

# Le rôle de la couverture végétale dans la redistribution des sédiments et du carbone des sols par le ruissellement: colline de Rwaza, Butare, Rwanda

Jan Moeyersons

Musée Royal de l'Afrique Centrale, B-3080 Tervuren, Belgium

Correspondance: jmoeyersons@africamuseum.be

## Résumé:

Le but de cette étude était d'évaluer les contributions relatives des différents usages du sol et des différents modes de gestion des couvertures végétales sur l'érosion. L'érosion a été mesurée par deux méthodes, bon marché et faciles à mettre en œuvre.

- d'une part, sur les terres non cultivées et éloignées des maisons, l'érosion a été suivie à l'aide de plus de 2000 clous de 15 cm utilisés comme épingles d'érosion (anglais: erosion pins). Ils ont été implantés, en 1977-1978, selon des bandes larges de 3 à 5 m, transversales à la colline. Ces mesures ont couvert la période 1978-82.

- d'autre part, en contrebas des zones couvertes de champs et d'habitations, l'érosion a été mesurée par la technique des fossés collecteurs du ruissellement. Ces mesures ont couvert la période de 1978 à 1984.

D'une façon générale, il apparaît que le couvert végétal, combiné ou non à un paillis, joue un rôle prépondérant dans la protection du sol. De même, tous les types de végétation montrent une grande capacité à fixer les sédiments érodés en amont. On est ainsi arrivé à montrer, pour la colline de Rwaza, un colluvionnement plus important dans les endroits présentant la plus grande pente, parce que ces zones sont envahies par une broussaille à *Pteridium* cfr. *aquilinum*, *Echinops* sp. et autres espèces. Les boisements d'*Eucalyptus* sp. font exception à cette règle générale. La terre y jouant probablement un rôle.

Les différents usages de sol et les différents modes de gestion de la végétation sont passés en revue selon leur degré de protection du sol et leur capacité de piégeage des sédiments en transit. C'est finalement le colluvionnement, alimenté par les horizons humifères de l'amont, qui contribue au stockage du carbone dans le paysage en empêchant son évacuation vers les axes hydrographiques.

**Mots-clés:** Rwanda, carbone, gestion biomasse, pertes de sol, ruissellement, utilisation du sol.

## Abstract

This study deals with the partial contribution of different types of soil uses and vegetation managements to total erosion on Rwaza Hill, Butare, Rwanda.

Two techniques, cheap and easily applicable, are used to measure erosion. First, long nails are used as erosion pins. On uncultivated terrains and away from the houses, over 2000 nails with a length of 15 cm are inserted into the soil in a network of square meters, forming 3 to 5 m wide belts, running along three cross-sections over the hill. This is done in 1977-1978. The measurements cover the period between 1978 and 1982.

Downslope of fields and house complexes, wash erosion is measured by the technique of collector trenches. Data are available for the period from 1978 to 1984.

In a general way, it appears that the vegetational cover, combined or not with mulching, plays a very important role in protecting the soil. In the same way, all types of vegetation show a high capacity in fixing sediments in transit, being eroded upslope. This leads to the situation that colluviation is most pronounced on the steepest part of the slope, because this

part of the slope is not cultivated but invaded by bush, including *Pteridium* *cfr. aquilinum*, *Echinops* sp. and others. Plantations of *Eucalyptus* sp. make an exception on this general rule. The release of terpenes is at least a partial explanation.

At the end of the article, the different soil uses and vegetation managements are reviewed in increasing order of soil protection and fixing capacity for soil in transit.

Colluviation of material, originating from humic horizons upslope, contributes to temporary stockage of carbon in the soil.

**Key words:** biomass management, carbon, Rwanda, runoff, soil loss, soil use.

## 1. Introduction

La colline de Rwaza (Butare, Rwanda) fait partie des multiples contreforts méridionaux d'une crête de partage des eaux à l'intérieur du bassin de l'Akanyaru, dans le sud du Rwanda. La colline, d'environ 3 km de long et 800 m de large, est très allongée. Les deux sommets relatifs, aux pentes raides, situés en son axe correspondent à des affleurements de phyllades précambriennes résistantes, coiffées d'une latérite vésiculaire. Les parties moins élevées de la colline sont garnies d'un sol ferrallitique humifère. Parfois, ce sol est couvert de colluvions d'épaisseur métrique, à d'autres endroits il est tronqué

Une redistribution rapide des dépôts superficiels sous l'action du ruissellement a été mise en évidence (Moeyersons 1989; 1990) sur cette colline. Les transports se font au départ des deux affleurements de phyllades et schistes précambriens vers les versants, en même temps qu'un transport important est observé selon la direction de la crête aplatie de la colline allongée (Fig. 1). La redistribution annuelle des terres par le ruissellement a été étudiée. Le but de cette étude est d'estimer la contribution partielle des différents usages de sol et des couvertures végétales à l'érosion totale.

## 2. Matériaux et méthodes

Une toposéquence schématique de la colline est présentée (Fig. 2). L'érosion a été mesurée par deux méthodes, bon marché et facilement applicables. D'une part, plus de 2000 clous de fer de 15 cm ont été utilisés comme épingles d'érosion (en anglais: erosion pins). Ils ont été implantés en 1977-1978 sur des bandes, larges de 3 à 5 m, suivant trois trajets transversaux à l'axe d'allongement de la colline: RWAZA 1 à 3. Chaque clou a été poussé dans le sol à l'aide d'un burin gradué jusqu'à 5,0 cm de profondeur exactement. Après 4 ans, les clous ont été dégagés pour noter la profondeur de leur tête. Ces mesures ont permis d'estimer l'abaissement ou la surélévation de la surface du sol par rapport à la tête du clou. Ceci suppose que le clou n'ait pas bougé pas verticalement dans le sol ce qui est conforté par le fait que le clou adhère intimement à la terre sous l'effet de la rouille suite de l'oxydation du fer. La méthode ne permet pas d'indiquer le(s) processus responsable(s) de la baisse ou la montée de la surface; à certaines occasions, des accumulations par les fourmis ont été notées. Les mesures couvrent la période 1978-82 (Fig. 3).

Les clous ont été implantés uniquement dans des jachères, des terrains herbeux et des plantations d'*Eucalyptus* sp.. Cette technique des épingles d'érosion est inapplicable dans les parcelles cultivées et à l'intérieur des enclos d'habitation; Pour évaluer la mobilisation des sédiments dans ces derniers cas, la technique des fossés collecteurs (Figs. 1 et 4) a alors été utilisée. Ainsi deux fossés (5 et 6) ont été installés en aval d'un complexe de maisons et de champs d'une superficie de 2 800 m<sup>2</sup> au point RWAZA 2b du bas de la colline (Fig. 1). Les fossés 5 et 6 ont, respectivement, une longueur de 9,40 m et 27,90 m. Les fossés 1 à 4, représentant une longueur totale de 110 m, ont été installés au pied de la pente RWAZA 3b. La surface drainée est de 15 390 m<sup>2</sup> et comprend des pâturages, un chemin, une plantation d'*Eucalyptus* sp. et une bande de brousse arbustive.

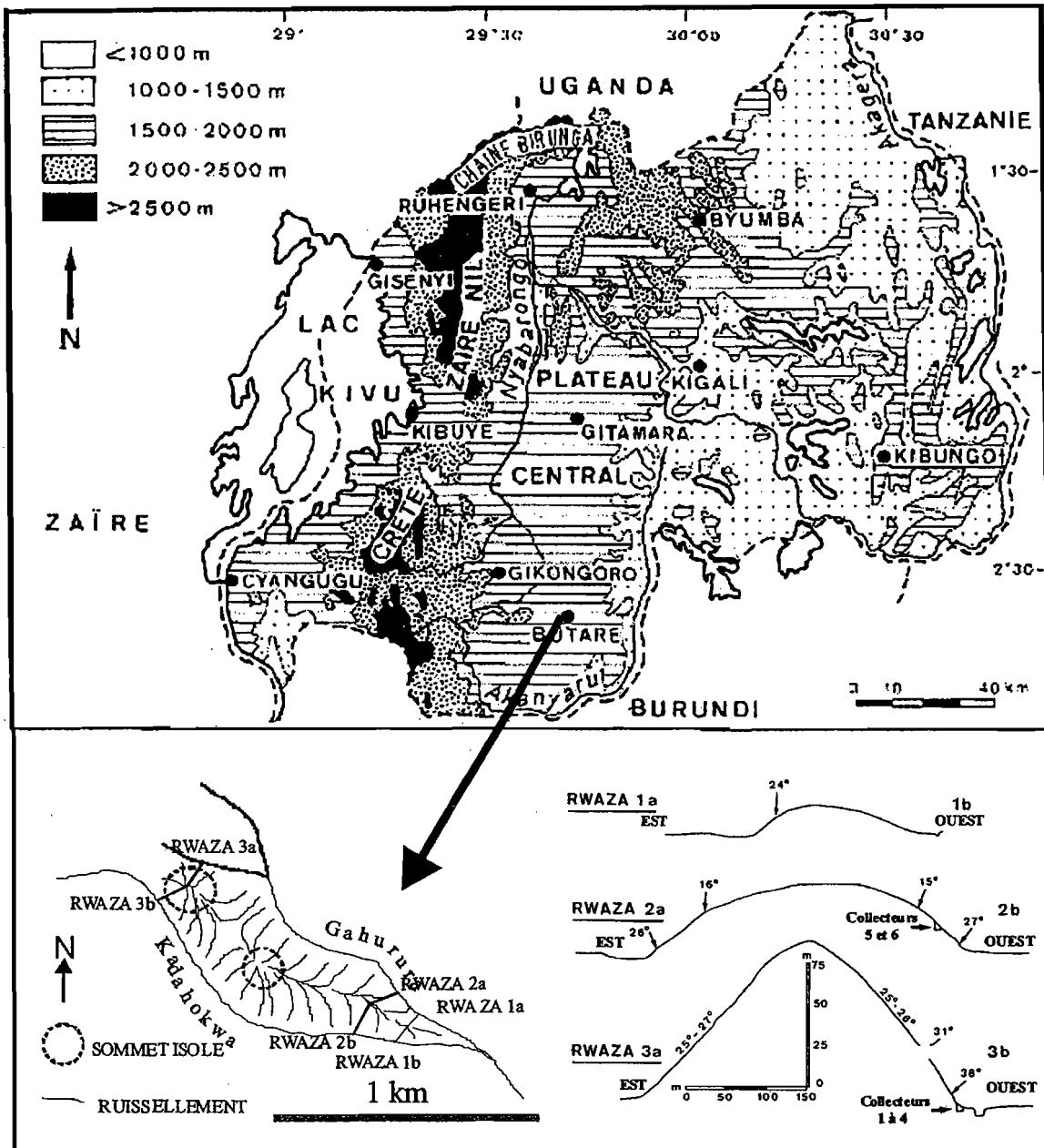


Figure 1: Localisation de la colline de Rwaza et les profils transversaux

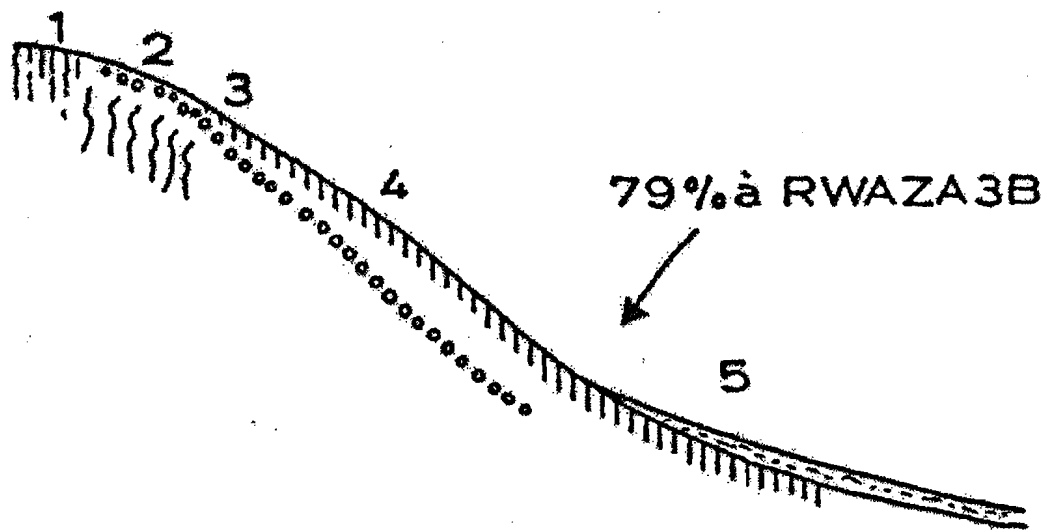


Figure 2: Toposéquence idéalisée à la colline de Rwaza. 1: latérite vésiculaire: ferricrete, vestige d'un ancien Ustalf; 2: sol de type de Humox tronqué avec couche basale d'argile gravillonnaire; 3: Humox, manquant sa partie superficielle humifère; 4: sol de type Humox; 5: Colluvions à Inceptisols et minces Histosols.

Les fossés sont de conception identique à ceux installés par les paysans, dans leurs champs, pour récupérer les terres s'échappant des parcelles cultivées. Ils sont larges et profonds d'environ 50 cm. Au fond du fossé, tous les mètres, une brique à surface très plane a été encastrée dans le sol, face aplatie au ras du fond de collecteur. L'emplacement des briques étant bien connu, après chaque jour pluvieux, l'épaisseur du dépôt au dessus de chaque brique a été mesurée à l'aide d'un rayon vélo. Ainsi la contribution de chaque pluie à l'érosion totale a pu être calculée. Les pluies ont été enregistrées par un pluviographe type Casella, installé à proximité du profil RWAZA 1a. Un ruban plastique, posé sur le fond du fossé, a permis une estimation précise du volume des sédiments lors de la vidange du fossé.

De 1978 à 1984, les volumes des dépôts ont été mesurés après chaque jour de pluie, ainsi qu'à l'occasion des vidanges des fossés. On a enregistré le flux des terres en aval et au pied de la pente.

### 3. Résultats

- Une accumulation importante s'est produite sur les parties les plus raides (78 %) des pentes RWAZA 2a et 2b et RWAZA 3b, situées chaque fois quelques mètres au-dessus du niveau de la plaine alluviale. Ces endroits étaient envahis par une brousse dense à *Pteridium* cfr. *aquilinum*, *Echinops* sp., *Helichrysum* sp., *Senecio* sp., *Vernonia* sp. et autres espèces. Cette couverture a piégé une bonne partie des matériaux terreux en transit (Fig. 5).
- Les mesures par les épingles d'érosion dans un pâturage à *Eragrostis* sp. et *Cynodon dactylon*, sur une pente de 46 %, ont indiqué des pertes de 18,75 à 26,25 tonnes de terre par ha et par an. Si l'on considère un coefficient d'érosion  $E_c$  comme égal au quotient de l'épaisseur moyenne (en mm) du dépôt dans le collecteur par la hauteur totale (en mm) des pluies qui l'ont provoqué; les prélèvements dans les fossés ont montré une baisse saisonnière de  $E_c$  de l'ordre  $\pm 1$  à  $\pm 0.8$  au cours des saisons des pluies (Fig. 6). Cette baisse est attribuable à l'augmentation saisonnière de la couverture herbacée. En 1985, le terrain ayant été mis en défens, la couverture a très vite atteint 100% et l'érosion est tombée à zéro.
- Sur des terrains en pente plus modérée, l'accumulation a commencé à partir d'environ 28 %, ce qui illustre la grande capacité de piégeage des matériaux terreux en transit par une couverture herbacée, même surpâturée au vrai début des saisons de pluie (Fig. 3).
- La plantation d'*Eucalyptus* sp. à RWAZA 3a a enregistré une perte annuelle de 75 tonnes/ha. Il est connu que ce type de végétation empêche souvent le développement d'une sous-strate végétale à cause de la libération de terpènes (Munyarugerero, 1978).
- Le complexe maisons-champs a montré des pertes en terre considérables avec une moyenne de 120 tonnes/ha/an. Les vagues d'érosion étant commandées par les activités agricoles dans les champs : plantation, récolte ou sarclage...(Fig. 7)
- Le passage du bétail à RWAZA 2 a entraîné une érosion de 187 tonnes/ha/an.
- Les figures 8a à 8h illustrent les types d'usage de sol

### 4. Conclusions

Ces mesures montrent le rôle important des différents types de couvert végétal et d'utilisation du sol dans la redistribution des sédiments sur la colline de Rwaza. Il apparaît que la brousse à *Pteridium* cfr. *aquilinum* figure parmi les types de végétation au potentiel de piégeage des terres le plus élevé. Les usages du sol qui entraîne les érosions les plus prononcées sont le labour et le passage du bétail au niveau des sentiers. Notons également l'effet négatif du pâturage sur la capacité de piégeage des herbages.

En général, l'étude confirme qu'une végétation protectrice bien développée possède une grande capacité de fixation des sédiments en transit. Elle peut ainsi contribuer au stockage de carbone dans le sol. Des études récentes au Rwanda et ailleurs dans les régions tropicales

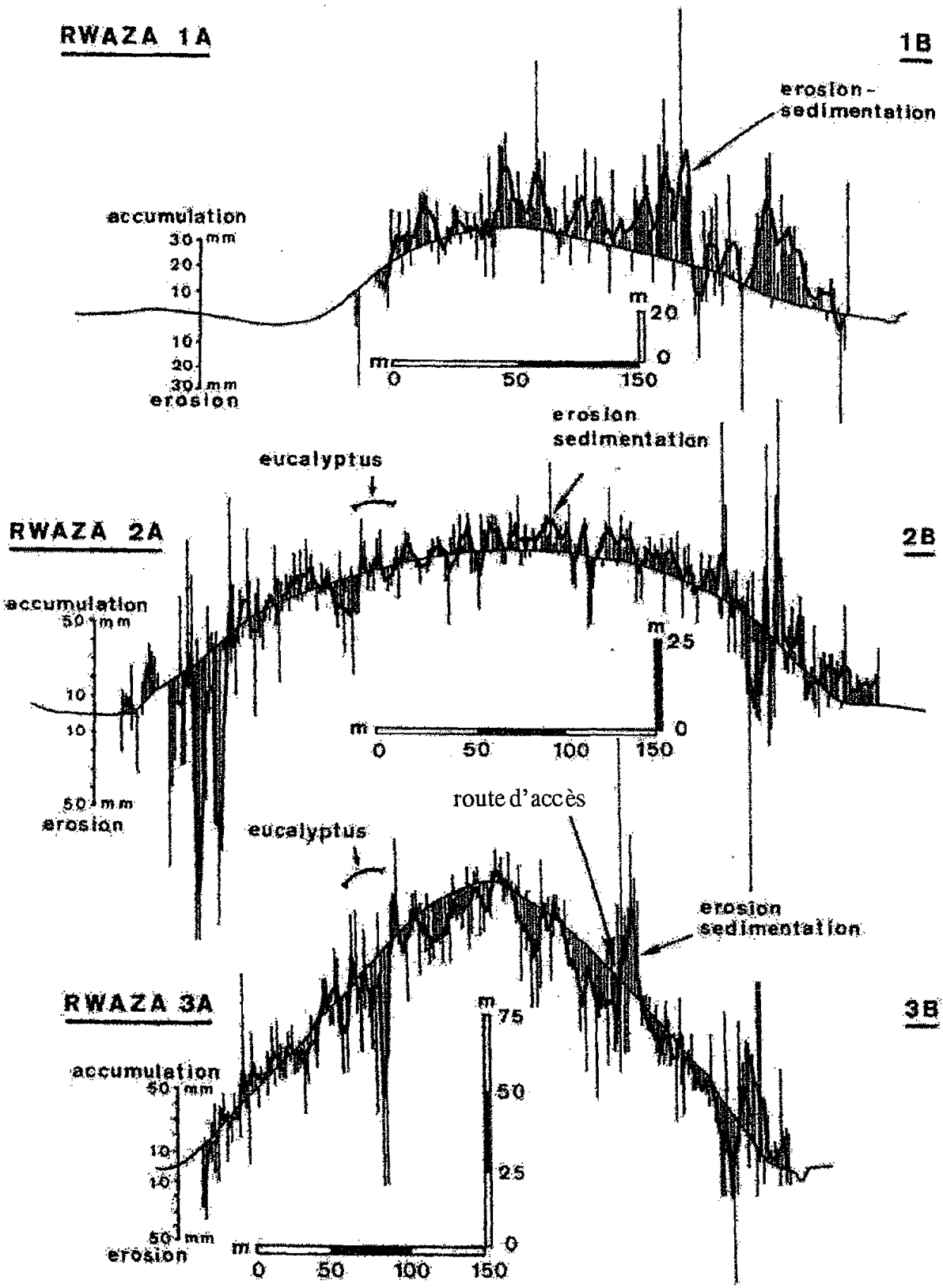


Figure 3: les changements de la surface en rapport aux clous, insérés dans le sol selon les trois profils transversaux. Période 1978-1982. Un mm de terre équivaut environ 1,5 tonnes/ha sur la moitié supérieure de la colline et environ 1,2 tonnes/ha sur la partie inférieure.

confirment une grande capacité de fixation des systèmes agro-forestiers (Köning 2002) et des couvertures végétales naturelles (Naudts et al. 2002). Rishirumuhirwa et Roose (2002) montrent que le paillage, bien appliqué, conduit au même résultat.

Les pertes en terres, mesurées sur la colline de Rwaza, sont souvent nettement plus élevées que celles mentionnées pour le Nord du Pays (Beyers et Nyuamulinda 1988; Lewis 1988), mais sont du même ordre de grandeur ou même inférieures à celles mesurées ailleurs (Sibomana et Moeyersons 1996; Ngenzi 1995; Ndayizigiye 1993; Wassmer 1981)

## 5. Références

- Beyers, A et Nyuamulinda V., 1988. Soil loss in Nyarutovu: R.R.A.M.: Analyse et aménagement des ressources naturelles en préfecture de Ruhengeri. - Techn. Rep 1, 29 p.
- Köning, D., 2002. Conservation et amélioration des sols dans des systèmes agro-forestiers au Rwanda. International colloquium: 'Land Use, Erosion & Carbon Sequestration'. IRD Montpellier, 23-28 September 2002. Book of abstracts, p. 56
- Lewis, L.A., 1988. Measurements and assessments of soil loss in Rwanda. *Catena Suppl.* 12:151-165
- Moeyersons, J., 1989. La nature de l'érosion des versants au Rwanda. *Annales, Kon. Mus. Mid. Afr., Tervuren, Série des Sciences économiques*, 19, 396 p
- Moeyersons, J., 1990. Soil loss by rainwash: a case study from Rwanda. *Z.G geomorph. N.F.* 34,4:285-408
- Munyarugerero, G., 1978. Influence de trois espèces d'Eucalyptus sur la couverture herbacée au sol de l'arboretum de Ruhande, butare, Rwanda. Mem. fin d'étude Fac. forestière et de Géodésie, Laval, Canada.
- Naudts, J., 2002. La dégradation des terres dans les Hautes Terres du Tembien, Tigré, Ethiopie. Travail de stage 1ère année agronomie tropicale, 121 p.
- Ndayizigiye, F., 1993. La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols au Rwanda. Thèse de doctorat Université Louis Pasteur, Strasbourg, 246 p.
- Ngenzi, E., 1995. Facteurs et risques d'érosion hydrique au Rwanda à différentes échelles spatiales. Thèse de doctorat Université Louis Pasteur, Strasbourg, 261 p.
- Rishirumuhirwa, T. et Roose, E., (2002). Influence de l'érosion hydrique sur les propriétés et le taux de carbone des sols acides des hauts plateaux du Burundi (Afrique de l'Est). International colloquium: 'Land Use, Erosion & Carbon Sequestration'. IRD Montpellier, 23-28 September 2002. Book of abstracts, p. 79
- Sibomana, Cl. et Moeyersons, J., 1996. La problématique de la lutte anti-érosive au Rwanda. *Bull. Soc. Belge Et. Géograph.*, 65:93-137.
- Wassmer, P., 1981. Recherches géomorphologiques au Rwanda. Etude de l'érosion du sol et de ses conséquences dans la préfecture de Kibuye. Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 157 p.

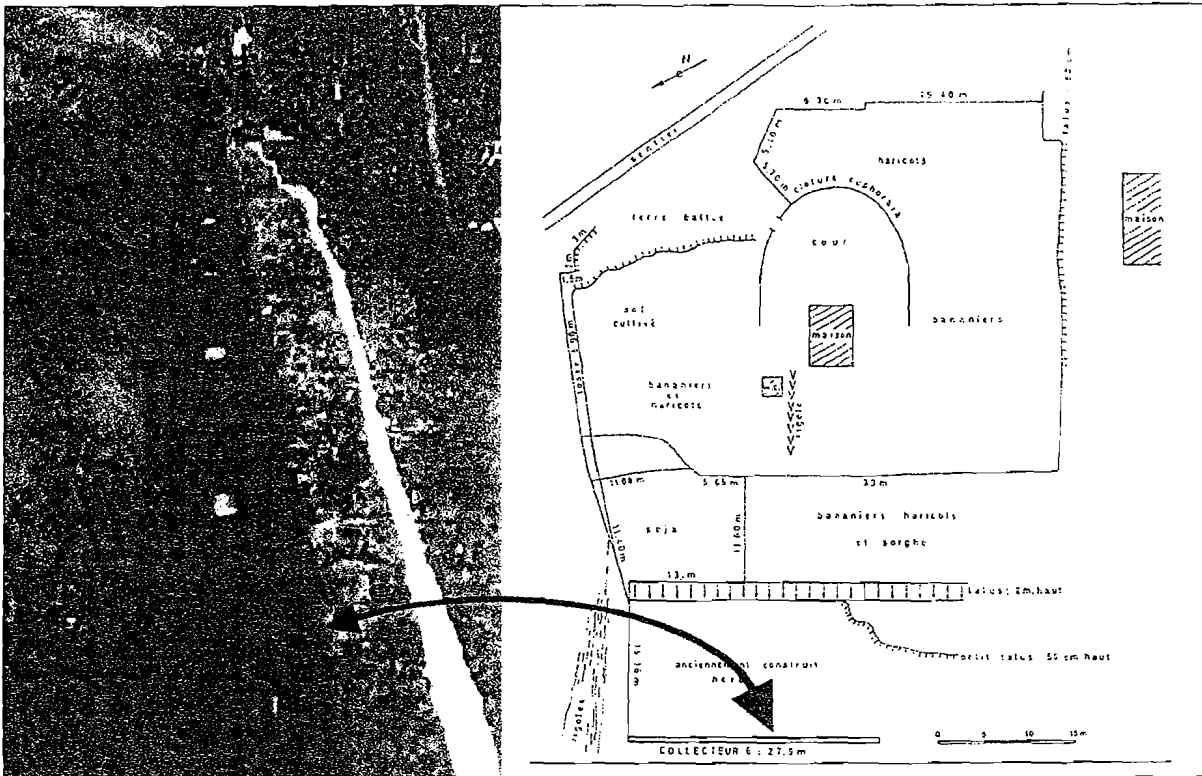


Figure 4: Le fossé collecteur 6 et sa localisation. les briques ont été installées au fond du collecteur. La bande en plastique doit encore être mise.



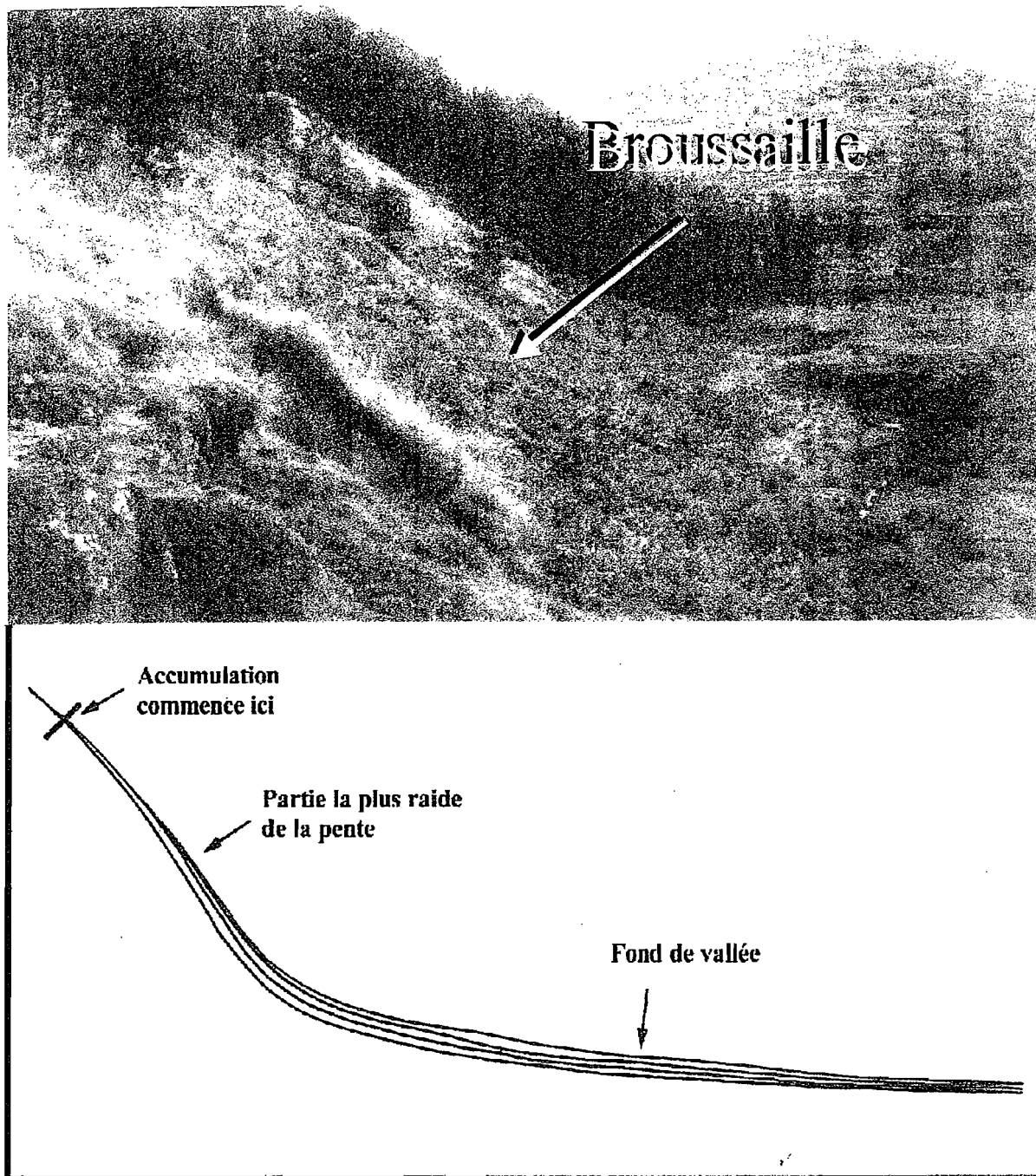


Figure 5: La forme généralement convexe des collines fait que la partie la plus raide des terrains se trouve en bas de pente, juste au-dessus des vallées. Parfois la pente y atteint localement 57 %. A l'avant-plan il est visible que cette zone est affecté par des phénomènes érosifs important. Mais aux endroits envahis par une broussaille à *Pteridium cfr. aquilinum*, *Echinops* sp., *Helichrysum* sp., *Senecio* sp., *Vernonia* sp. et autres, cette zone connaît une accumulation importante.

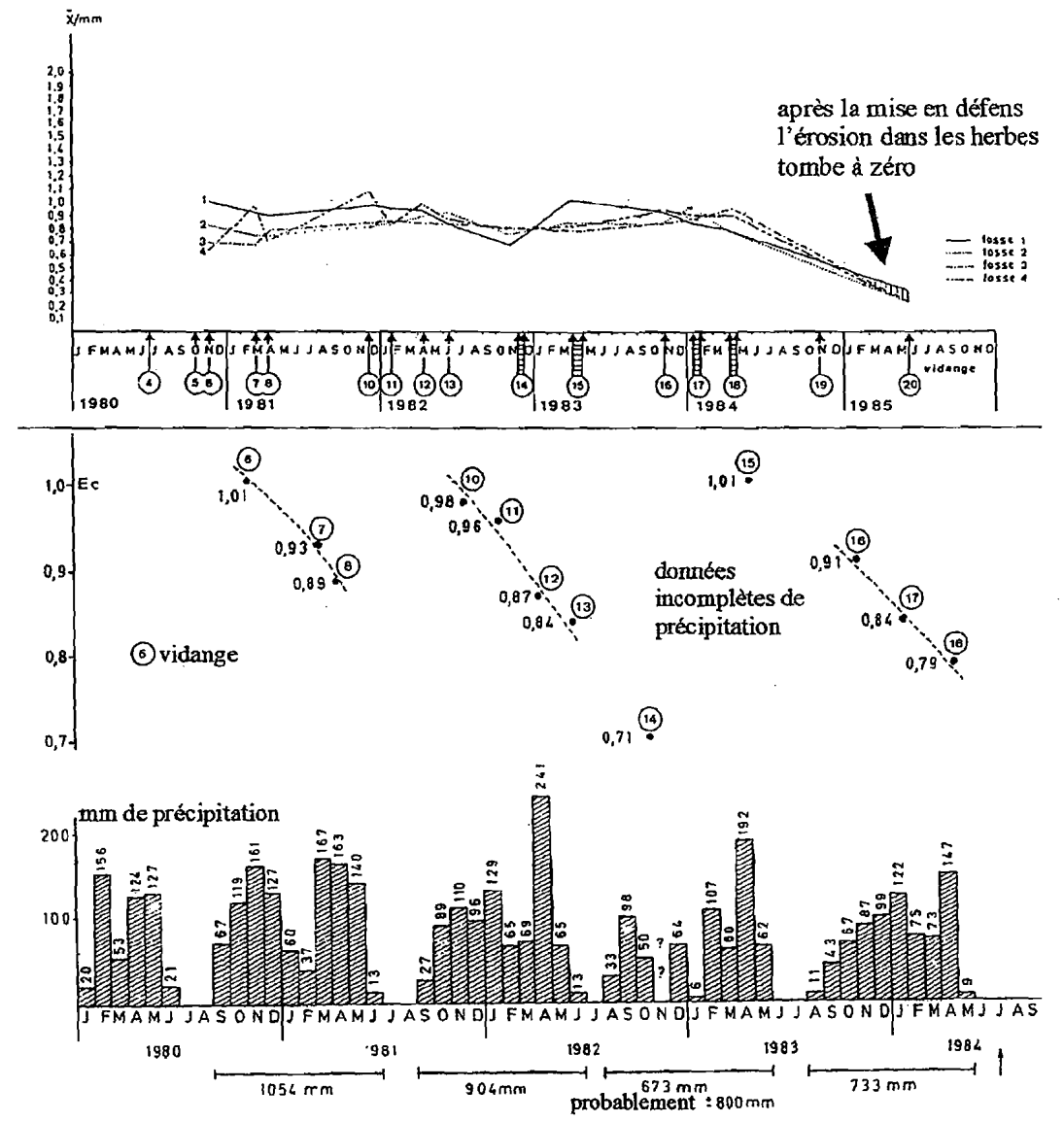


Figure 6: Ec (épaisseur du dépôt en mm/précipitation correspondante en mm) des fossés 1 à 4. Le dessin inférieur montre comment le développement des herbes au cours de la saison humide freine l'érosion

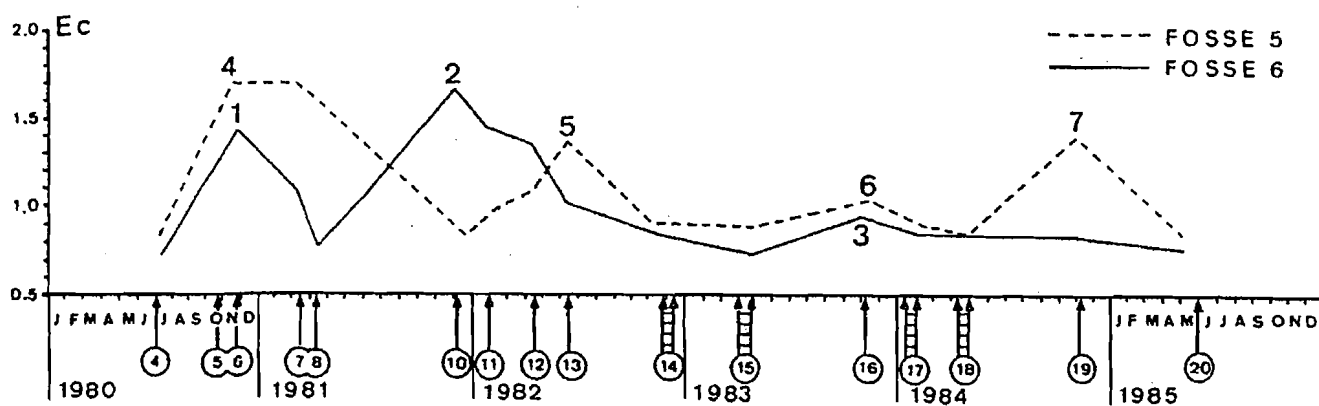


Figure 7: Ec (épaisseur du dépôt en mm / précipitation correspondante en mm) dans les fossés 5 et 6. 1: labour et plantation de bananiers; 2: labour; 3 et 6: récolte des patates douces; 4: labour et plantation des haricots; 5: plantation des patates douces et manioc; 7: récolte manioc



Fig 8a: Les sentiers de passage de bétail montrent généralement un sol nu. A Rwaza, cette zone perd annuellement l'équivalent de 187 tonnes/ha de terres par ruissellement



Fig. 8b: Les champs cultivés connaissent des vagues d'érosion, suscitées par le simple travail par la houe en combinaison avec l'érosion hydrique subséquente de la terre ameublie: 120 tonnes/ha/an ne font pas exception



Fig. 8c: Les bois d'eucalyptus manquent souvent d'une strate inférieure de végétation. Certains bois sur la colline de Rwaza subissent des pertes de l'ordre de 75 tonnes/ha/an



Fig. 8d: Les herbes, même partiellement broutées, ont un grand potentiel de fixation des terres. Dans les conditions de pâturage à Rwaza, la combinaison de *Cynodon dactylon* avec *digitaria* sp. et *brachystaria* retient les dépôts à partir d'une pente inférieure à 16°



Fig. 8e: Jeune plantation de bananes. Après couverture complète, elle protégera complètement le sol. Erosion zéro.

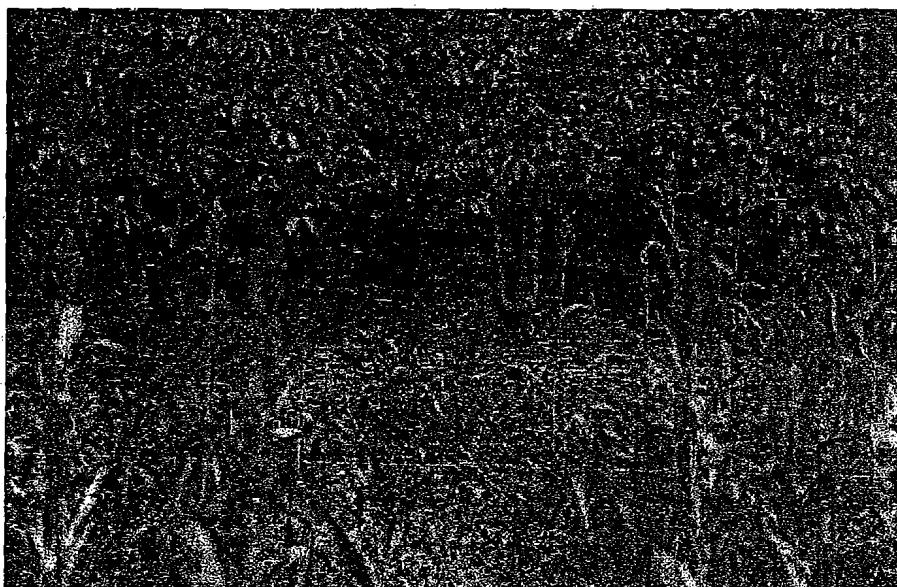


Fig. 8g: Des cultures serrées paillées, comme ici le café, n'entraînent aucune érosion.

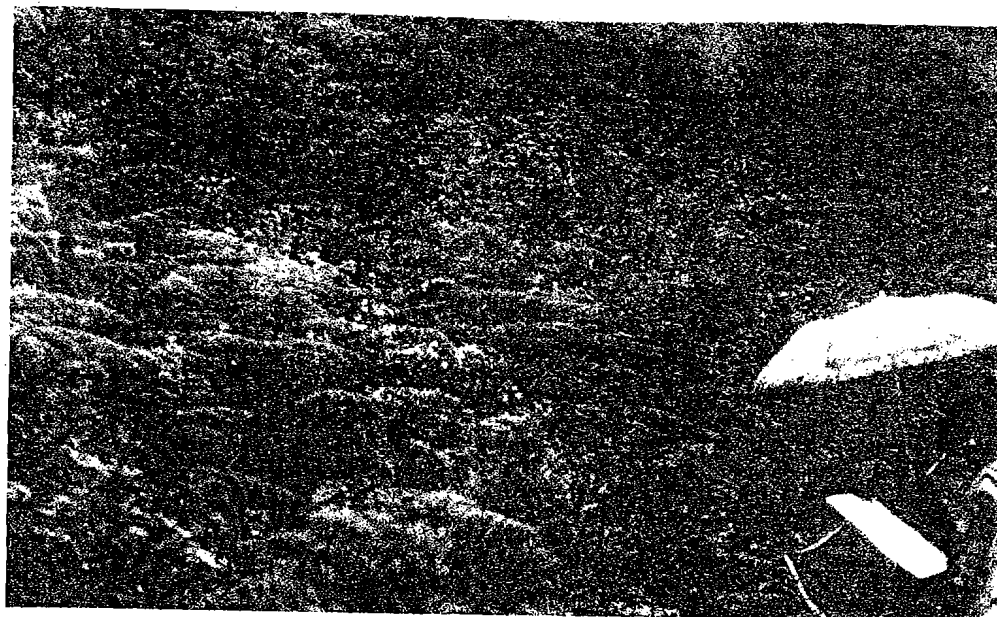


Fig. 8h: Broussaille à *Pteridium* cfr. *aquilium* fixe beaucoup de sédiments en transit, même sur une pente forte jusqu'à 78%