

Efficacité des haies mixtes (*Calliandra* + *Setaria*), du fumier et du paillage pour la conservation de l'eau et la restauration de la productivité d'un sol ferrallitique argileux acide du Burundi

- Condensé -

DUCHAUFOUR Hervé, BIZIMANA Melchior, ROOSE Eric* et MIKOKORO Canisius

Projet de recherche pour la Protection de l'Environnement, Institut des Sciences Agronomiques du Burundi
BP 795 Bujumbura, Burundi : courriel : h.duchaufour@yahoo.fr

* IRD, BP.64501, 34394 Montpellier cedex 5 :courriel :Eric.Roose@ird.fr

Résumé

Les haies vives mixtes combinant des légumineuses arbustives (*Calliandra calothyrsus*) et des graminées (*Setaria sphacelata*) sont efficaces dès la seconde année pour réduire le ruissellement et l'érosion sur des pentes fortes. Cependant les touffes de graminées se dispersent et disparaissent rapidement si elles sont exploitées comme fourrage : elles épuisent rapidement les faibles réserves en nutriments de ces sols ferrallitiques. Par contre, les légumineuses arbustives puisent en profondeur ou dans l'air les nutriments qui leur sont nécessaires pour produire une forte biomasse aérienne (excellent fourrage) et un enracinement profond qui stabilisent les talus. Les émondes utilisées comme paillage protègent le sol contre les pluies et le ruissellement pendant un mois, après quoi les feuilles sont minéralisées. Des apports réguliers de fumure organique et minérale restent nécessaires pour intensifier la production du versant.

Mots-clé : Burundi, sols acides, haies mixtes, ruissellement, érosion, restauration de la production des sols

Abstract.

Living hedges combining leguminous shrubs (*Calliandra calothyrsus*) with herbs (*Setaria sphacelata*) are efficient from the second year to runoff & erosion reduction, even on very steep slopes. But herbs are disappearing fast if they are exploited as forage: they take off all the nutrients stored in poor ferrallitic soils. But leguminous shrubs take their nutrients in the air or deeply in the soil: they produce much biomass (excellent forage) and deep roots who maintain the embankments on the slopes. The cuttings used as mulch protect the soil against the energy of rains & runoff ; after one month the leaves are mineralized but the branches can be used for the kitchen. To intensify the production, it is necessary to bring regularly organic & mineral fertilizers on these very poor ferrallitic soils.

Key words: Burundi, Ultisols, mixt living hedges, runoff, erosion, soil productivity restoration

Introduction

La haie mixte de *Calliandra calothyrsus* et *Setaria sphacelata*, le fumier et le paillage partiel, disposés en courbes de niveau tous les 5 à 10 m sont des solutions de gestion des eaux de surface et de la fertilité des sols ferrallitiques argileux acides fréquemment introduites au Burundi (König, 1992). Les expérimentations en parcelles et les observations dans les champs paysans dans les collines schisteuses du Mumirwa, ont montré que ces aménagements ne coûtent pas cher (1000 m de haie ne demandent que 45 à 60 hommes jours/ha) mais réduisent énormément les problèmes de ruissellement ($K_r < 2\%$) et d'érosion ($E < 2t/ha$) après 6 mois ou dès qu'on y a posé un filtre composé des déchets de labour ou des premiers produits de la taille. Mais ces aménagements qui consacrent 10 à 20% de la surface cultivable à la production de feuilles (fourrage et paillage) et de petit bois (4 tailles par an) sont-ils

acceptables par les petits paysans qui, sur des surfaces exigües (0,5 à 2 ha), doivent produire leur nourriture et le financement de l'école, de la santé et des réjouissances sociales d'une famille de 5 à 10 personnes ? Une analyse statistique multidimensionnelle des résultats disponibles (hiérarchisation AFC) a montré que les aménagements biologiques se situent parmi les techniques antiérosives qui assurent le meilleur équilibre entre la protection du capital sol et la production végétale (Simonart et al, 1994).

Durant trois campagnes, on a comparé le ruissellement, l'érosion, la production de biomasse des haies et des cultures (manioc sur buttes isohypses, puis maïs en rotation avec les haricots sur buttes traditionnelles après une forte fumure de redressement de 100 t/ha de fumier bovin frais sur des parcelles d'érosion de 200 m², 20 m de long, 28 % de pente sur un sol ferrallitique argileux humifère profond et acide de la commune de Rushubi, à 1650 m d'altitude, recevant 1600 mm de pluie en 2 saisons culturales, avec une température moyenne annuelle de 16°C.

Les risques érosifs.

Les résultats les plus intéressants ont montré que :

- les pluies ont varié de 1362 à 1597mm pour un indice d'érosivité de 400 à 550 (Wischmeier et Smith, 1978);
- **sur la parcelle témoin, nue** et labourée, le ruissellement a varié de 10 à 16%, l'érosion de 450 à 800 t/ha/an et l'érodibilité du sol autour de $K=0,10$: ces sols acides argileux (kaolinite) humifères sur 35 cm sont donc très résistants à la battance des pluies ;
- **sous culture de manioc sur billons isohypses**, la première année, le ruissellement est passé de 2,7 % (si 2 haies vives jeunes) à 1,7 % (si paillage léger) et l'érosion de 12 t (2 haies jeunes) à 3-9 t/ha/an (si paillis léger couvrant tout ou seulement 2 bandes de 2m de large) ;
- sous manioc, la seconde année, le ruissellement (0,6 à 1,1%) et l'érosion ont été négligeables (<0,1t/ha/an) quel que soit le traitement car le manioc recouvre bien la totalité des parcelles (effet de la fumure). Si on compare ces parcelles cultivées au témoin nu, on observe que le paillage, même partiel, est aussi efficace que les deux haies vives pour maîtriser le ruissellement et l'érosion, mais on ne peut évaluer l'influence de la fumure de fond sur toutes les parcelles avant plantation. On confirme l'intérêt du paillage partiel pour protéger les propriétés physiques du sol (infiltration, stabilité structurale et érodibilité). Par contre le billonnage en courbe de niveau et surtout le couvert de la litière et de la culture de manioc ont réduit le ruissellement (1/8) et surtout l'érosion (de 600 à moins de 0,1 à 12 t/ha/an). Le billonnage en courbe de niveau a stocké la majorité du refus à l'infiltration sauf durant les pluies extrêmes où eurent lieu quelques débordements en absence de paillis.
- **lors des cycles culturaux suivants (maïs suivi du haricot)**, le manioc n'a laissé aucun résidu, donc il ne reste pas de paillis : on n'a observé aucun arrière effet de la fumure de redressement, ni du paillage initial enfoui lors du labour. La couverture du sol par le maïs et les haricots ont été moins efficaces que le manioc sur le ruissellement ($K_r = 6$ à 10 %, contre 10 % sur le témoin) et l'érosion (72 à 156 t/ha/an contre 729 t/ha/an sur témoin nu). Les haies ont été moins efficaces car le setaria a quasi disparu et a du être renouvelé, ce qui confirme les observations de Koenig (2012) au Rwanda. Sur sol riche amendé, le setaria produit rapidement un excellent filtre, mais sur sol lessivé et appauvri, les touffes s'étiolent au bout de 2 ans, deviennent moins efficaces et concurrencent beaucoup les cultures. L'étalement de la biomasse des 5 coupes sur des bandes de deux mètres à l'aval des talus/haies a réduit considérablement l'érosion pendant un mois, mais ensuite la rapide biodégradation de cette litière foliaire a réduit son efficacité lors des fortes pluies.

La production de biomasse

La production de biomasse du *Setaria* atteint 5 puis 12 kg/10m/semaine, avant de chuter rapidement à 0,4 kg/10 m/semaine au bout d'un an quand le manioc recouvre le terrain. En 18 mois la production de fourrage atteint 15,6 t/ha/an. Mais après replantation, la production, ne profitant plus des apports du fumier, ne dépasse pas 0,8 kg/10m/semaine soit (3,2 t/ha/an). De plus, les souches affaiblies sur sol épuisé n'arrêtent plus aussi bien le ruissellement ni les sédiments lors des fortes averses.

La production de feuilles sur *Calliandra* est beaucoup plus constante (0,65 kg/10m/semaine, soit 3,64 t/1000m/ha/an) et ne semble pas souffrir de l'appauvrissement du sol (il puise ses nutriments plus bas dans le sol et l'azote dans l'air), ni de l'ombrage des cultures associées. **La production de petit bois sur *Calliandra*** s'élève à 3,7t/1000m/ha/an si on compte une haie tous les dix mètres.

La production du manioc après fumier s'élève à 35,3 t/ha/2 ans en présence de haies vives, contre 32,7 t/ha si paillage partiel. Par contre, **sous maïs**, la production de grain et de paille est 20 % plus faible si 2 haies vives (Rdt grain = 2.7 contre 3.45 t/ha sous paillis et Rdt paille = 10.3 contre 12,8 t/ha/an) car la surface cultivée est plus petite et on peut observer une concurrence entre la haie et les cultures en aval.

De même **sous haricot**, les rendements en grain sont 35 % plus faibles en cas de haie vive sur sol épuisé (Rdt = 0.51 si haies contre 0,79 t/ha) sous technique traditionnelle.

Tant que les deux systèmes de culture et de haies ne sont pas en compétition nutritionnelle, la production vivrière en couloir peut s'avérer plus performante que sur parcelle non aménagée. Mais à mesure que le sol s'épuise en nutriments, en particulier après un cycle de manioc sur sol acide (fin de l'arrière effet de la fumure de redressement), la concurrence nutritionnelle et hydrique entre les deux réseaux racinaires apparait plus importante que les bénéfices des apports nutritifs par atterrissement (par érosion et labour). Aussi la production des deux lignes de maïs et haricots à l'aval de la haie est nettement plus faible que celle des lignes plus distantes. En effet on n'a apporté aucune compensation minérale aux exportations, ni irrigation : cet inconvénient peut-être levé si on tranche les racines à moins de 50 cm de la haie dès le début de la croissance (Roose, 1994). Cette perte de production vivrière n'est pas obligatoirement économiquement désavantageuse si on tient compte des bénéfices à long terme de la conservation du capital sol et de la production foliaire et ligneuse des haies : bois de feu, tuteurs, fourrages, paillage des caféiers ou des cultures vivrières.

Evolution des propriétés du sol

La littérature (Roose et Bertrand, 1986 ; König, 1992 ; Ndayizigiye, 1990, Simonart et al. 1994 ; Nair, 1993) insiste beaucoup sur l'amélioration qualitative du sol par les aménagements biologiques. Effectivement, ceux-ci réduisent efficacement le ruissellement et les pertes en terre et participent à la formation de terrasses progressives (talus de > 70 cm en 4 ans), à la réduction de la pente (de 28 à 20%), et à la culture en courbe de niveau : donc les haies réduisent les pertes en nutriments et apportent dans les émondes jusqu'à 110 kg de N, 10 kg de Phosphore et 40 kg de K, de Ca et de Mg (Ndayizigiye, 1990 ; König, 1992). Par contre, les dépôts de sédiments à l'amont des haies ne sont pas plus riches que la terre initiale (normal puisqu'il s'agit d'une érosion aratoire essentiellement et pas d'une érosion en nappe sélective). Les effets de la fumure de fond (100 t de fumier/ha) ont disparu après trois ans, en particulier la potasse élément très mobile. On observe une forte dégradation du pH avec une élévation de l'indice Ik de Kamprath, la diminution du phosphore et du taux de la saturation en bases. Après le cycle de manioc, la culture de maïs et haricot sans apport de nutriments, a perdu 20 à 35 % de sa production à cause des haies qui réduisent la surface cultivée en vivrier, mais aussi à cause du décapage de l'horizon humifère par le labour au pied des talus : les deux

premiers rangs de maïs à l'aval sont visiblement moins bien développés. Si on ne peut fertiliser partout, c'est donc là qu'il faut intervenir pour soutenir la productivité du sol (paillage, fumier, compost).

La haie vive est donc une bonne barrière physique qui infiltre les eaux et retient la terre (ce qui implique donc une accumulation volumétrique du sol) mais sans concentration de nutriments (vu l'exportation de la biomasse et le lessivage par le drainage). A moyen terme, la formation de talus entraîne l'appauvrissement du haut des pentes fortes et l'enrichissement des parties aval des parcelles et les vallons. La biodégradation des produits de la haie durant les trois années de suivi n'a pas vraiment amélioré le sol, pas même à l'amont de la haie où on a étalé une partie des émondés (sauf qu'il est plus profond et stocke plus d'eau) car les feuilles minéralisent très vite (en un mois) et les bois sont exportés. Par contre, les champs ne montrent aucune trace de dégradation avancée (ni rigole, ni décapage de l'horizon humifère) comme on en voit sur les parcelles traditionnellement labourées.

Conclusions

1. La méthode des tests en parcelles d'érosion a bien montré les risques de ruissellement relativement faibles sur forte pente (Kr de 2 à 16%) mais des pertes en terre impressionnantes sur sol nu (400 à 800 t/ha/an) et même sous cultures (E de 1 à 160t/ha/an), mais très variables en fonction du couvert végétal et de la pluviosité. L'érosion est non sélective (érosion en rigole et surtout aratoire).
2. La fumure de fond a sans doute réduit l'érosion en favorisant le développement du manioc (35 t/ha sur sol acide), mais son effet sur l'érosion, le rendement des cultures et la fertilité du sol acide devient très faible au bout de 2 ans si aucune fumure d'entretien n'est pratiquée. En région tropicale où la minéralisation des MO est très rapide, il vaut mieux répartir la fumure sur plusieurs années (fractionnement des apports entre chaque rotation) plutôt que tout concentrer en début de cycle.
3. Le paillage léger, même incomplet (déchets de labour et les émondés produits de la coupe des haies) a bien réduit l'érosion pendant un mois, après quoi, le feuillage disparaît de la surface du sol par biodégradation et minéralisation : il faudra choisir entre divers modes de valorisation des feuilles soit comme fourrage (et retour du fumier) soit comme paillage. On peut penser que le produit du sarclage posé sur le sol entre les rangs de culture peut aussi jouer un rôle temporaire non négligeable sur l'infiltration et la protection contre l'érosion.
4. La haie mixte a été très efficace pour infiltrer le ruissellement, protéger la terre et accumuler un talus de 70 cm en trois ans. L'herbe (*setaria*) a très vite assuré son rôle de freinage du ruissellement, mais les touffes ont disparu au bout de 2 ans quand le manioc a recouvert toute la parcelle et que le sol fut épuisé. D'après König (1993), il vaut mieux éviter de doubler la haie d'arbuste légumineuse (*Calliandra*) par des lignes d'herbes qui épuisent le sol et concurrencent fortement la culture et les arbustes. La restitution de la biomasse produite par les haies n'a pas permis d'améliorer ni les rendements des cultures de maïs et haricots, ni la fertilité du sol. En présence de sol fertile, la haie ne provoque pas beaucoup de concurrence (4 à 5 coupes/an), mais n'améliore pas vraiment le sol qui s'accumule en amont (sédimentation non sélective). En revanche dans sa partie aval, l'érosion aratoire attaque le talus et dégrade la productivité des terres. Cependant la protection du capital sol, la stabilisation du paysage et la production annuelle de 1 000 m linéaire/ha de biomasse fourragère (15 t de *setaria* + 3,4 t de *calliandra*) et de bois de feu (3,7 t) peuvent compenser la perte de production vivrière. En cas de sol pauvre, la production de *setaria* est dix fois plus faible et la protection du sol est nettement moins bonne. Il faut donc prévoir une fertilisation organique et minérale complémentaire pour stabiliser ou intensifier ce système de production. Il est difficile d'assurer une production équilibrée entre haie et cultures vivrières vu la

concurrence aérienne et souterraine (lumineuse, nutritionnelle et hydrique) : il faut donc prévoir 4 à 5 tailles/an de la haie, un labour profond de chaque côté des arbustes pour cerner les racines et réduire ces concurrences et une fumure organique et minérale complémentaire. Les haies et autres microbarrages perméables permettent au moins de valoriser l'investissement en fumure (König, 1992)

5. Ces résultats montrent bien les difficultés de l'introduction du système « haies vives et paillage incomplet + rotations intensives avec légumineuses + élevage fournisseur de fumier » dans des communautés rurales vivants sur des sols acides ou appauvris. Les haies d'arbustes légumineuses demeurent cependant performantes lorsqu'il s'agit d'intensifier le développement économique tout en stabilisant les exploitations d'un terroir.

Bibliographie

Bizimana M., Duchaufour H., 2012. Avantages et inconvénients de la Haie mixte Calliandra/ setaria comme dispositif antiérosif en milieu rural Burundais. I, « Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles. CDrom E. Roose eds, Editions IRD, Montpellier.

Duchaufour H., Bizimana M., 1992. Restauration de la fertilité des sols et conservation des eaux en régions montagneuses du Burundi. *Bull. Réseau Erosion*, 12 : 161-178.

König D., 1992. Agriculture écologique agroforestière : une stratégie intégrée de conservation de la fertilité des sols au Rwanda. *Bull. Réseau Erosion IRD, Montpellier*, N° 12 : 130-139.

König D., 2012. Effets de l'agroforesterie, de la fertilisation et des haies vives sur les risques érosifs et sur la productivité d'un sol acide du Rwanda. In «Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens » Roose E., eds, Editions IRD Montpellier, sous presse.

Naïr P., 1993. Introduction to agroforestry. ICRAF, Kluwer Acad. Publisher, 499 p.

Ndayizigiye F., Roose E., Sekayange L., 1993. L'agroforesterie et la GCES au Rwanda. Comment restaurer la productivité des terres acides dans une région tropicale de montagne à forte densité de population. *Cah.Orstom Pédol.* 28, 2 : 327-351.

Pennes JM., 1991. Rôle des techniques agroforestières dans le maintien et la restauration de la fertilité des sols. Séminaire Bujumbura, Programme fertilité des sols de l'ISABU : 229-238.

Roose et Bertrand, 1986. Terrasses de diversion ou micro-barrages perméables ? Analyse de leur efficacité en milieu paysan Ouest africain pour la conservation de l'eau et des sols dans la zone soudano-sahélienne. *Cah.Orstom Pédol.*, 25, 2 : 197-208.

Roose E., Ndayizigiye F., Nyamulinda V., Byiringiro E., 1988. La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES), une nouvelle stratégie de lutte antiérosive pour le Rwanda. *Bull. Agricole du Rwanda* 21, 4 : 264-277 et *Bull. Réseau Erosion n°12* (1992), : 140-160.

Roose E., 1994. Introduction à la GCES. Bull. FAO des Sols, Rome, n°70, 420 p.

Simonart T., Duchaufour H., Bizimana M., Mikokoro C., 1994. Hiérarchisation des stratégies antiérosives en milieu paysan burundais. *Cahiers d'Outre-mer*, n° 185 et *Revue de Géographie de Bordeaux*, p. 49-64.

Wischmeier et Smith, 1960. An universal soil – loss estimating equation to guide conservation farm planning. 7th Int. Congress of Soil Science, Vol. 1: 418-425.

**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