

EROSION SOUS CULTURES DE VERSANTS ET TRANSPORTS

SOLIDES DANS LES BASSINS DE DRAINAGE

DES HAUTES TERRES DE RUHENGERI

AU RWANDA

par Vincent Nyamulinda

- FSRP/ISAR, RWERERE, BP. 625 Kigali RWANDA

Résumé:

Les résultats de mesure sur l'érosion à Gakenke en Commune Nyarutove Mbwe en Commune Ruhondo et à Rutoyi en Commune Nyakinama de la Préfecture de Ruhengeri sont présentés et discutés. L'article présente aussi les taux de transports solides et des débits liquides des bassins versants des rivières Kinoni, Mukinga et Nyamutera.

De Décembre 1987 à Mai 1988 (deuxième saison culturale dans la région) les parcelles aménagées en bandes enherbées isohypses ont connu des pertes de terre variant entre 16 T/ha et 107 T/ha tandis que les parcelles sous traitements anti-érosifs ont enregistré des pertes de terres variant entre 35.3 T/ha et 242.9 T/ha.

La rivière Nyamutera a accusé les taux de transports solides les plus élevés soit 197 T/Ha/an. La rivière Kinoni vient en second avec 28 T/ha/an. Le cours d'eau de la Mukinga n'est touché que par un taux de dégradation de 1.8 T/ha/an.

Malgré une période de mesure relativement courte, ces premiers résultats indiquent que:

- Malgré une variabilité spatiale entre les 3 zones agroécologiques, l'érosion et les transports solides sont relativement sévères dans la plupart des communes.
- Les bandes enherbées isohypses, systématiques, épaisses et bien entretenues jouent un rôle bénéfique dans la réduction des pertes de terre. Elles doivent être complétées par d'autres mesures "agronomiques" pour en augmenter l'efficacité.
- La combinaison des technologies agroforestières des herbes fixatrices sur les lignes anti-érosives n'agit pas sensiblement sur la réduction des pertes de terre du moins dans les premières années. Elles retiennent néanmoins les talus et valorisent mieux cette niche agricole pour la production du bois, des tuteurs et du fourrage.
- La concentration des sédiments dans les eaux est plus élevée dans les bassins versants touchés par l'érosion par mouvement de masse et traversés par les infrastructures routières.
- L'utilisation des parcelles d'érosion en milieu contrôlé, des collecteurs sur versants en milieu ouvert et le contrôle des bassins versants représentatifs sont des méthodes recommandées capables de fournir des données utiles dans les conditions de Ruhengeri et du Rwanda.

## 1. INTRODUCTION

Le Rwanda est un pays enclavé d'une superficie de près de 26.338 Km<sup>2</sup> et densément peuplé soit 400 hab./Km<sup>2</sup>/surface arable. Un trait de la structure agraire est une dispersion et un morcellement excessif des champs. Avec un accroissement annuel de la population de 3.6%, la superficie moyenne des exploitations agricoles estimée à 1.19 ha en 1982 sera réduite à 0.71 ha en l'an 2.000 (Balusubranian et Egli, 1988)

La surexploitation des terres arables, la mise en valeur des terres fragiles et la déforestation des massifs aux pentes raides causent de sérieux problèmes de dégradation du sol un peu partout au pays (Nwafor, 1978; Rossi, 1984; Wassmer et Michel, 1986 et Weber, 1987). Face à cette situation, le Gouvernement a démarré des programmes de conservation des sols, de mise en valeur des marais et des bas-fonds humides. La planification de ces activités doit disposer des informations quantitatives sur les taux de l'érosion sous cultures et sur l'efficacité des différents dispositifs de protection des sols. Les données sur la dégradation physique et hydrique des bassins versants s'avèrent aussi impératives. L'impact des processus d'érosion sur les versants et des dispositifs anti-érosifs sur les terres de marais paraît capital au moment où suite à la pression démographique, la conquête et la mise en valeur des marais sont ressenties comme une solution de dernier recours.

Les résultats préliminaires sur l'érosion hydrique et sur les transports solides discutés dans cet article sont le fruit des efforts dans ce sens du projet d'Analyse et d'Aménagement des Ressources Naturelles en Préfecture de Ruhengeri (RRAM) dont les objectifs étaient les suivants:

- Mesurer l'ampleur de l'érosion sous cultures dans les trois zones agroécologiques de la préfecture de Ruhengeri;
- Tester l'efficacité des herbes fixatrices (bandes enherbées) sur les pertes hydriques et terreuses;

- Evaluer le rôle des technologies agroforestières dans la lutte contre l'érosion des sols;
- Etablir des données préliminaires sur la dégradation des bassins versants par le contrôle des débits liquides et solides.

## 2. LE CADRE PHYSIQUE ET HUMAIN

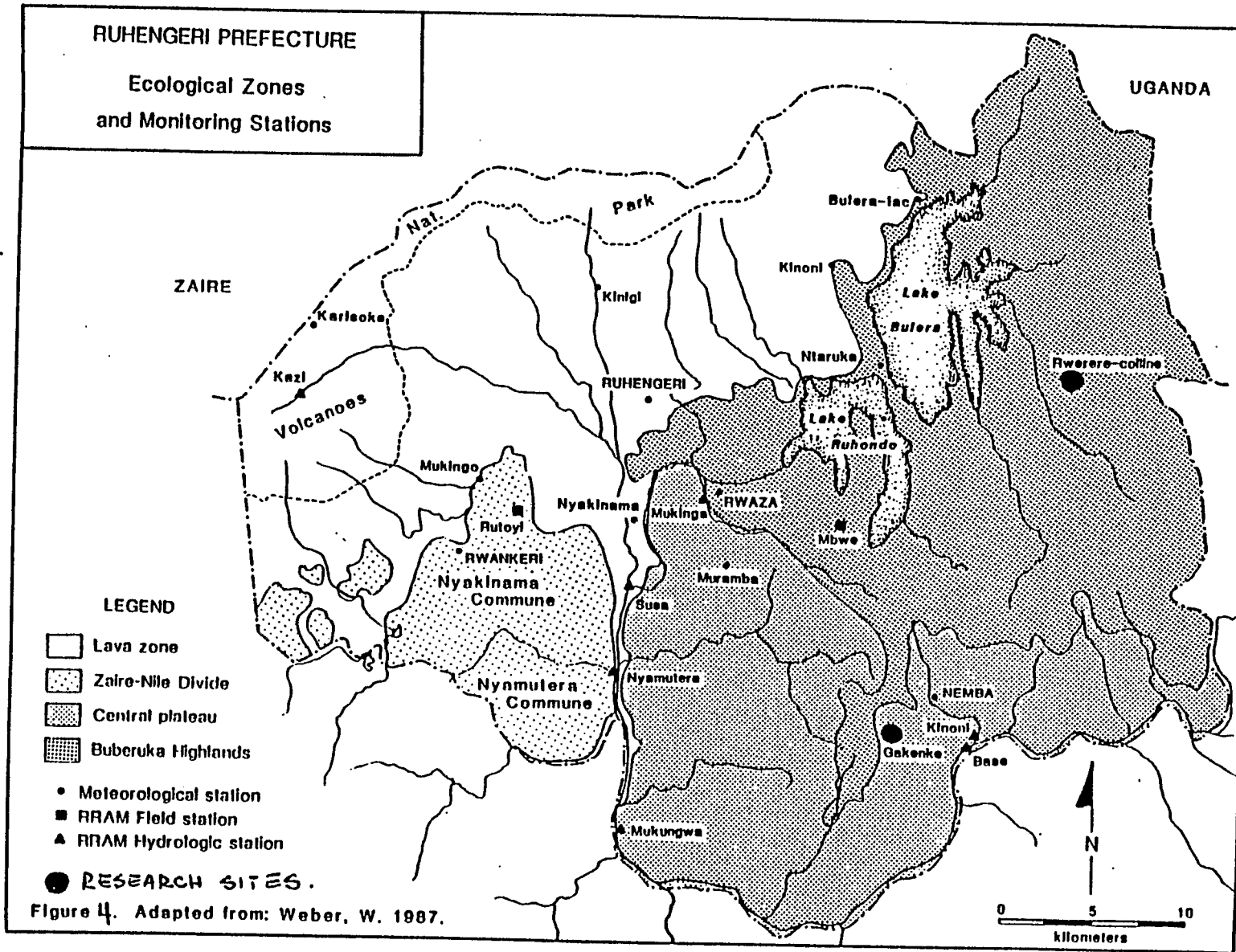
### 2.1. Les facteurs environnementaux

La Préfecture de Ruhengeri comprend quatre zones écologiques (E) le plateau central (372 Km<sup>2</sup>), les hautes terres du Buberuka (600 Km<sup>2</sup>), les contreforts Nord-Est de la Crête Zaïre-Nil (159 Km<sup>2</sup>) et la zone des laves (651 Km<sup>2</sup>) (Weber, 1987). Cette dernière n'est pas couverte par cette étude. Un résumé des facteurs environnementaux est présenté dans le tableau 1 ci-après:

TABLEAU 1: Les caractéristiques environnementales des zones agroécologiques de Ruhengeri

Caractéristiques	Plateau Central	Hautes terres du Buberuka	Crête Zaïre-Nil
Altitude (m)	1500 -1700	1800-2650	1600-2500
Pluviométrie (mm)	1300-1600	1300-1564	1200-1500
Température (C)	17-22	15-16	16-20
pH du sol	4.3	4.8	4.0
Azote total (%)	0.15	0.38	0.24
Carbone organique(%)	1.40	3.50	2.52
Taux d'argile (%)	36.1	60.8	17.7
CEC(meq/100 g)	15.7	22.8	18.2
Saturation en base	16.8	47.4	-

Source: WEBER, 1987, YAMOAHA et al., 1989.



- 4 -

Le projet RRAM dispose d'une station de parcelles expérimentales dans chacune des 3 zones agroécologiques. Les propriétés physico-chimiques des différents sites sont reprises dans le tableau 2 qui suit:

TABLEAU 2: Quelques propriétés physico-chimiques des sols des sites d'expérimentation.

Site	% C	OM	N	C/N	pH	K	Ca	Mg	P	Argile %	Limon %	Sable %
Gakenke- Nyarutovu	1.91	3.28	0.13	14	5.39	86.69	160	66.58	4.16	36.2	28.0	35.7
Mwe - Ruhondo	2.76	4.75	0.22	12.5	5.01	66.68	285	38.2	5.0	34.5	29.03	36.4
Rutoyi- Nyakinama	2.52	4.34	0.24	10.3	6.66	37.7	240	34.4	9.8	17.7	25.1	57.1

Sources: - Rutunga et Ndoreyaho, 1988  
- Analyses du Projet R.R.A.M.

Il importe d'insister sur les quelques points suivants:

- La distribution des pluies est bimodale avec une première saison humide de Septembre à Décembre et une seconde de Mars à Mai. La grande saison sèche dure de deux à quatre mois entre mi-Mai et la mi-Septembre. UN fléchissement du régime des pluies en Janvier-Février est localement appelé "petite saison sèche". Un tel régime implique 2 conséquences sur le plan de l'érosion:
  - a) les saisons pluvieuses sont en même temps les saisons culturales, ce qui expose le sol dénudé à l'impétuosité des pluies tout au début de chaque saison culturale.

b) A deux maxima pluviométriques correspondent deux maxima hydrologiques et deux périodes de pointe pour les pertes de terre.

- Les analyses pédologiques montrent que les sols de la région sont très acides (Vander Zaag et al., 1984). Cette acidité concerne toute la profondeur du manteau arable. La teneur en ions d'aluminium libre est très élevée sur toute la profondeur du sol. Ces ions deviennent toxiques aux plantes, limitent l'enracinement, ce qui est un facteur de réduction du couvert végétal et partant un facteur d'érosion.

## 2.2. Utilisation du sol et le potentiel érosif associé

Toutes les terres arables disponibles sont mises en valeur (Jones et Egli, 1984). Dans la région de Nyarutovu et de Ruhondo, la gamme de cultures principales comprend la banane, le maïs et le haricot cultivés souvent en association, le sorgho et la patate douce. A Nyakinama (région de la Crête), la banane et le sorgho disparaissent pour faire place à la pomme de terre, au blé et au petit pois.

Dans le milieu rural de Ruhengeri, trois aspects de l'utilisation du sol doivent être mis en exergue:

- On assiste à une dispersion des résidences familiales. Chaque paysan lutte pour habiter dans sa propre exploitation. Cette façon de faire présente un inconvénient notable dans la planification des aménagements de lutte contre l'érosion. On estime en effet que la distance séparant différentes résidences familiales de production est de 135 m pour Ruhengeri (contre 151 m pour tout le pays) et occupent près de 2 125 ha.
- La création de nombreux chemins et routes reliant les résidences et d'autres infrastructures publiques exercent une emprise importante sur les terrains cultivables. On estime qu'une superficie de 2.189 ha est couverte par des routes d'une largeur moyenne de 10,15 et 25 m (Weber, 1987).

Ces premiers génèrent des flots de ruissellement qui se transforme rapidement en des torrents, lézardent les flancs des collines, créent des ravins malgré les efforts fournis par la conservation des sols.

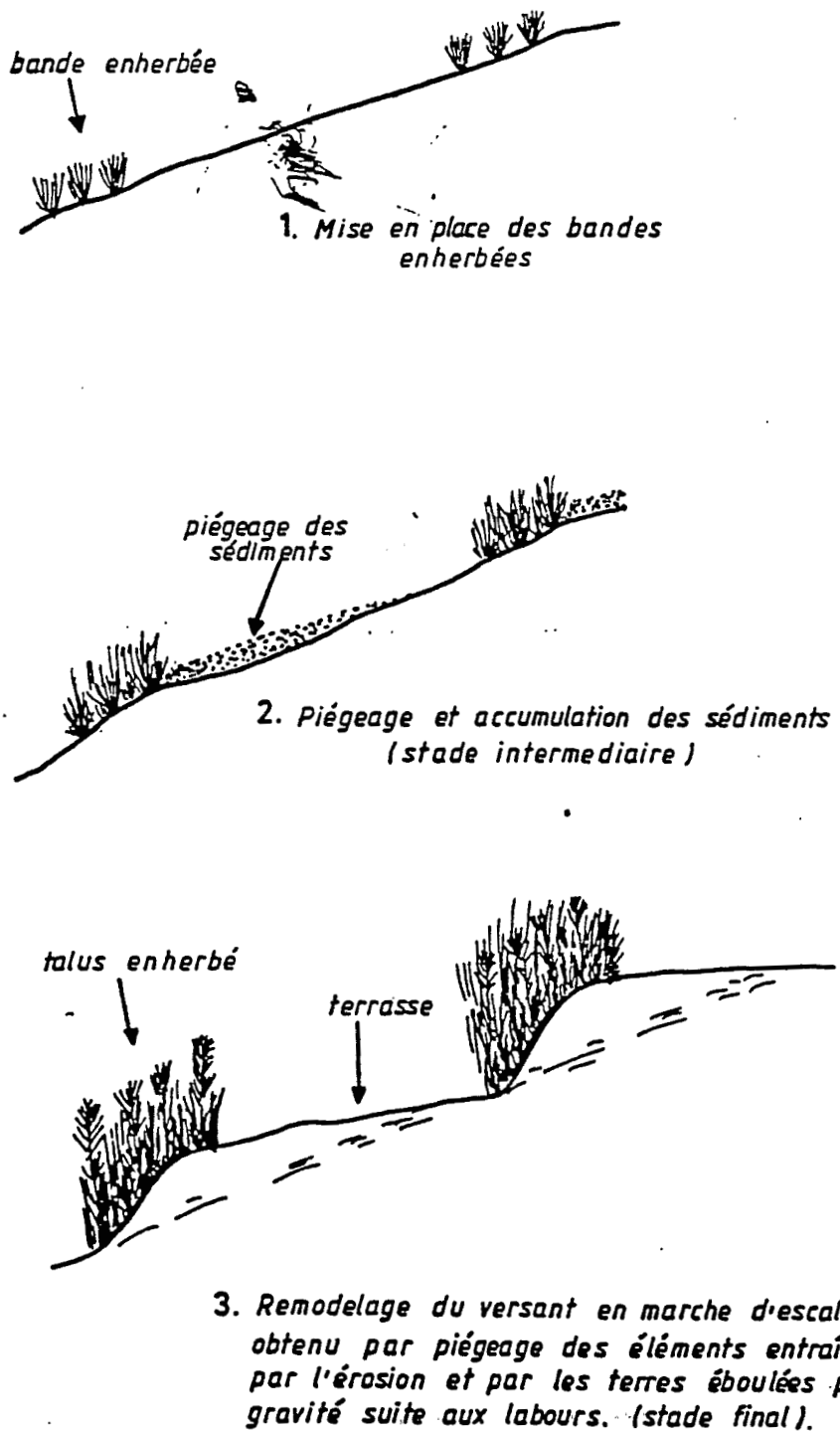
- La diminution de l'espace agricole, surtout des meilleures terres est le corollaire d'une telle situation. Les résidences se multiplient en toute dispersion sur les bons sites. A la longue, on cultive de plus en plus dans des zones impropres à l'agriculture consécutivement à la densification des milieux relativement fertiles.

Dans cette situation de structure spatiale continuellement changeante, il est devenu aléatoire de maîtriser les dégâts de l'érosion.

Les formes d'érosion les plus évidentes comprennent l'érosion en nappe et en griffe surtout après des pluies torrentielles du début des saisons et selon le type de couverture du sol. Le ravinement est difficilement observable sauf dans les cicatrices des glissements de terrains. En général, les ravins sur versants se perdent dans les différents types d'utilisation du sol qui, pour le cas de Ruhengeri, s'offrent en vrais mosaïques. Il arrive aussi que ces ravins soient comblés de terre par les agriculteurs eux-mêmes pour les cultures de la saison suivante. Les glissements de terrains catastrophiques et meurtriers sont le propre de la région de Nyakinama (Byers, 1988) et de Nyarutovu (Nyamulinda, 1988). L'érosion des berges touche principalement la rivière Kinoni et la rivière Mukinga alors que la rivière Nyamutera est surtout touchée par l'envasement sableux du lit.

Toute exploitation agricole est en principe couverte par un dispositif anti-érosif quelconque. Il s'agit principalement des terrasses progressives qui se développent suite à la plantation des herbes fixatrices (*Sétaria splendida*), *Tripsacum Laxum* et le *Penicillium purpureum* (F. J. 2).

Fig. 2: Processus de formation d'une terrasse sous l'effet de l'érosion et des pratiques culturales.





Le terrassement radical gagne de plus en plus du terrain mais il reste limité aux champs de démonstration des communes et des projets agricoles. Malgré un programme national élargi de lutte contre l'érosion, cette dernière cause toujours des dégâts importants et c'est dans l'objectif d'avoir une meilleure connaissance de ces problèmes que le projet RRAM a débuté des études expérimentales dans trois zones agroécologiques de Ruhengeri.

### **2.3. Le projet RRAM (Analyse et Aménagement des Ressources Naturelles en Préfecture de Ruhengeri).**

Le Projet RRAM était une intervention intégrée mise en place pour démontrer les bénéfices d'une approche systématique dans l'aménagement des ressources naturelles. La première phase du projet (1985-1987) devait produire, d'une manière détaillée, le profil de l'environnement de la préfecture de Ruhengeri (Weber, 1987). La seconde phase (1987-1988) était exclusivement un projet d'aménagement et de recherche appliquée comprenant notamment:

- a) la recherche sur l'érosion et sur les méthodes de conservation des sols;
- b) les actions d'appui en milieu rural avec notamment le reboisement des sites dégradés, la réhabilitation des ravins et des sites d'éboulement, la lutte anti-érosive sur champs des agriculteurs;
- c) l'introduction, l'expérimentation et la diffusion des technologies agroforestières dans la zone du projet. Seuls les résultats d'expérimentation sur l'érosion sous cultures et sur les transports solides sont discutés dans cet article.

### **3. MATERIEL ET METHODES**

Le dispositif expérimental consiste en parcelles d'érosion de type Wischmeier selon le protocole en vigueur au pays défini par Wassmer (1981 et 1983) et selon les essais comparatifs décrits par Nyamulinda (1987). Les parcelles ont une superficie de 100 m<sup>2</sup> (20 m x 5 m) et délimitées par des planches en bois en vue d'arrêt.

le ruissellement allochtone. Le système collecteur est constitué par des cuves en ciment (Gakenke) et des fûts (Mbwe et Rutoyi) avec un système de partiteurs qui permet de récupérer 1 sur n, (n équivalent au nombre de partiteurs) du ruissellement total survenu sur chaque parcelle.

Les traitements comparatifs consistent en des parcelles aménagées en "herbes fixatrices" en ligne de contours comprenant le *Sétaria Splendida*, le *Trypsacum Laxum* et le *Penissetum Purpureum*. Ces traitements sont ensuite renforcés par quelques éléments agroforestiers conçus en système multi-étagé d'arbres et d'arbustes. En guise de témoin, une parcelle dite "traditionnelle" est maintenue sans traitement anti-érosif. A Rutoyi et en accord avec les techniques de conservation des sols locales, une parcelle aménagée en terrassettes a été ajoutée dans le bloc de témoins. Toutes les parcelles ont été cultivées de la même façon et une même culture a été appliquée en tenant compte de l'itinéraire cultural local.

Le contrôle des bassins-versants s'est effectué de manière à disposer d'une parcelle d'érosion dans le b.v. ou dans ses proximités immédiates.

Nyamutera représente les conditions collinaires de Rutoyi, Mbwe celle de Mukinga et enfin la rivière Kinoni a été suivie en parallèle avec la station de Gakenke. Après le profil en long et l'établissement de la courbe de tarage, trois échantillons d'eau sont pris pour l'analyse de la concentration en sédiments au laboratoire. Sur les parcelles d'érosion, le ruissellement et les sédiments érodés sont pesés après chaque pluie. Un échantillon de 2 Kgs de terre mouillée est récolté puis séché au four pendant 24 heures.

Enfin, l'analyse des données a été facilitée grâce au Logiciel LOTUS 123 en ce qui concerne les précipitations, le ruissellement les pertes de terre, les débits et les concentrations en sédiments.

#### 4. RESULTATS

En vue de faciliter les comparaisons utiles entre les résultats des différents sites, les données rapportées dans cet article s'étalent sur la période de Décembre 1987 à Mai 1988. Pour les données antérieures, notamment la station de Gakenke, le lecteur se rapportera à nos rapports (Byers et Nyamulinda, 1987).

##### 4.1. Erosion et ruissellement

A Gakenke, les pertes de terre sont très élevées sur les parcelles sans traitement anti-érosif (242.2 T/ha); les parcelles avec des bandes enherbées renforcées par les éléments agroforestiers notamment *Grevillea Robusta* (strate arborée) et *Sesbania Sesban* (strate arbustive) ont réduit l'érosion de 90% par rapport au témoin traditionnel. Les parcelles aménagées en herbes fixatrices seules ont réduit l'érosion de 80% par rapport au témoin. Les coefficients de ruissellement varient entre 2.1% et 38%, ce qui traduit une érosion hydrique très forte.

TABLEAU 3: Erosion et Ruissellement à Gakenke (Décembre 1987-Mai 1988)

Pluviométrie = 1052.5 mm, Pente = 54%, Ecartement = 10 m

N° Parcelle	Traitements	Cultures	Pertes de terres T/ha	Ruissellement %
P <sub>1</sub>	<i>Sesbania Sesban</i> + <i>Grevillea Robusta/Pennisetum</i>	Haricot	31.9	6.9
P <sub>2</sub>	<i>Pennisetum Purpureum</i>	Haricot	48.6	9.3
P <sub>3</sub>	<i>Trypsacum</i> + <i>Grevillea</i> + <i>Sesbania</i>	"	17.8	5.0
P <sub>4</sub>	<i>Trypsacum</i>	"	31.3	3.7
P <sub>5</sub>	<i>Setaria</i> + <i>Grevillea</i> + <i>Sesbania</i>	"	17	2.1
P <sub>6</sub>	<i>Sétaria</i>	"	56.2	10.9
R <sub>1</sub>	Parcelle traditionnelle	"	242.9	38

A Ruhondo, les pertes de terre et d'eau restent moyennes avec des taux variant entre 16.5 T/ha et 59 T/ha tandis que le ruissellement varie entre 3.0% et 3.8%. \* On n'observe pas non plus de différence notable entre les parcelles avec des herbes fixatrices seules et les parcelles renforcées par des éléments agroforestiers qui comprennent le *Grevillea robusta* et le *Sesbania glandiflora*. \* *Cuves débordées* -

TABLEAU 4: Erosion et Ruissellement à Mbwe - Ruhondo

Pluviométrie = 1078.6 mm, Pente = 50% , Ecartement = 5 m

N° Parcelle	Traitements	Cultures	Pertes de terres T/ha	Ruissellement %
P <sub>1</sub>	Penissetum Purpureum		39.8	3.0
P <sub>2</sub>	Sétaria Splendida	"	16.5	3.2
P <sub>3</sub>	Trypsacum Laxum	"	20.9	3.0
P <sub>4</sub>	Sétaria splendida + Grevillea+Sesbania	"	20.2	3.2
P <sub>5</sub>	Penissetum + Grevillea + Sesbania	"	28.1	3.6
P <sub>6</sub>	Trypsacum + Grevillea + Sesbania	"	59.5	3.3
R <sub>1</sub>	Parcelle traditionnelle	"	35.3	3.8

A Rutoyi, les pertes de terre sont très élevées avec taux variant entre 73.3 et 107 T/ha pour les parcelles aménagées en dispositifs de lutte anti-érosive contre 190 t/ha pour le témoin. Les parcelles en bandes enherbées ont réduit les pertes de terres de 50% contre 52% pour les parcelles agroforestières. Le ruissellement varie entre 1.0% et 15%. Il importe de noter qu'une parcelle aménagée en terrassettes traditionnelles s'est avérée la plus efficace avec des pertes saisonnières de 21.1 T/ha contre 2.8% de ruissellement (Nyamulinda, 1989), soit une réduction de 87% et de 72% respectivement par rapport au témoin (avec un labour à plat).

TABLEAU 5 : Erosion et ruissellement à Rutoyi -Nyakinama (Décembre 1987-Mai 1988)

Pluviométrie : 1020 mm, Pente = 60% , Ecartement = 5 m

N° Parcelle	Traitements	Cultures	Pertes de terres T/ha	Ruissellement %
P <sub>2</sub>	Penissetum + Grevillea + Calliandra	Pomme de terre	97.4	4.7
P <sub>3</sub>	Penissetum	"	96.5	3.1
P <sub>4</sub>	Sétaria + Calliandra + Grevillea	"	92.6	2.6
P <sub>5</sub>	Sétaria	"	73.3	2.6
P <sub>6</sub>	Trypsacum+Calliandra + Grevillea	"	93.6	1.0
P <sub>7</sub>	Trypsacum	"	107.8	3.7
R <sub>3</sub>	Grevillea+Calliandra	"	85.4	15.0
R <sub>1</sub> + P <sub>1</sub>	Parcelle traditionnelle	"	190	10
P <sub>8</sub>	Terrassettes	"	23.1	2.8



#### 4.2. Les transports solides

Durant cette période de contrôle, la rivière Nyamuter a accusé des taux de dégradation les plus élevés soit 197 T/ha. La rivière Kinoni vient en second avec des pertes de près de 28 T/ha. Le cours d'eau de Mukinga est le moins touché avec 1.8 T/ha/an.

TABLEAU 6 : Débits liquides et solides dans les B.V. de Kinoni, Nyamutera et Mukinga (1987-1988)

	KINONI	NYAMUTERA	MUKINGA
Superficie du B.V. (Km <sup>2</sup> )	28.4	44.2	45.2
Débit annuel moyen (m <sup>3</sup> /1)	0.55*	2.96	0.38
Moyenne de la charge solide (T/jour)	220*	2378	22
Lame ruissellée (mm)	610*	2124	269
Dénudation (T/ha/an)	28.2*	197 (1)	1.8

\* Les chiffres marqués d'un astérisque sont extrapolés à partir des données disponibles.

(1) Durant le mois de mai 1988, le B.V. de la Nyamutera a connu des glissements de terrains catastrophiques et généralisés avec comme résultat l'envasement sableux total du lit du cours d'eau et des p.

Ce contraste assez prononcé entre les trois bassins versants nous a amené à considérer la part des événements climatiques extrêmes dans la charge solide totale (Tableau 7)

TABLEAU 7 : Transports solides et évènements climatiques entrêmes dans les B.V. de Mukinga, Kinoni et Nyamutera .

Cours d'eau	Date	Débit moyen m <sup>3</sup> /S	Charge moyenne T/jour	Dénudation T/ha	Ruissellement (mm)
Kinoni	5-6 mai 1988	7.31	11.500	8.1	44.4
Nyamutera	7-13 mai 1988	35.5	71.146	113	485
Mukinga	2-5 mars 1988	1.78	368	0.32	13.6
	20 mars 1988	2.18	367	0.07	4.1

Durant les périodes les plus pluvieuses du mois de Mai 1988 marquées par l'érosion par mouvement de masses et par les inondations, la rivière Nyamutera a connu des taux de 113 T/ha en quatre jours soit 57% des pertes annuelles et une dégradation hydrique de près de 22% du débit total annuel. Les autres cours d'eau ont connu moins de dégradation, soit 8.1 T/ha pour la Kinoni au mois de mai et 0.39 T/ha pour la Mukinga en deux séquences du mois de mars.

## 5. DISCUSSION

### 5.1. Erosion accélérée et efficacité relative des bandes enherbées

Les pertes de terre totales pour les trois zones agro-écologiques sont très élevées. En se basant sur les données disponibles, l'érosion est plus sévère dans la zone de Rutoyi en commune Nyakinama qui représente les conditions de la Crête Zaïre-Nil de Ruhengeri. La zone de Gakenke en commune Nyarutovu du Plateau Central connaît des taux moyennement élevés. Enfin, la zone de Mbwe en Commune de Ruhondo a enregistré des pertes de terre relativement faibles par rapport aux deux autres zones écologiques durant cette période de mesure.



Les bandes enherbées isohypses (herbes fixatrices) comprenant le *Sétaria Splendida*, le *Tripsacum Laxum* et le *Penissetum Purpureum* peuvent réduire sensiblement les pertes de terre et le ruissellement. Cette réduction reste cependant peu efficace puisque pertes de terres restent élevées. Cette situation suggère que l'érosion devra ensuite être combattue, sur la partie cultivée, par d'autres méthodes notamment le travail du sol (cultures en billons, terrassettes) pour augmenter l'infiltration et/ou les méthodes de couvertures du sol (le paillis, les cultures dérobées, etc).

Après deux ans d'expérimentation sur les 3 sites, l'on a noté l'initialisation des terrasses "progressives" sur les parcelles aménagées en herbes fixatrices et en agroforesterie. Contrairement à une idée assez répandue, les terrasses progressives semblent être le résultat des méthodes culturales d'abord (labour dans le sens de la pente) et secondairement de l'action érosion-accumulation sur la parcelle (Fig. 2 et 3). Plusieurs auteurs ont déjà attiré l'attention sur le problème de "l'érosion sèche" au Rwanda (Wassmer, 1981; Moeyersons, 1989; Nyamulinda, 1989) et cette question mérite d'amples investigations pour en dégager des conclusions utiles à la vulgarisation.

Un autre facteur le plus important à considérer dans l'étude de l'érosion dans les systèmes d'exploitation du Rwanda concerne l'influence de la faune édaphique sur l'érosion et sur la stabilité des dispositifs de lutte contre l'érosion. A Gakenke et à Rutoyi, des écoulements hypodermiques ainsi que des resurgences se sont produits dans les parcelles P<sub>6</sub> et P<sub>7</sub>, ce qui a occasionné des pertes de terres et un ruissellement relativement importants, soit respectivement 10% et 38%. En champs de agriculteurs de Rutoyi, les taupes qui colonisent les talus enherbés en *Penissetum Purpureum* constituent un véritable fléau. Le mixage des horizons pédologiques ainsi que les multiples galeries conduisent à une déstabilisation des talus qui finissent par glisser en contrebas lors des saisons pluvieuses. Cette action destructive des animaux fossoyeurs semble frapper toute la zone de hautes terres. Elle est signalée dans les zones frontalières de Kigezi et de Bufumbira en Uganda (Bagoora, 1985).

Il n'y a pas de différence significative entre un traitement en herbes fixatrices seules et ces dernières renforcées par les éléments agroforestiers. L'on constate néanmoins que la formation de terrasses est plus rapide sur les parcelles agroforestières que sur les bandes enherbées seules. Cette situation semble due à la période d'expérimentation assez courte (1 année). Les arbres restaient encore trop jeunes pour constituer une barrière aux sédiments et au ruissellement. Sur le plan de la maximisation de la production sur les niches agricoles cependant, les parcelles agroforestières ont produit en plus de l'herbe, des tuteurs pour les haricots volubiles et de la biomasse pour l'amélioration des taux d'azote dans le sol (Erdman, 1988). On notera aussi que sur le plan de la pérennité des structures anti-érosives, le choix des essences agroforestières devra porter essentiellement sur les essences qui résistent mieux aux coupes. Le *Sesbania Sesban* et le *Sesbania Glandiflora* dégénèrent alors que le *Calliandra Calothyrsus* augmente les rendements en biomasse consécutivement à chaque taille. Ces mêmes constatations ont été enregistrées par l'ISAR (Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda) à Rwerere, Karama et Rubona (ISAR, 1989).

## 5.2. Forte dénudation des b.v. et influence des événements climatiques extrêmes.

Malgré des mesures de courtes durées, les résultats obtenus permettent de saisir l'ampleur des transports et le dynamique des bassins versants. La charge solide est estimée à 197 T/ha/an pour la Nyamutera, 28.0 T/ha par an pour la rivière Kinoni et 1.8 T/ha/an pour la Mukinga. L'on note que ces taux varient parallèlement aux pertes de terres sur les versants mais ne traduisent pas une relation directe. Sur le plan hydrologique, les trois bassins versants étudiés sont fortement contrastés, ce qui confirme l'extrême hétérogénéité qui caractérise généralement ces bassins versants de montagne. Dans les conditions environnementales de la région des hautes terres du Rwanda, il serait trop hasardeux d'extrapoler les caractéristiques hydrologiques d'un bassin versant à un autre.

Les débits liquides et solides sont fortement influencés par les évènements climatiques extrêmes qui provoquent des inondations et l'érosion des berges. Ces évènements sont assez localisés dans l'espace et dans le temps. Les inondations catastrophiques de la Nyamutera au début du mois de mai 1988 n'avaient pas de relation temporelle avec les inondations de la Mukinga et de la Kinoni survenues respectivement aux mois de mars et au début de mai 1988.

En vue de cerner de près ce problème d'érosion accélérée, une étude des intervalles de recurrences des évènements climatiques (précipitations maximales en 24 heures) a été effectuée (Tableau 8) pour les stations de Nemba, Rwaza et Rwankeri avec 16, 16 et 32 ans de données pluviométriques exploitables (Byers, 1988). Les glissements de terrains généralisés de 1987 (Nyamulinda, 1988) et ceux de 1988 (Byers, 1988) ont coïncidé avec des totaux journaliers de 95 mm à Nemba dans le bassin versant de Kinoni et de 81 mm à Rwankeri (Crête Zaïre-Nil).

TABLEAU 8: Intervalle de récurrence (maxima en 24 heures) pour quelques stations sélectionnées de Ruhengeri

Années	NEMBA	RWANKERI	RWAZA
2	70	50	51
5	91	68	66
10	106	80	75
15	114	87	81
20	120	92	85
50	138	106	97
100	151	117	106

En prenant comme référence ces totaux, la zone du b.v. de Kinoni peut anticiper de tels maxima tous les 10 ans (la commune de Nyarutovu a été tout récemment frappée par une érosion catastrophique) tandis que

dans les régions de la Crête Zaïre-Nil drainées par la Nyamutera, les probabilités de retour sont de 20 ans. L'existence des vieilles niches d'éboulements et les terribles glissements de terrains des années 1963, 1987 et 1988 semblent corroborer nos estimations. Cependant, Rwaza en Commune Ruhondo semble jouir des conditions plus modérées avec un maximum en 24 heures de 80 mm dans un intervalle de 50 ans. Cette situation expliquerait probablement le caractère relativement stable de la commune sans marques de glissements de terrains historiques ou contemporains. Tous les trois bassins versants peuvent s'attendre à recevoir beaucoup de précipitations maximales en 24 heures durant les mois de Mars à Juin bien qu'il soit possible aussi qu'elle se produisent durant n'importe quel mois de l'année.

En somme ces estimations démontrent encore une variabilité régionale à de courtes distances, ce qui suggère la nécessité d'étudier à fond chaque b.v. L'analyse esquissée ci-dessus ne tient en compte que les précipitations maximales en 24 heures de chaque année, qui peuvent ne pas causer une érosion accélérée. D'autres facteurs doivent être soigneusement examinés en vue d'une appréhension complète de la relation entre les pluies diluviennes, l'érosion par mouvement solide et les transports solides. Il s'agit de la pluviométrie cumulée avant l'évènement, la stabilité des pentes et les types de sols, les intensités des pluies, les modes d'occupation du sol, etc..

### 5.3. Origine des sédiments transportés

Au Rwanda, l'attention est donnée (avec raison) aux champs cultivés comme sources de sédiments transportés par les cours d'eau. Les études sur l'érosion hydrique sur parcelles élémentaires montrent que l'érosion varie de quelques tonnes à plusieurs centaines de T à l'hectare (Wassmer, 1981, Moeyersons, 1981, Roose et al., 1988; Lewis, 1988, Lewis et al., 1988). La plupart de ces expérimentations sont plutôt préoccupées par les objectifs agronomiques visant à tester et/ou à démontrer l'influence des différentes cultures et différents aménagements sur les pertes hydriques et terreuses. Cette approche ne répond pas à la question de savoir combien de sols érodés et combien d'eau ruissellée traversent et quittent les versants pour entrer dans les lits puis l'exutoire des cours d'eau. Il est donc difficile de

connaître la contribution des champs cultivés à la charge solide, ni l'impact des programmes de lutte anti-érosive en aval. Ce problème pourrait être approché à travers un programme de mesures du ruissellement et des sédiments à différents points des versants sous différentes composantes de l'utilisation du sol. Une telle approche a été utilisée à Rwaza dans les complexes agricoles (Moeyersons, 1989) et sous-boisements d'eucalyptus à Josi et dans les plantations de Thé à Gisovu (Wassmer, 1981).

Comme indiqué plus haut, les sédiments érodés ainsi que l'eau de ruissellement doivent traverser toute l'architecture des versants avant d'atteindre les cours d'eau. Les cultures, les dispositifs de lutte anti-érosive, les boisements, les pâturages, les habitations, les voies d'accès constituent un mosaïque qui participe à une redistribution systématique de la matière et de l'énergie dans les paysages agricoles de Ruhengeri. Cette situation porte à croire que la contribution des zones sous-cultures à la charge solide est relativement faible. Cela n'implique pas l'absence de l'érosion sur chaque parcelle individuelle.

L'on voudrait attirer l'attention sur le rôle érosif important des espaces générateurs de ruissellement dans la problématique de l'érosion et la conservation des sols à Ruhengeri. Comme Moeyersons (1989) le souligne aussi, les éléments du paysage qui exercent une grande pression érosive sur les parcelles situées plus bas sur la pente sont les cours autour des maisons, les cours autour des bâtiments administratifs et commerciaux, les vieux boisements d'eucalyptus, les terrains surpâturés, les routes, les ravins et les niches d'éboulement.

Peu de données existent sur la contribution des routes, des sites d'érosion (niches d'éboulements et ravins) et des habitations rurales non seulement pour le Rwanda, mais aussi pour les tropiques. Quelques résultats disponibles concernent l'Amérique du Nord, notamment les pertes sur les pistes forestières, les sites de construction et les traces de routes (Discket et Richardson, 1961, 62; Hornbeck et Reinhart, 1964; Wolman et Schick, 1967; Swanson et Dyrness, 1975; Reid, 1981).

Dunne et Dietrich (1982) suggèrent que dans une région densément peuplée et pratiquant une agriculture de subsistance, la contribution des routes et des pistes à la charge solide totale varie entre 25 et 50%. En appliquant ces normes aux bassins versants étudiés, l'on trouve que les routes et les pistes auraient contribué dans les proportions entre 7 et 14 t/ha pour la Kinoni, 21 et 42 T/ha pour la Nyamutera et 0.45 à 0.9 T/ha pour la Mukinga.

Heusch (1981) trouve quant à lui que dans les bassins versants marqués par la présence des ravins et des niches d'éboulement, 40% des transports solides proviennent de ces sites caractérisés par un ruissellement concentré. Dans notre zone d'étude, le bassin versant de la Nyamutera est par endroit lézardé par des ravins installés en plein milieu des anciennes niches d'éboulement. Si l'on sépare la contribution en transports solides du 7-13 mai 1988 (voir tableau 7) (113 T/ha) et 40% en provenance des ravins et sites d'éboulements anciens (37 T/ha), la charge solide de la Nyamutera reviendrait à 47T/ha/an.

Ainsi, sous réserve des paramètres utilisés, l'on peut estimer que les pertes de sédiments entre 14 et 18 T/ha/an pour la Kinoni, entre 12 et 38 T/ha/an pour la Nyamutera et entre 0.45 et 0.9 t/ha/an pour la Mukinga proviennent des champs cultivés. Excepté pour la Mukinga, ces pertes restent élevées. Elles sont néanmoins inférieures aux pertes de terre enregistrées sous cultures <sup>en bas des parcelles</sup>. Cette situation n'est pas surprenante dans la mesure où les sédiments érodés sont redistribués dans les différentes unités du paysage agricole ou sont redéposés dans les zones plates du bassin versant <sup>avant</sup> d'atteindre l'exutoire sur le site de contrôle

Ces estimations suggèrent que l'érosion "allochtone" dans les champs cultivés mérite plus d'attention. Les sites générateurs du ruissellement et de l'érosion constituent une source importante de la charge solide. Si par exemple, l'érosion sur les routes et les pistes n'influe pas directement sur la productivité, les pertes de terre et le ruissellement ont un impact négatif dans les champs cultivés traversés et en particulier dans les champs en bas de pente et dans les terres basses de marais et des bas-fonds.

## 6. CONCLUSION

Malgré une période d'expérimentation relativement courte, cette étude est instructive à bien des égards et constitue une contribution à l'amélioration de la base d'information touchant notamment les pertes de terre, les transports solides, la variation régionale de ces deux premières, ainsi que le potentiel des bandes enherbées isohypses dans la lutte anti-érosive.

Ces résultats préliminaires montrent que l'érosion sous-cultures saisonnières est très élevée. Les fortes pentes, la pauvreté du sol et l'absence d'un couvert végétal durant les pluies les plus agressives de l'année sont les principaux facteurs qui contribuent à cette forte érosion. Le dispositif anti-érosif largement utilisé à Ruhengeri et ses environs (bandes enherbées) (SABATIER, 1986) malgré son efficacité démontrée ne peut pas arrêter tout le volume de terre érodée. Il est suggéré que les méthodes de couverture et de travail du sol (DRESSLER et NEUMAN, 1982) peuvent arrêter l'érosion sur la parcelle cultivée et ainsi augmenter l'efficacité des herbes fixatrices.

La dégradation physique des bassins versants est aussi importante, surtout lors des averses à fortes intensités. Comme noté par STARKE (1972), une grande partie de la charge solide des cours d'eau est le résultat d'une ou deux pluies très agressives. Les sédiments transportés proviennent en grande partie des routes, des chemins et d'autres sites d'érosion concentrée. Le contrôle de ces sources d'érosion reste impératif au moment où le pays s'oriente vers l'aménagement généralisé des marais et des bas-fonds humides.

Enfin, le contrôle de l'érosion sur les versants et l'aménagement des terres basses devront reposer sur une base d'information disponible et utilisable. Les études sur l'érosion et la lutte anti-érosive devront embrasser tous les facteurs locaux de l'érosion ainsi que les méthodes jugées applicables dans la région y compris les méthodes traditionnelles. Le contrôle et l'évaluation de la dégradation des bassins versants s'avèrent complexes, mais ils sont d'un intérêt capital.

Il nous paraît que quatre points s'imposent à l'avenir pour améliorer les données sur la dégradation physique des bassins versants:

1. L'identification et la quantification des processus érosifs qui produisent et transportent les sédiments.
2. L'identification des interactions entre les différents processus
3. La définition des intervalles de récurrence pour chaque processus de transport
4. La quantification du volume de sédiments et leur temps de séjour dans les différentes unités de captage dans le relief.

Beaucoup d'efforts restent donc à fournir pour développer ces connaissances desquelles dépendent l'adoption des technologies d'aménagement. Ces adoptions dépendront néanmoins des conditions socio-économiques de la population et de ses besoins.

## 8. BIBLIOGRAPHIE

1. BAGOORA, F.D.K., 1985. A preliminary investigation into the consequences of inadequate conservation policies on the steep slopes of the Rukiga Highlands, South-Western Uganda. Makerere University, Department of Geography, Kampala, Uganda, 12
2. BALUSBRAMANIAN, V., et R., Egli, 1986. The role of agroforestry in the farming systems in Rwanda with particular reference to the Bugesera-Gisaka-Migongo. Agroforestry Syst. 4: 270-189.
3. BYERS, A.C., 1988. Catastrophic Rainfall Landslides and Flooding in Nyakinama Commune in Ruhengeri Prefecture, RRAM Technical Report.
4. BYERS, A.C.; et NYAMULINDA V., 1988. Soil loss in Nyarutovu: Preliminary results of the Ruhengeri Resource Analysis Management (RRAM) Project's Erosion Study trials in Ruhengeri.
5. DRESSLER, J. and NEUMAN, I., 1982. Agriculture de couverture du sol (ACS): un impératif pour la lutte contre l'érosion au Rwanda. Bulletin Agricole du Rwanda 4: 215-222.
6. DISEKER, E.G. et E.C., Richardson, 1961. Roadside sediment production and control. Trans. am. Soc. Agric. eng. 4: 62-68



7. DESEKER, E.G. et E.C. Richardson, 1962. Erosion rates and control measures on highway cuts. Trans. Am. soc. Agric. Eng. 5: 153-155.
8. DUNNE, T. et W. DIETRICH, 1982. Sediment sources in Tropical Drainage Basins: In, ASA, Soil Erosion and Conservation in t Tropics. ASA, Special Publication Number 43: 41-54.
9. ERDMAN, T., 1988. Agroforestry activities of the RRAM Project in Ruhengeri Prefecture. RRAM Project Technical Report.
10. JONES, W.I., and Egli, R., 1984. Systèmes de cultures en Afrique Les hautes terres du Zaïre, Rwanda et Burundi. Banque Mondiale Document Technique, numéro 27
11. ISAR, 1989, Rapport annuel de l'ISAR.
12. LEWIS, L.A., 1988 a. Measurement and assessment of soil loss in Rwanda. Catena (Supplément) 12: 151-165.
13. LEWIS, L.A., et Al. , 1988. Soil loss, Agriculture and Conservatio in Rwanda. Toward sound strategies for soil management. Journal of soil and water conservation 43: 418-421.
13. MOEYERSONS, J. , 1981. Les transports de masse: leur nature, leur importance et leurs effets morphologiques dans la région de Butare (Rwanda). MRAC, TERVUREN, Belgique.
15. MOEYERSONS, J., 1989. La nature de l'érosion des versants du Rwanda MRAC, Annales des Sciences Economiques, TERVUREN, Belgique.
16. NWAFOR, J.C., 1978. Agricultural land use and associated problems in Rwanda. Journal of Tropical Geography, 57-65.
17. NYAMULINDA.V. , 1986. Problématique et Perspectives de la Recherche en Matière d'Erosion au Rwanda. Bull. Agric. du Rwanda., 4: 249-258.
18. NYAMULINDA, V., 1987 a. Erosion et conservation des sols dans les régions des Hautes Terres du Rwanda: Approche thématique et expérimentale du projet RRAM. Article présenté au Premier Colloque National sur les Processus d'Erosion au Rwanda, Nyakinama du 11 au 15 mai 1987.
19. NYAMULINDA , V., 1987 b. Contribution à l'Etude de l'Erosion et des Techniques de Protection des Sols d'Altitude du Rwanda. Bull. Agric. du Rwanda, 4: 229-240
20. NYAMULINDA, V., 1988 a. Contribution à l'Etude de l'Erosion par Mouvement de Masse dans les Milieux aménagés du Rwanda. Bull; Agric. du Rwanda, 1: 76 - 87.

21. NYAMULINDA, V., 1988 b. Etude Diagnostique de l'Erosion et de la Lutte anti-érosive dans les zones agroécologiques de la Préfecture de Ruhengeri. Bull. Agric. du Rwanda, 3: 147-158.
22. NYAMULINDA, V., 1989. Méthodes autochtones de conservation des sols en Prefecture de Ruhengeri: leur Nature et leur mode d'insertion dans la trame actuelle de lutte contre l'érosion. Bull. Agric. du Rwanda, 3: 147-158.
23. NYAMULINDA, V., 1990. Les terrasses radicales dans le modèle de conservation de l'eau et du sol au Rwanda: de l'expérience acquise au développement futur, B.A.R., à paraître.
24. ROOSE, E.R. et R. BERTRAND, 1971. Contribution à l'étude de la méthode des bandes d'arrêt pour lutter contre l'érosion hydrique en Afrique de l'Ouest. Résultats expérimentaux et observations sur le terrain. Agronomie tropicale, 26 (11): 1270-1283.
25. ROOSE; E.R., et Al., 1988. La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (CGES): Une nouvelle stratégie anti-érosive au Rwanda. Bull. Agric. du Rwanda 4: 264-277.
26. ROSSI, R., 1984. Evolution des versants et mise en valeur agricole au Rwanda. Ann. Geogr.: 515: 23-43
27. RUTUNGA, V., et NDOREYAHU, V., 1988. Etude des Profils de sols des sites d'essais de l'Erosion du Projet RRAM à Gakenke (Nyarutovu), Mbwe(Ruhondo) et Rutoyi (Nyakinama). Rapport inédit.
28. SABATIER, J., 1988. Lutte anti-érosive et développement sur la bordure orientale du Plateau Central au Rwanda. Comm. Sémin. CIRAD, Montpellier, France.
29. STARKEL, L., 1972; The role of Catastrophic Rain Fall in Shaping of the Relief of the Lower Himalaya (DAR Jeeling Hills). Geogr. Pol. 21: 103-147.
30. SWANSON, F.J., and C.T. DYRNESS, 1975. Impact of clearcutting and road construction on soil erosion by landslides in the West Cascade Range, Oregon, Geology 3: 393-396.
31. VANDER ZAAG et Al., 1984. An assessment of chemical properties of soils in Rwanda with the use of Geostatistical Techniques, Geoderma, 34: 293-314.
32. WASSMER, P., 1981. Recherches géomorphologiques au Rwanda. Etude de l'érosion et de ses conséquences dans la préfecture de Kibuye. Thèse de 3ème cyle, Strasbourg, France
33. WASSMER, P., 1983. Recherches adaptatives en protection et conservation des sols. UNR, Nyakinama, Ruhengeri.
34. WASSMER, P., et P. Michel, 1986. Surpopulation et erosion:l'exemple du Rwanda. INQUA, Dakar Symposium : Changements globaux en Afrique: 491-493.

**RESEAU  
EROSION**



**Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION**

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

Nyamulinda, V. - Erosion sous cultures de versants et transports solides dans les bassins de drainage des hautes terres de Ruhengeri au Rwanda, pp. 38-63, Bulletin du RESEAU EROSION n° 11, 1991.

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