultés de restauration de ces sols même avec des moyens importants, contrairement aux sols les mieux conservés.

L'effet dépressif du chaulage observé dans les essais de restauration serait dû à un déséquilibre cationique consécutif à un apport excessif en Ca et Mg dans des sols très dépourvus en bases pouvant être à l'origine de blocage ou d'immobilisation de certains éléments comme le phosphore et les oligo-éléments (HOMES et al., 1969). Pour contrôler cet effet surtout dans les sols fortement déficitaires en bases échangeables, RISHIRUMUHIRWA (1997) propose des applications de chaux très modérées mais répétitives, à raison de 500 kg/an/ha.

5.3. Rentabilité économique des méthodes de restauration

Les études de fertilisation minérales et d'amendements organiques et/ou calcaires menées au Burundi se sont généralement intéressées aux rendements agricoles et rarement aux aspects économiques. Il a fallu attendre les travaux du Programme National Engrais de la FAO (1982) pour voir cette notion systématiquement prise en compte avec comme critère de rentabilité un rapport V/C égal ou supérieur à deux.

Les meilleures rentabilités sont obtenus avec le fumier au regard de ce critère avec des V/C supérieur à 5. Les engrais minéraux amplifient les rendements des cultures tout en garantissant des revenus intéressants mais moins spectaculaires, avec des V/C compris entre 2,1 et 2,6. Par contre, le chaulage n'est pas rentable dans cet essai en raison de son effet dépressif et de son coût élevé.

L'étude montre bien l'importance du fumier dans la gestion de la fertilité des sols ferrallitiques et dans leur restauration après la perte de leurs horizons de surface par l'érosion hydrique en nappe, sélective des particules fines, en présence d'un paillis. Le fumier permet, en outre, d'améliorer les propriétés du sol (activité biologique, structure, bilan hydrique, etc.), de stimuler la formation d'humus et de complexes argilo-humiques et de relever la capacité d'échange (SOLTNER, 1988). Tous ces effets bénéfiques de la matière organique permettent de mieux rentabiliser les autres intrants (engrais N-P-K), de gérer efficacement la fertilité des sols, et d'augmenter sensiblement la production agricole. Cependant, il faut aussi souligner l'importance du paillage qui, en réduisant le ruissellement et l'érosion, évite la perte de matières humiques et des réserves de nutriments apportés par le fumier.

6. Conclusions

Les résultats obtenus permettent de conclure que l'érosion hydrique, surtout en nappe, affecte la productivité des sols ferrallitiques déjà fortement dépourvus en bases échangeables. En effet, leur fertilité est limitée à l'horizon humifère de quelques cm qui est rapidement décapé par l'érosion en nappe, très sélective,

emportant prioritairement les éléments légers (humus, argile et complexes argilo-humiques).

La production et le mode d'application du paillage permettent de contrôler le ruissellement et de réduire les pertes en terre. Sa disponibilité reste le problème majeur à résoudre. Son application doit être rationnelle et privilégier les bandes d'absorption (paillis en bandes) ou son épandage sur tout le champ au lieu de le concentrer en couronne autour des cultures. La gestion du ruissellement et la maîtrise des pertes en terres s'inspirera aussi des 6 règles proposées par ROOSE (1993), ROOSE et al. (2011) impliquant, notamment, la maîtrise du ruissellement, la restauration de la macroporosité et de l'activité biologique, la stabilisation de la structure du sol, la correction du pH et des carences minérales associant la matière organique et la fumure minérale complémentaire.

L'étude a permis de mettre en évidence le rôle du fumier comme clé de la fertilité de ces sols et de leur restauration après érosion. Les parcelles les moins érodées sont facilement restaurées avec du fumier (6 t/ha/an), seul ou associé aux engrais minéraux NPK qui permettent d'apporter un complément en bases échangeables et de corriger les faibles teneurs du sol et du fumier en phosphore et azote. Les études de mise en exploitation d'un gisement de phosphates à Matongo (province de Kayanza) n'ont pas été concluantes.

Dans le contexte des exploitations traditionnelles du Burundi, le fumier constitue le principal goulot d'étranglement. Il faut en augmenter la disponibilité en quantité et qualité. L'une des solutions proposée est le recours à l'élevage en stabulation permanente qui permet de produire jusqu'à 10 tonnes par vache adulte. L'augmentation du fumier aura un effet levier sur la production de biomasse et sur les rendements des cultures. Cet effet sera amplifié par les engrais NPK aboutissant à l'optimisation de la productivité des exploitations. L'introduction d'arbres à usages multiples et des haies vives viendra compléter ce dispositif avec, comme conséquence, un meilleur contrôle du ruissellement, des bilans hydriques favorables, une bonne maîtrise des pertes en terre et l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol (Young, 1990).

L'intensification de la production agricole par le fumier et les engrais combinée à l'intégration des arbres et haies contribueront à produire suffisamment de biomasse dans l'exploitation dont une partie pourra être affectée au paillage, total ou partiel, avec comme conséquence, la réduction du ruissellement, le contrôle de l'érosion, une bonne gestion de la fertilité et terres et in fine une production agricole soutenue permettant de nourrir une population de plus en plus dense.

La durabilité des systèmes culturaux burundais dépendent aussi des mesures de contrôle de la démographie et de création d'emplois non agricole afin de réduire la pression sur les terres cultivables. La situation revêt un caractère urgent. Elle ne pourra évoluer favorablement que si tous ces aspects sont rapidement pris en compte.

BIBLIOGRAPHIE

- DUCHAUFOUR H., BIZIMANA M., MIKOKORO C., 1992. Les acquis de la recherche à l'ISABU en matière de protection et de restauration des sols. Séminaire sur l'érosion des sols au Burundi. 24 p.
- FAO, 1982. Rapport du programme National Engrais 1981.

- HOMES, M.V. et VAN SCHOOR, G.H., 1969.** La nutrition minérale des végétaux. Masson et Cie, Editeurs, Paris VI^e, 162 p.
- ISABU, 1989.** Diagnostic de la région naturelle du Kirimiro. Rapport ISABU édit., 198 p.
- LAL R., 1975.** Role of mulch techniques in tropical soils. IITA, Ibadan, Nigeria, *Technical Bull.* 38 p.
- NDAYIZIGIYE F., 1993.** Effets des haies vives arbustives sur l'érosion et la fertilité des terres sur fortes pentes au Rwanda. *Bull. Réseau Erosion IRD Montpellier*, 14 : 243-248.
- RISHIRUMUHIRWA T. et al., 1989.** Etude pédologique de 8 sites repères pour les essais engrais au sein de la CEPGL (Mosos, Mashitsi, Rubona, Karama, Yangambi, Mulungu, Gandajika, M'Vuazi). Pub. IRAZ, 78 p.
- 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.
- RISHIRUMUHIRWA T., 1993.** Potentiel du bananier dans la gestion de l'eau et la conservation des sols ferrallitiques du Burundi. *Cahier ORSTOM Pédol.* 28,2 : 359-375.
- RISHIRUMUHIRWA T., 1996.** The contribution of banana farming systems in sustainable land use in Burundi. 9th ISCO Conference, Bonn.
- 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 doctorat EPFL, 223 p.
- ROOSE E., GODEFROY J., 1977.** Dynamique actuelle 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., 1993.** Agroforestry, water and soil fertility management in african tropical mountains. Inter. Work-shop on "Soil erosion processes on steep lands". Merinda, Venezuela. 28 p.
- ROOSE E., 1994.** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bull. FAO des Sols* n° 70, 420 p.
- ROOSE E., BELLEFONTAINE R., VISSER M., 2011.** Six rules for rapid restoration of degraded lands: synthesis of 17 cases studies in tropical & Mediterranean climates. *Sécheresse*, 22, 2 : 86-96.
- RUFYIKIRI, G., 1992.** Gestion des sols acides en région d'altitude à occupation intense : Le Kirimiro au Burundi. Comparaison de quatre systèmes de mise en valeur. Mémoire FACAGRO, Université du Burundi. 54 p. + annexes.
- SOLTNER D., 1988.** Les bases de la production végétale. Phytotechnie générale, Tome I. Le sol et son amélioration. – 16^{ème} Ed. Collection Sciences et Techniques Agricoles, 464 p.
- VAN DER VELPEN C., 1973.** Géographie du Burundi.- De Boeck, 136 p.
- WISCHMEIER W.H. and SMITH D.D., 1978.** Predicting rainfall erosion losses, a guide to soil conservation planning.- U.S. Dept. of Agriculture, handbook n°282, 58 p.
- Young A., 1990.** Agroforestry for soil conservation. CAB, ICRAF Nairobi, 276 p.

ACRONYMES.

- IRAZ : Institut de Recherche Agronomique et Zootechnique du Burundi
- Kr : coefficient de ruissellement
- Kram : coefficient de ruissellement annuel moyen
- Krmax : coefficient de ruissellement maximum lors des plus fortes averses
- M.S. : Matières sèches ou DW =Dry weight
- V/C : Rapport de la valeur de la production sur les coûts des intrants utilisés
- USLE : Universal Soil Loss Equation

**Restauration de la productivité
des sols tropicaux et méditerranéens
Contribution à l'agroécologie**

Version préliminaire



Eric ROOSE
Editeur scientifique

IRD Editions
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT
MONTPELLIER, JUILLET 2015