

L'AGRICULTURE ECOLOGIQUE AGRO-FORESTIERE  
- UNE STRATEGIE INTEGREE DE CONSERVATION DES SOLS AU RWANDA

Dieter KÖNIG

(Projet Agricole et Social Interuniversitaire Butare  
Geographisches Institut der Universität Mainz  
Postfach 3980, D - 6500 Mainz, R.F.A.)

Résumé

L'agriculture écologique agro-forestière est un système de production qui, par une approche intégrée, cherche à régénérer et stabiliser la fertilité du sol. Ses éléments-clé sont l'intégration des arbres et des haies dans la production vivrière (agro-foresterie), la substitution de la jachère pluri-annuelle par une jachère simultanée (engrais verts, alley-cropping) et un recyclage des éléments nutritifs et de la matière organique (compostage, stabulation quasi-permanente du bétail).

Dans l'article suivant, l'auteur veut résumer les expériences des études menées au sein d'un système agro-forestier à Butare (Sud du Plateau Central, Rwanda). Sur un sol très acide et fortement dégradé, des bons résultats ont été obtenus avec l'intégration de deux espèces d'arbres autochtones (*Polyscias fulva* et *Maesopsi eminii*). En ce qui concerne la conservation et l'amélioration du sol, des haies de *Calliandra calothyrsus* installées sur microterrasses 0,5 m de large (alley-cropping) ont montrées les meilleurs résultats. L'intégration des haies isohypses ne peut pas seulement réduire les pertes de sol à un niveau tolérable, elle garantit en même temps une production de 5 jusqu'à 17 t/ha/an de biomasse qui peut être utilisée comme fourrage et/ou mulch et comme bois de feu.

Pour garantir un recyclage des éléments nutritifs et pour produire de la matière organique, le système d'alley-cropping semble être beaucoup plus efficace et facile à entretenir que la culture alternante des engrais verts, qui doivent être réinstallés sur les parcelles tous les deux ans. Sur des sols très pauvres, un mélange de légumineuses cultivées comme engrais vert (*Tephrosia vogelii*, *Cajanus cajan* et deux espèces de *Crotalaria*) n'a montré presque aucune influence sur la croissance des cultures suivantes.

Il faut constater que - selon nos expériences - les méthodes écologiques agro-forestières seules (sans fumure améliorante) ne sont pas capables de rétablir la fertilité d'un sol déjà fortement dégradé. Il faut alors souligner que la conservation de la fertilité des sols qui sont encore productifs - surtout à l'aide des méthodes biologiques - sont une nécessité absolue pour le développement agricole du Rwanda.

**Mots clés:** agriculture écologique, agro-foresterie, alley-cropping, conservation des sols, Rwanda  
- en anglais: ecological agriculture, agroforestry, alley cropping, soil conservation, Rwanda

## 1. Introduction

Avec la forte croissance démographique du Rwanda (3,7% par an), l'agriculture traditionnelle ne peut plus garantir un approvisionnement en nourriture suffisant de la population. La superficie des exploitations diminue rapidement, actuellement la superficie moyenne dont une famille dispose, est inférieure à 0,8 hectare. Il en résulte une surexploitation et en conséquence une dégradation rapide des sols et une baisse continue de la production en quantité et en qualité (HARTH und KÖNIG 1990, p. 515 f.).

Par la réduction des superficies disponibles les paysans sont contraints à raccourcir la durée de la jachère, ce qui mène à un appauvrissement des sols en éléments nutritifs et en matière organique. En conséquence, la stabilité structurale des sols diminue et la croissance des cultures se ralentit. Les sols insuffisamment couverts pendant une grande partie de la saison culturale, sont affectés par une érosion accélérée qui, sur des pentes raides, peut enlever complètement la couche fertile du sol au cours d'une période de moins de trente ans.

A la fin, la baisse des rendements provoquée par l'érosion et par la dégradation des sols mène à une disparition totale de la jachère. Les paysans se voient obligés de cultiver en permanence des tubercules peu exigeantes et d'exploiter leurs sols jusqu'à leur dégradation totale.

Là, où c'est encore possible, de nouvelles terres sont mises en culture. Même des pentes très raides (jusqu'à 45°) sont cultivées. Les dernières forêts de montagne sont défrichées à une vitesse alarmante. Un grand besoin de bois de feu, qui ne peut être couvert par la production annuelle, contribue aussi à la disparition de ces forêts.

## 2. Le système d'agriculture écologique agroforestière

Eu égard à ces problèmes et à la situation géographique et socio-économique du pays, l'agriculture écologique agroforestière offre une alternative prometteuse aux petits paysans rwandais. L'agriculture écologique agroforestière essaie de lutter, par une approche intégrale du problème, contre la dégradation et l'érosion des sols. Elle a pour but la régénération et la stabilisation de la fertilité du sol dans un système de production agroforestier bien adapté aux conditions écologiques et humaines de la région. Ses méthodes se ramènent à des expériences paysannes autochtones dans des régions d'Afrique densément peuplées.

Les éléments principaux de ce système sont

- l'intégration des arbres et des haies dans les parcelles de cultures
- la mise en place de cultures associées
- la substitution de la jachère par l'emploi d'engrais verts
- l'intégration de l'élevage dans le système de culture
- le recyclage de la biomasse dans un cycle fermé
- l'intégration de la lutte anti-érosive.

L'intégration de la jachère dans le système d'agriculture écologique agroforestière se fait par l'introduction des engrais verts. Un mélange de différentes espèces de légumineuses qui sont capables de fixer l'azote atmosphérique (*Tephrosia vogelii*, *Cajanus cajan*, *Crotalaria pallida*, *Crotalaria lachnophora*, *Crotalaria agathiflora*, *Sesbania macrocarantha*) peut produire jusqu'à 30 tonnes par hectare et par an de biomasse, et ainsi contribuer à l'approvisionnement du sol en azote et en matière organique.

L'intégration de l'élevage dans ce système de culture se fait par la stabulation quasi-permanente du bétail. Contrairement au système de pâturage actuellement pratiqué, cette méthode contribue à minimiser les pertes des éléments nutritifs contenus dans les déjections des animaux. Par l'introduction d'une étable fumier à deux compartiments pour une vache ou pour un ou deux chèvres, la quantité et la qualité du fumier peut être augmentée considérablement. Une grande partie de la production fourragère qui est nécessaire dans un tel système agro-pastoral intégré, se fait dans les haies vives qui délimitent les parcelles de cultures.

La stabulation du bétail et le compostage des déchets de récolte permettent un recyclage de la biomasse dans un cycle presque fermé. Le compost en tas est à préférer au système de compostage dans des fosses, qui est actuellement vulgarisé au Rwanda. Des engrais chimiques, par exemple des phosphates, peuvent être ajoutés au compost, ce qui augmente beaucoup leur efficacité.

Au lieu d'une simple addition d'un dispositif anti-érosif mécanique (comme les fossés qui sont bien répandus au Rwanda), l'agriculture écologique agro-forestière cherche une intégration de la lutte anti-érosive. Dans un tel système, la conservation du sol consiste en tout un complexe de mesures mécaniques et biologiques qui tentent de prendre le problème à la base. Des effets supposés de ces mesures sont (KÖNIG 1991):

- la diminution du splash par la "culture en trois étages", par une bonne couverture du sol sous cultures associées et par le mulch fourni par les haies et les arbres
- l'augmentation de la capacité d'infiltration du sol par l'approvisionnement continu en matière organique (engrais verts, fumier et compost, feuilles des plantes ligneuses), ce qui contribue également à une plus forte activité biologique (macro-porosité, stabilité structurale) du sol;
- la diminution du ruissellement par des bandes d'infiltration composées d'arbres, d'arbustes et/ou d'herbes qui suivent les courbes de niveau et par des méthodes culturales (culture en lignes, culture en billons, application du mulch);
- la formation des terrasses progressives par la sédimentation des terres érodées dans les bandes d'infiltration.

L'ensemble des méthodes décrites représente un système intégré de conservation de la fertilité du sol. Ses effets positifs sur la matière organique du sol se marquent par une augmentation de la C.E.C. et donc par une amélioration de la

L'intégration des arbres et des arbustes est un élément-clé dans ce système de production qui garantit une utilisation efficace de l'espace. A condition que les houppiers et les racines des arbres soient taillés régulièrement et que les lignes d'arbres soient élaguées à partir de la sixième année après la plantation, une production de bois considérable peut être intégrée dans les exploitations sans influence significative sur les rendements agricoles.

Les racines des arbres, souvent associées à des mycorhizes et/ou des bactéries du genre *Rhizobium* capables à fixer l'azote atmosphérique, mobilisent les réserves d'éléments nutritifs qui, autrement, ne seraient pas disponibles pour les cultures. En plus, l'arbre remet les éléments nutritifs lixiviés en système de production par la chute de ses feuilles.

L'association des cultures est une stratégie autochtone pour délimiter les risques de production. Cette technique n'a pas seulement un effet de protection de cultures contre les maladies phytosanitaires, mais également un effet anti-érosif. Les cultures saisonnières cultivées en ligne, comme le maïs, sorgho, haricots, soja et patates douces sont associées aux cultures pluri-saisonnières comme la banane, le manioc ou le pois d'Angole (*Cajanus cajan*), ce qui augmente le taux de couverture du sol (fig. 1). Elles sont cultivées en rotation avec des engrais verts.



Figure 1: Association des cultures au sein d'un système de production écologique agro-forestier: cultures associées (haricots, maïs, patates douces), haie de *Leucaena*, bananes avec sous-cultures, arbres (*Grevillea robusta*)

capacité de rétention des éléments nutritifs du sol. Le risque de lixiviation est diminué, ce qui rend possible l'emploi d'engrais de synthèse d'une manière plus économique.

### 3. Expériences et résultats

#### 3.1. Réalisation des essais

Depuis 1985, les techniques de l'agriculture écologique agroforestière sont étudiées à Butare (Sud du Plateau Central) sur le terrain d'expérimentation du Projet Agricole et Social Interuniversitaire - projet de coopération entre l'Université Nationale du Rwanda et l'Université Johannes Gutenberg à Mayence (KLAER 1989).

Les essais ont été installés sur une pente convexe de 18 % à 55 % de pente. Les précipitations s'élevaient à 1280 mm par an, la température annuelle moyenne dans une altitude de 1700 m est 20°C. Le sol est extrêmement acide (pH 3,8 à 4) et pauvre en éléments nutritifs, il est à la limite inférieure pour une utilisation agricole.

Le terrain a été divisé de manière isohypse en parcelles de 8 à 15 mètres de large. La délimitation inférieure des parcelles a été matérialisée par une ligne d'arbres, une haie ou une ligne d'herbes fourragères et un fossé anti-érosif (voir fig. 2).

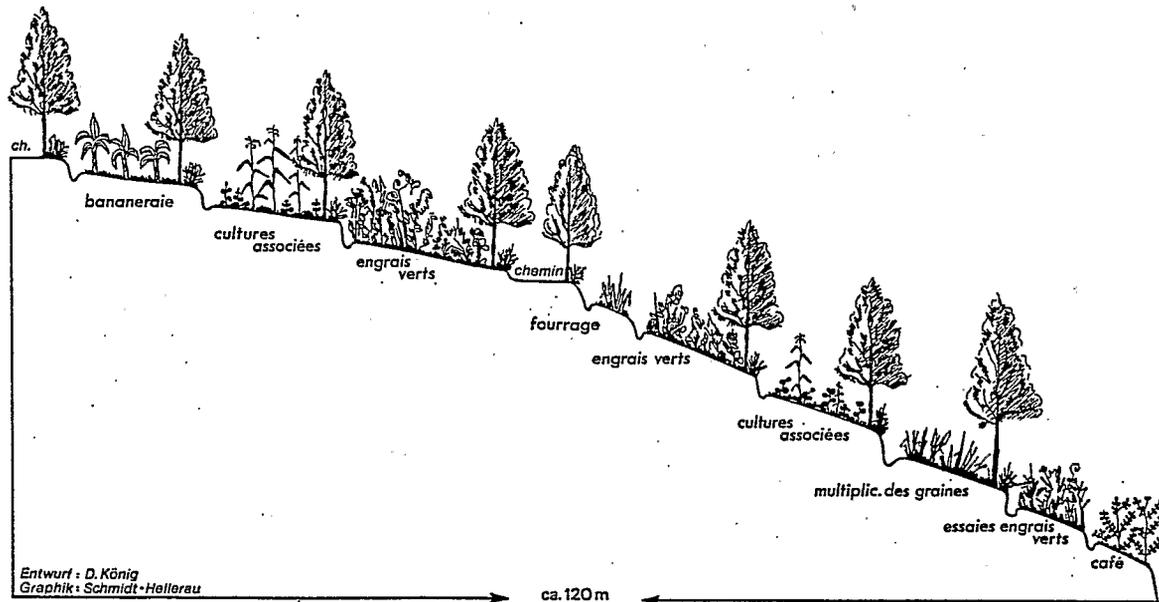


Fig. 2: Organisation spatiale d'un système agro-forestier: Parcelles de démonstration au projet PASI Butare

Comme cultures associées, des espèces "autochtones" largement répandues au pays et en plus le soja sont cultivées. Les cultures associées sont composées de manière à remplir les besoins alimentaires des familles paysannes. Elles sont cultivées en rotation avec des engrais verts. Pour garantir l'affouragement du bétail à l'étable, une certaine production d'herbes fourragères en dehors des lignes anti-érosives est inévitable.

### 3.2. Etudes agro-forestières

Pour examiner leur aptitude aux sols pauvres, 32 différentes espèces d'arbres (530 individus) ont été plantées le long des lignes anti-érosives en novembre 1985. Des relevés dendrométriques en janvier 1990 montrent que les meilleurs résultats ont été obtenus avec *Grevillea robusta*, l'arbre le plus propagé par des projets agro-forestiers au Rwanda. Quatre ans après la plantation son hauteur moyenne était de 6,7 m. Des autres arbres avec une bonne croissance sont *Cedrela serrata* (hauteur moyenne: 5,7 m), *Maesopsis eminii* (h.m.: 5,4 m) et *Polyscias fulva* (h.m.: 5,4 m). *Casuarina equisetifolia*, *Jacaranda mimosifolia* et *Croton megalocarpus* montrent également de bons résultats de croissance, mais le nombre d'individus représentés est trop faible pour que les résultats soient considérés comme significatifs.

Puisqu'il existe très peu d'expérience sur l'intégration d'autres arbres que *Grevillea robusta* dans des systèmes agro-forestiers, des essais systématiques ont été installés en Octobre 1986 avec *Maesopsis eminii*, *Polyscias fulva*, *Melia azederach* et *Acrocarpus fraxinifolius*. Chez *Melia azederach* on a du constater, après une forte croissance initiale, la mort du bourgeon terminal chez la plupart des individus. *Acrocarpus fraxinifolius* montre de très grandes différences entre les individus, la plupart souffre d'une croissance très lente. Cet arbre ne semble pas être adapté aux sols très pauvres, mais toujours prometteur pour les meilleurs sols du Plateau Central.

Par contre les deux espèces autochtones *Polyscias fulva* et *Maesopsis eminii* montrent des résultats très encourageants: Après trois ans, leur hauteur moyenne était de 4,0 m (*Polyscias*) et de 4,2 m (*Maesopsis*) avec un diamètre de 6,5 cm et de 7,5 cm. Même si ces résultats ne sont pas si bon que ceux obtenus avec *Grevillea* planté en même temps (hauteur moyenne: 6,3 m; diamètre: 6,5 cm), les deux espèces autochtones, surtout *Polyscias*, semblent être particulièrement aptes à être intégrées dans des systèmes agro-forestiers, parce qu'elles sont moins compétitives aux cultures.

En ce qui concerne l'intégration des arbustes, les meilleurs résultats ont été obtenus avec des haies de *Calliandra calothyrsus* plantées à un écartement de 5 m. Cela permet de produire jusqu'à 17 tonnes de biomasse par hectare et par an, dont jusqu'à 9,7 tonnes de feuilles, qui donnent un fourrage excellent (KÖNIG 1992). Les feuilles produites dans une haie de *Calliandra* coupée trois fois par an contiennent jusqu'à 105 kg N, 47 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 26 kg K<sub>2</sub>O. La production de *Leucaena leucocephala* est inférieure à celle de *Calliandra*, qui est beaucoup mieux adaptée aux sols acides.

Malgré leur forte croissance initiale, les herbes produisent beaucoup moins de biomasse que les arbustes. Cinq ans après leur plantation, les lignes d'herbes anti-érosives (avec *Pennisetum purpureum* ou *Setaria splendida*) sont fortement dégradées ou même disparues, tandis que les haies arbustives sont toujours très productives. Les haies peuvent ainsi contribuer considérablement à un recyclage des éléments nutritifs dans le système agro-forestier.

### 3.3. Etudes en vue de l'amélioration des sols

Le but principal de ces études est de développer des méthodes qui servent à une régénération de la fertilité des sols déjà fortement dégradés à l'aide de l'emploi des engrais verts et/ou par une fumure améliorante (chaulage, apport des cendres volcaniques, utilisation de compost). L'expérimentation d'une série d'espèces potentiellement utilisables comme engrais verts a relevé que le mélange "classique" de légumineuses (voir 2.1.) propagé par le Projet Agro-Pastoral de Nyabisindu a montré les meilleurs résultats. Ce mélange est généralement maintenu pendant deux saisons culturales, ensuite les plantes sont coupées en petits morceaux et enfouies dans le sol.

Dès 1986, on a étudié l'influence de différents paramètres sur la production de biomasse des engrais verts et sur les rendements des cultures suivantes:

- amélioration de la croissance initiale en fonction de la fumure de démarrage
- époque et méthode d'enfouissement
- introduction de cultures intercalaires dans les parcelles d'engrais vert (jachère simultanée).

Si on veut brièvement tirer les enseignements de ces essais, il faut constater que la technique de l'engrais vert n'a pas la capacité de régénérer des sols dégradés. Malgré une production de biomasse de 18 à 25 tonnes par hectare (qui doit être coupé en petits morceaux!), un engrais vert installé sans fumure améliorante reste sans influence significative sur la croissance des cultures qui suivent. La fixation d'azote des légumineuses est entravée par les carences en éléments nutritifs rencontrés dans les sol; la reprise trop lente des engrais verts a eu pour conséquence de fortes pertes de sol même en deuxième saison culturale.

Sur une parcelle cultivée avec un mélange des légumineuses (*Tephrosia vogelii*, *Cajanus cajan*, *Crotalaria agathiflora* et *Crotalaria lachnophora*) plus que 83 tonnes de sol par hectare et par saison en moyenne ont été érodés, dont environ 2 tonnes de matière organique. Les effets positifs supposés des engrais verts sont à peine capables de compenser ces pertes.

Une alternative au système de rotation temporaire entre cultures vivrières et engrais verts est le système d'alley-cropping, c'est à dire un système de jachère simultanée. Une haie isohypse de *Calliandra* ou de *Leucaena* - une fois installée sur 10 à 20 pour cent de la superficie totale de la parcelle - peut produire presque autant de biomasse par ha et par an qu'un engrais vert qui occupe toute la parcelle. Une haie arbustive n'est pas seulement plus facile à entretenir, mais aussi beaucoup plus efficace en ce qui concerne la fixation d'azote et le recyclage des éléments nutritifs.

Néanmoins, une amélioration de la fertilité des sols appauvris en éléments nutritifs jusqu'à une grande profondeur ne peut pas être atteinte par des méthodes biologiques seules. Pour cette raison, les effets d'une fumure améliorante en utilisant des engrais disponibles au pays (chaux, travertin, cendres volcaniques) sont étudiés depuis 1988. Jusqu'à pré-

sent, les meilleurs résultats ont été obtenus avec un apport de travertin (3 tonnes par hectare), un minéral qu'on trouve au Rwanda, mais dont les ressources sont limitées. Une future évaluation de ces essais repondra à la question, si la fertilité une fois améliorée peut être stabilisée à long terme par les méthodes de l'agriculture écologique.

### 3.4. Essais sur l'érosion et la conservation des sols

En 1986, un dispositif expérimental (10 parcelles de 5 m x 20 m) a été installé pour mesurer le ruissellement et l'érosion du sol. Le but principal de ces essais est d'évaluer l'efficacité en vue de la conservation du sol d'un système agro-forestier avec *Grevillea robusta* plantée à 5 sur 10 mètres (200 arbres/ha) et de comparer l'effet de différentes espèces et/ou de différents écartements des haies sur l'érosion du sol.

A coté d'une parcelle de référence (d'après WISCHMEIER et SMITH 1978, p.8: sol nu) et une parcelle cultivée de manière traditionnelle (manioc sans dispositif anti-érosif), huit parcelles agro-forestières ont été installées sur une pente de 28% (pour une présentation détaillée voir KÖNIG 1991). Sur la plupart des parcelles agro-forestières, des haies de légumineuses arbustives ont été plantées sur des microterrasses avec une contre-pente de 10%.

Malgré une érosivité des pluies assez faible (facteur  $R_{USA}$  d'après WISCHMEIER et SMITH à peu près 388) on a pu constater une érosion énorme sur les parcelles non protégées (557 t/ha/an sur sol nu, 303 t/ha/an sous manioc). Les résultats sur les parcelles agro-forestières montrent que la seule introduction de l'arbre et des méthodes d'agriculture écologique ne suffit pas à réduire les pertes de terre à un niveau acceptable (111 t/ha/an sous *Grevillea*). Seulement l'intégration des haies ou des lignes d'herbes installées sur microterrasses fait de l'agriculture écologique agro-forestière un système de production valable en vue de la conservation du sol: Grâce au développement rapide des haies, depuis la deuxième saison après leur plantation, l'érosion s'est réduite à moins de 12,5 tonnes par hectare et par an, c'est-à-dire à moins de 5% des pertes sur la parcelle témoin cultivée de façon traditionnelle.

Les résultats les plus encourageants (une réduction de l'érosion à moins que 1% des pertes sur la parcelle cultivée avec du manioc), ont été obtenus par la méthode d'alley-cropping sur des microterrasses d'une largeur de 0,5 m et d'un écartement de 5 m, plantées d'une ligne double de *Calliandra calothyrsus*.

En ce qui concerne la conservation des sols, le système de production agro-forestier est une alternative prometteuse au système des fossés anti-érosifs propagé au Rwanda pendant les années passées. Mais, selon nos expériences, la seule intégration des arbres est loin d'être la solution du problème. Uniquement l'intégration supplémentaire des haies anti-érosives plantées suivant les courbes de niveau assure une bonne conservation du sol au sein d'un système agro-forestier.

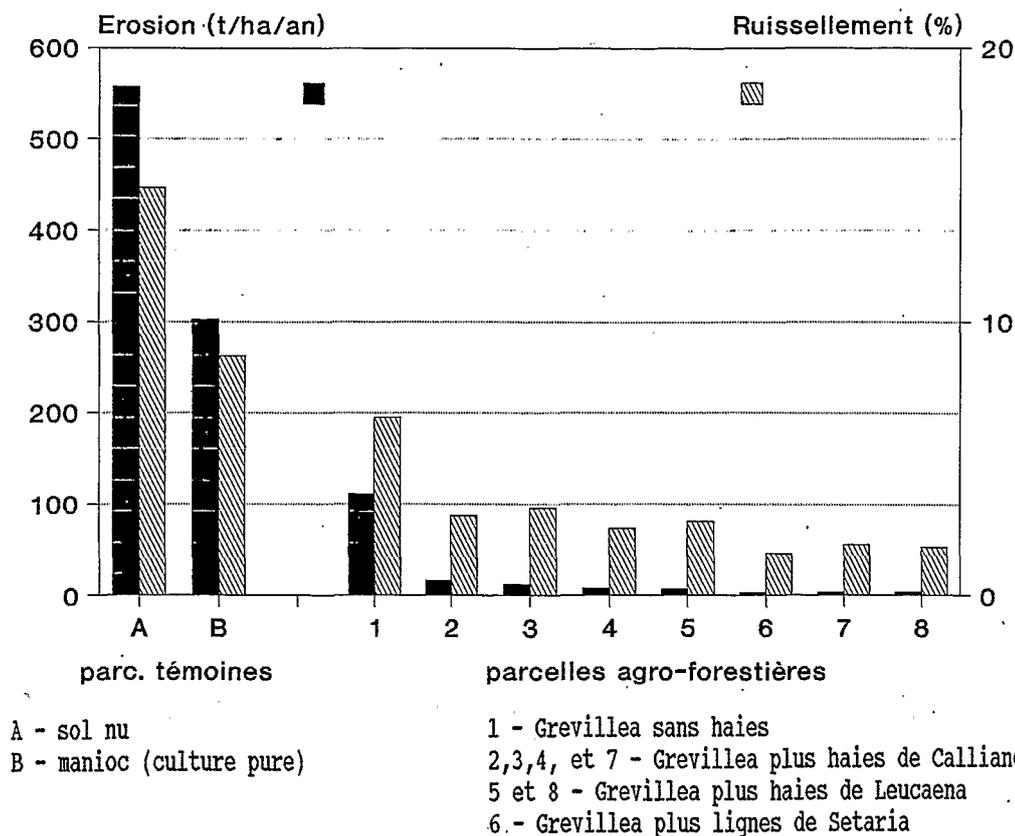


Figure 3: Erosion du sol et ruissellement sur parcelles expérimentales, Butare 1987/88 - 1989/90

#### 4. Conclusion

L'agriculture écologique agro-forestière représente une stratégie efficace pour la conservation des sols au Rwanda. L'intégration des arbres (y inclus des espèces autochtones) et des haies dans des systèmes de production vivriers pourrait couvrir le besoin en bois d'une population croissante de la superficie agricole.

Néanmoins, une amélioration des sols déjà fortement dégradés et appauvris en éléments nutritifs jusqu'à une grande profondeur ne peut pas être atteinte sans fumure améliorante. Vu les ressources très limitées du pays, la conservation des sols une fois améliorés et surtout la conservation des sols qui sont toujours productifs par des méthodes biologiques est indispensable.

#### Bibliographie

- EGGER, K. et P. ROTTACH (1986): Methoden des Ecofarming in Rwanda. In: ROTTACH, P. (éd.): Ökologischer Landbau in den Tropen. Ecofarming in Theorie und Praxis. Karlsruhe (= Alternative Konzepte 47), p.229-249.
- HARTH, C. (va paraître en 1992): Agroforstwirtschaft in Ruanda. Voraussetzung und Problematik der Einführung agroforstlicher Anbaumethoden zur landwirtschaftlichen Produktivitätssteigerung und ökologischen Ressourcenerhaltung. Dissertation, Mainz.

- HARTH, C. et KÖNIG, D. (1990): Probleme und Perspektiven der landwirtschaftlichen Entwicklung Ruandas. In: Festschrift für Wendelin Klaer zum 65. Geburtstag. Mainz. (= Mainzer Geographische Studien, H. 34) p. 513-536.
- KLAER, W. en coll. avec D. KÖNIG et C. HARTH (1989): Trois années Projet Agricole et Social Interuniversitaire Mainz/Butare. Agriculture Ecologique Agro-forestière au Rwanda. Rapport de recherche. Mainz (= Materialien zur Partnerschaft Ruanda/Rheinland-Pfalz 1989/1).
- KÖNIG, D. (1991): Contributions des methodes agro-forestières à la lutte anti-érosive au Rwanda. In: Réseau Erosion, Bulletin 11. Montpellier, p. 185 - 191.
- KÖNIG, D. (va paraître en 1992): Erosionsschutz in Agroforstsystemen. Möglichkeiten zur Begrenzung der Bodenerosion in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft Ruandas im Rahmen standortgerechter Landnutzungssysteme. Mainz. (= Mainzer Geographische Studien 37)
- NAIR, P.K.R. (1983): Quelques techniques agro-forestières prometteuses pour les régions montagneuses et semi-arides du Rwanda. In: International Service for National Agriculture Research (ISNAR): La recherche agricole au Rwanda. Bilan et perspective. Kigali, p.99-109.
- NEUMANN, I. (1986): Vom Nutzen der Bäume in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft tropischer Bergländer. In: ROTTACH, P. (ed.): Ökologischer Landbau in den Tropen. Ecofarming in Theorie und Praxis. Karlsruhe (Alternative Konzepte 47), p. 250 - 262.
- REPUBLIQUE RWANDAISE, Ministère des Transports et des Communications (éd.) (1990): Bulletin climatologique. Année 1989. Kigali.
- ROOSE, E., F. NDAYIZIGIYE, V. NYAMULINDA et E. BYIRINGIRO (1988): La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols. Une nouvelle stratégie de lutte antiérosive pour le Rwanda. CNEARC. Montpellier: in Bull. Agric. RWANDA 1988, 4 : 264-277-
- YOUNG, A. (1989): Agroforestry for Soil Conservation. Wallingford. (= ICRAF. Science and Practice of Agroforestry, No. 4).

**RESEAU  
EROSION**



**Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION**

**Pour citer cet article / How to cite this article**

König, D. - L'agriculture écologique agro-forestière : une stratégie intégrée de conservation des sols au Rwanda, pp. 130-139, Bulletin du RESEAU EROSION n° 12, 1992.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : [beep@ird.fr](mailto:beep@ird.fr)