

DEGRADATION ET EROSION DES SOLS AU RWANDA

Dieter König, Mainz

Résumé

Les résultats des recherches récentes sur l'érosion des sols au Rwanda montrent que dans différentes régions agro-écologiques, l'érosion sur fortes pentes cultivées est de l'ordre de 100 tonnes par hectare et par an. Etant donné que l'érosivité de pluies au Rwanda est assez faible (RUSA entre 150 et 400), cette érosion accélérée est due à la mise en production des terres à vocation pastorale ou forestière et à des méthodes culturales mal adaptées, qui ne garantissent pas une bonne couverture du sol.

Sous ces conditions, des structures anti-érosives mécaniques comme les fossés d'absorption ne semblent pas être la solution au problème d'érosion, qui - vu les contraintes socio-économiques et écologiques du pays - ne peut pas être vu d'une manière isolée du problème de la dégradation des sols.

Comme stratégie future pour la conservation des sols au Rwanda, l'auteur propose de promouvoir des méthodes biologiques au lieu de remplacer une méthode de protection mécanique par une autre. Les méthodes biologiques, par exemple la culture en couloirs entre des haies de légumineuses, ne sont pas seulement très efficaces en ce qui concerne la conservation des sols, elles peuvent à la fois garantir un recyclage des éléments nutritifs et un approvisionnement continu du sol en matière organique et ainsi ralentir le processus de dégradation de la fertilité des sols au Rwanda.

1 Introduction

Le Rwanda, pays d'altitude en Afrique Centrale, est situé entre le 1^{er} degré et le 3^{ème} degré de latitude sud et entre le 29^{ème} et le 31^{ème} degré de longitude est sur la branche Ouest du rift valley est-africain. L'altitude est comprise entre 900 et 4500 m, ce qui résulte en un climat assez modéré avec des précipitations annuelles variant entre 800 et 1600 mm et des températures annuelles moyennes de 18° C à 22° C.

La surrection récente de la Crête Zaïre-Nil (voir fig. 1) jusqu'à une altitude de 3000 m a provoqué une forte dissection des surfaces d'aplanissement (pré)-tertiaires et a modelé ainsi ce "paysage des mille collines" qui couvre tout le Plateau Central.

Avec 280 habitants par km², le Rwanda est un des pays les plus densément peuplés de l'Afrique. La croissance rapide de la population (actuellement la population comporte environ 7,5 millions d'habitants, le taux de croissance s'élève à 3,7% par an) est accompagnée par une forte diminution de la superficie des exploitations. La superficie moyenne d'une exploitation familiale est inférieure à 0,8 hectare. Le manque de terres cultivables mène à une surexploitation, à une dégradation progressive des sols et à une baisse continue de la production. En conséquence, des terres marginales et même des pentes très raides (jusqu'à 45°)

sont mises en culture. L'érosion pluviale est à la fois la conséquence et un des processus principaux de la dégradation des sols. Elle est devenue un des problèmes essentiels de l'agriculture rwandaise.

2 La dégradation continuelle de la fertilité des sols

2.1 Indicateurs de la dégradation

Par la grande diversité des régions agro-écologiques, une analyse du développement de la fertilité des sols à l'échelle nationale pose des problèmes énormes sur le plan méthodologique. Même à une échelle inférieure on peut constater une grande diversité qui dépend de la situation des parcelles sur la colline ou de leur éloignement par rapport au "rugo" (ferme).

En général, les parcelles situées loin de la ferme subissent la plus forte dégradation, tandis que les parcelles intensément cultivées proches du rugo, surtout les bananeraies, qui sont approvisionnées continuellement en matière organique gardent leur fertilité plus longtemps. La tendance générale d'abaissement de la fertilité est ainsi superposée par un gradient de fertilité vers le rugo qui s'installe grâce à un transfert centripète des éléments nutritifs et de la matière organique.

Néanmoins, on peut démontrer la dégradation des sols par sa conséquence: la baisse continuelle de la production agricole en qualité. Si on analyse l'évolution de la production agricole au Rwanda de 1966 à 1986 (voir HARTH et KÖNIG 1990), on observe que le taux d'accroissement de la production totale est très proche de celle de la population. Mais, à y regarder de plus près, il faut constater que derrière cette quasi-stagnation de la production par tête se cache une diminution alarmante de la qualité de la nutrition au Rwanda.

Tableau 1: Production agricole au Rwanda 1966 - 1986
(en milliers de tonnes)

	1966	1976	1986	1966-1986
Bananes	1.452	1.820	2.266	+ 56,1%
Légumineuses	195	237	314	+ 61,0%
Céréales	194	234	297	+ 53,1%
Tubercules	513	1.301	1.679	+ 227,3%
Production totale	2.354	3.592	4.556	+ 93,5%
Prod. par tête (kg)	736	798	701	- 4,8%
- de légumineuses	61	53	48	- 21,3%
- de céréales	61	52	46	- 24,7%
- de tubercules	160	289	258	+ 61,3%

L'accroissement de la production totale est due à un accroissement surproportionnel de la production des tubercules qui sont peu exigeantes en ce qui concerne la fertilité des sols. Par contre, la production par tête de céréales et de légumineuses a fortement baissé. Les rendements par hectare du manioc sont au

moins huit fois plus élevée que ceux des haricots, qui sont très appréciés par la population. Mais, grâce à leur richesse en protéines (qui est seize fois plus élevée que celle du manioc) et en lipides, les haricots sont un élément essentiel dans la nourriture traditionnelle rwandaise. Ainsi une augmentation quantitative de la production en quantité déguisé/dissimule la diminution de la fertilité des sols, qui force les paysans à cultiver de plus en plus de tubercules moins exigeantes.

2.2 Facteurs de la dégradation

La dégradation des sols au Rwanda a des raisons multiples. Le moteur du processus est la surpopulation, qui mène à une réduction de la taille des exploitations. A défaut de terres cultivables, les paysans se voient obligés de raccourcir la durée de la jachère pluriannuelle. Ils exploitent donc leurs terres de plus en plus intensément mais sans modifier le système de production.

Ce système d'exploitation, qui a été bien adapté à la situation d'un pays qui n'avait qu'un million d'habitants, déclenche un processus de dégradation qui peut être caractérisé par les facteurs suivants:

- une augmentation de la fréquence de labour
- une aération élevée du sol
- une augmentation des températures du sol

et, en conséquence par:

- une décomposition accélérée de la matière organique
- une réduction de la capacité d'échange du sol
- une accélération du lessivage des éléments nutritifs,

ce qui contribue à:

- un ralentissement de la croissance des plantes
- une réduction du taux de couverture du sol
- un ruissellement et une érosion élevée du sol, qui emportent la matière organique et des éléments nutritifs.

Enfin, la réduction de la fertilité des sols due à ce processus, force les paysans à continuer de raccourcir la durée de la jachère jusqu'à son abandon total. Ce cercle vicieux s'achève dans une dégradation totale du sol; il ne reste que des sols très acides avec des pH en dessous de 4,5 et avec une forte toxicité d'aluminium, cultivées en permanence avec les plantes les moins exigeantes comme le manioc.

Même si ces terres sont abandonnées par les agriculteurs, cela ne signifie pas la fin de ce processus de dégradation. Presque toujours les terres abandonnées sont utilisées pour faire paître le bétail ce qui empêche la revégétalisation. Parfois les terres abandonnées sont reboisées, ce qui ne garantit pas non plus la solution du problème de l'érosion. Au contraire, la reforestation se fait presque toujours avec des essences d'eucalyptus, dont la plupart contribuent à un dessèchement du sol. La couverture d'un tel sol reste très pauvre, ce qui peut aggraver considérablement les risques d'érosion (voir fig. 2).

Après avoir perdu leurs parcelles à cause de la dégradation continue du sol, les paysans sont contraints de défricher de nouveaux terrains. Dans un paysage agricole déjà intensivement cultivé, cela signifie la mise en culture de terrains marginaux comme les versants les plus raides où l'érosion prend toute son ampleur. Même l'érosion "sèche" causée par deux labours profonds par an, peut y déclencher des pertes de cent tonnes de sol par ha (WASSMER 1981).

3 L'érosion des sols

3.1 Les dégâts d'érosion

Au Rwanda, les dégâts d'érosion peuvent être observés partout. La plupart des collines sont complètement déboisées et intensément cultivées. L'érosion en nappe est presque omniprésente, alors que l'érosion en rigoles et en ravines avec des profondeurs allant jusqu'à 10 m apparaissent de préférence sur des pentes raides (voir fig. 2). Les grandes rivières comme le Nyabarongo sont fortement chargées de sédiments érodés; leurs débits maximaux, les fréquences et les intensités des inondations augmentent à cause du ruissellement venant des versants cultivés.

Malgré l'intérêt public pour les événements "catastrophiques" comme les inondations et les glissements de terrain de 1988, qui ont coûté plusieurs vies humaines dans la Préfecture de Ruhengeri (JOST 1988), c'est l'érosion en nappe, qui provoque la plus grande partie des pertes de terre au Rwanda. Ce sont environ 50 à 80 pluies par an qui causent une dégradation continue de la fertilité des sols. A Butare dans le Sud du Plateau Central, jusqu'à 100 tonnes de sol par hectare et par saison ont été érodées sous cultures sans que le microrelief soit changé d'une manière significative.

3.2 Les risques d'érosion

3.2.1 Erosivité des pluies

Jusqu'à présent, il n'y a que peu d'information sur l'érosivité des pluies au Rwanda. Une étude publiée par le projet "Stratégie Nationale de Conservation des Sols", qui est basé sur des observations effectuées pendant une période décennale (1980 - 1989), montre que les valeurs du facteur R d'après WISCHMEIER et SMITH (unités américaines) ont varié entre 157,5 et 245,6 (RYUMUGABE et BERDING 1992). Seulement pour la station de Gakuta, qui est située sur la Crête Zaire-Nil (2.300 m d'altitude, 1400 mm de précipitations par an) une érosivité de 399,2 a été calculée sur la base des données de trois ans.

Pendant les années 1987 - 1990, l'érosivité des pluies que nous avons enregistrée au Sud du Plateau Central a aussi été assez modérée. Les intensités maximales enregistrées pendant des intervalles de 5, 30 et 60 min ont été de 126, 85 et 50 mm/heure. La précipitation maximale a été de 82 mm. Les facteurs R d'après WISCHMEIER et SMITH (unités américaines) calculés sur la base des données de 1987 à 1990 ont été 388 (Butare) et 273 (Mugusa).

3.2.2 Pertes de sol mesurées sur parcelles cultivées

La recherche systématique sur l'érosion au Rwanda a été lancée par MOEYERSONS qui avait installé en 1977 des piquets d'érosion et plus tard des fossés de mesure sur la colline de Rwaza/Butare (Sud du Plateau Central) en 1977 (MOEYERSONS 1989).

Les premières mesures sur parcelles expérimentales ont été réalisées par WASSMER au début des années quatre-vingt sur la Crête Zaire-Nil (WASSMER 1981). Malheureusement ces études, qui ont été effectuées sur un terrain récemment défriché, ont dû être arrêtées après les deux premières années, pendant lesquelles les pertes de terre ont été encore très faibles (voir tableau 1).

En 1983/84, une étude d'érosion dans tout le pays a été réalisée par le Service des Enquêtes et des Statistiques Agricoles rwandais (S.E.S.A. 1986). Par l'utilisation des fossés d'érosion (d'après GERLACH) qui étaient beaucoup trop petits (capacité de rétention: 2 kg de sédiments environ), les pertes de terre ont été fortement sous-estimées (voir aussi BYERS 1990). Les pertes moyennes enregistrées sur parcelles cultivées dans les dix Préfectures du Rwanda ne s'élevaient qu'à 0,4 à 7,1 t/ha/an.

Les problèmes méthodologiques et pratiques dans ces premières études d'érosion au Rwanda ont eu pour conséquence la sous-estimation des risques d'érosion par la plupart des experts en agriculture.

Entre 1986 et 1987, des petites parcelles de mesure d'érosion ont été installées dans sept différentes stations au Rwanda, dont la plupart sont situées sur le Plateau Central. Toutes ces parcelles ont une longueur de 20 m et une largeur variant entre 2,5 et 5 m, ce qui permet la mesure de l'érosion en nappe et en rigoles. La longueur de 20 m représente à peu près la longueur moyenne des parcelles des paysans rwandais.

Tous les résultats préliminaires de ces mesures (tableau 2) montrent des pertes de terre importantes entre plus de 35 et 303 tonnes par hectare et par an. Sur cinq de ces sept stations, l'érosion alors enlèvera la couche fertile des sols en moins de 30 ans, à moins que des mesures efficaces de conservation ne soient appliquées.

4 Mesures contre l'érosion

4.1 Mesures mécaniques

Depuis le début des années quatre-vingt, une mesure anti-érosive simple qui est connue au Rwanda depuis l'époque coloniale, a été vulgarisée avec beaucoup d'effort. Il s'agit de fossés d'absorption ("fossés anti-érosifs", "fossés aveugles") de 50 cm (en réalité: de 25 à 40 cm) de largeur et de profondeur qui sont creusés perpendiculairement à la pente. En amont des fossés, une ligne d'herbes fixatrices (comme la *Setaria splendida* ou le *Pennisetum purpureum*) devrait être plantée. Selon la pente, la distance proposée entre deux fossés varie entre 4 et 40 m (en réalité la distance entre deux fossés est souvent de 20 m environ même sur des pentes très fortes). Malgré le fait que leur installation et leur entretien demandent beaucoup de travail et malgré les risques

qu'une telle méthode comporte (voir KÖNIG 1991), les fossés anti-érosifs ont été vulgarisés à l'échelle nationale. Actuellement, on se rend compte des désavantages de cette méthode, qui implique une perte de superficie cultivable et qui essaye seulement de limiter les dégâts mais qui ne peut ni empêcher l'érosion entre les fossés ni contribuer à une augmentation de la fertilité des sols.

Tab.2: Pertes annuelles de sol sur parcelles cultivées selon des méthodes paysannes (Plateau Central et Crête Zaïre-Nil)

Période de mesure	Précipit. (mm)	Pente (%)	Pertes (t/ha/an)	Références
1980/84	1300	28-79	30	MOEYERSONS 1989
1980/82	1382	60	1,2	WASSMER 1981 MULINDABA-BISHA 1983
1983/84	var.	var.	0-17	SESA 1986; LEWIS 1988
1987/88	1553	54	>243	NYAMULINDA 1991
1987/88	1350	50	> 35	BYERS 1990 NYAMULINDA 1991
1987/88	1277	60	>190	BYERS 1990 NYAMULINDA 1991
1988/89	1175	23	52,7	ISAR 1989
1988/89	1600	23-60	119	ISAR 1989
1988/89	1400	60	112	ISAR 1989
1987/90	1279	28	303	KÖNIG 1991

Depuis 1988, une "nouvelle" méthode attire l'intérêt des conservateurs des sols au Rwanda: le terrassement radical. Comparée aux fossés d'absorption, cette méthode présente beaucoup d'avantages. Mais elle exige encore plus de travail, elle comporte plus de risques (voir NGENZI 1992; ROOSE, NDAYIZIGIYE, SEKAYANGE et NSENGIMANA 1992) et - comme toutes les méthodes mécaniques - par elle même, elle n'augmente pas la fertilité du sol. Par contre, afin d'éviter une réduction de la fertilité, les terrasses exigent, surtout dans l'année de l'installation, des moyens d'exploitation supplémentaires. Jusqu'au début des années quatre-vingt dix, quelque cent hectares ont été terrassés au Rwanda, surtout par des projets de développement. Mais, à cause des inconvénients que cette méthode implique, il n'y a que très peu de paysans rwandais qui entreprennent le terrassement de leurs parcelles.

4.2 Mesures biologiques

Vu la haute densité de la population et la dégradation rapide des sols au Rwanda, il ne suffit pas de protéger les sols mécaniquement contre l'érosion, sans augmenter en même temps leur productivité. Contrairement aux fossés anti-érosifs, les méthodes biologiques peuvent contribuer à la fois à la conservation et à l'amélioration de la fertilité des sols. Compte tenu de la situation socio-économique actuelle du pays, il semble indispensable de trouver des méthodes efficaces et peu coûteuses et pouvant satisfaire les besoins élémentaires de la population rurale.

Dans ces conditions les systèmes de production écologiques agro-forestières semblent être une alternative aux systèmes mécaniques propagés au cours des années précédentes. L'agriculture écologique agro-forestière essaie de lutter contre la dégradation et l'érosion des sols par une approche intégrale, qui comprend l'intégration des arbres et des haies dans les parcelles de cultures associées, la substitution de la jachère par l'emploi d'engrais verts ou par un système de culture en couloirs (alley cropping), l'intégration de l'élevage et le recyclage de la biomasse dans un cycle presque fermé (EGGER et ROTTACH 1986).

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 (voir KÖNIG 1991a et 1992a): La production de biomasse en trois étages augmente la couverture du sol et garantit, par l'approvisionnement continu du sol en matière organique (engrais verts, fumier, compost, feuilles des plantes ligneuses) une activité biologique élevée, ce qui contribue à une bonne macro-porosité et ainsi à une meilleure capacité d'infiltration et à une meilleure stabilité structurale du sol.

Dans 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), les eaux de ruissellement sont freinées, les terres érodées sont sédimentées, ce qui contribue à la formation des terrasses progressives. L'ensemble des méthodes décrites n'est pas seulement un système de conservation du sol, il représente aussi, par le recyclage des éléments nutritifs lessivés et par ses effets positifs sur la matière organique, un système d'amélioration de la fertilité du sol.

Dans nos expériences, des résultats encourageants ont été obtenus avec une intégration de 200 arbres par ha (p.ex. *Grevillea robusta*, *Polyscias fulva* ou *Maesopsi eminii*) associées aux haies arbustives plantées sur microterrasses. La meilleure méthode, la culture en couloirs d'une double haie de *Calliandra calothyrsus* sur des microterrasses d'une largeur de 0,5 m et d'un écartement de 5 m n'a pas seulement réduit l'érosion sur une parcelle de manioc à 5% du témoin (c.-à-d. à moins de 12,5 t/ha/an comparé aux 303 t/ha/an sous manioc pure). Elle a donné en plus un rendement qui va jusqu'à 17 tonnes de biomasse par hectare et par an, dont presque dix tonnes de feuilles, qui contiennent 105 kg d'azote, 47 kg de phosphate et 26 kg de potassium et qui peuvent être utilisées pour la préparation du compost, comme mulch ou comme fourrage très riche en protéines (KÖNIG 1992a). L'introduction

supplémentaire des méthodes culturales écologiques a pu réduire l'érosion à moins de 1 % des pertes sur la parcelle témoin, c.-à-d. à moins de 3 t/ha/an sur une pente de 28%.

5 Conclusions

1. La forte érosion du sol au Rwanda n'est pas provoquée par une très forte érosivité des pluies. Même les "pluies catastrophiques" qui causent d'énormes dégâts, ne sont pas vraiment extrêmes pour un pays tropical. Par contre l'érosivité de pluies est assez faible (R_{USA} entre 150 et 400). Malgré cette faible érosivité, l'érosion des sols est un des plus grands problèmes pour le développement rural, qui a été sous-estimé jusqu'à ce que l'on ait commencé à mesurer l'érosion sur parcelles expérimentales dans différentes régions du pays dans les années 87/88. Les résultats de ces mesures montrent que pour la plupart des stations les pertes de sol sont supérieures à 100 t/ha/an.

2. Le problème d'érosion ne peut pas être isolé du problème de la dégradation continue de la fertilité des sols, qui mène à une baisse continue de la production en qualité. Dans ces conditions, le système des fossés anti-érosifs qui a été propagé au cours des années quatre-vingt, est loin d'être la solution à ce problème.

3. En ce qui concerne la conservation des sols, la méthode du terrassement radical, qui est actuellement proposée par les autorités rwandaises, est la meilleure alternative comparée aux fossés. Mais, vu la haute densité de la population et la dégradation continue de la fertilité des sols au Rwanda, il ne suffit pas de protéger les sols contre l'érosion, sans intensifier en même temps la production agricole. Pour y arriver, il semble être beaucoup plus prometteur de vulgariser des méthodes biologiques déjà existantes. L'agriculture écologique agro-forestière qui comprend plusieurs de ces méthodes représente une stratégie efficace de conservation des eaux et des sols, elle peut à la fois garantir un recyclage des éléments nutritifs emportés par les eaux de ruissellement et un approvisionnement du sol en matière organique et en azote et ainsi ralentir considérablement le processus de dégradation de la fertilité des sols.

Bibliographie:

- BYERS, A. (1990): Preliminary results of the PRAM Project soil loss and erosion control trials, Rwanda, 1987-88. In: ZIEMER, R.R.; O'LOUGHLIN, C.L. et HAMILTON, L.S. (éds.): Research Needs and Applications to Reduce Erosion and Sedimentation in Tropical Steeplands, IAHS Publication No. 192. Wallingford (Oxfordshire), p. 94 - 102
- 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
- GATERA, F. et NSENGIMANA J. (1991): Mesures d'érosion au Rwanda. Evaluation des résultats des expérimentations des pertes de

- terres sous différentes conditions de lutte anti-érosive. Rapport de mission. (MINAGRI) Kigali.
- HARTH, C. et KÖNIG, D. (1990): Probleme und Perspektiven der landwirtschaftlichen Entwicklung Ruandas. In: Mainzer Geographische Studien, H. 34. Mainz. (= Festschrift für Wendelin Klaer zum 65. Geburtstag) p. 513-536
- ISAR (Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda). Département Etude du Milieu et Systèmes de Production (éd.) (1989): Programme Aménagement du sol et de l'eau. In: Rapport Annuel 1989. Rubona. p. 90 - 102
- JOST, C. (1988): Inondations et érosion de mai 1988 en commune Nyakinama: Extension et aménagement possibles. Université Nationale du Rwanda. Ruhengeri.
- KLAER, W., D. KÖNIG et Ch. HARTH (1989): Trois années Projet Agricole et Social Interuniversitaire Mainz/Butare. Agriculture Ecologique Agroforestière au Rwanda. Rapport de recherche. Mainz (Materialien zur Partnerschaft Ruanda/Rheinland-Pfalz 1989/1).
- KÖNIG, D. (1991a): Contributions des méthodes agro-forestières à la lutte anti-érosive au Rwanda. In: Réseau Erosion, Bulletin 11. Montpellier, p. 185 - 191
- KÖNIG, D. (1991b): Bodenerosion in Ruanda. In: LÖBER, U. et RICKAL, E. (eds.): Ruanda. Begleitpublikation zur gleichnamigen Wanderausstellung des Landesmuseums Koblenz. Landau, p. 187 - 200
- KÖNIG, D. (1992a): L'agriculture écologique agro-forestière - une stratégie intégrée de conservation des sols au Rwanda. In: Réseau Erosion, Bulletin 12. Montpellier, p. 130 - 139
- KÖNIG, D. (1992b): The Potential of Agroforestry Methods for Erosion Control in Rwanda. In: Soil Technology 5, p. 167 - 176
- KÖNIG, D. (à 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)
- LEWIS, L.A. (1988): Measurement and Assessment of Soil Loss in Rwanda. In: Catena Suppl.12. Braunschweig, p. 151-165
- MOEYERSONS, J. (1989): La nature de l'érosion des versants au Rwanda. Recherches sur la colline de Rwaza (Runyinya-Butare) et observations dans la partie occidentale du pays suivies de quelques réflexions sur la lutte anti-érosive. Musée Royal de l'Afrique Centrale. Tervuren (= Annales Sciences Economiques, Vol. 19).
- MULINDABABISHA, P.C. (1983): L'érosion des sols sous cultures de versant. Résultats d'une année de mesure en parcelles expérimentales à la station de Wisumo. Ruhengeri. (Mémoire. Université Nationale de Rwanda. Faculté des Lettres)
- NGENZI, E. (1992): Application d'une nouvelle méthode de gestion des sols dans une zone montagneuse tropicale: terrasses radicales au Rwanda. In: Réseau Erosion, Bulletin 12. Montpellier, p. 94 - 102
- NYAMULINDA, V. (1991): Erosion sous cultures de versants et transports solides dans les bassins de drainage des Hautes Terres de Ruhengeri au Rwanda. In: Réseau Erosion, Bulletin 11. Montpellier, p. 38 - 63
- REPUBLIQUE RWANDAISE, Ministère des Transports et des Communications (éd.) (1990): Bulletin climatologique. Année 1989. Kigali.

- ROSSI, G. (1984): Evolution des versants et mise en valeur agricole au Rwanda. In: Annales de Géographie 515, p. 23 - 43
- ROOSE, E. (1977): Erosion et Ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Paris (= Travaux et documents de l'ORSTOM No. 78).
- 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. In: Bulletin agricole du Rwanda 1988,4, p. 264 -277
- ROOSE, F. NDAYIZIGIYE, L. SEKAYANGE et J. NSENGIMANA (1992): La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (G.CES): Une nouvelle stratégie pour l'intensification de la production et la restauration de l'environnement en montagne. In: Réseau Erosion, Bulletin 12. Montpellier, p. 140 - 160
- RYUMUGABE, J.B. et BERDING, F.R. (1992): Variabilité de l'indice d'agressivité des pluies au Rwanda. In: Réseau Erosion, Bulletin 12. Montpellier, p. 113 - 119
- S.E.S.A. (SERVICE DES ENQUETES ET DES STATISTIQUES AGRICOLES) (1986): Pertes de terre dues à l'érosion. Résultats de l'enquête pilote sur l'érosion (année agricole 1984). Rapport descriptif. Kigali.
- WASSMER, P. (1981): Recherches géomorphologiques au Rwanda. Etude de l'érosion des sols et de ses conséquences dans la Préfecture de Kibuye. Strasbourg.
- WISCHMEIER, W.H. et D.D. SMITH (1978): Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. (USDA) Washington.

Dr. Dieter König
(Projet Agricole et Social Interuniversitaire, Rwanda)
Geographisches Institut
Johannes Gutenberg-Universität
Postfach 3980
D - 6500 Mainz
Allemagne
Tel. 06131 -394492 ou -477627; téléfax 06131 -394372

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

König, D. - Dégradation et érosion des sols au Rwanda, pp. 31-40, Bulletin du RESEAU EROSION n° 13, 1993.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr