

Influence de la gestion de la biomasse sous bananeraie sur l'érosion hydrique, le carbone et les propriétés d'un sol ferrallitique acide des hauts plateaux du Burundi.

par

Théodomir RISHIRUMUHIRWA* et Eric ROOSE**

*BP. 5667 Kinindo Bujumbura, Courriel : agrobiotec2002@yahoo.fr,

**BP. 64501, F 34394 Montpellier, Courriel : roose@mpl.ird.fr

Résumé

Le Burundi fait partie des tropiques humides d'altitude. Il se caractérise par une forte densité de population, des sols acides très désaturés, une agriculture traditionnelle, un climat et une géomorphologie l'exposant à une forte érosion hydrique dont les risques moyens sont de l'ordre de 200 à 400 t/ha/an (RISHIRUMUHIRWA, 1997).

C'est dans ce contexte qu'on a étudié le ruissellement, l'érosion, l'évolution des propriétés du sol, notamment le carbone organique et la granulométrie. L'étude a été menée sous bananeraies répondant à 4 types d'écartements, dont le paillis est disposé soit en couronne autour des pieds de bananiers, soit en bandes perpendiculaires à la pente. Les témoins retenus sont : une parcelle nue et une bananeraie avec paillis complet de 7 cm d'épaisseur. Pour le carbone et la granulométrie, on a comparé ces témoins à une jachère permanente non perturbée qu'on a assimilé à la situation de départ.

Les résultats obtenus montrent que le paillis complet assure une excellente maîtrise de l'eau et de l'érosion. Le ruissellement annuel moyen (Kram) et maximal en 24 heures (K_{rmax}) ne dépassent guère 1% et les pertes en terres varient de 30 à 60 kg/ha/an. Sur la parcelle nue, par contre, le Kram atteint 20%, le K_{rmax} 75% et les pertes en terres 51,3 t/ha/an. Pour les autres traitements, le Kram varie de 4,8 à 6,2% et le K_{rmax} de 33,3 à 43,5%. Le paillis en bandes les réduit respectivement de 2% et de 13,3 à 25% selon les traitements.

Les pertes en terres sur les parcelles avec paillis en couronne sont proportionnelles aux écartements variant de 13,9 à 47,7 t/ha/an pour des lignes de bananiers distantes de 2 à 5 m. Le paillis en bande réduit ces pertes à moins de 4 t/ha/an quel que soit l'écartement considéré.

La perméabilité, la granulométrie, les propriétés chimiques du sol et le carbone organique sont améliorées grâce à l'apport de paillis et à la maîtrise de l'érosion. Elles se dégradent rapidement sur parcelle nue. Après 3 ans, la conductivité hydraulique passe de 41 cm/h sur une jachère non perturbée à 81 cm/h sous paillis complet et à 18 cm/h sur parcelle nue. Les valeurs de la granulométrie montrent un enrichissement en argile sous paillis par rapport à la jachère (55,2% contre 49,3%) et un appauvrissement sur parcelle nue (37,2%). Ceci est à mettre sur le compte d'une érosion sélective qui est active même sur jachère non perturbée.

Cette tendance s'observe également avec les autres propriétés du sol. En particulier, le taux de carbone organique remonte à 3,28% sous paillis complet et n'est que de 0,82% sur parcelle nue contre 1,70% sous jachère permanente. Dans le premier cas, cette augmentation est conséquente aux apports annuels de biomasse incorporée au sol après décomposition et stabilisée par l'argile en formant des complexes argilo-humiques. Sur parcelle nue, il s'agit, à nouveau, d'une érosion sélective qui affecte à la fois l'argile et la matière organique.

La gestion de la biomasse pour mieux contrôler l'érosion et le ruissellement est une des clés de la fertilité des sols acides des hauts plateaux africains.

Mots-clés : Burundi, ruissellement, érosion, conductivité hydraulique, carbone, granulométrie.

Abstract

The influence of runoff and soil erosion on the organic carbon and on the other soil properties has been studied at Mashitsi IRAZ research station located in the high lands of Burundi under bananas plots. Different spacings and methods of mulching have been tested. For organic carbon and the other physical and chemical properties, the completely mulched plot has been compared to the international erosion control plot by Wischmeier and an undisturbed herbaceous fallow next to the erosion plots.

According to the results, the completely mulched plot minimises run off ($\leq 1,1\%$) and soil erosion (0,005 t/ha/year) which increase drastically on bare plot (run off of 20% and soil losses of 51,3 t/ha/year). Rows of mulch across the slope are not as efficient as complete mulch but perform better than rings of mulch on the feet of bananas.

The organic carbon and the other soil properties decrease drastically on the bare plot but increase under the completely mulched plot. This is a consequence of a better water and erosion management with a significant input of organic matter by mulch. These materials decompose to organic compounds (humus) that are combined with clays to form stable organo-mineral complexes.

The organic matter management and run off and soil erosion control are the main keys of soil fertility improvement under tropic high lands.

Key words : Burundi, Erosion, Runoff, Banana plantation , Mulch, Carbon content, Texture, Infiltration.

1. Introduction

La gestion du ruissellement et la maîtrise de l'érosion n'ont de sens que si elles contribuent à l'amélioration de fertilité grâce à l'amélioration des propriétés du sol. C'est ce qu'on a tenté de vérifier dans le cadre d'une recherche menée à la station expérimentale de l'IRAZ à Mashitsi, située sur le plateau central du Burundi, à environ 1650 m d'altitude, sur un sol appartenant à la série Mashitsi, cartographié comme ferrallitique acide, très désaturé, situé sur un replat d'une pente de 8%, entre deux cuirasses latéritiques, parsemé de quelques petites termitières (MUSERUKA, F., 19981).

L'expérimentation a permis de confirmer cette tendance. La gestion du ruissellement et la maîtrise des pertes en terre par l'application d'un paillis complet et par une meilleure utilisation des résidus produits par les cultures s'accompagnent d'une amélioration des propriétés du sol, en particulier la perméabilité, le taux de carbone organique, la granulométrie et le taux de bases échangeables.

Le présent article se propose de mettre en évidence ces changements et leur impact sur le piégeage du carbone organique, l'empêchant ainsi de se minéraliser en CO² et contribuant à son accumulation dans le sol sous forme de complexes organo-minéraux.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériels

2.1.1. Parcelles d'érosion

L'étude a été menée sur des parcelles d'érosion. Il s'agit de parcelles isolées, protégées par un muret en maçonnerie de 30 cm de haut empêchant tout échange de ruissellement ou de terre avec les champs voisins.

Deux types de parcelles ont été aménagées : la parcelle de référence de WISCHMEIER (parcelle nue ou témoin international) de 5 m sur 20 m de long et les parcelles à bananiers ayant 350 m², soit 15 m sur 30 m. La taille de ces dernières a été choisie de manière à reproduire les conditions d'une bananeraie traditionnelle.

En aval, chaque parcelle est munie d'un système de collecte du ruissellement et des terres érodées, constitué d'un canal maçonné, qui communique avec un fût de 200 l à l'aide d'un tuyau en maçonnerie de 100 mm de diamètre. Ce fût, appelé partiteur, est muni de 5 ouvertures d'évacuation du trop plein situées à la même hauteur. Une de ces ouvertures communique avec un deuxième fût de même volume. Tous les deux portent un couvercle pour éviter l'interception directe des eaux de pluies.

Les ouvertures sont aménagées de telle sorte que leur débit soit uniforme pour les 5 en cas de trop plein. Leur nombre peut varier en fonction du volume d'eau attendue lors d'averses exceptionnelles. Les parcelles d'érosion sont protégées en amont par un fossé de 1,5 m de profondeur et de 1,5 m de largeur.

2.1.2. Traitements

On a étudié l'importance des densités de plantation des bananiers et de leur mode de paillis sur le ruissellement et les pertes en terres. On a comparé, ensuite, l'effet de l'érosion sur l'évolution des propriétés physiques et chimiques du sol, en particulier, la perméabilité, la granulométrie, le carbone organique et les bases échangeables.

Sur les parcelles d'érosion, les bananiers sont plantés en lignes perpendiculaires à la pente (en quinconce) à des écartements variant de 2 à 5 mètres entre les lignes et de 3 m dans les lignes. Ceci donne les densités de plantation suivantes : 2 m * 3 m ; 3 m * 3 m ; 3 m * 3 m + paillis complet, 4 m * 3 m et 5 m * 3 m. Ces densités s'inspirent des situations rencontrées dans les exploitations paysannes ou recommandées par les services de vulgarisation. Quant à la parcelle de référence de WISCHMEIER, elle ne porte aucune culture. Elle est maintenue nue par arrachage fréquent des mauvaises herbes. On la sarcle à la houe en même temps que les parcelles à bananiers (2 fois par an).

La parcelle avec paillis complet permet d'étudier le comportement d'une plantation en conditions idéales où des apports externes de paillage sont possibles. Ces apports correspondent annuellement à 8 t/ha/an d'*Hyparrhenia* + 2 t/ha/an de résidus de bananiers par hectare dans les conditions de l'expérimentation.

A côté du paillis complet, on a étudié l'effet des résidus produits par les bananiers. Il s'agit essentiellement de feuilles mortes et stipes récoltés lors des 2 œilletonnages annuels. Aucun apport extérieur n'est admis à l'exception du fumier de ferme. Ces résidus sont disposés soit en couronne autour des souches de bananiers (première et deuxième année de l'expérimentation), soit en bandes continues, perpendiculaires à la pente (troisième année). Ces bandes sont aménagées le long des lignes de bananiers.

Toutes les parcelles à bananiers reçoivent annuellement 30 t de fumier de ferme équivalentes à 10 t de matière sèche.

Pour l'étude de l'évolution de la perméabilité et des autres propriétés du sol, on a comparé la parcelle nue, qui représente le cas le plus défavorable, la parcelle paillée (cas idéal) et une jachère permanente, non perturbée, contiguë au site d'expérimentation et se rapprochant le plus des conditions initiales de toutes les parcelles avant leur aménagement.

2.2. Méthodes

2.2.1. Ruissellement

Les eaux de ruissellement sont collectées dans le système de fûts décrit ci-dessus. La quantité d'eau dans chaque fût est déterminée au moyen d'une latte jaugée pour les quantités supérieures à 40 litres, d'un seau de 20 l et d'une éprouvette d'un litre, graduée en ml pour des quantités inférieures. L'unité de graduation de la latte est le cm, ce qui permet une précision de lecture de l'ordre de 0,8 l. L'erreur possible est, dans ce cas, inférieur à 2 %.

La fiabilité des données collectées dépend du bon fonctionnement du système de collecte du ruissellement. En particulier, les débits d'eau qui débordent des 5 ouvertures du fût partiteur devraient être rigoureusement égaux entre eux. Pour respecter ce critère, on a pris les précautions suivantes :

- On perfore 20 ouvertures à la même hauteur à partir des marques laissées par le niveau d'eau dans le fût partiteur en position debout sur une plate-forme horizontale (remplir le fût d'eau, tracer les marques, le vider et le trouser ensuite) ;
- On installe les fûts sur des plates-formes stables et mises à niveau par un maçon professionnel ;
- On calibre les débits des 5 ouvertures du fût partiteur.

Cette opération consiste à faire déborder le fût et à mesurer les débits des 20 ouvertures. On répète l'opération plusieurs fois avec des débits de plus en plus importants. On calcule les débits des ouvertures et on rebouche celles dont les débits s'écartent trop de la moyenne pour ne garder que les 5 qui s'en rapprochent le plus et dont les écarts ne dépassent pas 5 %, fixés arbitrairement comme marge d'erreur.

Le nombre d'ouvertures à garder n'est pas pris au hasard, il tient compte des événements rares (pluie décennale) dont l'occurrence n'est pas exclue pendant l'expérimentation. Le système doit collecter le ruissellement correspondant à cet événement sans jamais déborder.

La connaissance des quantités d'eau ruisselée après chaque averse et sur toute l'année permet de calculer :

- le K_r : coefficient de ruissellement;
- le K_{arm} : coefficient de ruissellement annuel moyen ;
- le K_{rmax} : coefficient de ruissellement maximal observé en 24 heures.

2.2.2. Pertes en terre

Les boues restées au fond des 2 fûts sont collectées dans un seau de 20 litres. Leur poids est déterminé à l'aide d'une balance de terrain (portée : 150 Kg +/- 0,05 Kg). Un échantillon de cette boue est prélevé, pesé, séché à l'étuve à 105° C jusqu'à poids constant et repesé à l'aide d'une balance Sartorius U 4100 (portée : 4140 +/- 0,01 g).

Connaissant le rapport pondéral entre les quantités totales de boues et l'échantillon, le rapport entre le poids frais et le poids sec, sachant en outre que les boues récoltées dans le deuxième fût représentent 1/5 de celles qui débordent du premier, on calcule les pertes en terre par parcelle et par averse.

2.2.3. Propriétés du sol

La granulométrie a été déterminée suivant la méthode d'Atterberg associant la centrifugation, la sédimentation et le siphonnage pour éliminer les argiles et séparer les limons fins des limons grossiers ainsi que le tamisage pour séparer les fractions supérieures à 50 microns.

La perméabilité a été déterminée par la méthode Müntz – doubles anneaux, le carbone organique par la méthode de Walkley & Black, l'azote par la méthode Kjeldhal et bases échangeables par percolation à l'acétate d'ammonium et dosage au spectrophotomètre d'absorption atomique.

Le pH est mesuré au pH-mètre dans une proportion sol/solution de 1/5 d'eau distillée ou de KCl normal respectivement pour le pH eau et le pH.KCl.

3. Résultats

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

Les coefficients de ruissellement (Kr, Kram et Kmax) ont été calculés pour les années 1989, 1990 et 1991. Le tableau n° 1 donne les résultats obtenus.

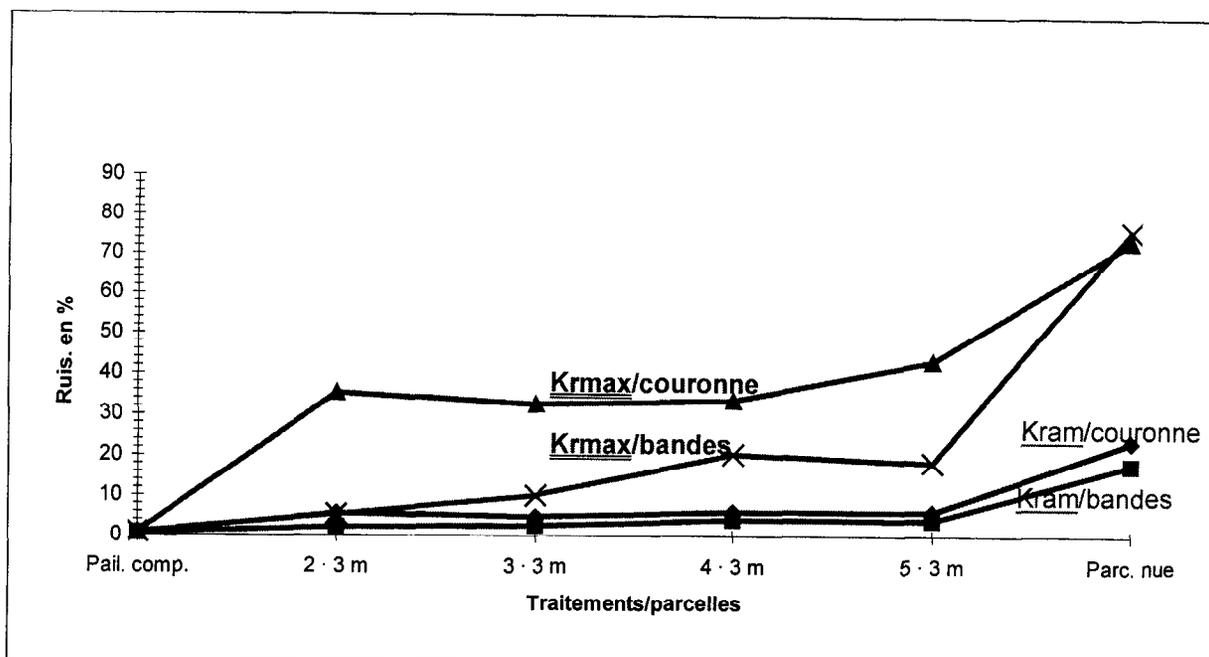
Tableau 1 : Coefficients de ruissellement (Kram et Kmax) observés pendant la période 1989 – 1991.

Classe averses	Ecartements (traitements)																	
	3 • 3m + pail.			2 • 3 m			3 • 3 m			4 • 3 m			5 • 3 m			Parc. Nue réf.		
En mm	an1	an2	an3	an1	an2	an3	an1	an2	an3	an1	an2	an3	an1	an2	an3	an1	an2	an3
0 - 5	0,4	0,3	0,3	1,0	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,4	1,4	0,6	0,5	0,4	1,3
5 - 10	0,6	0,6	0,6	3,0	3,5	0,8	2,1	3,2	1,0	2,3	3,4	1,0	2,2	4,3	0,9	2,6	3,6	1,5
10 - 20	0,7	0,7	0,6	8,8	9,3	1,6	5,9	6,9	2,1	7,2	9,4	4,3	6,9	9,5	3,9	19,7	22,3	15,7
20 - 40	0,8	0,9	0,7	6,5	6,1	2,5	4,9	5,7	3,5	6,4	8,3	7,7	5,3	6,6	6,7	32,1	42,5	33,6
40 - 60	0,8	0,8	0,8	6,5	5,4	4,6	4,0	5,0	4,0	5,4	6,0	3,7	5,3	5,9	5,3	26,8	32,1	22,3
+ 60	1,1			14,9			9,1			10,1			10,6			45,6		
Kmax	1,1	1,0	0,9	43,5	35,3	5,3	32,7	32,7	10,1	33,8	33,8	20,5	35,3	43,5	18,5	79,3	73,9	76,5
Kram	0,7	0,7	0,7	5,7	5,6	2,1	4,1	4,8	2,5	4,9	6,2	4,1	4,5	6,2	4,0	18,9	23,8	18,

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 Kmax ne dépasse guère 1,1%. La parcelle nue, par contre, donne les valeurs de ruissellement les plus élevées avec des Kram variant de 18% à 23,8% et des Kmax compris entre 74% et 79%. Ceci montre que la maîtrise du ruissellement sur de telles parcelles est médiocre.

Sur les parcelles à bananiers, les coefficients de ruissellement se situent entre les deux cas extrêmes avec des Kram variant de 4 à 6% et des Kmax de 30 à 45% selon les traitements. Les résultats montrent, en outre, que le paillage en bandes de résidus perpendiculaires à la pente (an 3) contrôle le ruissellement mieux que le paillage classique qui consiste à les disposer en couronne autour des souches de bananiers. Ceci est clairement mis en évidence par la figure n°1 et par les résultats de la 3^{ème} année, comparée à ceux des deux premières années où le paillis avait été disposé en couronne.

Figure 1 : Kram et Kmax sur parcelle nue, sous paillis complet, sous paillis en bandes et en couronne



La figure montre que le K_{max} diminue et passe de 30 à 45% pour le paillage en couronne contre 5 à 20% pour le paillis en bandes selon les écartements.

Ces résultats confirment une plus grande efficacité du paillis en bandes par rapport au paillis en couronne dans la gestion du ruissellement. Elle semble d'autant plus marquée que l'écartement entre bandes diminue, ces dernières se comportant comme des obstacles à l'écoulement des eaux de surface.

Ceci est confirmé par les observations dans les parcelles de ruissellement 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, ces rigoles sont stoppées en amont de chaque bande qui se comporte comme une ligne d'absorption du ruissellement.

La conclusion qu'on peut tirer de ces résultats est que le paillis complet arrête presque le ruissellement et augmente l'infiltration. Ce qui favorise la reconstitution des réserves hydriques du sol en saison de pluies.

Ces résultats confirment également ceux obtenus dans d'autres conditions expérimentales au Burundi et en Afrique de l'Ouest. A Kanyosha (près de Bujumbura), sur une pente de 45%, **DUCHAUFOR 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. Dans les mêmes conditions, ils ont observé un ruissellement de 12,3 % sous bandes paillées.

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

En Côte d'Ivoire, avec des précipitations variant de 1468 et 2052 mm par an, **ROOSE et GODEFROY (1977)** ont observé sous bananiers et sous forêt dense des ruissellements annuels moyens de 12 et 5,5 %.

3.2. Perte en terre

Les pertes en terre observées au cours des 3 années de mesures, exprimées en t/ha/an, sont présentées dans le tableau n° 2.

Tableau n° 2 : Densité de plantation des bananiers, mode de paillis et érosion en t/ha à la station de Mashitsi pour la période 1989-1991.

Traitement	Erosion en t/ha				
	Année 1	Année 2	Année 3	Total	Moyenne
3 m • 3 m + paillis	0,05	0,03	0,06	0,14	0,04
2 m • 3 m	2,5	13,9	1,1	16,8	5,6
3 m • 3 m	4,4	25,4	2,4	32,2	10,7
4 m • 3 m	5,6	36,4	3,7	53,9	18,0
5 m • 3 m	7,6	47,7	2,5	57,8	19,3
Réf. Wisch	40,1	73,3	40,5	153,9	51,3

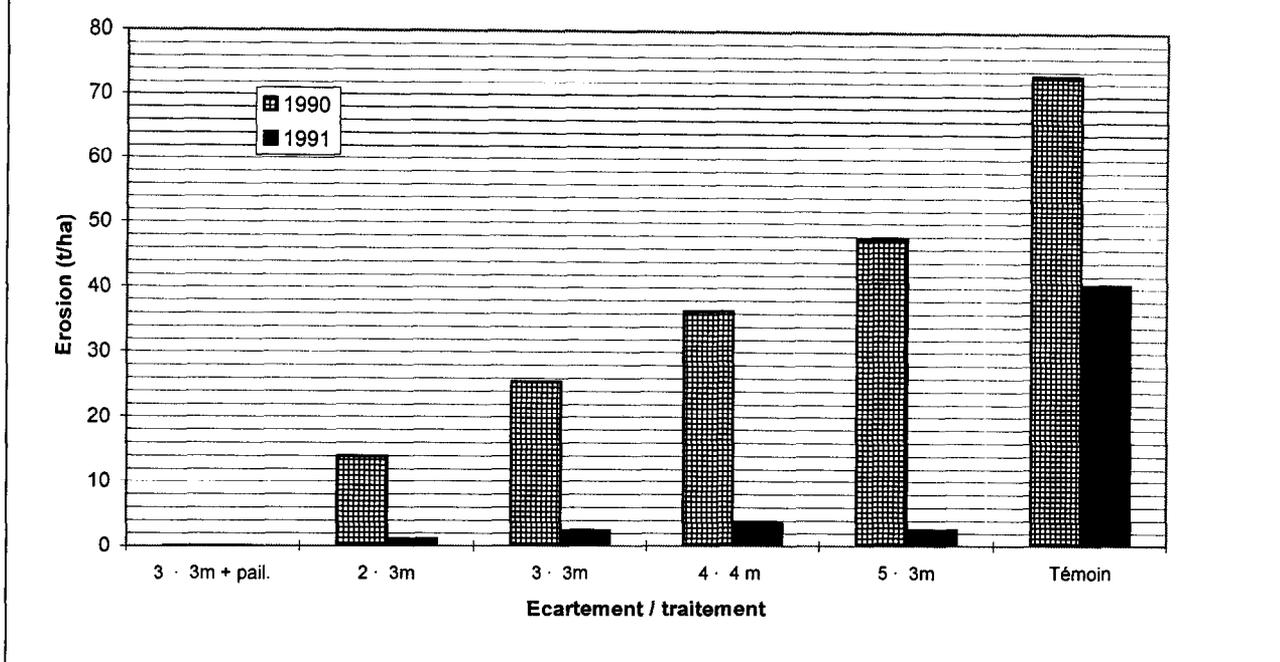
Les pertes en terre sont assez faibles la première année (sauf pour la parcelle de référence) mais plus importantes la deuxième année. Ce phénomène serait lié à l'évolution des matières organiques de l'horizon cultivé, des propriétés physiques du sol, notamment de la perméabilité qui diminue suite à la formation des croûtes de battance. Ces croûtes se forment plus rapidement sur parcelle nue et ses effets sont déjà significatifs dès la première année.

A partir de ces résultats, on a comparé les pertes en terre sur parcelle de référence de Wischmeier (parcelle nue) avec celles observées sous paillis complet. On a également comparé l'effet du paillis en bandes à celui du paillis en couronne en termes de pertes en terres.

Concernant le paillis complet, les résultats montrent qu'il est très efficace dans le contrôle de l'érosion. En effet, les pertes en terres observées au cours de cette période sont de l'ordre de 0,04 t/ha/an contre 51,3 t/ha/an pour la parcelle nue. L'efficacité du paillis complet a été confirmée par d'autres auteurs, notamment **ROOSE (1977)** ; **LAL (1979)** ; **DUCHAUFOR et al. (1992)** qui ont montré que l'indice de protection de ce mode de gestion des résidus (indice C de Wischmeier) est de l'ordre de 0,001.

Pour les autres traitements, les résultats observés montrent que les pertes en terres sont fonction à la fois du mode de paillage (en bandes ou en couronnes) et de l'écartement. C'est ce que laisse apparaître la comparaison entre les pertes en terres de l'année 1990 (paillis en couronne) et celles de l'année 1991 (paillis en bandes perpendiculaires à la pente). Les résultats de cette comparaison font l'objet de la figure n° 2.

Figure 2 : Densité de plantation des bananiers et érosion en t/ha sur parcelle nue, sous paillis complet, en couronne (1990) et en bandes (1991).



Avec le paillis en couronne, les pertes en terres varient de 14 t/ha à 47,7 t/ha. On observe, en outre, une corrélation linéaire entre les pertes en terres et les écartements. Le paillis en bandes ramène ces pertes à moins de 3,7 t/ha quel que soit l'écartement.

Ce dernier mode de gestion des résidus se montre donc très efficace. **NDAYIZIGIYE (1993)** enregistre des pertes en terres comparables à Rubona avec des haies de *Calliandra* et de *Leucaena* mais seulement deux années après leur installation.

3.3. Propriétés du sol sous paillis complet et sur parcelle nue

Cette étude a porté sur l'évolution des propriétés du sol sur parcelle nue et sous paillis complet afin de vérifier si les propriétés se dégradent ou évoluent positivement suivant le traitement.

On a pris comme témoin une jachère naturelle non perturbée depuis l'installation de l'essai se trouvant à proximité des parcelles d'érosion. Cette parcelle était supposée représenter les propriétés initiales du sol avant la mise en place de l'essai.

3.3.1. Conductivité hydraulique

Des mesures de conductivité hydraulique faites au perméamètre à doubles anneaux (méthode MÜNTZ) en novembre 1991, janvier, avril et juillet 1992 sur les 3 parcelles donnent les résultats suivants :

Tableau 3. Conductivité hydraulique en cm/h sous paillis complet, sous jachère à *Eragrostis* et sur parcelle nue travaillée sur ferralsol à Mashitsi.

Traitement	nov-91	jan-92	avr-92	Juil-92	Moyen.	A.V. (0, 001)
Parcelle + paillis	74	84	82	84	81	a
Jachère naturelle	44	37	42	37	41	b
Parcelle nue travaillé	15	18	17	21	18	c

L'analyse statistique montre des différences très hautement significatives entre les traitements (seuil 0,001). Par rapport à la jachère naturelle (état initial du sol), la perméabilité a doublé sous parcelle paillée et réduite de moitié sur parcelle nue travaillée.

Ceci semble lié au fait que les états de surfaces sur la parcelle nue se dégradent au cours du temps suite à la formation de pellicules de battance, très nombreuses en surface. Le paillis empêche la formation de ces croûtes, limite l'énergie d'impact des gouttes sur les particules du sol et joue un rôle de régulateur des débits des précipitations, de sorte que l'intensité des averses reste toujours inférieure à l'infiltration, réduisant ainsi les risques de ruissellement.

D'autre part, on pourrait attribuer l'augmentation de la perméabilité du sol sous paillis complet à la l'amélioration de la structure grâce à l'accroissement de la teneur en matière organique (5,7 % contre 3 % sous jachère naturelle) et probablement suite à la formation complexes argilo-humiques (HENIN et al., 1969 et SOLTNER, 1988) entre l'argile et l'humus provenant de l'humification du paillis.

Cette amélioration pourrait être également attribuée à l'augmentation de la porosité biologique due à une plus forte activité de la mésofaune (termites) que l'apport de paillis pourrait stimuler.

3.3.2. Granulométrie

Des analyses granulométriques ont été faites sur des échantillons de sols prélevés dans les 10 premiers cm de profondeur. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Evolution de la granulométrie du sol.

Traitement	Argile en %	Limon en %	Sable en %
Parcelle + paillis	55, 2	7,7	37,2
Jachère naturelle	49, 3	5, 7	44, 8
Parcelle nue travaille	37, 2	14, 4	48,3

On note une baisse de 12 % de la teneur en argile sur la parcelle nue par rapport à la jachère naturelle. Ceci est à mettre en rapport avec le phénomène de sélectivité des particules pendant le processus d'érosion. En effet, les argiles sont éliminées en priorité. La proportion d'argile érodée serait donc plus importante que les autres fractions. Ce qui se traduit par un appauvrissement absolu en fines et un enrichissement relatif en limon et en sable.

3.3.3. Propriétés chimiques du sol en place

Le tableau 5. présentent les résultats des analyses chimiques effectuées sur des échantillons moyens de sol à 0-20 cm (mélange de 9 prélèvements le long des axes médians et des diagonales des parcelles).

Tableau 5. Caractéristiques chimiques du sol en place (CEC en méq/100 g, C et N en %).

Traitement	PH eau	PH kcl	Ca	Mg	K	Na	S bases	CEC	C	N	C/N
Parcelles + paillis	6,0	4,8	0,9	1,0	0,4	0,0	2,3	25,4	3,28	0,56	11,5
Jachère naturelle	5,2	4,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	12,4	1,70	0,16	10,6
Parcelle nue travaillée	4,7	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	6,0	0,82	0,07	13,0

Ces résultats montrent que :

1° les teneurs en bases et en matière organique augmentent sous paillis alors qu'elles baissent sous parcelle nue travaillée.

2° le pH eau est de 6 contre 5,2 sous jachère naturelle et 4,7 sur parcelle nue.

3° La C.E.C. double sous paillis et diminue de moitié sur parcelle nue.

On peut attribuer l'amélioration de ces propriétés par l'apport de matière organique qui passe de 3,0 % à 5,8 %. Son humification et sa minéralisation contribuent à l'augmentation des sites d'échange des cations qui sont libérés en plus grande quantité. D'après la composition chimique de l'*Hyparrhenia* et des résidus de bananiers utilisés, les apports en éléments minéraux par le paillis atteignent en 3 ans 105 Kg de Ca, 61 Kg de Mg, 25,2 Kg de P₂O₅, 516 de potassium et 288 Kg d'azote. A ceci, il faut ajouter ceux apportés dans le fumier de ferme qui sont du même ordre de grandeur. Cette libération de cations est évidemment progressive et dépend du taux de minéralisation de l'humus.

3.3.4. Carbone organique

Le taux de carbone organique passe de 1,70% sous jachère à 3,28% sous paillis complet. Cette augmentation est équivalente à 2,7% de matière organique. Si on compare cette augmentation aux apports totaux sur les 3 années d'expérimentation, on se rend compte que la quasi-totalité de la matière organique apportée (60 t) est incorporée au sol sous paillis complet. Elle se transforme en composés organiques, notamment en humus qui forme avec l'argile des complexes argilo-humiques stables. La minéralisation est ralentie et le carbone reste plus longtemps sous sa forme organique limitant ainsi sa libération sous forme CO².

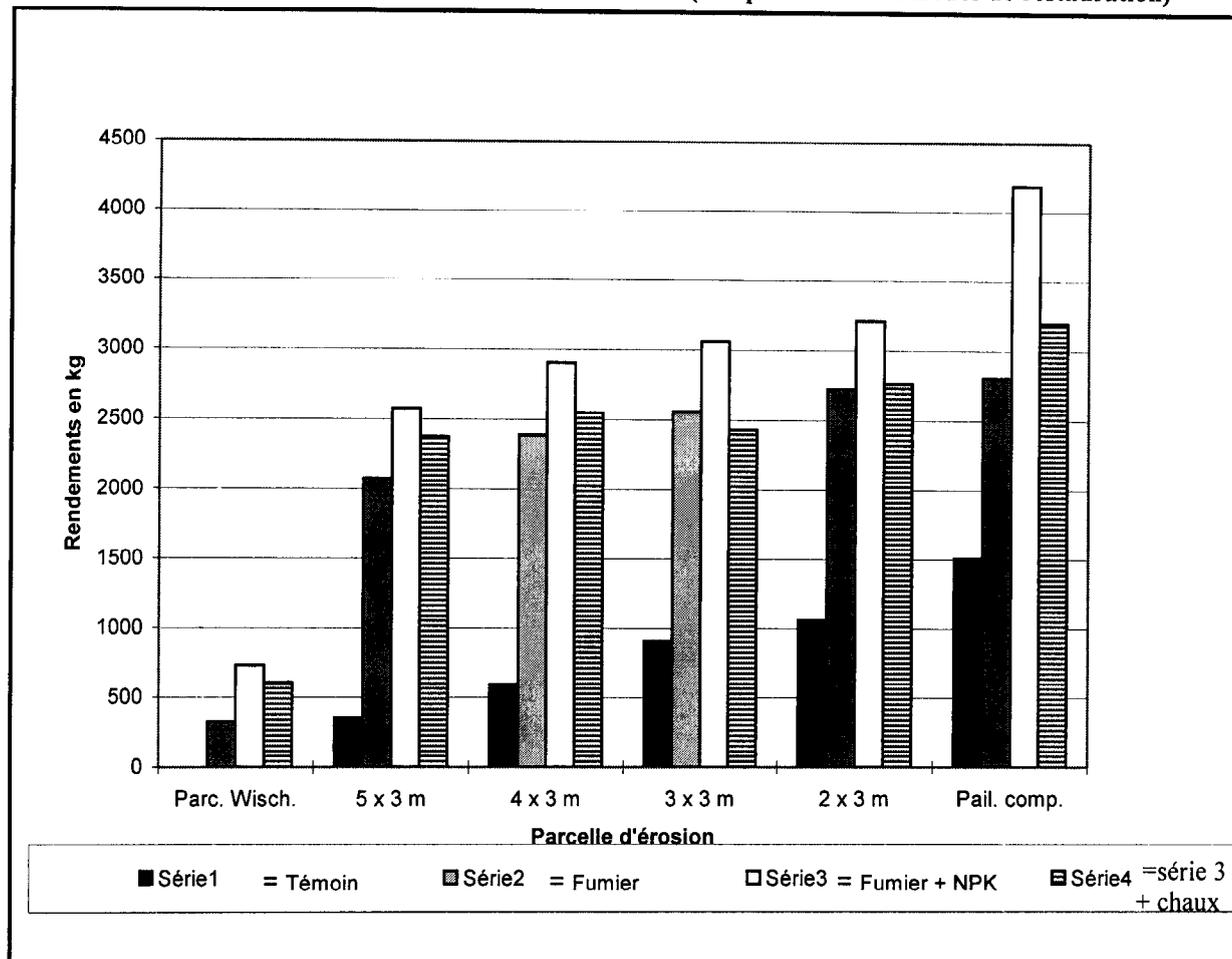
La diminution de la teneur en matière organique sur la parcelle nue par rapport à la jachère naturelle (de 3,0 % à 1,4 %) semble indiquer que le phénomène de sélectivité des pertes en terres touche non seulement l'argile, mais également la matière organique, les bases et l'azote.

L'érosion élimine donc en priorité ces éléments qui sont le siège de la fertilité du sol et contribue ainsi à une forte baisse de la productivité des terres.

3.3.5. Productivité et restauration des terres érodées

La figure 3 montre la productivité des différentes parcelles après 3 années d'érosion (comportement des témoins) et leur réponse à 3 méthodes de restauration (10 t de fumier exprimées en matière sèche, fumier + NPK 60-40-60, fumier + NPK + 2 t de chaux).

Fig. 3 : Productivité et restauration des terres érodées (comparaison 3 méthodes de restauration)



Source : RISHIRUMUHIRWA, T., 1997

Il ressort de cette figure que la productivité des terres érodées est très faible (cas de la parcelle nue) et directement proportionnelle aux quantités cumulées des terres perdues. Il apparaît également que les parcelles les plus érodées répondent mal la restauration de la fertilité contrairement aux parcelles les mieux conservées.

4. Conclusions

Plus les bananiers sont denses, plus le paillage est abondant, mieux on maîtrise le ruissellement et l'érosion, et plus les cultures réagissent positivement aux tentatives de réhabilitation de la fertilité du sol par le fumier et les engrais minéraux.

De plus, le contrôle du ruissellement et de l'érosion par la gestion efficace de la biomasse (paillage) contribuent à la séquestration du carbone.

En effet, on peut considérer que la séquestration du carbone, à l'échelle de la parcelle, comme l'ensemble des processus par lesquels le carbone atmosphérique est fixé par les plantes et ensuite stocké dans les agrégats du sol sous forme d'humus stable.

Le taux de fixation du carbone dépend de la productivité végétale qui augmente avec l'efficacité des mesures antiérosives qui conservent et améliorent la fertilité des sols dans le

cas de l'application du paillis. L'érosion accélérée, par contre, élimine sélectivement les colloïdes et les particules organiques avec les eaux de ruissellement.

Une étude plus pointue pourrait mieux mettre en évidence cette séquestration par la quantification du bilan du carbone impliquant, notamment, le bilan photosynthétique, l'humification et les pertes du carbone dans les eaux de ruissellement et de drainage .

Mais on peut déjà admettre que la maîtrise du ruissellement et de l'érosion contribue à la séquestration du carbone à l'échelle de la parcelle.

Bibliographie

- DUCHAUFOR, H., BIZIMANA, M. et MIKOKORO, C., 1991. – Rapport annuel ISABU 1989-1990. Partie érosion, Département des études du milieu et des systèmes de production. Programme Agroforesterie, Sylviculture et érosion, ISABU.
- DUCHAUFOR, H., BIZIMANA, M. et MIKOKORO, C., 1992. – Les acquits de la recherche à l'ISABU en matière de protection et de restauration. Séminaire sur l'érosion des sols au Burundi. 24 p.
- HENIN, S. et al., 1969. Le profil cultural. 2^{ème} Ed., Masson et Cie, 326 P.
- LAL, R., 1979. – Soil erosion problems on an Alfisol in Western Nigeria and their control. IITA Monograph n° 8, 38 p.
- MUSERUKA, F., 1981. – Notice explicative de la carte pédologique de Mashitsi. Pub. ISABU, Carte n° 8, Cellule Carto/81.
- NDAYIZIGIYE, F., 1993. – Effets des haies vives arbustives sur l'érosion et la fertilité des terres sur fortes pentes de montagnes tropicales au Rwanda. Bull. Erosion n° 14, Montpellier. 243 – 248.
- 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. 321 p.
- ROOSE, E. et GODEFROY, J., 1977. Pédogenèse actuelle d'un sol ferrallitique remanié sur schiste sous forêt et sous bananeraie fertilisée de basse Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. 25, n° 4 : 409 – 436.
- SOLTNER, D., 1988. – Les bases de la production végétale. Phytotechnie générale, tome 1. Le sol et son amélioration. 16^{ème} Ed., Collection Sciences et techniques agricoles, 464 p.
- WISCHMEIER, W. D. and SMITH, D. D., 1978. – Predicting rainfall erosion losses – A guide to soil conservation planning.- U.S.D.A. Agriculture Handbook n° 282. 58 p.