

BANANERAIE, MODES DE PAILLIS ET RESTAURATION DES SOLS ACIDES

par

Théodomir RISHIRUMUHIRWA, Chercheur à l'IRAZ B.P. 91 GITEGA - BURUNDI;
Jacques NYABUHWANYA, Chef de la Division Encadrement au Projet Bututsi,
B.P. 22 BURURI - BURUNDI;
Yves CORDIER, Professeur à la FACAGRO, B.P. 2490 BUJUMBURA - BURUNDI.

Résumé

Des études menées depuis 1989 ont montré l'effet bénéfique du paillis sur la réduction de l'érosion hydrique sous bananier en région tropicale sub-humide d'altitude (Burundi, Rwanda et Est du Zaïre). Dans cet article, les auteurs s'intéressent aux conséquences de cette pratique culturale sur les propriétés du sol. Pour cela, 4 traitements ont été comparés: le parcelle de Wischmeier, une jachère nue, une jachère naturelle herbacée à *Eragrostis* et une parcelle entièrement paillée.

Les résultats montrent qu'au bout de 3 ans, le paillis complet améliore considérablement les propriétés chimiques et physiques du sol (perméabilité, pH, bases échangeables, capacité d'échange cationique etc...). Parallèlement, les propriétés de la parcelle nue se dégradent considérablement.

Par ailleurs, les auteurs s'intéressent également à la vitesse de formation des terrasses sous bananeraie paillée en bandes isohypses, distantes respectivement de 2, 3, 4 et 5 m. Les résultats obtenus montrent que la dénivelée entre terrasses formées varie entre 14.3 et 25.0 cm la première année sur une pente de 8%.

Mots clés: Erosion, bananier, mode de paillis, propriétés du sol, terrasses.

Summary

A trial to study erosion under bananas conducted at the IRAZ research station (Mashitsi) since 1989 has pointed out the importance of mulch on runoff and soil erosion control in sub-humid tropical highlands. In this article, the authors analyse the consequences of mulching on soil chemical and physical properties. Four plots have been compared; a bare fallow, a natural fallow of *Eragrostis*, the Wischmeier plot and a completely mulched plot.

After three and a half years, pH, exchangeable bases, cation exchange capacity (C.E.C.), and permeability increased significantly. In contrast, on bare soil, these properties decreased drastically.

The authors showed on slopes of 8% that rows of mulch of about 1 m large and distant of 2 to 5 m apart, induced terraces formation of 14.3 to 25 cm.

Key words: Erosion, banana, mulch, soil properties, terraces.

1. Introduction

Depuis 1989, des études ont été menées à la station expérimentale de Mashitsi sur l'érosion sous bananier. Elles ont porté essentiellement sur l'indice culturale du bananier planté à différents écartements et sur l'influence du mode de paillis (paillis en couronne autour du pied, paillis en bandes et paillis complet). Les résultats des mesures du ruissellement et des pertes en terres ont montré qu'il est possible de réduire considérablement l'érosion par un choix approprié des écartements et surtout par une gestion judicieuse des résidus produits par cette culture.

A cet égard, on peut considérer que le paillis complet arrête l'érosion et réduit le ruissellement. Mais quels sont ses effets à long terme sur l'évolution des propriétés du sol telles que la perméabilité, le pH, les bases échangeables, le taux de saturation... Cette question est d'autant plus importante que ces propriétés sont déterminantes pour l'amélioration de la fertilité du sol et l'augmentation des rendements. Cet article propose une ébauche de réponse.

D'autre part, le paillis en bandes perpendiculaires à la pente s'est révélé très efficace dans la réduction des pertes en terres. Sur terrain, on constate que ce mode de paillis induit la formation de terrasses. Quelle est leur vitesse de formation dans un environnement donné, répondant à des caractéristiques physiques données? Telle est la seconde question à laquelle cet article tente de répondre.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description du milieu physique

L'étude de l'évolution des propriétés du sol sous paillis complet et l'étude de la vitesse de formation des terrasses sous paillis en bandes isohypses ont été menées dans un contexte déjà décrit dans des communications publiées dans les bulletins Erosion n° 12 (1992) et n° 13 (1993). Il convient de rappeler que le site expérimental de Mashitsi se trouve en République du Burundi (Afrique Centrale), sur le plateau central auquel appartient la région naturelle du Kirimiro. Elle est située vers 1600-1700 m d'altitude et ses coordonnées géographiques sont de 3°22'30" latitude Sud et 29°55'30" longitude Est. Elle jouit d'un climat tropical sub-humide d'altitude de type Aw3 de la classification de Köppen. Les essais sont installés sur une pente de 8 %, sur un ferralsol typique selon la classification INEAC (Oxisol de Soil Taxonomy ou sol ferrallitique de la classification française).

2.2. Evolution des propriétés du sol sous paillis complet

L'étude de l'évolution des propriétés du sol sous paillis complet a été faite sur des parcelles d'érosion en fonctionnement depuis trois ans et demi. On a comparé une parcelle ayant reçu un paillis complet, une jachère nue, le témoin international (parcelle de Wischmeier) et une parcelle sous jachère naturelle à *Eragrostis* représentant l'état initial du sol avant la mise en place des parcelles d'érosion. Ces dernières, exception faite de la jachère naturelle, sont munies d'un dispositif de collecte de boues et des eaux de ruissellement. Elles ont une superficie de 100 m² sauf la parcelle avec paillis complet qui en a 450 m².

Le paillis complet d'une épaisseur constante de 7 cm est constitué de résidus des bananiers de la parcelle et des pailles d'*Eragrostis* et d'*Hyparrhenia*. Ceci représente un apport

annuel d'environ 22.2 T^{1/4} (4 bottes de 35 kgs sur 63 m²) de paille fraîche, soit environ 7.8 T de matière sèche/hectare. Les mesures suivantes ont été effectuées:

(Taux de matière sèche : 43%)

- calcul des pertes en terres et du ruissellement depuis le début des essais (1989);
- mesure de la perméabilité in situ au perméamètre à doubles anneaux enfoncé à une profondeur de 10 cm dans le sol;
- bases échangeables à la spectrophotométrie d'absorption atomique après percolation à l'acétate d'ammonium 1N à pH 7;
- granulométrie des terres érodées et in situ sur 25 cm de profondeur par tamisage à 50 µ et séparation des limons et argiles par sédimentation dans des colonnes d'Atterberg après peptisation des argiles à l'hexamétaphosphate de sodium;
- pH à l'eau et au KCl dans une suspension de rapport sol/eau de 1/5;
- azote par la méthode Kjeldhal et le carbone par la méthode Walkey et Black.

Les mêmes analyses ont été faites sur des terres érodées de 4 averses au cours de l'année d'expérimentation (1991 - 1992).

2.3. Vitesse de formation des terrasses sous paillis en bandes isohypses

L'étude a été menée à la station expérimentale de l'IRAZ à Mashitsi. Elle consistait à déterminer la hauteur des terrasses formées grâce au paillis en bandes isohypses. Pour cela, on a utilisé des parcelles d'érosion portant des bananiers plantés aux écartements suivants:

3 * 2 m; 3 * 3 m; 4 * 3 m et 5 * 3 m. Ces parcelles ont une longueur de 30 m et une pente générale, déterminée au triangle à pente, de 8%. Le paillis appliqué provenait exclusivement des résidus (feuilles mortes et pseudo-troncs) des bananiers de chaque parcelle, disposés en bandes isohypses.

Une année après l'installation de l'essai, on a déterminé la dénivelée entre les parties amont et aval de chaque terrasse formée à hauteur de chaque bande. Pour cela, on a utilisé un triangle à pente, un niveau de maçon et une règle graduée. Pour chaque traitement, 4 bandes ont été retenues et, sur chaque bande, 3 mesures ont été effectuées.

3. Résultats

3.1. Evolution des propriétés du sol sous paillis complet

3.1.1. Pertes en terres et ruissellement cumulés

Les pertes en terres cumulées de la station de Mashitsi depuis janvier 1989 à juin 1992, exprimés en tonnes par hectare, sont donnés dans le tableau n°1.

Tableau n°1: Pertes en terres pour la période janvier 1989 - juin 1992 en T/Ha

Traitement	1989	1990	1991	Jun-92	Cumul
parcelle de Wischmeier	55,1	44	20,7	3.0	122.8
parcelle nue	40,1	73,3	40,5	9.1	163.0
parcelle avec paillis complet	0,05	0,03	0,1	0.06	0.24
jachère à Eragrostis	-	-	-	-	-

Il ressort de ce tableau qu'en trois ans et demi, la parcelle de Wischmeier a perdu 122.8 T/Ha, la jachère nue 163.0 T/Ha et la parcelle paillée, 240 kg.

De même, on a calculé, à partir des résultats des années 1989 à 1992 les valeurs caractéristiques du ruissellement. Elles sont représentées dans le tableau n°2.

Tableau n°2: Ruissellement à la station de Mashitsi entre 1989 et 1992 en % des précipitations. (KRMax = coef. de ruissellement max. pour une averse et KRam = coef. de ruissellement annuel moyen).

Traitement	1989		1990		1991		Jun-92
	KRMax	KRam	KRaMax	KRam	KRMax	KRam	KRam
parcelle de Wischmeier	79.3	18.9	80.4	20.0	35.7	7.7	1.6
parcelle nue	80.4	12.8	73.9	23.8	76.5	18.0	16.7
parcelle avec paillis complet	1.1	0.7	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7

3.1.2. Perméabilité in situ

La moyenne de 4 mesures de perméabilité in situ effectuées en novembre 1991, en janvier, avril et juillet 1992, exprimées en cm/h, donne les valeurs suivantes:

Tableau n° 3: Perméabilité in situ en cm/h sous paillis complet, jachère à *Eragrostis*, jachère nue et parcelle de Wischmeier à Mashitsi (J. NYABUHWANYA, 1992)

Traitement	nov-91	jan-92	avr-92	juil-92	Moyen.	ANOVA (F<0.001)
parcelle de Wischmeier	24.6	25.2	25.2	28.2	25.8	a
parcelle nue	15.0	18.0	16.8	21.0	17.7	b
parcelle avec paillis complet	73.8	84.0	82.2	84.0	81.0	c
jachère à <i>Eragrostis</i>	43.8	37.0	42.0	37.2	40.5	d

L'analyse statistique effectuée (comparaison des moyennes des différents traitements) montre des différences très hautement significatives entre les traitements.

3.1.3. Granulométrie

Des analyses granulométriques ont été faites sur échantillons de sols prélevés à 25 cm de profondeur. Parallèlement, 4 échantillons de terres érodées ont été soumis aux mêmes analyses. Les résultats obtenus pour le sol en place et pour les terres érodées sont présentés dans le tableau n° 4.

Tableau n° 4: Granulométrie du sol en place et des terres érodées (octobre 1991 - juin 1992) à la station érosion de Mashitsi.

Traitement	Argile en %		Limon en %		Sable en %		ANOVA (F<0.001)
	Sol/place	Terre/éro.	Sol/place	Terre/éro.	Sol/place	Terre/éro.	
parcelle de Wischmeier	39.7	18.3	12.4	11.0	48.0	70.7	a
parcelle nue	37.2	21.7	14.4	6.5	48.3	71.8	b
parcelle avec paillis complet	55.2	6.4	7.7	6.4	37.2	87.1	c
jachère à <i>Eragrostis</i>	49.3	5.7	5.7		44.8		d

3.1.4. Propriétés chimiques du sol in situ et des terres érodées

Les tableaux n°5 et n° 6 présentent les résultats des analyses chimiques effectuées sur échantillons de sol in situ et des terres érodées des différents traitements.

Tableau n° 5: Propriétés chimiques (cations, S et CEC en méq/100gr, C et N en %) du sol sous paillis complet, jachère à *Eragrostis*, jachère nue et parcelle de Wischmeier à Mashitsi.

Traitement	pH eau	pH KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	CEC	C	N	C/N	ANOVA * (F<0.001)
parcelle de Wischmeier	4.7	4.1	0.08	0.06	0.03	0.02	0.19	7.82	0.95	0.07	13.6	a
parcelle nue	4.7	4.1	0.05	0.03	0.02	0.01	0.12	6.00	0.82	0.07	13.0	b
parcelle avec paillis complet	6.0	4.8	0.89	1.00	0.41	0.02	2.34	25.44	3.28	0.56	11.5	c
jachère à <i>Eragrostis</i>	5.2	4.2	0.12	0.07	0.05	0.04	0.26	12.41	1.70	0.16	10.6	d

N.B.: ANOVA donne une valeur de F<0.001 sauf pour le rapport C/N accusant un F = 0.017

Tableau n° 6: Propriétés chimiques des terres érodées (cations, S et CEC en méq/100gr, C et N en %) sous paillis complet, jachère à *Eragrostis*, jachère nue et parcelle de Wischmeier à la station de Mashitsi.

Traitement	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	CEC	C	N	C/N	ANOVA * (F<0.001)
parcelle de Wischmeier	0.11	0.07	0.06	0.03	0.26	8.72	1.58	0.11	13.1	a
parcelle nue	0.06	0.04	0.04	0.03	0.18	7.08	1.31	0.10	14.4	b
parcelle avec paillis complet	1.17	1.02	0.37	0.06	2.61	20.72	3.66	0.29	13.0	c

N.B. ANOVA donne des valeurs de F<0.001 sauf pour l'N (F=0.023) et C/N (F = 0.4299)

- Les traitements pour le sol in situ et les terres érodées diffèrent entre eux de manière:
- très hautement significatives pour le pH, la somme des bases échangeables, la C.E.C. et le taux de carbone organique;
 - hautement significatives pour l'azote;
 - significatives pour le rapport C/N.

2.3. Vitesse de formation des terrasses sous paillis en bandes isohypses

Les résultats obtenus par traitement et par ligne (les lignes étant numérotées de 1 à 4 en allant de l'aval vers l'amont) sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau n° 7: Hauteur des terrasses formées en 12 mois (1991) avec le paillis en bandes isohypses sur une pente de 8 % à la station expérimentale de Mashitsi.

Traitement	ligne n°1 (aval)	ligne n°2	ligne n°3	ligne n°4 (amont)	moyenne	moyenne pond./ m
bande tous les 2 m (2*3m)	11.0 cm	17.0 cm	14.7 cm	14.3 cm	14.3 cm	7.2 cm/m
bande tous les 3 m (3*3m)	15.5 cm	16.3 cm	18.8 cm	15.3 cm	16.5 cm	5.5 cm/m
bande tous les 4 m (4*3m)	15.0 cm	16.0 cm	21.7 cm	16.5 cm	17.3 cm	4.3 cm/m
bande tous les 5 m (5*3m)	24.3 cm	25.5 cm	27.5 cm	24.3 cm	25.0 cm	5.0 cm/m

Ces résultats montrent que la dénivelée entre les bandes tend à augmenter avec les écartements. L'écartement 5 m donne les dénivelées les plus importantes.

Quand on considère la moyenne pondérée de la dénivelée par mètre d'écartement, on voit qu'elle varie entre 4.3 et 7.2 cm. Ici, c'est l'écartement le plus petit (2 * 3 m) qui semble donner la moyenne pondérée la plus élevée.

A l'intérieur de la même parcelle les dénivelées les plus importantes s'observent vers le milieu. Ceci semble indiquer que les bandes du milieu tendent à retenir plus de terres érodées.

4. Discussions

Les études antérieures menées à la station de l'IRAZ à Mashitsi ont permis de déterminer la valeur de quelques indices d'érosion. L'agressivité climatique calculé sur 3 ans (1989 à 1991) est de 460.7 T/Ha/an et l'érodibilité varie de 0.07 à 0.14 (RISHIRUMUHIRWA, 1993). Selon E. ROOSE (1977), H. DUCHAUFOR et al. (1991), Th. RISHIRUMUHIRWA (1992 et 1993), l'indice cultural du paillis complet est de 0.001 et ROOSE (1977) a montré en Afrique de l'Ouest que cet indice est de 0.01 pour une jachère enherbée. On peut admettre que celui de la jachère à *Eragrostis* est proche de cette valeur.

Le paillis complet exerce donc un effet bénéfique considérable sur la réduction des pertes en terres et du ruissellement.

La perméabilité de la parcelle paillée est très bonne (81 cm/h) alors qu'elle est médiocre sous la jachère nue (17.7 cm/h). Si l'on compare ces deux valeurs à celle de la jachère à *Eragrostis*, supposée proche des conditions initiales avant l'essai, on a l'impression que l'infiltration augmente sous la parcelle avec paillis complet et diminue considérablement sous la jachère nue.

Ceci semble lié au fait que les états de surfaces sur jachère nue et sur parcelle de Wischmeier se dégradent au cours du temps suite à la formation de pellicules de battance, très nombreuses à la surface de la jachère nue. Par contre, le paillis, telle une éponge, jouerait un rôle de régulateur des débits des précipitations qui arrivent au sol et protégerait la surface contre la battance des gouttes de pluies.

Par ailleurs, la décomposition du paillis augmente le taux de matière organique dans le sol (5.7% sous paillis contre 2.9% sous jachère à *Eragrostis*) qui, selon Hénin (1969) et D. SOLTNER (1975), peut jouer un rôle important dans amélioration de la structure et de la perméabilité du sol.

Bien que cela n'ait pas été mis en évidence, on peut supposer que l'apport de paillis stimule également l'activité biologique et augmente la porosité du sol.

C'est probablement l'effet combiné de toutes ces hypothèses qui explique l'augmentation de la perméabilité induit par l'apport de paillis complet.

La granulométrie du sol in situ dans les premiers 25 cm montre une plus forte teneur en argile sous paillis complet par rapport aux autres traitements. Les parcelles subissant une forte érosion perdent, au cours du temps, beaucoup d'argile dans l'eau de ruissellement. En

admettant que les teneurs observées dans les terres érodées en 1991-1992 sur 4 averses représentent des teneurs moyennes, en trois an et demi d'érosion (entre 1989 et 1992), la jachère nue aurait perdu 35.4 T d'argile, la parcelle de Wischmeier 22.5 T et la parcelle sous paillis complet 15.4 Kgs. Les pertes réelles sont probablement supérieures du fait qu'elles tendent à diminuer avec le temps. Il y a donc un appauvrissement plus important des parcelles érodées en éléments fins par rapport à la parcelle avec paillis complet.

D'autre part, l'infiltration de la parcelle sous paillis complet est 3 à 4.5 fois plus élevée que sous la parcelle de Wischmeier et sous la jachère nue. On peut supposer que l'argile migre en profondeur à l'état colloïdal en quantités plus importantes et plus facilement (plus grande perméabilité) sous parcelle paillée que sous les deux autres parcelles.

L'étude des propriétés chimiques du sol montre que, sous paillis complet, le pH eau passe de 4.7 à 6 alors qu'il reste acide pour tous les autres traitements. De même, les bases échangeables, la CEC et la matière organique sont nettement plus élevés sous paillis. Ces modifications profondes sont probablement dues à la décomposition et à la minéralisation du paillis se traduisant par un accroissement des acides organiques (humiques) et des éléments minéraux.

Le paillis joue un rôle essentiel dans la gestion des terres acides des tropiques subhumides par la réduction du ruissellement et de l'érosion d'une part, et, d'autre part, par l'apport des nutriments au sol, d'autre part. Il serait intéressant d'étudier la teneur en phosphore et en aluminium échangeable du sol in situ pour évaluer sa disponibilité en ces éléments et la réduction de la toxicité aluminique suite à l'apport de paillis.

Le second essai montre que le paillis en bandes isohypses induit la formation de terrasses dont la hauteur semble être liée à la pente et aux équidistances entre les bandes. Ce remodelage du terrain pourrait être favorable à l'infiltration. Des études plus poussées devraient permettre de mettre en évidence ces hypothèses.

5. Conclusions

Les résultats de ces deux essais montrent, une fois de plus, l'importance du paillis en gestion des sols acides tant sur la plan de l'eau que sur celui de la fertilité. La solution idéale semble être le paillis complet mais celui en bandes se montre également intéressant. Cependant, sa disponibilité reste limitée surtout en zones densément peuplées subissant une forte pression sur l'utilisation des terres. Dans ce contexte, la problématique repose sur la production et sur l'utilisation rationnelle de la biomasse à l'échelle de l'exploitation.

Plusieurs techniques de production de biomasse ont été proposées impliquant notamment l'agroforesterie. Dans la région des Grands Lacs, (Burundi, Rwanda et Est du Zaïre), le bananier constitue le principal producteur de biomasse dans les exploitations agricoles. Il pourrait jouer un rôle important dans son intensification sans minimiser pour autant les autres sources possibles.

Le pailli est utilisé dans les caféières, comme aliments et litière pour le bétail, pour le compostage et ... pour couvrir les maisons d'habitations. Les choix sont dictés par l'importance des revenus du ménage, la présence ou non de caféières et de bétail dans l'exploitation. Dans

le cas d'une caféière, le reste de l'exploitation s'appauvrit à son profit tandis que l'élevage assure une restitution sous forme de fumier.

Les recommandations sur les techniques de production et d'utilisations rationnelles de la biomasse devrait, dans le cas du Burundi, du Rwanda et de l'Est du Zaïre, tenir compte des impératifs suivants:

- acidité des sols et forte désaturation impliquant une restauration par la matière organique, d'où l'importance de l'élevage pour la production du fumier;
- exigüité des exploitations ne permettant pas toujours la pratique de l'élevage;
- besoin d'intensification des productions pour répondre aux besoins des populations;
- hauts risques d'érosion hydrique suite au climat, aux pentes et à la surpopulation.

La multiplicité des problèmes implique une diversification et une combinaison judicieuse des solutions passant par la lutte anti-érosive, l'agroforesterie, l'intensification de la culture bananière, l'intégration de l'élevage dans l'exploitation etc.

Ces deux derniers points mériteraient une attention particulière dans le contexte des 3 pays compte tenu de leur importance sur la fertilité des sols et dans l'alimentation humaine. Ceci est d'autant plus urgent que les résultats de recherche sur la culture du bananier traditionnel d'altitude en Afrique et sur l'intégration agriculture-élevage dans les exploitations paysannes semblent manquer dans ces mêmes régions.

Bibliographie

- CRABBE, M. et TOTIWE, T., 1979. Paramètres moyens et extrêmes principaux du climat des stations du réseau INERA. Section de Climatologie, Yangambi.
- DUCHAUFOR, H. et al., 1991 in Rapport annuel I.S.A.BU 1989-1990, partie érosion. Département des études du milieu et des systèmes de production. Programme Agroforesterie, Sylviculture et Erosion.
- HENIN, S. et al., 1969. Le profil cultural. 2^e Ed., Masson et Cie.
- NYABUHWANYA, J., 1993. Contribution à l'étude de l'influence de l'érosion hydrique sur les propriétés chimiques et physiques du sol dans le Kirimiro Central. Etude sur les parcelles expérimentales. Mémoire présenté pour l'obtention du grade d'Ingénieur Agronome. FACAGRO, Université du Burundi.
- RISHIRUMUHIRWA, Th. et al., 1989. Etude pédologique de 8 sites repères pour les essais engrais au sein de la C.E.P.G.L. (Moso, Mashitsi, Rubona, Karama, Yangambi, Mulungu, Gandajika, M'Vuazi). Gitega, IRAZ.
- RISHIRUMUHIRWA, T., 1992. Ruissellement et érosion sous bananier au Burundi. In Réseau Erosion, Bulletin n°12.
- RISHIRUMUHIRWA, T., 1993. Contribution des résidus du bananier en conservation de l'eau et du sol. In Réseau Erosion, Bulletin n°13.
- ROOSE, E., 1977. Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Paris, ORSTOM.
- ROOSE, E., 1992. Contraintes et espoirs de développement d'une agriculture durable en montagnes tropicales. In Réseau Erosion, Bulletin n°12.
- SOLTNER, D., 1975. Les bases de la production végétale. Tome 1. Collection Sciences et Techniques Agricoles.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook n° 537.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Rishirumuhirwa, T.; Nyabuewanya, J.; Corder, Y. - Bananeraie, modes de paillis et restauration des sols acides, pp. 115-122, Bulletin du RESEAU EROSION n° 14, 1994.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr