

Conservation et amélioration de la productivité des sols dans des systèmes agroforestiers au Rwanda

Dieter König

Département de Géographie, Université de Coblenz

Universitätsstraße 1, D-56070 Koblenz, R.F.A.

Courriel : dkoenig@uni-koblenz.de

Résumé

Basé sur des recherches menées depuis 1985 sur des parcelles agroforestières au Projet Agricole et Social Interuniversitaire à Butare, Rwanda (Hautes Terres de l'Afrique Orientale, altitude : 1700 m, régime bimodale avec une précipitation annuelle moyenne de 1.280 mm), l'auteur présente des résultats concernant la conservation des sols par des méthodes agroforestières, la production en biomasse dans des systèmes agroforestiers et la gestion de la fertilité des sols.

Mots clés: agriculture écologique, agroforesterie, systèmes de production, alley-cropping, conservation des sols, amélioration des sols, gestion de la fertilité des sols, Rwanda

Abstract:

Soil Conservation and Soil Fertility Management in Agroforestry Systems in Rwanda. Based on research experience since 1985, the author resumes the results obtained from the experimental plots of the Projet Agricole et Social Interuniversitaire at Butare, Rwanda (East African Highlands, 1700 m a.s.l., bimodal regime, mean annual precipitation: 1.280 mm). The article focuses on soil conservation by means of agroforestry techniques, on biomass production and on soil fertility management.

Key words: ecofarming, biological agriculture, agroforestry, production systems, alley-cropping, soil conservation, soil fertility management, Rwanda, East African Highlands

1. Cadre de recherche

Dans cet article, l'auteur veut résumer les expériences des études menées au sein d'un système agroforestier du Rwanda depuis 1985. Le terrain d'expérimentation, qui fait partie du Projet Agricole et Social Interuniversitaire (PASI) est située à Butare au Sud du Plateau Central. Les expériences ont été faites sur un sol ferrallitique fortement dégradé, qui est très acide (pH 3,8 à 4) et pauvre en éléments nutritifs. Les conditions agro-écologiques peuvent être caractérisées par une altitude de 1700 m, une précipitation annuelle de 1280 mm (régime bimodal) et une température annuelle moyenne de 20 °C.

Les parcelles sont cultivées suivant les méthodes de l'agriculture écologique agroforestière qui essaient de lutter, par une approche intégrale du problème, contre l'érosion des sols et contre la dégradation de sa fertilité. Elle a pour but la régénération et la stabilisation de la fertilité du sol dans un système de production 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, ses éléments principaux sont (KÖNIG 1992) :

- 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 antiérosive.

2. Résultats

2.1. Érosion et conservation des sols

Malgré une érosivité des pluies assez faible (facteur R_{USA} d'après WISCHMEIER et SMITH autour de 350) on a pu constater une érosion énorme sur les parcelles non protégées (plus de 400 t/ha/an sur sol nu et plus de 200 t/ha/an sous manioc sur une pente de 28 %). Sous ces conditions, l'intégration des arbres et surtout des haies de *Calliandra calothyrsus*, permet une réduction de l'érosion – et ainsi des pertes en matière organique et en éléments nutritifs - à un niveau « tolérable » (à 1-3 % des valeurs initiales, voir fig. 1 et tableau 1).

Les résultats obtenus sur la parcelle agroforestière 1 (voir tableau 2) 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 (plus de 60 t/ha/an sous *Grevillea*). Seulement l'intégration des haies de légumineuses fait de l'agroforesterie un système de production valable en vue de la conservation du sol: Grâce au développement rapide de ces haies, l'érosion s'est réduite à moins de 16 tonnes par hectare et par an depuis la deuxième saison après leur plantation et à moins de 3 t/ha/an depuis la cinquième année après la plantation, c'est-à-dire à moins de 1,5% des pertes sur la parcelle témoin cultivée de façon traditionnelle.

Les résultats les plus encourageants (une réduction durable de l'érosion à moins que 0,5 % des pertes mesurées 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*.

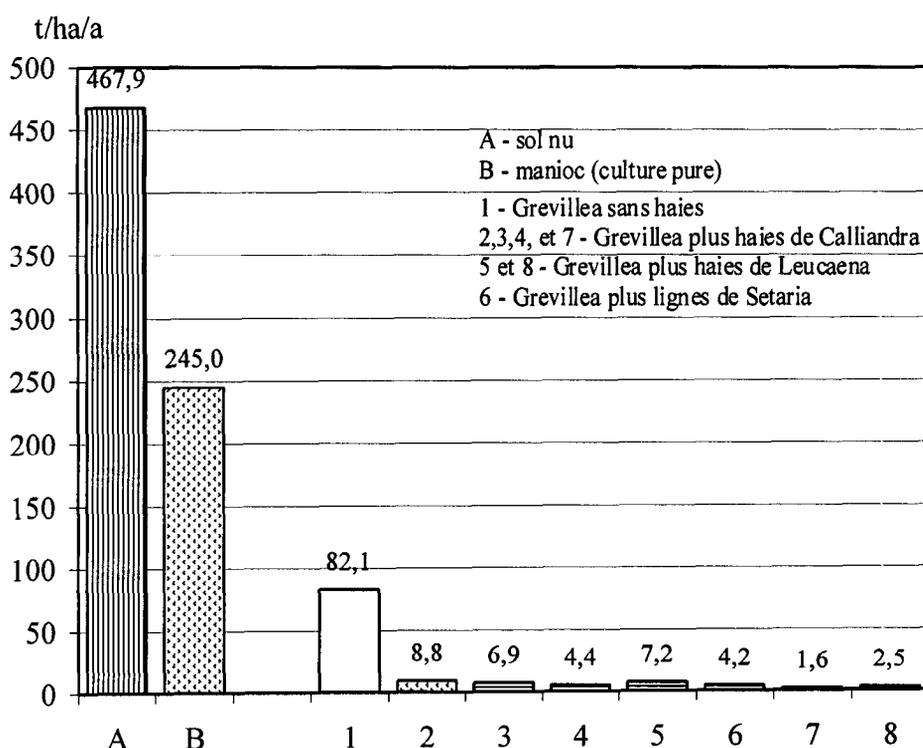


Fig. 1 : Erosion du sol mesurée au PASI de 1987/88 à 1993/94 (érosion annuelle moyenne sur des parcelles de 100 m², pente de 28% sur treize périodes de cultures ; pour la légende voir tableau 2)

Tableau 1 : Pertes en éléments nutritifs et en matière organique due à l'érosion sur des parcelles de référence sans protection antiérosive, ainsi que sur des parcelles protégées par des haies et des lignes d'herbes (moyenne de 13 périodes de culture de 1987/88 à 1993/94)

	Pertes annuelles moyennes [kg/ha]		
	jachère nue	culture paysanne (manioc)	parcelles agroforestières (agriculture écologique)
matière organique	8 700	6 400	50 - 200
éléments nutritifs :			
N	247	176	2 - 6
P	4	4	0,1 - 0,2
K	10	8	0,2 - 0,6

Les lignes d'herbes, qui sont très efficaces pendant les premières deux ou trois années, perdent leur efficacité (ainsi que leur productivité) après quelques ans (voir tableau 2). Par contre, les haies – une fois installées – sont toujours très efficaces même 18 ans après leur plantation.

Tableau 2 : Evolution de l'érosion du sol (t/ha/an) sur les parcelles de mesure du PASI, Butare (érosion moyenne annuelle mesuré sur parcelles d'expérimentation de 100 m² avec une pente de 28% pendant les six premières saisons de culture (1987/88 à 1989/90) et les sept saisons suivantes (1991/92 à 1993/94)).

parcelle / traitement	Erosion en t/ha/an		
	1987/88 à 1989/90	1991/92 à 1993/94	changement relatif [%]
A jachère nue	557	392	- 29,7
B culture paysanne (manioc)	303	195	- 35,6
Parcelles agroforestières :			
1 <i>Grevillea</i> + cultures associées sans protections anti-érosives supplémentaires	111	57,3	- 48,4
2 <i>Grevillea</i> + <i>Calliandra</i> (alley-cropping), culture paysanne (manioc)	15,9	2,7	- 83,2
3 <i>Grevillea</i> + <i>Calliandra</i> , cultures associées	12,2	2,3	- 81,0
4 <i>Grevillea</i> + <i>Calliandra</i> (semis direct) cultures associées	7,5	1,7	- 77,1
5 <i>Grevillea</i> + <i>Leucaena</i> , cultures associées	7,3	7,1	- 2,8
6 <i>Grevillea</i> + <i>Setaria</i> , cultures associées	3,2	5,0	+ 55,7
7 <i>Grevillea</i> + <i>Calliandra</i> (alley-cropping), cultures associées	2,9	0,6	- 80,1
8 <i>Grevillea</i> + <i>Leucaena</i> (cult. assoc. + billons)	3,8	1,4	- 64,4

2.2 Productivité

Par l'intégration des arbres et des arbustes dans le système de production agricole, l'agroforesterie permet une haute production en biomasse même sur des sites dégradés. Puisqu'il existe très peu d'expérience sur l'intégration d'autres arbres que *Grevillea robusta* dans des systèmes agroforestiers, 32 différentes espèces d'arbres ont été plantées en novembre 1985. Des relevés dendrométriques qui ont été fait à maintes reprises montrent que les meilleurs résultats ont été obtenus avec les arbres autochtones *Maesopsis eminii* et *Polyscias fulva* (fig. 2). Pendant que les arbres exotiques (p. ex. *Grevillea*, *Cedrela*) montrent une bonne croissance initiale, les espèces autochtones sont – à la longue – plus productives et concurrencent moins les cultures vivrières.

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 24 tonnes de biomasse par hectare et par an, dont jusqu'à 15 tonnes de feuilles, qui donnent un fourrage excellent (fig. 3). Les feuilles produites dans une haie de *Calliandra* (2000 m par hectare) coupée trois fois par an contiennent jusqu'à 105 kg N, 47 kg P₂O₅ et 26 kg K₂O. La production de *Leucaena leucocephala* est inférieure à celle de *Calliandra*, qui est mieux adaptée aux sols acides et aux hautes altitudes.

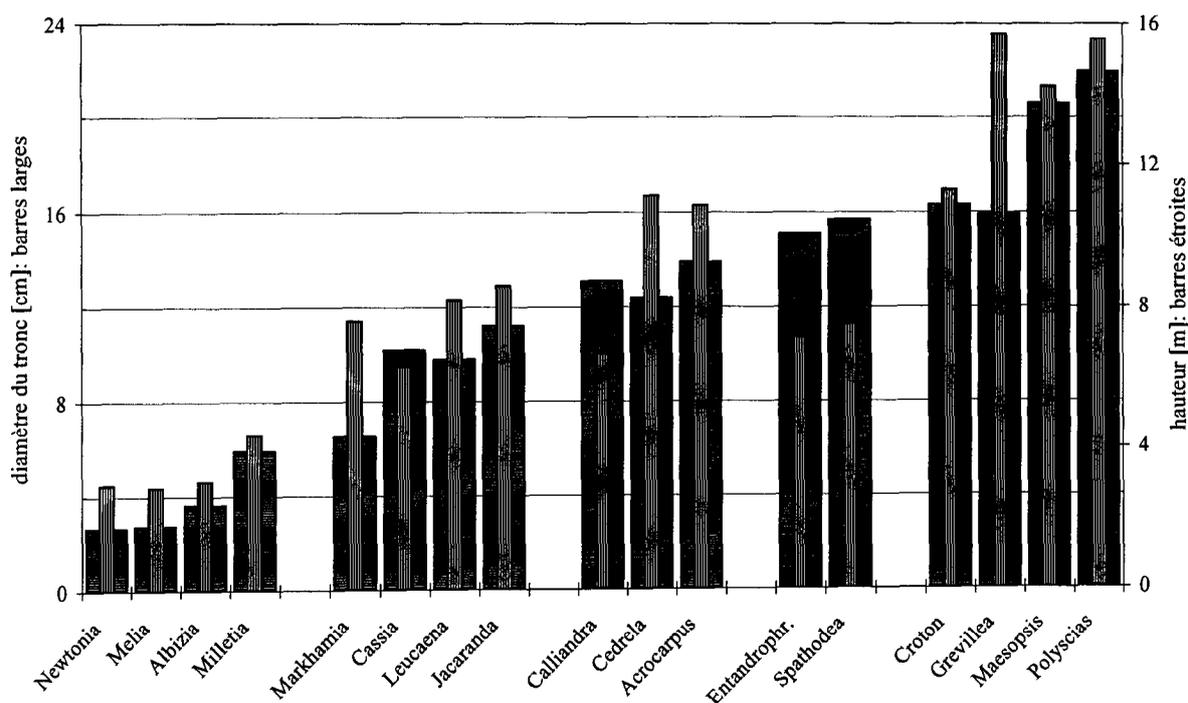


Fig. 2: Diamètre moyen et hauteur moyenne des arbres de 10 ans sur les terrains agroforestiers du PASI; le choix se limite aux espèces à forte présence

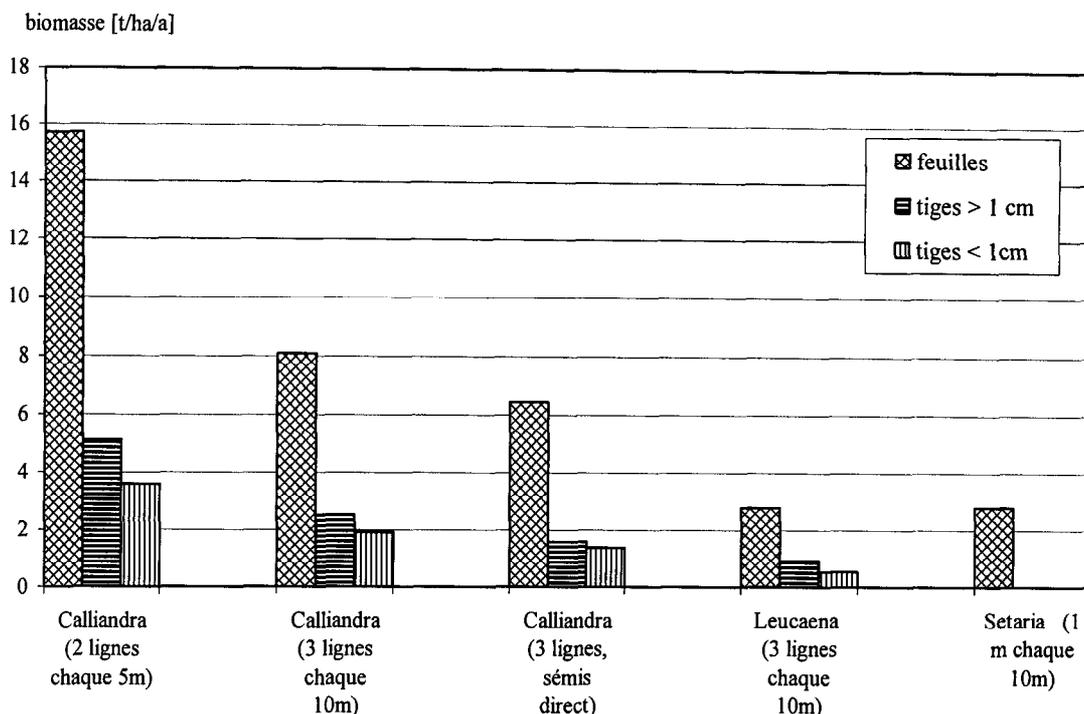


Fig. 3: Production annuelle moyenne de biomasse des haies et lignes d'herbes sur les parcelles de mesure d'érosion du PASI pendant les premières huit années après la plantation (années culturales 1986/87 à 1993/94).

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*) ont été fortement dégradées ou même disparues, tandis que les haies arbustives sont très productives.

L'association « arbres + herbes » dans des « lignes antiérosives » est à déconseiller : Les effets de concurrence entre les herbes et les cultures vivrières et les arbres sont importants, surtout quand ces lignes d'herbes sont composées des espèces à croissance rapide comme *Pennisetum purpureum* ou *Tripsacum fasciculatum*. Il en résulte une croissance tardive des arbres et une forte diminution de leur production en biomasse. Même après la forte baisse de productivité des lignes d'herbes et la disparition de la majeure partie des rhizomes d'herbacées, la croissance des arbres continue à souffrir du manque d'éléments nutritifs (fig. 4).

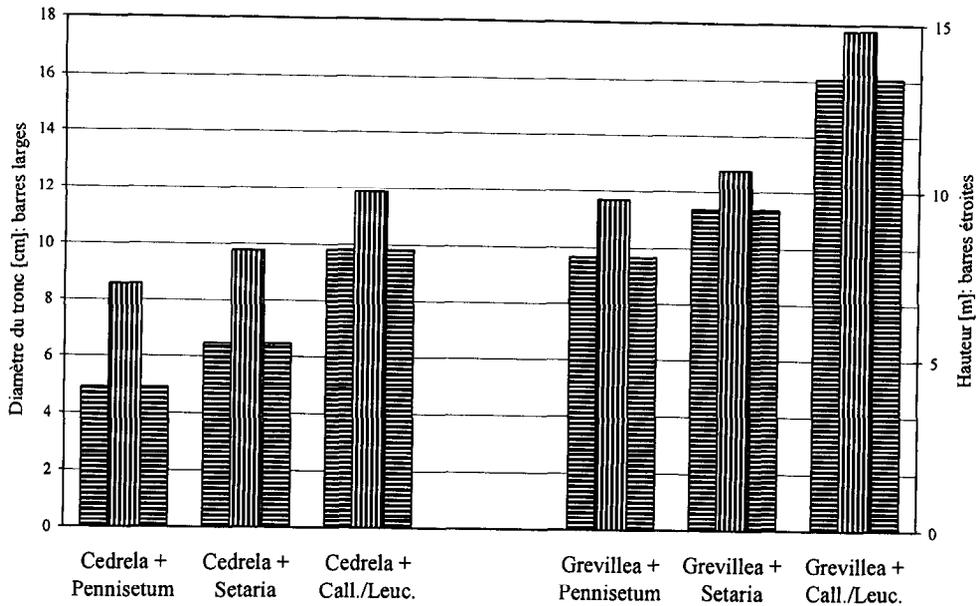


Fig. 4: Chute de croissance chez *Cedrela serrata* et *Grevillea robusta* en raison de la concurrence des lignes de *Pennisetum* et de *Setaria*: diamètre moyen du tronc et taille moyenne d'exemplaires âgés de 124 mois, plantés au-dessus de lignes d'herbes comparés aux arbres plantés au-dessus de haies de légumineuses (*Calliandra calothyrsus* et *Leucaena leucocephala*).

Ce résultat souligne l'importance d'études à long terme. L'intégration de lignes d'herbes dans les systèmes agroforestiers est sans cesse conseillée et justifiée en raison de la production de biomasse supérieure et son effet antiérosif (voir, entre autre PFEIFFER 1990 et NDAYIZI-GIYE 1993). La baisse de la productivité et de l'effet conservatoire reste souvent méconnue, la période d'observation des travaux de recherche étant souvent limitée à moins de trois ans.

2.3 Amélioration de la fertilité des sols

L'agriculture écologique agroforestière permet une production durable; elle garantit la sauvegarde de la fertilité du sol à long terme. Les arbres et les haies de légumineuses contribuent au recyclage des éléments nutritifs et à l'approvisionnement du système en C et N. Par le compostage, la haute production en biomasse du système agroforestier peut être valorisée pour améliorer la production végétale.

Par contre, les méthodes « biologiques » seules ne peuvent pas rétablir la fertilité d'un site déjà dégradé : un engrais supplémentaire semble nécessaire. En plus, la valorisation de la biomasse produite dans des systèmes agroforestiers reste difficile. Selon nos expériences, 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, un engrais vert installé sans fumure améliorante reste souvent 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 le sol; la reprise trop lente des engrais verts a eu pour conséquence de fortes pertes de sol même en deuxième saison culturale.

Une alternative beaucoup plus prometteuse aux engrais verts est le système d'alley-cropping qui est 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 que des engrais verts qui occupent toute la parcelle. Une haie arbustive de légumineuses 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 déjà fortement appauvris en éléments nutritifs ne peut pas être atteinte par des méthodes biologiques seules : sur ce sols, une application des engrais minéraux semble indispensable.

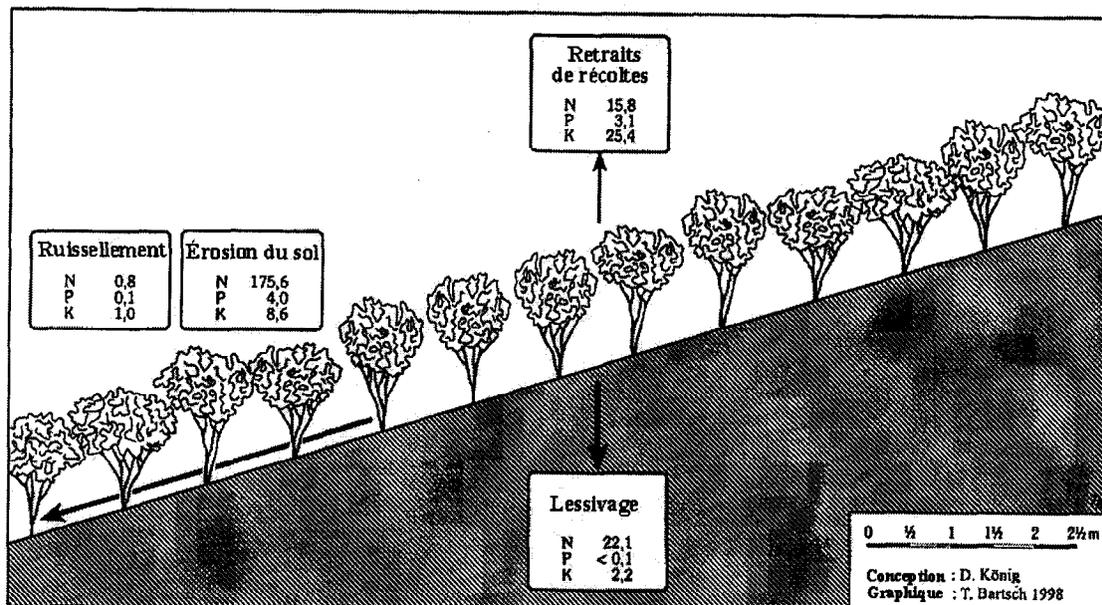


Fig. 5 : Bilan des éléments nutritifs dans la culture paysanne (manioc) pratiquée au terrain du PASI jusqu'en 1985

2.4 .Aspects socio-économiques

L'agriculture écologique agroforestière contribue à une amélioration remarquable de la production par unité de surface, mais elle exige beaucoup plus de travail que le système « traditionnel » d'exploitation du sol. La transformation d'une partie importante de la surface cultivable (surface utilisée pour la plantation des arbres et des haies) a pour conséquence une réduction de rendements de cultures vivrières de l'ordre de 25 % pendant les premières trois à cinq années. A la longue, cette baisse de rendements est compensée par les effets « systémiques ». Malheureusement, ces effets ne sont pas « visibles » pendant que les effets de concurrence entre les cultures et les arbres/haies sont toujours remarquables. Après dix ans, la vente de bois produit dans le système agroforestier contribue à une augmentation considérable des revenus paysannes.

3. Conclusion

L'agriculture écologique agroforestière représente une stratégie efficace pour la conservation des sols. L'intégration des arbres (surtout des espèces autochtones) et des haies de légumineuses dans des systèmes de production vivriers permet à la fois de sauvegarder la fertilité du sol et de couvrir le besoin en bois d'une population croissante de la superficie agricole. Elle contribue ainsi à réduire la dégradation des sols même hors de la surface cultivée.

Néanmoins, une amélioration des sols déjà fortement dégradés et appauvris en éléments nutritifs ne peut pas être atteinte sans fumure supplémentaire. Vu les ressources très limitées du pays, la conservation des sols une fois améliorés et surtout la sauvegarde de la fertilité des sols toujours productifs par des méthodes biologiques est indispensable.

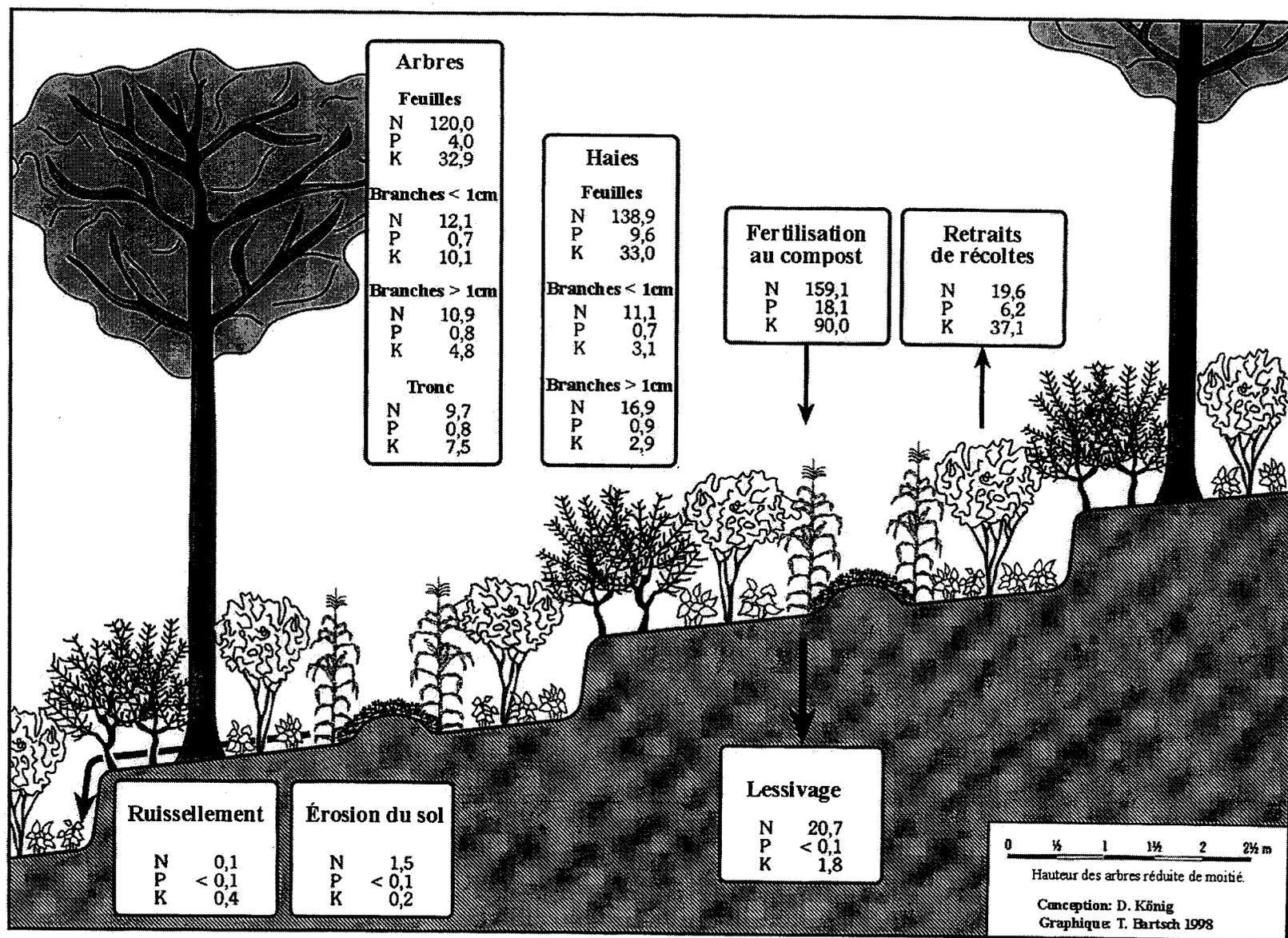


Fig. 6 : Bilan des éléments nutritifs dans un système agroforestier composé de *Maesopsis eminii* et de *Calliandra calothyrsus*.

Bibliographie

KLAER, W., D. KÖNIG et C. HARTH (1989): Trois années Projet Agricole et Social Inter-universitaire 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 méthodes agro-forestières à la lutte anti-érosive au Rwanda. In: Réseau Erosion, Bulletin 11. Montpellier : 185 - 191.

KÖNIG, D. (1992): L'agriculture écologique agro-forestière - une stratégie intégrée de conservation des sols au Rwanda. In: Réseau Erosion, Bulletin 12 : 130-139.

KÖNIG, D. (1992): The Potential of Agroforestry Methods for Erosion Control in Rwanda. In: Soil Technology 5, : 167-176.

NDAYIZIGIYE, F. (1993): La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols au Rwanda. Thèse de Doctorat. Strasbourg.

PFEIFFER, R. (1990): Investigating Possibilities of Combining Fodder Production with Erosion Control and Agroforestry in the West Usambara Mountains of Tanzania. In: KOTSCHI, J. (éd.): Ecofarming Practices for tropical smallholdings. Eschborn. : 81-106.

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: Bulletin Agricole du Rwanda 1988, 4 : 264 -277.

ROOSE, E. et F. NDAYIZIGIYE (1996): Agroforestry and Gestion Conservatoire de l'Eau et de la Fertilité des Sols. In: Soil Technology, 11 : 109-119.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

König, D. - Conservation et amélioration de la productivité des sols dans des systèmes agro forestiers au Rwanda, pp. 41-49, Bulletin du RESEAU EROSION n° 23, 2004.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr