

**République du Burundi
Ministère de l'Aménagement
du Tourisme et de l'Environnement
Bujumbura**

**ORSTOM
Réseau EROSION
Centre de Montpellier**

**Un programme national de Gestion Conservatoire de l'Eau
et de la fertilité des Sols (G.C.E.S.)
au Burundi**

(Rapport de Mission Eric ROOSE au Burundi du 26/2 au 16/3/1990)

Eric ROOSE*

Montpellier, mars 1990

* Eric ROOSE, Directeur de Recherche en Pédologie à l'ORSTOM, BP. 5045, 34032 Montpellier, France.

Un programme national de Gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols au Burundi.

Rapport de mission d'Eric ROOSE au Burundi (26/2 au 17/3/1990).

RESUME

. Invité par le Ministère de l'Aménagement du Burundi à préparer un programme cadre de lutte antiérosive national, nous avons sillonné le pays et pris contact avec de nombreux projets avant de présenter nos conclusions pendant un atelier. C'est le texte de cette conférence et des conclusions de l'atelier qui sert de trame à ce rapport de mission.

Est d'abord exposée la diversité des situations selon les régions : situation grave surtout sur l'escarpement occidental, au Mumirwa, sur les collines du Mosso et sur les plateaux centraux. Puis, sont discutées les conditions de réussite d'un projet de lutte antiérosive (L.A.E.) : présenter des aspects positifs, répondre à l'attente du paysan en augmentant la productivité de sa petite exploitation en la transformant progressivement en un JARDIN multiétagé. Il faut viser dès maintenant à améliorer les conditions d'existence de l'an 2000 (0,5 ha pour faire vivre 5 à 10 personnes).

. Les propositions sont regroupées par acteurs concernés.

AU MONDE PAYSAN nous proposons de couvrir les pentes supérieures à 60%, un modèle de structure antiérosive souple, évolutive, simple, demandant peu de travail mais diversifiant la production : des haies vives herbeuses et arbustives évoluant en talus inclinés. Pour maintenir la fertilité du sol, il faudra adapter une gestion de la biomasse la plus efficace possible : fumier + paillage généralisé aux cultures vivrières. Un effort doit se développer pour gérer l'eau (citerne, enherbement des pistes, fossés, talus) et végétaliser toutes les surfaces fragiles (bords de rivière, routes, ruge, pentes trop raides, sols peu profonds).

AUX RESPONSABLES REGIONAUX incombent la fixation des ravines et des glissements de terrain, l'établissement d'un plan d'occupation des sols en fonction des risques, l'entretien et l'aménagement des rivières et des pistes principales.

AUX RESPONSABLES NATIONAUX nous suggérons la création d'une équipe multidisciplinaire au plus haut niveau, chargée d'enregistrer les menaces observées autour du réseau routier, des rivières et des villes (ravinement, glissement de terrain, inondations), d'étudier les meilleures solutions préventives, de conseiller les différents ministères concernés, de mettre au point et suivre sur le terrain les nouvelles méthodes de G.CES capables d'améliorer le niveau de vie des ruraux, d'assurer une formation de qualité aux techniciens et administrateurs de terrain, d'organiser un réseau d'information national sur l'érosion et de rédiger un manuel de G.CES régionalisé (voir le projet FAO en Ethiopie).

A LA RECHERCHE D'ACCOMPAGNEMENT est proposé d'expérimenter et d'évaluer chez les paysans la faisabilité, l'efficacité et la rentabilité des différentes innovations et leur appropriation par les paysans - en particulier - l'efficacité du paillage pour l'arrêt de l'érosion et le maintien de la productivité même sur les terres en forte pente.

A LA RECHERCHE DE BASE sont suggérées différentes études économiques sur les pertes de productivité des sols liées à l'érosion, les dégâts à l'aval et sur la composition optimale des petites exploitations de l'an 2000 : comment structurer au mieux ces jardins multiétagés pour produire le maximum de biomasse et de revenus pour le paysan.

Un effort est demandé pour diffuser rapidement les résultats des recherches et entretenir un contact étroit avec les techniciens de terrain (agronomes de commune et responsables des projets) et avec le monde spécialisé international. L'ISCO et le Réseau Erosion de l'ORSTOM peuvent jouer un rôle majeur dans la circulation de l'information sur l'érosion et la LAE.

. Enfin, la sensibilisation des masses doit se faire par la radio, les journaux et à l'école primaire en vue de gérer correctement l'environnement. Une formation plus sérieuse devrait être dispensée au niveau technique et universitaire sur la diversité des processus d'érosion et des moyens de lutte étant donné l'étendue et la gravité du problème. Des stages devraient permettre aux agronomes de terrain de se perfectionner dans cette matière fondamentale pour assurer l'avenir du patrimoine foncier dans les 10 années à venir.

. La planification des différentes opérations suggérées dépend de la détermination du pouvoir, de la formation des cadres, de l'efficacité de la vulgarisation et des particularités de chaque région. Face à la diversité des problèmes et des situations écologiques et économiques, il faudra choisir une palette d'innovations adaptée à chaque région ou même à chaque colline.

. Un gros travail d'expérimentation et de vulgarisation reste à faire dans le domaine de l'Agroforesterie associée à la G.CES pour faire face au défi de l'an 2000 : doubler la production vivrière sans détruire le patrimoine foncier.

Mais il ne faut pas se faire d'illusion, cette approche si performante soit-elle ne pourra améliorer durablement les conditions de vie des ruraux si cet effort n'est pas accompagné par une politique éclairée de gestion des populations : éducation pour développer le secteur tertiaire, planning familial et redistribution des populations vers les zones moins denses.

I - INTRODUCTION

. Le Burundi, pays de collines abruptes au bord de la Rift Vallée d'Afrique orientale (altitude 800 à 2 600 mètres) connaît de nombreux problèmes de dégradation des sols (sols ferrallitiques pauvres et acides), d'érosion en nappe, de glissements de terrains et d'inondations. Sa population rurale (6 millions d'habitants sur 27 000 Km² de terre ferme) est devenue récemment très dense (150 à plus de 1 000 habitants par Km² sur certaines collines) : elle défriche et cultive des pentes incroyables (60 et jusqu'à 100%), s'agglutine sur certaines collines (climat équatorial montagnard agréable) mais envahit rapidement aujourd'hui les plaines basses moins salubres (paludisme, maladie du sommeil, pénurie d'eau) couvertes de savanes arborées, à la frontière de la Tanzanie.

. Profitant de l'émotion populaire soulevée par les récentes inondations de la capitale, Bujumbura et du renouveau politique, Monsieur le Ministre de l'Aménagement, du Tourisme et de l'Environnement (ATE) nous a invités pendant 3 semaines à parcourir le Burundi, à prendre contact avec la recherche (Isabu - Facagro - Université) et les projets de développement concernés, à organiser un atelier (2 jours) et à rencontrer la presse (3 entrevues).

. Les objectifs de cette mission sont très vastes :

- appuyer l'élaboration d'un programme national de lutte antiérosive (LAE) ;
- identifier l'état actuel de dégradation des sols, les différentes formes d'érosion ;
- classer les régions en fonction des risques encourus ;
- analyser les avantages et les inconvénients des méthodes de LAE employées ;
- proposer des solutions à court et à long terme ;
- proposer des orientations en matière de recherche ;
- suggérer les méthodes de vulgarisation susceptibles de réveiller l'intérêt des populations.

. Aucun expert ne peut répondre à tous ces objectifs sans l'appui des chercheurs et développeurs connaissant bien le pays. Aussi, nous tenons à remercier les organisateurs de cette mission (en particulier Messieurs Phocas Ntung Wanayo et Vincent Ngarambe) pour l'accueil chaleureux qui nous a été réservé durant cette mission, ainsi que les personnes visitées pour le temps précieux qu'elles nous ont consacré et le vif intérêt qu'elles ont manifesté pour ce sujet intimement lié au développement.

. Au cours de longues discussions passionnantes et de l'atelier, nous avons pu confronter notre expérience de la LAE dans les montagnes tropicales aux idées largement répandues au Burundi grâce aux compte-rendus des séminaires sur la conservation de l'eau et des sols (1986) et sur l'agroforesterie (1989).

. En annexe, seront présentés le programme de la mission et les personnes rencontrées, les principes de l'aménagement des ravines ainsi que les recommandations issues de l'atelier. Nous tenterons de résumer ici nos propres impressions et nos suggestions en réponse aux problèmes posés.

2 - LES CONDITIONS DE LA REUSSITE D'UN PROGRAMME DE LUTTE ANTIÉROSIVE (L.A.E.)

. La LAE est un problème connu depuis plus de 50 ans au Burundi. Presque tout a déjà été dit ou essayé quelque part autour des Grands Lacs (Van Den Abeele, 1941 - Tondeur, 1950 - Séminaire, 1986). Pourtant les connaissances sur les processus d'érosion sont très superficielles, peu enseignées que ce soit dans les cycles techniques ou universitaires et nous disposons de peu de résultats scientifiques.

. Notre rôle d'expert est d'apporter une vision globale nouvelle des problèmes à résoudre au Burundi dans les dix années à venir en tenant compte des expériences réalisées au Burundi ou dans d'autres pays montagnards à forte pression démographique ainsi que de la taille moyenne des exploitations en l'an 2000 (jardins multiétagés de moins de 0,5 hectare capables de nourrir 5 à 10 personnes).

Le rôle des participants à cette mission et à l'atelier (une trentaine) est de diversifier le modèle évolutif en fonction de la diversité des conditions écologiques et socio-économiques des diverses régions.

. LA L.A.E. SOUFFRE D'UNE CONNOTATION TRES NEGATIVE AUPRES DES PAYSANS. D'une part, beaucoup de paysans sont conscients des problèmes de dégradation des sols mais ils sont dépassés devant l'accélération récente des processus d'érosion variés en relation avec l'explosion démographique et le défrichement de pentes abruptes. Il existe peu de méthodes traditionnelles de conservation de l'eau et des sols : les terrains cultivés sont enrichis par transfert de fertilité (fumier et paillage) sous la bananeraie et la caféière et protégés par les cultures associées dans le temps et dans l'espace (damier de petites parcelles). Les terres marginales une fois dégradées sont restaurées en 20 ans par la jachère arbustive. Mais, aujourd'hui le manque de terre se fait cruellement sentir sur certaines collines et le défrichement abusif de pentes extrêmes (60 jusqu'à 100%) entraîne de très graves désordres à l'échelle des bassins versants : crues brutales, des rivières torrentielles, glissements de terrain, routes emportées, inondations et boues dans les zones urbaines et industrielles (voir fig. 1).

. D'autre part, depuis un demi-siècle, l'Administration (coloniale puis nationale) a imposé des structures antiérosives obligatoires exigeant des temps de travaux importants (fossés aveugles isohypses), sans bénéfice apparent rapide pour les gestionnaires des terres. Les paysans ont réalisé sous la contrainte mais n'entretiennent pas les aménagements et ne s'approprient pas ces innovations. Le premier souci des nouveaux projets de développement rural est de réhabiliter les anciennes structures antiérosives, mais aucune expérimentation n'a systématiquement comparé la faisabilité (temps de travail et d'entretien), l'efficacité et la rentabilité des diverses méthodes de LAE préconisées.

. LES CONDITIONS DE REUSSITE DES PROJETS intégrant un volet important de LAE sont bien connues (cf. Séminaire de Puerto Rico : Moldenhauer et Hudson, 1988) : elles comportent au moins les points suivants :

- Présentation positive du projet : répondre aux problèmes urgents des paysans : intensifier la production car la population double en 15 ans.
- Participation des paysans à toutes les phases, pas seulement lors de l'exécution et l'entretien : nécessité d'un dialogue continu entre les paysans, les techniciens et l'Administration, de la conception à l'évaluation des projets.
- Techniques simples, bon marché, exigeant peu de travail et d'outils, efficaces et rentables très rapidement, augmentant la production de biomasse.
- Encadrement bien formé et convaincu des vertus du dialogue, apte à la formation des paysans et à l'évaluation de la validité des thèmes vulgarisés chez les paysans.
- L'appui de l'Etat pour aménager les structures communautaires : routes, pistes, correction torrentielle et des ravines, reforestation massive, écoles, concours ruraux et autres encouragements.
- Ferme volonté politique s'exprimant :
 - . par des lois, des codes fonciers, forestiers, des encouragements plus que par des amendes et autres contraintes ;
 - . par des bourses de formation ;
 - . par la voie de la presse écrite et la radio ;
 - . par la formation depuis l'école primaire, le technique jusqu'à l'université.
- Une planification souple pour s'adapter à la diversité des milieux et à l'évolution des problèmes.
- Enfin, le financement doit se relayer pendant au moins 10 ans car il faut du temps pour changer les mentalités et les systèmes de production.

. En conclusion, il nous semble important au Burundi de présenter la lutte antiérosive (négatif) comme un volet de l'intensification de la production (Gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols = positif) plutôt que comme une fin en soi (CES - DRS ou Protection du patrimoine foncier).

3 - ETAT DES LIEUX : LA DIVERSITE DES RISQUES EN FONCTION DES REGIONS (Tabl. I et fig.1)

. En milieu naturel (forêt ou savane), malgré les fortes pentes, la formation des sols (1 mètre en 20 à 100 000 ans) est plus rapide que l'érosion. Le ruissellement et les transports solides sont modestes car les pluies sont bien réparties dans l'année (8 à 10 mois).

. Les dégradations naissent du défrichage et des cultures peu couvrantes, des feux de brousse et du surpâturage, des routes et des perturbations des rivières. Les principaux désordres proviennent d'une très forte pression démographique et d'un développement rural et urbain désordonné.

. Dès qu'on supprime la litière qui protège le sol et nourrit la mésofaune, s'accroissent la minéralisation des matières organiques du sol, la dégradation de la structure, l'écrasement des macropores et le développement du ruissellement (fort débit de pointe déséquilibrant les rivières et les versants).

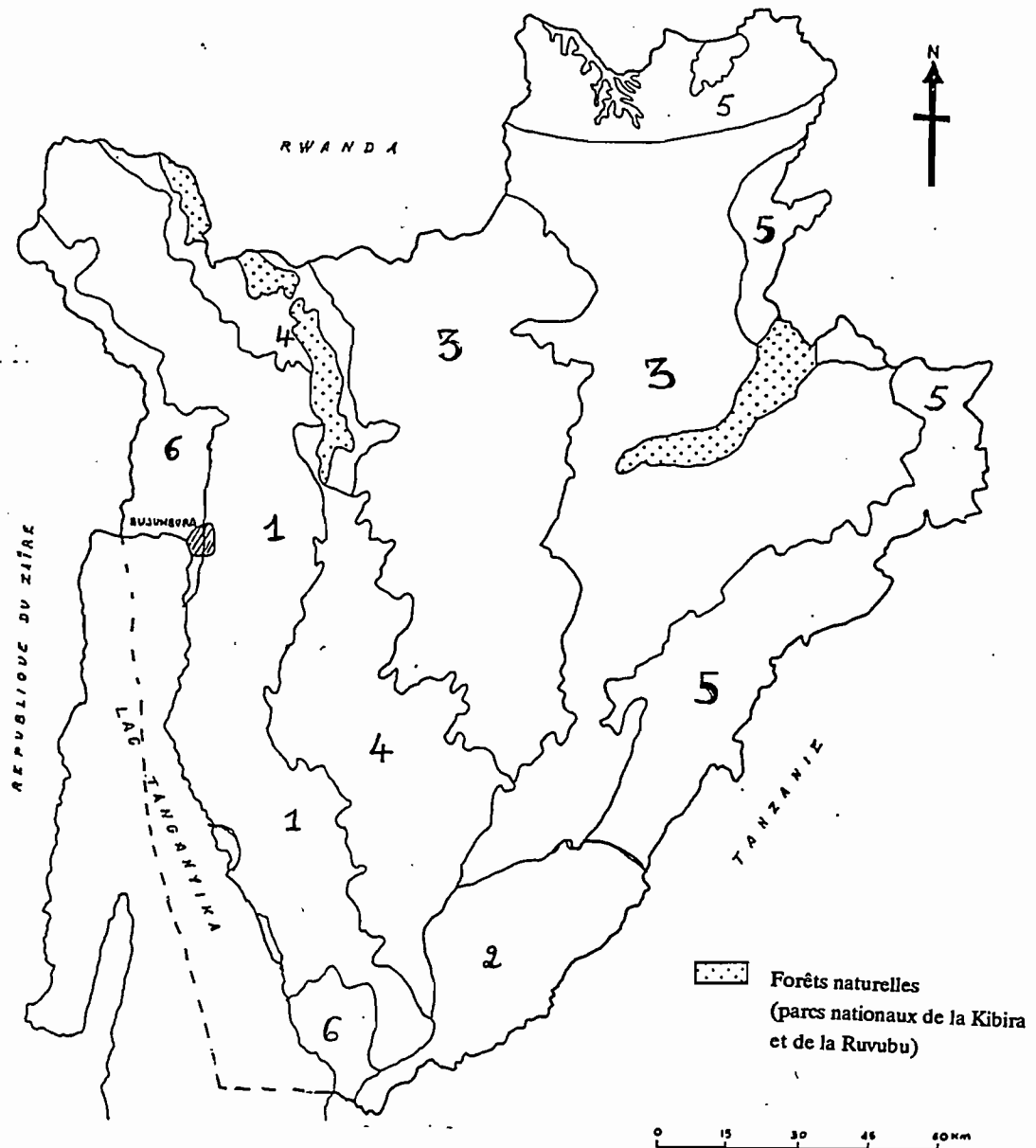
. On observe alors le décapage de l'horizon humifère et la décroissance du potentiel de production des sols (très net sur les sommets des collines) par érosion en nappe et en rigole et par érosion mécanique sèche par suite des techniques culturales mal adaptées aux pentes raides.

Le couvert végétal, la pente et la fréquence du travail du sol sont les facteurs les plus importants. Les sols ferrallitiques, généralement très résistants à l'agressivité des pluies ($K = 0,01$ à $-0,20$) sont pauvres chimiquement (très acides sur les plus hautes crêtes). Les pluies sont assez agressives ($R = 300$ à 800) mais relativement moins qu'en Afrique de l'Ouest.

. Nous avons rangé les régions par ordre décroissant d'urgence des problèmes, en accord avec P. Guizol (1989) et Besse, de Ligne, Ngarambe (1989) :

- 1 - L'ESCARPEMENT OCCIDENTAL A BANANIERS (et plus particulièrement les MIRWA très peuplés autour de Bujumbura et très pentus) souffre de tous les types d'érosion, en particulier du ravinement (drainage des chemins et routes) et des glissements de terrain (abondants sur schiste, gabbro et là où les rivières sapent les berges) qui provoquent les coulées boueuses et les inondations dans les plaines autour de Bujumbura.
- 2 - SUR LES COLLINES AUTOUR DE LA PLAINE DU MOSSO se développe un ravinement généralisé très actif probablement dû au surpâturage, aux feux de brousse répétés et à la présence de certaines roches dolomitiques ou basaltiques. La dévastation des collines est très rapide, mais moins grave que dans les MUMIRMA, à cause de la moindre densité de population (pas de ville) et de la faible surface concernée.
- 3 - LES PLATEAUX CENTRAUX A CAFEIERS connaissent aussi des risques d'érosion en nappe élevés à cause des fortes pentes (convexes) et des populations denses mais, les phénomènes d'érosion spectaculaires sont rares car les exploitations sont petites, bien couvertes par des cultures pérennes (caféiers, bananiers) et bien structurées (talus enherbés, haies vives, agroforesterie).
- 4 - LA CRETE ZAIRE-NIL connaît de fortes pluies, de fortes pentes mais les sols sont généralement bien couverts (forêts, prairies, thé). Leur acidité extrême réduit actuellement les surfaces consacrées aux cultures vivrières (manque de fumier et de chaux) et par conséquent l'importance de l'érosion mais, les risques potentiels sont élevés après dégradation de l'horizon humifère : la vitesse avec laquelle se forment les talus en est une preuve.

Figure 1 : Schéma de répartition régionale des risques d'érosion et des priorités de lutte antiérosive au Burundi.



1. L'escarpement occidental à bananiers
2. Les collines basaltiques du Moso
3. Les plateaux centraux
4. La crête Zaire-Nil
5. Les plaines sèches de l'Est
6. La plaine sèche de l'Ouest

TABEAU I : DIVERSITE DES PROCESSUS, DES CAUSES, DES FACTEURS ET DES CONSEQUENCES DE L'EROSION.

Processus	Causes	Facteurs	Conséquences
Dégradation des sols	Minéralisation des matières organiques	- Température - Humidité - Biomasse restituée	.Taux matière organique .Stockage eau + nutriments .Porosité, infiltration .Ruissellement
Erosion en nappe	Battance des pluies - tassement - cisaillement - projection	- Couvert végétal 1 000 - Pente 0,1 à 20 200 - Sol 0,01 à 0,30 30 - Structure A.E. 1 à 0,1 10	.Croûte de battance + tassement .Ruissellement .Erosion sélective .Décapage
Erosion mécanique sèche	Travail du sol	- Fréquence - Intensité - Pente - Friabilité	.Décapage horizon humifère
Ravinement	Energie du ruissellement $E = \frac{M \cdot V^2}{2}$	- Volume ruisselé = f { surface b.v. { pluie, intensité - Vitesse = f(pente, rugosité) - Résistance du sol x végétation - Structures A.E : seuils, épis	.Entailles profondes .Déséquilibre des versants .Cônes de déjection
E = en Masse (glissement) versants	Gravité > cohésion	- Poids couverture { sol + eau + { végétation - Humectation du plan de glissement - Pente et drainage	.Décapage des versants .Coulées boueuses

CONCLUSIONS :

1. Diversité des formes, causes, facteurs et méthodes de lutte
2. Variabilité dans le temps et dans l'espace de l'intensité de l'érosion
3. Grande importance des états de la surface du sol

- 5 - LES PLAINES VALLONNEES ET PLUS SECHES DU NORD-EST sont moins pentues et moins peuplées. Le bois commence à manquer et les rendements à baisser. Les paysans commencent à être sensibles aux actions visant à améliorer la gestion de l'eau, de la biomasse, de l'agroforesterie et de la fertilité des sols.
- 6 - ENFIN, LES PLAINES OCCIDENTALES souffrent localement de salinisation (Vallée de la Ruzizi), d'érosion éolienne (légère) et surtout des coulées boueuses et des inondations en provenance des pentes raides du MUMIRWA.

Face à la diversité des processus et à la gravité des risques, nous proposons un modèle global d'intensification de la production rurale (donc du couvert végétal), une sorte de jeu de cartes complet dont on sortira divers assortiments en fonction des besoins régionaux. Mais, certaines manifestations de l'érosion dépassent la compétence des paysans, en particulier l'aménagement des routes et des rivières, la reforestation massive et la correction des ravines et des torrents, la planification de l'occupation des sols et la gestion des populations (migrations, planning familial, éducation).

4 - AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES METHODES DE L.A.E.

La lutte antiérosive peut s'organiser autour de 3 modes de gestion de l'eau :

4.1. L'ABSORPTION TOTALE DES PLUIES SUR LES TERRAINS PERMEABLES ET PROFONDS

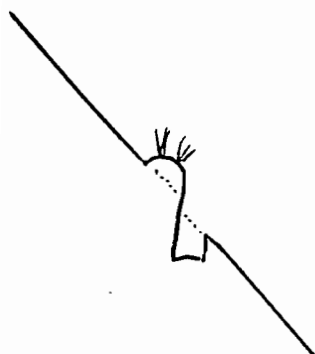
4.1.1. Les fossés aveugles avec talus enherbés (~ fanva juu du Kenya)

Avantages :

- divisent bien les pentes trop longues en provoquant le stockage du ruissellement et des sédiments, ce qui peut être intéressant dans les zones sèches ;
- favorisent la formation de terrasses progressives si on rejette la terre vers l'amont et qu'on la protège avec des herbes fixatrices.

Inconvénients :

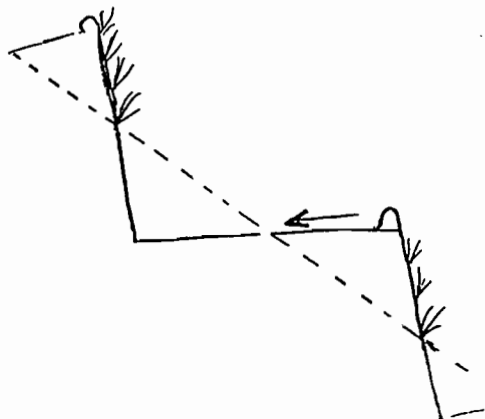
- leur usage est limité à des sols profonds perméables et à des pentes $p < 20\%$ (TONDEUR) ;
- or, on a généralisé leur usage dans des conditions impropres (sols peu épais sur schistes) et abandonné leur entretien : d'où des ravinements et glissements de terrain ;
- nécessite 300 he.J./ha à la formation + 20 he.J./ha à l'entretien sans que les paysans constatent clairement d'amélioration de la production ;
- perte de 5 à 10% de surface cultivée ;
- si les sols sont peu épais, tous les fossés favorisent l'infiltration au niveau du plan de glissement et augmentent les risques de glissement (observé au Rwanda).



Propositions :

- Ne plus vulgariser le creusement systématique de fossés (trop de travail).
- Transformer ceux qui existent en compostière et y planter des bananiers.
- Reprofiler les talus restant pour y produire du fourrage (Setaria + légumineuses) et du bois (haie vive en haut, arbres en bas du talus).

4.1.2. Les gradins méditerranéens ou terrasses radicales



Avantages :

- supprime la pente et l'érosion en nappe ;
- permet d'investir, d'améliorer la productivité du sol ;
- augmente l'eau disponible pour les plantes ;
- permet d'irriguer en montagne.

Inconvénients :

- travail = 500 à 800 he.J./ha à l'aménagement + l'entretien des talus ;
- augmentation des risques de glissement de terrain car on favorise l'infiltration près de la roche ; donc, pas possible sur schiste et gneiss ;
- il faut restaurer la fertilité du sol par apport massif de fumier, chaux et phosphore pour voir les rendements doubler après quelques années ;
- on augmente les risques de lixiviation des nutriments solubles en réduisant le ruissellement de surface ;
- une bonne partie de l'horizon humifère est concentrée près du talus (mottes).

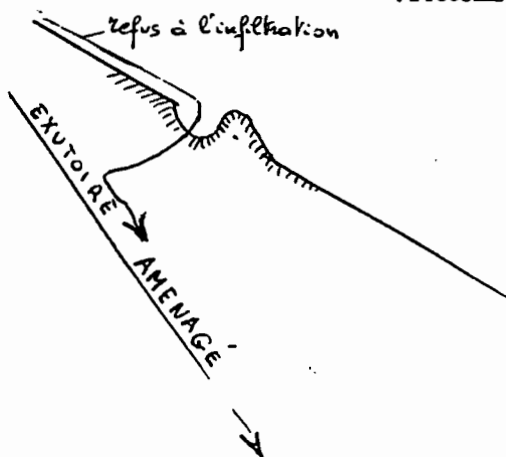
Propositions :

- Trop coûteux pour être vulgarisés et trop risqués sur les sols peu profonds.
- N'est valable actuellement que si on veut mécaniser dans une station à pente "moyenne" (15 à 30%).
- La méthode traditionnelle des microterrasses en escalier (marches de 50 cm) casse l'énergie du ruissellement mais n'arrête pas le glissement lent de la couverture pédologique vers le bas de pente.

4.2. LA DIVERSION DES EAUX DE RUISSELLEMENT VERS UN EXUTOIRE AMENAGE

4.2.1. Les banquettes, terrasses ou fossés de diversion (ROOSE, 1986)

· Préconisés par BENNET en 1930 pour la plaine américaine ; échecs ailleurs.



Avantage :

- évacuation des excès d'eau hors des champs cultivés vers des exutoires aménagés avant que se développe l'énergie du ravinement.

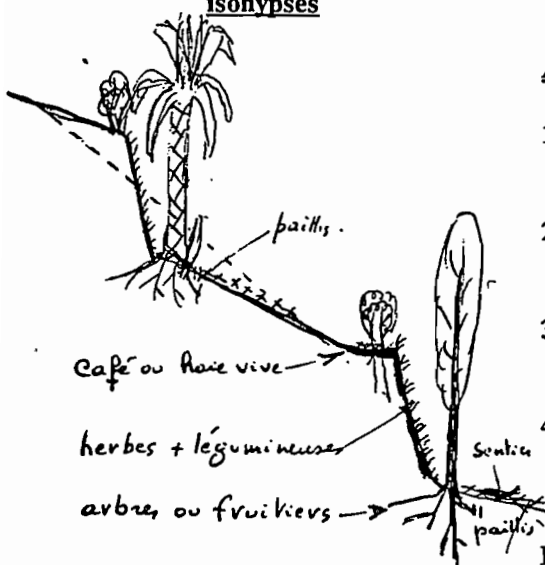
Inconvénients :

- perte de surface cultivable 5 à 15% ;
- si érosion vive entre les fossés, la terre sédimente dans les fossés (pente + faible) et provoque des débordements... et des ravines ruinant l'aménagement ; donc, nécessite des moyens d'entretien, de curage ;
- risques de ravinement aux exutoires où se concentrent les eaux de tout un versant ; on déplace le problème = on n'a pas réduit l'érosion en nappe entre les structures de L.A.E.

- exige un très bon lever topographique pour créer une pente de fossé croissant de 0,2 à 0,4% ; cher à la réalisation et à l'entretien.

Conclusions :

. Pas adapté à nos moyens ni à nos problèmes car on perd de l'eau, des nutriments et des terres fines et on réduit les temps de concentration des eaux provoquant des débits de pointe élevés dans les systèmes de drainage et la reprise de l'érosion au fond des rivières.

4.3. LA DISPERSION DES NAPPES DE RUISSELLEMENT SUR DES TALUS ENHERBES**4.3.1. Les microbarrages perméables : bandes d'arrêt enherbées, haies vives, cordons de pierres, murets isohypses**Avantages :

1. formation de terrasses progressives et de talus inclinés (0,4 pour 1 m) pour produire de la biomasse ;
2. pas de place perdue mais diversification de la production sur 10 à 20% de la surface ;
3. diminue les risques majeurs (ravines et glissements) même lors des averses catastrophiques ;
4. ne nécessite pas une technologie fine pour la mise en place (niveau à eau) (= 30 he.J./ha + 5 he.J./ha.an à l'entretien de la végétation des talus).

Inconvénients :

- . n'arrête pas toute l'érosion et laisse passer du ruissellement mais le ralentit ;
- . difficile sur les sols superficiels car la partie amont s'appauvrit et devient stérile si on ne paille pas le sol en continu ;
- . nécessité d'investir en fumure sur la partie amont pour réduire le gradient de fertilité qui se développe rapidement ;
- . il faut restreindre la hauteur des talus à 1 m sur sols fragiles, 2 m sur sols résistants ;
- . nécessite l'entretien du talus si on veut qu'il reste productif.

Propositions :

- . Une haie vive tous les 10 à 20 mètres n'arrête pas toute l'érosion mais on peut en augmenter l'efficacité par des gros billons pérennes tous les 5 mètres.
- . Installer des lignes d'herbes fixatrices productives puis étendre de nouvelles lignes à mesure que se forme le talus (voir fig. 3).
- . Planter 2 lignes en quinconce d'arbustes légumineuses (*Calliandra*, *Leucaena*) à 50 cm en amont de la ligne d'herbes fixatrices.
- . Attendre 2-4 ans pour planter au pied du talus des arbres (dans la zone la moins riche) (ou des bananiers dans un trou 1 m³ + compost) tous les 4 à 6 mètres dont les racines vont stabiliser le talus en desséchant sa base ; tailler très tôt les racines superficielles dirigées vers la culture.

- . Planter en haut du talus, à 1 mètre de la première ligne d'herbe, des cultures exigeantes comme le caféier ou le bananier + paillis ; car c'est l'endroit où se concentrent l'eau, la fertilité et l'épaisseur du sol.
- . Une ou deux fois l'an, après la préparation du lit de semence, les produits de la taille de la haie vive et du talus enherbé devraient servir de paillage léger pour protéger et enrichir la terre et ralentir la formation des talus ; semer en écartant le paillis à la houe.
- . Sur sol superficiel, grâce au paillage produit sur la haie et le talus, on devrait ne plus travailler le sol mais le pailler en continu.

Remarque importante :

. Il doit être clair qu'aucune structure antiérosive n'augmente d'elle-même les rendements agricoles mais que, par contre, les pertes de surface cultivée peuvent atteindre 10 à 30% en fonction des méthodes et de la pente. On comprend que les paysans aient du mal à accepter ce travail supplémentaire non immédiatement rentable. Il faut donc réduire au minimum l'investissement en travail mais couvrir le sol au maximum par le système de culture. Il faut cependant, se rendre compte que si on veut améliorer le bilan des nutriments des parcelles cultivées, il faut d'abord réduire les fuites dont l'érosion est une composante principale sur les pentes raides.

. Sans combattre efficacement l'érosion, on ne pourra jamais valoriser les intrants (fumure) qui permettraient d'intensifier la production. La méthode des talus penchés enherbés associés à l'agroforesterie devraient permettre de produire suffisamment de biomasse pour alimenter quelques chèvres (fumier) et pailler ne fût que partiellement le sol : d'où une amélioration de la productivité des parcelles cultivées qui se transforment en terrasses progressives. Si le bas des terrasses progressives devient de plus en plus fertile par accumulation des horizons humifères (par érosion et travail du sol) et des eaux de drainage, la partie amont peut devenir stérile suite à l'apparition du sous-sol : il faut donc veiller à planter les plantes les plus exigeantes juste au-dessus des talus et à concentrer la fumure et le paillage dans la partie amont des terrasses (= restauration progressive de la fertilité du sol).

5 - LES RESULTATS DE LA RECHERCHE (Isabu et autres pays montagnards)

. Ils concernent exclusivement l'érosion en nappe et rigole.

5.1. SOUS VEGETATION PERMANENTE (forêts, vieilles jachères, prairies, plantations forestières) malgré des climats assez agressifs, des pentes très raides et des sols pauvres (mais résistant bien à la battance des pluies), le milieu est stable : le ruissellement ($KR = 1$ à 10%) et l'érosion (< 1 t/ha/an) sont négligeables tant que la litière est respectée (apport de 5 à 15 t/ha/an de matières organiques).

5.2 APRES DEFRIQUEMENT ET MISE EN CULTURE (VIVRIER), les conditions évoluent rapidement : les apports de matières organiques sont réduits, le ruissellement atteint 10 à 40% des pluies et l'érosion 80 à 150 t/ha/an soit 1 cm/an soit un décapage de l'horizon humifère en 15 à 40 ans. La cause est double : la minéralisation rapide de l'humus du sol et la dénudation des sols sur pentes raides et des zones à haut risque (berges des rivières, pentes $> 60\%$) pour faire face à une pression démographique insoutenable (3% l'an soit doublement de la population en 15 ans).

5.3. STRUCTURE ANTIÉROSIVE. Si on introduit une structure antiérosive comme les haies vives herbacées (0,5 à 1 mètre de large) ou arbustives (2-3 lignes de Calliandra ou Leucaena tous les 10 à 20 mètres, on réduit sérieusement les risques d'érosion ($E = 30-50$ t/ha/an) mais pas assez le ruissellement ($KR = 10$ à 30%).

Les fossés aveugles isohypses ne sont pas plus efficaces que les talus enherbés. Les cordons de pierres doivent être construits avec soin pour ne pas concentrer localement le ruissellement. Les résidus de labour pourront renforcer les lignes d'herbes fixatrices (NGARAMBE, 1985). On peut atteindre une première solution en intercalant un gros billon isohypse permanent ($h = 40$ cm ; $l = 1$ m) fixé par des patates douces, des caféiers ou des bananiers paillés, tous les 5 mètres. Dans les conditions normales de pluies, l'érosion est négligeable mais il y a un risque de ravinement lors des averses exceptionnelles sur les pentes fortes ($> 30\%$).

5.4. LES CULTURES PERENNES constituent un autre élément de solution à condition que le sol reste couvert (litière, paillage ou plantes de couverture).

. La bananeraie dense produit un paillage abondant (10 t/ha/an) qui, disposé en bande, réduit l'érosion à moins de 10 t/ha/an. Mais dès qu'on éclaircit la bananeraie qu'on exporte ou enfouit les résidus de culture pour introduire des cultures peu couvrantes (haricots, maïs, sorgho), l'érosion devient intolérable (40 à 60 t/ha/an).

. Les caféiers paillés abondamment (> 7 cm) protègent parfaitement le sol ($E < 1$ t/ha/an, $KR = 3-10\%$), mais ils concentrent la majeure partie de la biomasse et de la fertilité de l'exploitation et exigent beaucoup de travail (300 à 500 he.Jour/ha de caféiers). Pour éviter de sacrifier ainsi les cultures vivrières à la culture d'exportation (1 à 2 ares), on peut envisager de produire sur place la biomasse nécessaire en cultivant 2 lignes de *Leucaena leucocephala* (clone ISABU) ou de *Flemingia congesta* tous les 2 rangs de caféiers. On les taille au raz du sol en début de saison des pluies pour pailler les caféiers et en fin de saison des pluies, pour réduire l'évaporation (SNOECK, 1986).

. Les plantations de thé couvrent bien le sol au bout de 3 ans (distance 120 cm x 70 cm) même lors de la taille qui laisse sur place une bonne litière (Flémal, 1989). Les problèmes d'érosion se posent au sujet des eaux provenant de l'amont (fossé de garde... Mais où déverser les eaux sans créer de ravine ?) et lors de l'installation de la plantation. Nous suggérons de pailler légèrement et de créer une rugosité importante (thé sur petites terrasses en escalier de 50 cm) et de cultiver les interlignes (pommes de terre ou patates douces sur billons, haricots et fumure organique) : cf. les recherches au Kenya (Thomas et coll., 1989).

5.5. LES CULTURES ASSOCIEES ET L'AGROFORESTERIE conduisent l'exploitation vers un paysage de jardins multiétagés (bien connus en Asie) où le sol et l'espace aérien sont exploités à différents niveaux suivant l'époque de l'année. La couverture aérienne du sol au moment des plus fortes pluies est une arme très efficace qui doit être renforcée par la gestion des résidus de culture et des adventices à la surface du sol.

5.6. LE PAILLAGE s'avère l'arme la plus efficace au niveau du paysan.

. Le paillage épais ($H > 7$ cm = > 10 t/ha) annule totalement les risques d'érosion et réduit très efficacement l'évaporation en saison sèche et la concurrence des adventices.

. Mais pour réduire l'érosion, un paillage léger (4 à 6 t/ha de matières sèches) suffit même s'il ne couvre pas toute la surface disponible pourvu qu'il soit disposé perpendiculairement à la pente. Deux problèmes devront être étudiés par la recherche d'accompagnement chez les paysans : la disponibilité de biomasse et les problèmes phytosanitaires. Des calculs rapides (à vérifier sur le terrain) montrent que dans l'exploitation actuelle on ne dispose que de 2,8 t/ha/an de biomasse complètement absorbée par le paillage de la caféière et 5 t/ha/an si on exploite les talus enherbés. Mais, il serait souhaitable d'atteindre 10 à 12 t/ha/an (soit 2 paillages légers par an ou un petit élevage et un seul paillage) à condition d'intensifier l'agroforesterie :

- que la caféière (2 ans) produise la majorité de sa litière sur place (2 rangs de *Leucaena* tous les 2 rangs de caféiers et arrachage des adventices laissées sur place) ;
- que les résidus de bananeraie (30 ares à 8 t/ha/an) soient étalés en ligne sur place ;
- que les talus soient enherbés (10-20 ares à 20 t/ha/an) et plantés de haie vive (3 à 5 Kg/m tous les 20 mètres) ;
- qu'on plante et taille une centaine d'arbres (100 x 50 Kg/an de feuilles) ;
- que les adventices et les résidus de culture (maïs et sorgho \approx 20 ares x 2 t/ha/an) soient étalés sur place.

. Etant donné les habitudes (paillage du café) et la nécessité d'un petit élevage (3-6 chèvres), il est donc très probable que, temporairement, on manque de biomasse pour tout pailler. Il nous semblerait judicieux dans ce cas, d'étaler le peu dont on dispose (résidus et haies vives) sur les champs dénudés et finement préparés pour le semis (donc terrains très peu cohérents) à l'époque la plus dangereuse (le ou les débuts de saison des pluies). Ce paillage léger protégera le sol contre la battance des pluies,

prolongera les conséquences favorables du travail du sol durant 2-3 mois (le couvert de la culture prendra alors le relais) et relâchera progressivement ses nutriments.

. Ce système de culture sous paillage, très nouveau pour le Burundi mais qui connaît un grand développement aux USA et au Brésil, est actuellement à l'étude dans de nombreux pays tropicaux suite aux problèmes de dégradation des sols causés à long terme (10 à 20 ans) par le travail intensif du sol (*a fortiori* en montagne).

6 - EVOLUTION DES STRATEGIES DE LUTTE ANTIEROSIVE ET DE LA VULGARISATION

6.1. TOUT DEVELOPPEMENT ENTRAINE DES RISQUES DE DEGRADATION DES COUVERTURES VEGETALES ET PEDOLOGIQUES

. Sous la pression démographique, la réaction première des peuples et des gouvernements est d'étendre les cultures vers des "terres neuves". Mais, comme ce sont les meilleures terres qui sont d'abord colonisées, l'extension se fait nécessairement vers des terrains plus fragiles présentant de plus en plus de contraintes. Or, même si les pionniers ont connu chez eux des méthodes antiérosives, il est rare que les défricheurs prennent soin de protéger "les terres neuves" contre la dégradation.

. La sagesse semble donc d'intensifier l'exploitation des terres grâce à divers aménagements conservatoires pour réduire au minimum la "mise en valeur" (il faudrait dire la dégradation) des terres fragiles ou trop pentues. Mais, là aussi se trouvent des pièges tels que l'acidification du sol par l'usage abondant d'engrais minéraux (en particulier azotés), le compactage par la motorisation et la dégradation de la structure ou la salinisation par l'irrigation. Heureusement, en milieu humide, bien des terres dégradées peuvent être restaurées.

. Au Burundi, il apparaît que les dégâts sont les plus forts là où les pentes sont très fortes (> 60% dans le Mimirwa) et la densité de population très élevée comme sur les collines dominant Bujumbura.

6.2. LES STRATEGIES TRADITIONNELLES DE LAE SONT ETROITEMENT LIEES AUX CONDITIONS SOCIO-ECONOMIQUES

. Il y a des millénaires que l'homme laisse des traces de sa lutte contre l'érosion : ses méthodes sont étroitement liées aux conditions écologiques certes, mais aussi aux conditions socio-économiques.

La culture itinérante par exemple est un mode de gestion de la fertilité des sols primitif mais très efficace et équilibré tant que la population ne dépasse pas 20 à 40 habitants/Km² et qu'elle ne cherche que sa subsistance d'une terre abondante. Cette stratégie a été ou est encore appliquée sur tous les continents du monde mais, dès qu'une culture concentre les populations (autour des villes par exemple) la durée de la jachère diminue, les sols s'épuisent et les cultures couvrent mal le sol contre l'érosion.

Les terrasses radicales ou méditerranéennes sont, elles aussi, connues sur tous les continents (ex. les Incas à Machu Pichu, Pérou) mais seulement là où la population est très dense, la terre rare en dehors des montagnes et le coût du travail peu important. Beaucoup de ces terrasses sont maintenant délaissées si l'industrie valorise mieux le travail.

Les associations agro-sylvo-pastorales (tels que les bocages) permettent une intensification remarquable de la production végétale lorsqu'il est impératif de réduire le temps de la jachère. Ainsi en France, la fertilité des sols a été longtemps maintenue grâce à l'utilisation du fumier et au travail du sol, aux prairies temporaires (restauration des propriétés physiques), aux haies vives et aux bosquets. En Indonésie, l'agroforesterie permet d'assurer l'auto-suffisance pour des densités dépassant 300 à 700 habitants par Km². Cette stratégie nous paraît du plus haut intérêt pour l'aménagement des collines du Burundi.

6.3. LES STRATEGIES D'EQUIPEMENT RURAL : le pouvoir central impose aux ruraux

. Les stratégies traditionnelles sont très efficaces mais les conditions socio-économiques ont changé avec la pression démographique, d'où le développement de nouvelles stratégies :

La RTM, Restauration des Terrains de Montagne est née vers les années 1850 dans les Alpes. Suite à la pression démographique, la couverture végétale de certaines montagnes s'est dégradée, entraînant des activités torrentielles exacerbées, l'inondation des plaines et la rupture des routes internationales. Suite à ces désordres, l'Etat a formé un corps de forestiers spécialement formé pour revégétaliser les terrains dégradés et corriger les torrents (Lilin, 1986).

La CES, Conservation de l'Eau et des Sols s'est développée aux USA vers 1935 pour aider les agriculteurs à maintenir le pouvoir de production de leur terre tout en améliorant la qualité des eaux nécessaires aux citadins (d'où l'aide technique et financière de l'Etat).

La DRS (1940-80), Défense et Restauration des Sols a été créée par les forestiers et les ingénieurs des Ponts et Chaussées du Maghreb pour restaurer les terres dégradées (reforestation des hautes vallées et correction torrentielle) et pour protéger les routes, les ouvrages d'art et les barrages (eau des citadins) autour de la Méditerranée.

. Ces stratégies privilégient le génie mécanique pour maîtriser l'eau et n'interviennent que lorsque la dégradation est déjà grave. Le pouvoir central intervient alors avec autorité "pour le bien public" par l'intermédiaire d'ingénieurs qui imposent une solution à chaque problème. Le rôle de la vulgarisation se réduit alors à la démonstration sur le terrain et à un monologue en vue de vaincre les "résistances paysannes" qui n'y trouvent pas leur intérêt à court terme.

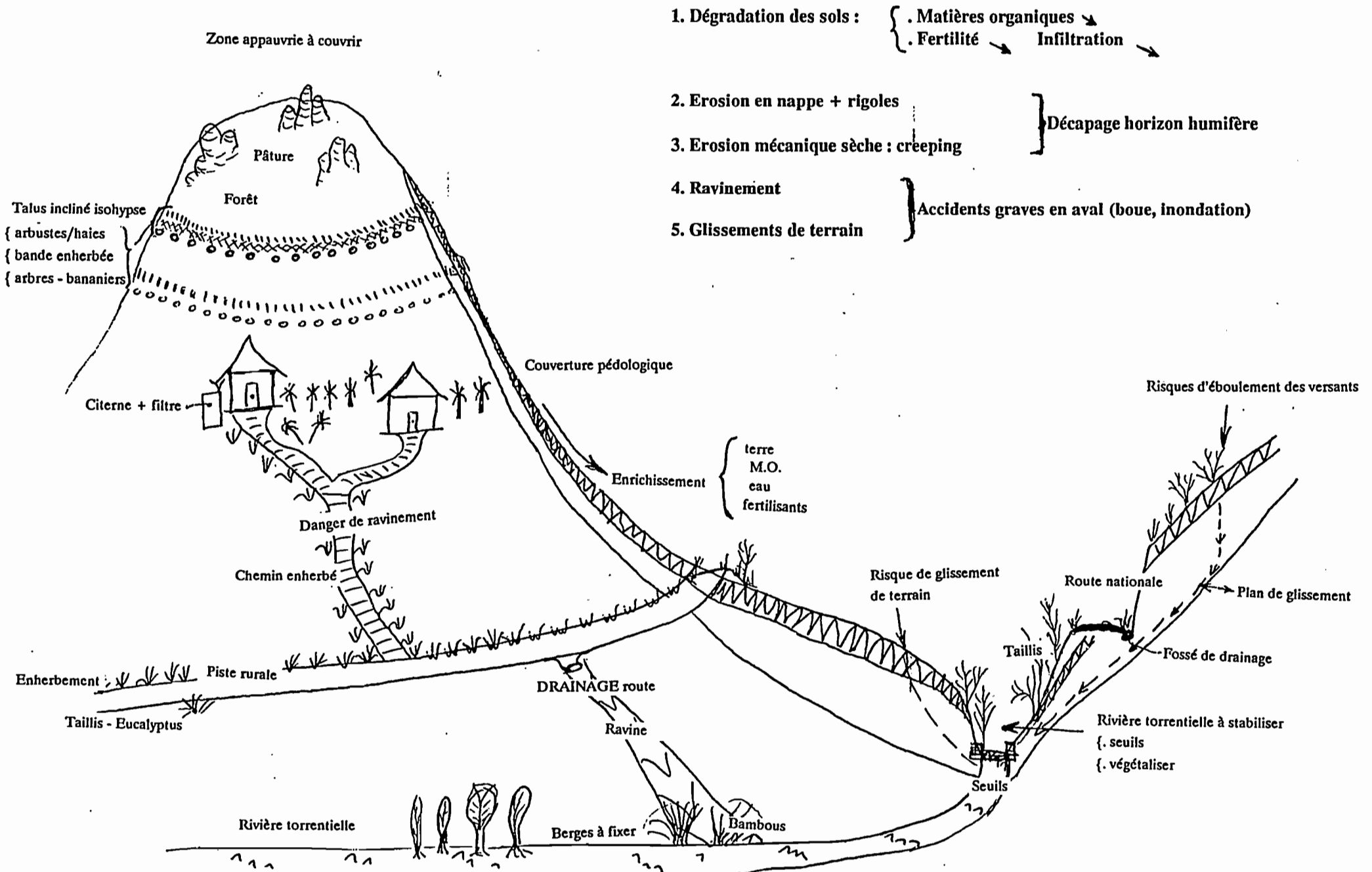
. Dès les années 1986, de nombreux chercheurs (Lovejoy Napier, 1986 - Heusch, 1986 - Lilin, 1986 - Roose, 1987) ont dénoncé les échecs de ces stratégies imposées par le pouvoir central. Aux USA, malgré 50 années d'intense activité de l'imposant Service de Conservation de l'Eau et des Sols, 25% des terres cultivées perdent encore plus de 12 t/ha/an de terre généralement tolérées. Quant à l'Afrique du Nord ou de l'Ouest, les exemples d'échec ne manquent pas : les paysans, s'ils ne détruisent pas les dispositifs, ne les entretiennent pas ou abandonnent la terre "éventrée par les pouvoirs publics" (Marchal, 1979). Les projets alignent les kilomètres de fossés ou de diguettes... mais ceux-ci se détruisent au fur et à mesure. Ainsi conçue, la LAE consomme des masses impressionnantes de crédit sans parvenir à redresser la situation : les problèmes sont de plus en plus graves chaque année.

6.4. LES STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT RURAL : LA DEMARCHE ASCENDANTE OU ITERATIVE

. C'est en 1987, au Séminaire de Porto Rico, que les causes des échecs ont été analysées et les éléments nécessaires pour la réussite des projets de LAE ont été dégagés. Un consensus entre chercheurs et développeurs s'est concrétisé dans un petit livre "Land husbandry" ou "L'art de choyer sa terre" qui contient l'essentiel de ce que nous avons appelé la G.CES, la Gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols (Roose, 1983-87-89). L'objectif est avant tout de répondre aux besoins des paysans en intensifiant la production de biomasse (donc des rendements et de la sécurité) : la LAE n'est qu'un produit secondaire mais indispensable du développement. Cette stratégie s'appuie sur un dialogue continu entre les paysans, les techniciens (les chercheurs) et l'Administration et se développe en 3 phases :

- 1) - Enquête sur l'extension, les formes, les causes et les facteurs des dégradations ; sur la perception par les paysans des problèmes et sur leurs méthodes de gestion de l'eau et de la fertilité des sols.
C'est une phase de sensibilisation et de mise en confiance.
- 2) - Expérimentation et démonstration des solutions proposées par les paysans et les techniciens, mesure de leur faisabilité, efficacité, rentabilité chez les paysans.

Figure 2 : Cinq processus aboutissant à la dégradation du milieu rural.



- 3) - Enfin, généralisation à l'échelle du versant (ou du bassin versant) d'un plan global d'aménagement progressif par la communauté rurale, avec l'aide de l'Etat.

. Dans cette stratégie, le paysan est appelé non seulement à participer à la réalisation et à l'entretien des dispositifs antiérosifs, ce qu'il est le seul à pouvoir faire, mais à dialoguer avec les techniciens à chaque étape : à définir les problèmes à résoudre en priorité, à trouver des solutions adaptées aux conditions locales, à évaluer les modèles proposés et à les modifier. Bref, le paysan peut devenir un moteur de la vulgarisation s'il comprend qu'il s'agit de son intérêt à court terme et qu'il peut s'approprier les innovations proposées.

7 - PROPOSITIONS EN VUE D'AMELIORER L'EFFICACITE DE LA L.A.E. AU BURUNDI

7.1. DIVERSITE DES ACTEURS EN FONCTION DE LA DIVERSITE DES PROCESSUS EN CAUSE A L'ECHELLE D'UNE COLLINE

. On peut voir à la figure 2 que diverses formes d'érosion, divers processus se manifestent à l'échelle d'une colline. On distingue :

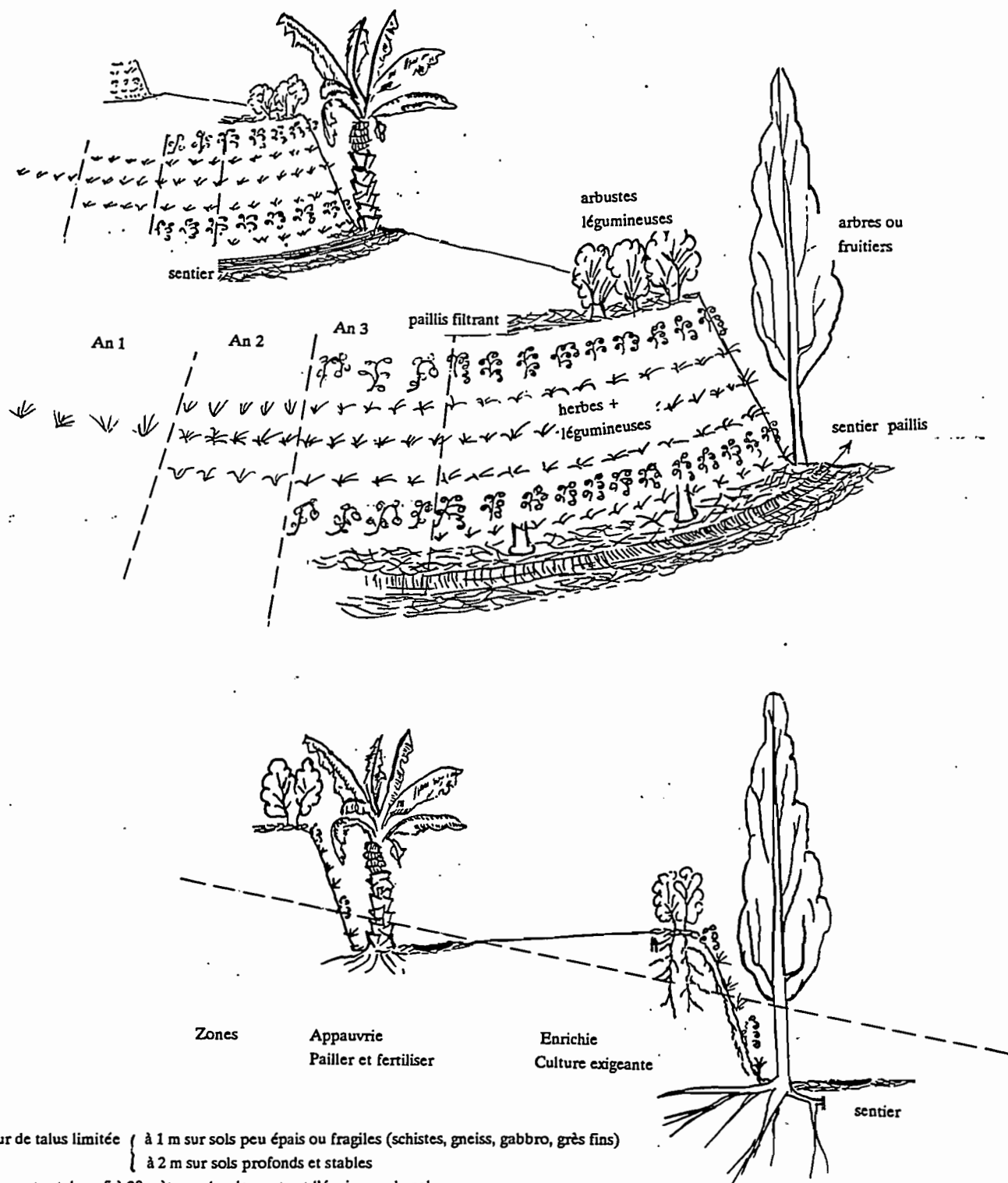
- **3 processus progressifs** (dégradation des matières organiques, érosion en nappe et rigole, érosion mécanique sèche) qui entraînent à terme, la croissance du ruissellement, le décapage de l'horizon humifère et la diminution du potentiel de production (10 à 40 ans). Les causes et les facteurs de ces dégradations peuvent être modifiés par les paysans qui seuls peuvent gérer leur terroir. L'essentiel est de couvrir le sol, réduire la pente et le travail du sol.
- **3 processus très brutaux** (ravinement, glissements de terrain, inondations) mais localisés et qui ne se manifestent que lors des événements exceptionnels (averses ou train d'averses) à la suite d'une mauvaise gestion du terroir, des réseaux routiers et des rivières encaissées. Pour maîtriser ces types catastrophiques d'érosion, il faut faire appel à des techniques élaborées, exigeant de gros moyens financiers hors de portée des paysans (reboisements, drains, seuils en gabions). C'est pourquoi nous avons subdivisé nos suggestions en fonction des acteurs.

7.2. PROPOSITIONS AU MONDE PAYSAN

7.2.1. Des structures antiérosives : un cadre pour intensifier la production (fig. 3)

- 1) **Maintien d'un couvert permanent sur les pentes trop fortes** pour porter des cultures sarclées (>60%)
 - . haies avec sous-étage herbacé pâturé, cultures fourragères pérennes ;
 - . café ou thé paillé ou arbres fruitiers avec plantes de couverture.
- 2) **Bande d'herbes fixatrices** (1 mètre de large, tous les 10 à 20 mètres) + haie vive arbustive en amont + arbres tous les 4 mètres en aval ; l'ensemble évolue en **talus enherbé penché** produisant du fourrage de qualité, du paillage et du bois. Il ne s'agit donc pas de place perdue mais d'une **diversification** de la production sur 10 à 20% du terrain qui augmente la production de biomasse et la sécurité de l'exploitation (voir fig. 3).
- 3) **Gros billons (h = 0,4 m - 1 = 0,8 m) permanents paillés** (+ caféier, bananier ou patates douces) **tous les 5 mètres** pour bloquer le ruissellement en rigole.
- 4) **Bandes alternées de cultures pérennes** (thé, café, bananier) et de cultures vivrières associées tous les 20-40 mètres. Cette proposition est difficile à appliquer sur les collines déjà organisées en un puzzle de petites parcelles car il faudrait un remembrement partiel. Par contre, cette mesure serait très efficace sur les nouvelles terres.

Figure 3 : Le modèle évolutif de structure antiérosive.



- Hauteur de talus limitée { à 1 m sur sols peu épais ou fragiles (schistes, gneiss, gabbro, grès fins)
à 2 m sur sols profonds et stables
- Distance entre talus : 5 à 20 mètres selon la pente et l'épaisseur du sol
- Talus incliné de \approx 0,4 m par mètre de hauteur, totalement planté en herbes fourragères 20 x 20 cm, enrichi en légumineuses rampantes dans les vides
- Exploitation de 2 à 4 coupes par an
- En amont :
 - . haie vive de légumineuses : Calliandra, Leucaena, etc...
 - . taille à 30 cm du sol 2 à 3 fois/an (biomasse 3 à 5 t/ha/an)
 - . pose au ras du sol d'une couche de paille filtrante
- En aval, à 1 mètre de la 1ère ligne d'herbe fixatrice, planter dans 1 trou > 70 cm des arbres tous les 4 m (Grevillea, Cedrella, Maesopsis, Casuarina, Bananiers, Avocats, Pêchers, Pruniers)
- Le sentier doit passer au pied du talus impérativement
- La biomasse produite peut servir :
 - . à l'affouragement du bétail
 - . au paillage léger du lit de semence en début de chaque saison = période la + dangereuse

7.2.2. Une politique de gestion de la biomasse et de la fertilité

- 5) Un fumier amélioré. Le passage de la biomasse à travers le tube digestif du petit bétail produit de la viande, mais ne restitue au sol que 30% de la biomasse et 50% des nutriments : on ne peut donc entretenir qu'un tiers de la surface exploitée. De plus, le "fumier" n'a généralement pas fermenté si bien que la poudrette contient une masse de graines d'adventices prêtes à germer. Pour améliorer la qualité du fumier, nous suggérons que le bétail demeure en stabulation pendant la majorité de la journée sur une couche de paille accumulée pendant un mois, suffisante pour assurer l'imbibition de celle-ci par les urines et l'amélioration du bilan de l'azote.
- 6) " Une fosse fumiè-re-compostière-poubelle " sous un ombrage arboré : la formation d'un vrai compost demande de disposer d'un volume considérable de biomasse (3 m^3), de la hacher, de l'arroser, de la retourner et enfin de la ramener aux champs : c'est un travail important. Au mieux, on perd 50% de la biomasse et des nutriments (surtout la potasse) et il se passe 6 mois avant qu'on puisse la restituer au champ. C'est pourtant un moyen d'entretenir la fertilité si l'on n'a pas de bétail ; mais en réalité, les enquêtes montrent que 90% des "compostières" sont vides ! Les seules qui ont une chance de fonctionner correctement sont les fosses situées à l'aval des maisons et qui reçoivent à la fois, les déchets végétaux divers, les balayures et les eaux ménagères ainsi que la litière bien imbibée des animaux : certains paysans modèles produisent jusqu'à 5 m^3 de ce "compost-fumier" par an. La plantation d'arbres (fruitiers, légumineuses) autour de la fosse permet à la fois de maintenir l'atmosphère humide, de récupérer les nutriments qui s'échappent en solution dans le drainage et de produire une biomasse utile pour améliorer la qualité du compost.
- 7) Le paillage. Le paillage a fait ses preuves non seulement dans les parcelles d'érosion sous manioc de Rushubi (Isabu) mais aussi, dans les caféières du Burundi et du Rwanda, à la fois en tant que fertilisant organique, maintien de la structure et de l'infiltration et surtout en tant que protection très efficace contre l'énergie des gouttes de pluies et du ruissellement. Alors que l'enfouissement de la biomasse comme engrais vert résout moins de 5% des problèmes d'érosion en nappe (par amélioration passagère de la structure), le paillage (4 à 6 t/ha) peut les réduire de > 95%. Par ailleurs, toute la biomasse utilisée comme paillage est disponible en totalité pour la culture et les nutriments qu'elle contient sont redistribués en totalité mais progressivement, avant même que le fumier et le compost qu'on aurait pu en faire ne soient arrivés à maturité (4 à 6 mois) : on accélère donc le turn over. Dans certains cas, plantation de thé, café ou de forêts, le paillage permet de se passer du travail du sol : là aussi, il réduit les risques de mouvements de terre. Mais on peut envisager un système de paillage léger (2-6 t/ha) particulièrement efficace contre l'érosion qui consiste à étendre sur le lit de semence le produit de la taille des haies vives et des bandes enherbées, juste avant le semis (pas de perte de biomasse, peu de transport). On peut craindre des problèmes nouveaux (enracinement superficiel, insectes, maladies, adventices) mais on peut s'appuyer sur deux faits : le succès du système "travail minimum du sol sous paillage aux USA et au Brésil et d'autre part, le fait qu'en région tropicale, les sols forestiers sont presque toujours les plus fertiles : ils ne reçoivent qu'une litière (= paillis). Le problème le plus important est d'en produire suffisamment pour pailler toutes les cultures, pas seulement les cultures d'exportation (voir paragraphe 5.6) : cependant, même si on ne couvre que 40% du sol, on réduit très efficacement l'érosion (de 60 à 80%).
- 8) L'agroforesterie doit nous aider puissamment à maintenir la fertilité du sol (remontée biologique des nutriments solubles et fixation d'azote) et à diversifier la production. Elle nous paraît indispensable pour augmenter la sécurité de l'exploitation (l'arbre fixe les terrains mais constitue également une épargne à intérêt composé qu'on peut vendre en cas de besoin) et pour augmenter la production de biomasse (bois de feu, fourrage, paillage, fruits). L'intérêt devrait se porter à la fois sur l'implantation de haies vives d'arbustes légumineuses en amont des talus enherbés (500 mètres soit 3 t/ha/an de biomasse) sur la plantation d'une centaine d'arbres fournissant du bois d'oeuvre après 10-20 ans (bois de feu et paillage 5 t/ha/an) au pied des talus et de quelques arbres fruitiers. Pour éviter une trop grande compétition entre les arbres et la culture, il faudra vulgariser la taille des branches (laisser 1/3 de la couronne) et surtout des racines superficielles (coups de bêche à 50 cm du trou la 1ère année et 1 mètre ensuite ou fossés de 30 cm de profondeur, creusés à la houe puis rebouchés).

- 9) **Apports minéraux.** Malgré tout l'intérêt de la fumure organique et de l'accélération du recyclage de la biomasse, il faut corriger les carences résiduelles et amender les sols trop acides pour améliorer la productivité du travail paysan. Les engrais minéraux seront apportés à faible dose, localement près des plantes, associés à la matière organique, en tenant compte des besoins physiologiques de la plante autant que des risques d'érosion et de lessivage au cours de la saison des pluies.

7.2.3. Une politique de la gestion de l'eau sur les collines

- 10) **La forêt = château d'eau.** En montagne, l'abondance des pluies est à la fois une richesse et un risque. Les pluies abondantes qui tombent sur les sommets bien protégés par une végétation forestière s'infiltreront pour réapparaître bien plus tard au niveau des sources et des rivières permanentes. Il en est de même sur les champs où des techniques bien connues permettent d'entretenir une bonne infiltration : paillage, billonnage isohypse ± cloisonné, un couvert végétal dense.
- 11) **Les citernes.** L'eau des toits, au lieu de raviner les champs peut-être collectée dans des citernes et servir à divers usages agricoles ou ménagers (après filtration dans un fût rempli de sable et de charbon de bois).
- 12) **L'aménagement du drainage.** Si on ne prend garde à gérer les eaux de drainage des sentiers, à enherber les pistes et à aménager les limites des champs, les eaux de ruissellement se rassemblent sur les pistes rurales et forment des ravines au milieu des champs cultivés sur fortes pentes avant de gonfler les rivières torrentielles, de détruire les berges, d'emporter les ponts et les routes, de provoquer des glissements de terrain et des inondations boueuses dans la plaine. Chaque millimètre de pluie supplémentaire infiltrée sur un hectare de colline peut réduire considérablement le débit de pointe des torrents qui est responsable des plus gros transport solides. Les paysans peuvent donc pour une part réduire les risques d'inondation dans la plaine.
- 13) **Maintenir enherbées et plantées d'arbres les bordures des champs, des sentiers et des rivières.** Ce cloisonnement piègera une bonne partie des sédiments arrachés aux fortes pentes.

7.2.4. Une intensification de la production sur tout l'espace

- Revégétalisation productive (arbres + fourrages) des sols dégradés des sommets et des pentes trop fortes (> 60%) des bordures de champs, de routes et des rivières.
- Associations dans le temps : agroforesterie, cultures associées.
- Jachère temporaire de légumineuses introduites en dérobée au 2e sarclage sous culture avant la saison sèche.
- Drainage et irrigation pour intensifier la production des vallées et marécages.
- Remplacement progressif des haies d'Euphorbes par des arbustes productifs comme Callandra, Leucaena, Avocatiers, etc...
- Remplacements progressifs des anciens talus verticaux par des talus inclinés couverts de plantes fourragères (graminées et légumineuses).

7.3. PROPOSITIONS DE L.A.E. ADRESSEES AUX AUTORITES REGIONALES ET AUX PROJETS

· Certains aménagements de RTM dépassent largement la compétence des paysans et relèvent des travaux communautaires effectués sous la direction des forestiers ou du G.R.

7.3.1. Un plan d'occupation des sols : définition en chaque commune des zones à risques naturels, des zones de protection forestière, des zones cultivables (p < 60%) moyennant certaines précautions de L.A.E., des marais à valoriser.

7.3.2. Certificats fonciers à remettre aux propriétaires dont les terres sont correctement aménagées. C'est un encouragement très efficace.

7.3.3. Conseil de gestion, chargé de conseiller les propriétaires qui le demandent ou ceux dont la gestion est si mauvaise qu'elle met en danger les terres voisines (ravinement). Au Zimbabwe, ce conseil permet de réduire sérieusement l'exploitation minière et la dégradation des terres trop pentues. Il pourrait aussi distribuer aux gens trop pauvres certaines terres disponibles (marais, terrains communaux).

7.3.4. Reboisement des zones à protéger : sommets des collines, pentes > 60%, berges de rivières, ravines et bords des pistes. Ces zones étant souvent indispensables à la survie du cheptel des petits paysans, il faut prévoir la possibilité pour ceux-ci d'y récolter du fourrage.

7.3.5. Les chemins et pistes rurales : création, entretien et réhabilitation. Ils sont souvent à l'origine de ravines. Il convient de fixer le talus amont avec de l'herbe et le talus aval avec de l'herbe (mottes en losanges, voir le système chinois) et des Eucalyptus menés en taillis pour dessécher l'assiette de la piste. Les bordures des chemins, des pistes et même des routes doivent être stabilisés par **2 bandes d'herbes rases** (*Paspalum notatum*, par ex.) qui doivent être **fauchées, jamais décapées** comme cela se voit partout. Le drainage doit être évacué tous les 10-20 m par de petites saignées coupant la piste en diagonale (système suisse) ou réuni contre le talus amont (côtrepente), évacué par des buses et **accompagné jusqu'au fond de la vallée**. Comme les buses coûtent cher, on les écarte souvent trop si bien que le fossé s'érode, que les buses se bouchent ou que les flots abondants creusent des ravines dans les terres cultivées peu cohérentes.

7.3.6. Aménagement des ravines. Leur évolution dépend de la masse d'eau qui transite et du carré de sa vitesse. Il faut donc chercher à réduire les sources de ruissellement (surfaces nues), fixer le fond des ravines avec des seuils perméables (pierres sèches, gabions, grillages s'appuyant sur des fers cornières et des tendeurs) et végétaliser les sédiments et les versants en profitant au maximum des microniches écologiques et de la diversité des espèces (rôle des bambous, cannes à sucre et arbres divers), voir en annexe, "Les 10 Commandements à respecter pour aménager une ravine".

7.3.7. Aménagement des marais. Tout l'art consiste à drainer suffisamment les fonds de vallée en saison des pluies tout en maintenant une bonne nappe en saison sèche. Mais, la mise en culture anarchique entraîne souvent des perturbations dans les chenaux d'écoulement, la destruction des berges et l'érosion du fond. Or, il est important d'échanger des parcelles de bas-fonds contre des parcelles situées sur pentes trop fortes pour compenser les pertes de revenus.

7.3.8. Mobilisation des ressources humaines et matérielles. Le dialogue entre les paysans, les chercheurs et techniciens et l'Administration à chaque étape est d'une importance capitale. L'agronome doit informer l'Administration et doit pouvoir compter sur son soutien surtout aux moments du lancement des campagnes et des travaux communautaires.

7.4. PROPOSITIONS ADRESSEES AU NIVEAU NATIONAL

7.4.1. Création d'une équipe multidisciplinaire au plus haut niveau. La lutte antiérosive touchant à de nombreuses disciplines dépendant de six ministères (Environnement, Agriculture, Forêt, Elevage, Ponts et Chaussées, Mines, etc...), il serait judicieux de réunir une cellule multidisciplinaire de réflexion, de conseil, de décision, de suivi et de formation spécialisée. Son rôle serait de rassembler les informations sur les problèmes urgents (ravine, glissement de terrain susceptibles d'emporter une route, un pont ou de déranger les zones urbaines), (secrétariat permanent et téléphone spécial), de proposer des modèles régionaux, d'évaluer les progrès et les problèmes, d'adapter des techniques nouvelles, de conseiller les projets et ministères et de former les cadres techniques. Cette équipe nationale renforcée de spécialistes pourrait animer un Réseau Erosion régional (en liaison avec le Réseau Erosion ORSTOM) et rédiger un manuel de G.CES régionalisé semblable à celui que la FAO a produit en Ethiopie (caractérisation des régions, description des méthodes et leurs limites, suggestions pour chaque région).

7.4.2. Stabilisation des zones à hauts risques. Aménagement des rivières torrentielles autour des villes, traitement des glissements de terrain, des inondations et du drainage des routes principales (jusqu'au fond des vallées). Classement et protection des zones à risques naturels où ne doivent être présents ni habitat ni cultures peu couvrantes.

7.4.3. La formation à tous les niveaux. La sensibilisation de toute la nation aux problèmes de protection de l'environnement doit commencer à l'école primaire et se développer à l'école technique et à l'université. Mais en attendant, il faut organiser la sensibilisation par la presse, la radio et la télévision et surtout organiser des stages de spécialisation aux agronomes immédiatement concernés, soit sur place au Burundi, soit à l'étranger. Je signale par exemple, le stage d'un mois (avril) organisé par le CNEARC à Montpellier, sur le thème "Aménagement d'un terroir et lutte antiérosive" (s'adresser à Monsieur BROCHET, CNEARC, BP. 5098, 34033 Montpellier, France). De la formation des cadres actuellement en place va dépendre la réussite de la L.A.E. au Burundi dans les 10 prochaines années.

7.4.4. Amélioration des systèmes de vulgarisation. Etant donnée l'importance majeure du mode de transfert des innovations au monde rural, il convient d'améliorer continuellement les méthodes de vulgarisation. Nous y verrions 4 étapes en ce qui concerne la L.A.E. :

- Enquête d'information, de sensibilisation et de mise en confiance (paysan-agronome).
- Période de formation, d'expérimentation chez l'encadreur et de démonstration chez le paysan.
- Evaluation de la faisabilité, de l'efficacité et de la rentabilité des différentes méthodes par les paysans, l'encadreur et l'agronome. Retour à la cellule régionale.
- Généralisation à l'échelle des collines : implantation communautaire d'un cadre de lutte antiérosive (les lignes d'herbes fixatrices + arbres) puis amélioration et évolution progressive vers le modèle complet, ... avec les vifs encouragements des cadres du projet.

7.5. PROPOSITIONS POUR LA RECHERCHE

A - LA RECHERCHE D'ACCOMPAGNEMENT DU DEVELOPPEMENT a un rôle majeur dans l'évaluation de l'efficacité régionale des méthodes de G.CES préconisées.

7.5.1. Evaluation de la faisabilité, de l'efficacité et de la rentabilité de la L.A.E. à deux échelles, dans les champs des paysans et à l'échelle du versant ou d'une colline.

7.5.2. Suivi et évaluation de l'appropriation des innovations par les paysans et restitution aux instances de décision. En particulier, sur les points clés suivants :

- . production de biomasse et son utilisation comme fourrage, compost, paillage ;
- . évolution des lignes d'herbes fixatrices en talus incliné + haie vive et arbres ;
- . taille des arbres et de leurs racines : concurrence aérienne et souterraine avec diverses cultures en fonction de leur aménagements.

7.5.3. Expérimentation chez l'encadreur et les paysans volontaires :

- . sur la production et l'usage des différents types de biomasse (paillage avec légumineuses herbacées, branchages de brousse, papyrus, etc...) ;
- . sur la densité de bananiers, d'arbres, de haies vives supportables par les cultures vivrières en fonction des aménagements (lignes denses, taille des racines et des branches, engrais, etc...).

7.5.4. Etude des stratégies traditionnelles paysannes de gestion de l'eau et d'accumulation de la fertilité sur ces sols très acides et très pentus. L'érosion empêche-t-elle l'amélioration de la productivité des sols ?

B. LA RECHERCHE DE BASE (Isabu - Facagro - Université - Iraz)

. L'Isabu a maintenant dix années de mesure de l'érosion en nappe et rigole en parcelles. Il est urgent que les chercheurs en fassent la synthèse et tirent des leçons pour les projets de développement. Il reste un gros travail de standardisation des parcelles et des protocoles et l'extension

programmée d'un réseau de stations expérimentales couvrant les 5 zones du Burundi, et si possible en coordination avec les stations déjà installées au Rwanda par l'ISAR et les projets de développement.

7.5.5. Analyse des risques des différents processus d'érosion dans les principales régions du Burundi :

- Carte d'érosivité climatique : R Index - Hauteur et intensité des pluies de fréquence annuelle, décennale, 1/20, 1/50 et 1/100 ans.
- Carte des pentes et des types de relief.
- Cartes des sols ou plutôt des roches en fonction de leur érodibilité.
- Carte de fréquence des différents processus - Sols acides, érosion en nappe, ravines, glissement en masse.
- Analyse des facteurs qui comptent le plus.
- Extension des mesures (en parcelle et sur versant) à différentes régions (crête, plateau central, savane) et différentes roches (gneïs, schistes, basalte) : mesure de l'érodibilité des sols, effet de la longueur de pente et son inclinaison, effet des systèmes de production et de L.A.E.
- Carte des frais de dégâts divers par érosion, ravinement, glissement de terrain, inondations.

7.5.6. Analyse économique du coût de l'érosion

- Effet de l'érosion (ou du décapage) sur la production des terres, sur la productivité potentielle des terres malgré les apports d'engrais nécessaires sur les vieilles parcelles d'érosion et sur des parcelles décapées de 0-5-10-20 cm de terre humifère (= on site). Rendements en fonction de l'épaisseur de l'horizon humifère (et de la pente).
- Durée de vie des sols en fonction des systèmes de production.
- Coût des engrais qu'il faudrait investir pour maintenir la production malgré l'érosion.
- Coût des dégâts en aval (off site) = enquête sur les sommes dépensées par les autorités régionales et nationales pour réparer les routes emportées par les ravines, les glissements de terrain, les dégâts d'inondation et de boues en zone urbanisée ou industrielle, les frais de manoeuvre pour entretenir les routes, les rivières, aménager les marais, remplacer les ponts, dégager les boues sur les routes et curer les fossés.

7.5.7. Modélisation économique d'une exploitation intensive régionalisée soumise aux diverses innovations suggérées pour mieux définir le modèle d'exploitation intensive de l'an 2000 : le jardin multiétagé.

Comment optimiser la sécurité et la productivité de ces exploitations :

- capacité de production en autosubsistance pour combien de personnes ?
- surface en café, vivrier, bananier, fourrage ;
- densité en arbres, en talus inclinés, en haie vive sans nuire aux cultures vivrières ;
- mode d'utilisation de la biomasse produite, du peu de calcaire et de NPK disponible.

C - LA DIFFUSION DES RESULTATS

7.5.8. Pour valoriser les produits de la recherche et l'expérience des développeurs, il serait souhaitable de publier :

- 1) Des rapports annuels contenant les résultats journaliers (stockés sur support informatique après analyse de leur validité et une brève synthèse annuelle.

- 2) Des articles de synthèse périodique dans une revue nationale ou dans des revues internationales (Sols Africains, Agronomie Tropicale, Catena, Cah. ORSTOM de Pédologie, Bois et Forêts Tropicales, Geoderma).
- 3) Des rapports périodiques dans le Bulletin du Réseau Erosion qui touche 300 chercheurs, enseignants et développeurs dans 4 continents. Un bulletin local pourrait reprendre les articles d'intérêt local et les diffuser aux différents projets, universités, Facagro, Isabu, Iraz.
- 4) Des communications dans les séminaires et conférences internationales comme l'ISCO.

CONCLUSIONS

1). Nous avons décrit la diversité des risques d'érosion au Burundi en fonction de 5 processus et de 6 régions et nous avons analysé les limites et les avantages des méthodes classiques de lutte antiérosive.

2). Face à cette diversité et aux pressions démographiques et socio-économiques, nous avons proposé une nouvelle stratégie tenant mieux compte des besoins des paysans, des structures simples et peu coûteuses, favorisant l'intensification de la production. De ce jeu complet de recommandations adressées aux différents acteurs (paysans, agronomes, administrateurs, chercheurs, autorités régionales et nationales) on pourra choisir divers assortiments de traitements en fonction des possibilités et des besoins régionaux.

3). La planification dans le temps peut se faire à des vitesses variables en fonction de la gravité des problèmes, des moyens disponibles et de la sensibilisation des paysans-éleveurs. Certains thèmes sont disponibles depuis quelques années (lignes d'herbes fixatrices, fumier-compost, paillage de certaines cultures, agroforesterie), d'autres doivent être approfondis (gestion des talus inclinés, de la biomasse, des animaux, de la fertilité des sols, taille des branches et racines des arbres, arbres fruitiers) et d'autres doivent faire l'objet de recherches à plus long terme (coût économique de l'érosion, de ses conséquences et des méthodes de L.A.E., temps des travaux, faisabilité, efficacité, rentabilité de la L.A.E. en fonction de l'évolution de la taille des exploitations, effet à long terme du travail du sol et du système de travail minimum sur sol paillé).

4). Pour être prêt dans 10 ans à faire face à l'augmentation des besoins des populations, il nous faut démarrer dès maintenant sur des bases solides :

- une volonté politique et des structures de décisions efficaces ;
- la formation continue des techniciens de terrain, l'amélioration de la formation ;
- la sensibilisation de tout un peuple (radio - journée de l'arbre - environnement) ;
- des méthodes simples, évolutives, efficaces, directement rentables pour le paysan ;
- une stratégie globale et souple de Gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols.

5). Il doit cependant être clair pour tous que malgré des techniques idéales de L.A.E. et de vulgarisation, le développement rural ne pourra se faire harmonieusement sans une vigoureuse politique de gestion des populations (migration vers des terres neuves, planning familial et développement du secteur tertiaire).

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- BESSE (F.), 1987 - Fichier technique de vulgarisation agroforestière. AFVP Bujumbura : Projet reboisement Banque Mondiale - FAC, 99 p.
- BESSE (F.), de LIGNE (A.), GUIZOL (P.), 1989 - Séminaire National "L'agroforesterie au Burundi" - Min. Aménagement, Min. Agriculture, Facagro, Bujumbura, 373 p.
- BESSE (F.), de LIGNE (A.), NGARAMBE (V.) et al, 1989 - Note préliminaire à la définition d'un programme national de conservation des eaux et des sols - Isabu, 21 p.
- BITOKI (O.), KABONEKA (S.), DUCHAUFOR (H.), 1990 - L'agroforesterie : du fourrage ! Mais pour quels objectifs ? Séminaire d'agrostologie, Bujumbura, 18 p.
- CEEMAT, 1984 - L'érosion en zone tropicale - Réunion technique du 55e Salon international du machinisme agricole, mars 1984 - Machinisme Agricole n°87, 59 p.
- DEPOMMIER (D.), 1988 - Potentiel agroforestier des systèmes d'utilisation des sols des hautes terres d'Afrique de l'Est à régime pluviométrique bimodal : cas du Burundi - Rapport Afrena n°2, Icrاف Nairobi, 157 p.
- DUCHAUFOR (H.), PARTY (J.P.), 1988 - Etude de la conservation des eaux et des sols dans le Mumirwa - Cas de deux bassins versants dans la commune d'Isale. FAC : Burundi - GIE Sol-conseil Nancy, 42 + 24 p.
- FLEMAL (J.), 1989 - La conservation du sol, l'utilisation du terrain. Le problème de l'ombrage et du bois domestique dans les exploitations à composante théicole. Sémin. Nat. Agroforesterie au Burundi, p. 103-118.
- GUIZOL (P.), 1989 - Sylviculture, agroforesterie et conservation des sols : rapport annuel 1988. Isabu, tome 5, 98 + 42 + 67 p.
- GUIZOL (P.), 1989 - L'agroforesterie au Burundi. Sémin. Nat. Bujumbura, mars 1989 - Min. Aménagement MATE + M.A.E., p. 11-21.
- KABWA (A.), 1986 - Rapport final du séminaire national sur la stratégie de la conservation des eaux et des sols au Burundi : Bujumbura, Ministère Agriculture, FAO, 200 p.
- LATTANZI (A.R.), MEYER (L.D.), BAUMGARDNER (M.F.), 1974 - Influences of mulch rate and slope steepness on interrill erosion. Soil Sci. Am. Proc. 38,6 : 946-950.
- LILIN (Ch.), 1986 - Histoire de la restauration des terrains en montagne. Cah. ORSTOM Pédol., 22, 2 : 130-146.
- LILIN (Ch.), KOOHAFKAN (A.P.), 1987 - Techniques biologiques de conservation des sols en Haïti. FAO, Min. Agriculture, 36 p.
- LOVEJOY (J.B.), NAPIER (T.L.), 1986 - Conserving soil : sociological insights - Journal of soil and water conservation 45,5 : 304-310.
- MARCHAL (J.Y.), 1979 - L'espace des techniciens et celui des paysans. Mémoire ORSTOM, Paris, n°89 : 245-252.
- MATHIEU (C.), 1986 - L'érosion et la lutte antiérosive au Burundi. Bulletin Réseau Erosion n°6 : 71-81.
- MEYER (L.D.), WISCHMEIER (W.H.), FOSTER (G.R.), 1970 - Mulch rates required for erosion control on steep slopes. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34,6 : 928-931.

- MOLDENHAUER (W.C.), HUDSON (N.W.), 1988 - Conservation farming on steep slopes. Proceedings of Puerto Rico workshop, SWC Society, Ankeny, USA, 296 p.
- ROOSE (E.), 1986 - Terrasses de diversion ou microbarrages perméables ? Analyse de deux démarches de conservation de l'eau et des sols chez les petits fermiers de la zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale - Cah. ORSTOM, Pédol. : 22-2 : 81-92.
- ROOSE (E.), 1987 - Water efficiency and soil fertility conservation on steep slopes of some french speaking tropical countries. Proc. Puerto Rico workshop. ORSTOM, 19 p. mult.
- ROOSE (E.), 1988 - New strategy of water management and soil conservation. Application in developed and developing countries. Proceedings of. Isco 5.
- ROOSE (E.), NDAYIZIGIYE (F.), NYAMULINDA (U.), BYIRINGIRO (E.), 1988 - La G.CES, une nouvelle stratégie de lutte antiérosive pour le Rwanda. Bull. agricole du Rwanda, 21, 4 : 264-277.
- ROOSE (E.), 1989 - Notions de base sur le ruissellement, l'érosion et la gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols. ORSTOM - CNEARC, 125 p.
- SHAXSON (T.F.), HUDSON (N.W.), SANDERS (D.W.), ROOSE (E.J.), MOLDENHAUER (W.C.), 1989 - Land husbandry : a framework for soil and water conservation. SWE Soc., WASWC, Ankeny, USA, 64 p.
- SNOECK (D.), NARAGUMA (J.), 1989 - La lutte antiérosive en caféiculture. Sém. Nat. "Agroforesterie au Burundi", p. 129-137.
- THOMAS (D.B.) et al, 1989 - Soil and water conservation in Kenya. Proceedings of 3rd Nat. Workshop Nairobi, sept. 1986 - Univ. Nairobi, Sida : 577 p.
- TONDEUR (G.), 1950 - Erosion du sol, spécialement au Congo belge. Publication des services de l'Agriculture, Ministère des Colonies, Bruxelles, 3ème édition, 240 p.
- VAN DEN ABEELE (M.), 1941 - L'érosion, problème africain". Inst. Royal colonial belge, Sc. naturelles, tome 11, Bruxelles.

DIX COMMANDEMENTS POUR L'AMENAGEMENT DES RAVINES

1.1. Tant qu'on n'a pas amélioré l'infiltration dans le bassin, il ne faut pas tenter de boucher la ravine (sinon elle trouvera un autre lit) mais prévoir un canal stable capable d'évacuer les débits de pointe de la crue décennale (au minimum).

1.2. L'aménagement mécanique et biologique d'une ravine peut être réalisé progressivement en 2 à 6 ans, mais il doit concerner tout le bassin dès la première année. La fixation biologique d'une ravine vient consolider les versants et le fond de ravine stabilisé par différents types de seuils ; si on inverse l'ordre, les plantes sont emportées avec les terres lors des crues.

1.3. L'emplacement des seuils doit être choisi avec soin selon l'objectif visé. Si on cherche seulement à rehausser le fond de ravine pour que les versants atteignent la pente d'équilibre naturel, il faut choisir un verrou, une gorge étroite où de nombreux seuils légers pourront s'appuyer sur des versants solides.

Si on cherche à fixer le maximum de sédiments ou à récupérer des espaces cultivables, il faut choisir les zones à faible pente, les confluents de ravines secondaires, les versants évasés et construire de gros ouvrages poids qui seront réhaussés progressivement.

1.4. L'écartement entre les seuils est fonction de la pente du terrain. Le déversoir aval doit être à la même altitude que la base du seuil amont, à la pente de compensation près (1 à 10 % selon la nature du fond de ravine) qui peut s'observer sur place (zone stable sans creusement ni sédimentation). Dans un premier temps on peut doubler cet écartement et construire les seuils intermédiaires dès que la première génération de seuil est comblée de sédiments : stabiliser immédiatement les sédiments piégés avec des plantes basses dans l'axe d'écoulement et des arbres sur les versants.

1.5. Pour éviter la pression hydrostatique des coulées, il faut drainer les seuils.

1.6. Les seuils doivent être bien ancrés dans le fond et les flancs de ravine (tranchée de fondation) pour éviter les renards et contournements.

1.7. L'énergie de chute de l'eau qui saute du déversoir doit être amortie par une bavette (enrochement, petit gabion, grillage + touffes d'herbes) ou par un contre barrage (cuvette d'eau) pour éviter les renards sous le seuil ou le basculement du seuil.

1.8. Le courant d'eau doit être bien centré dans l'axe de la ravine par les ailes du seuil, plus élevées que le déversoir central. Ce déversoir doit être renforcé par de grosses pierres plates ± cimentées ou par des ferrailles pour résister à la force de cisaillement des sables, galets et roches qui dévalent à vive allure au fond des ravines.

1.9. L'aménagement mécanique n'est terminé que quand on a éteint les sources de sédiments, stabilisé la tête de ravine et les versants. La végétalisation doit alors se faire naturellement si on a atteint la pente d'équilibre, mais on peut aider la nature en couvrant rapidement les sédiments (herbes) et en les fixant à l'aide d'arbres choisis pour leurs aptitudes écologiques et leur production : rentabilisation des aménagements.

1.10. Tenir le bétail à l'écart de l'aménagement.

Annexe 2

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'ATELIER
"GESTION CONSERVATOIRE DE L'EAU ET DE LA FERTILITE DES SOLS"
- BUJUMBURA, 14 ET 15 MARS 1990

. A l'issue de la mission du Docteur Eric ROOSE, Président du Réseau Erosion de l'ORSTOM, mission qu'il vient de conduire sur la Gestion Conservatoire des Eaux et de la fertilité des Sols au Burundi, les membres ayant participé à l'atelier sur les problèmes de l'érosion au Burundi tenu à Bujumbura du 14 au 15 mars 1990, considérant :

- que la situation est très préoccupante du point de vue de la perte des terres cultivables et des dégâts considérables observés en aval ;
- qu'une politique claire et déterminée est souhaitée en matière de lutte contre l'érosion

souhaitent :

- qu'une nouvelle approche de lutte antiérosive intégrée au système de production par la présentation positive des actions antiérosives et l'intensification de la production soit mise en place.

. Du domaine des structures, l'Atelier propose au monde paysan des structures antiérosives économiques, productives et diversifiées en fonction des besoins et de la situation socio-écologique : les haies vives. Ces structures localement amorcées doivent être généralisées, entretenues et améliorées.

. Vu que la fertilité des sols se pose avec acuité, il est recommandé des techniques culturales permettant d'augmenter la productivité des terres en faisant appel à une plus grande production de la biomasse et à une meilleure gestion et si possible, à un apport complémentaire d'engrais minéral.

Le paillage léger, par son rôle protecteur efficace, devrait être systématique et étendu aux différentes cultures vivrières non couvrantes. Les systèmes d'exploitation agricole de l'an 2000 devra ressembler à un jardin multiétagé.

Du domaine de l'agroforesterie, cette dernière constitue une voie prioritaire pour diversifier la production, réduire les risques dus aux aléas climatiques et augmenter la biomasse.

L'Atelier recommande la diversification et propose de ne retenir que les essences les mieux adaptées et les plus productives.

. Au secteur public, il est recommandé des actions de protection des crêtes dénudées et sommets de collines rocheuses et escarpées, par la reforestation ou la mise en défens.

. Vue la dégradation très rapide des terres de + 60% de pente, ces terrains doivent être protégés par une couverture permanente quelque soit la nature (arborée, herbacée ou paillée).

. Etant donné le ravinement et les glissements de terrains et les inondations consécutives au passage des routes ou à l'extraction des matériaux dans les lits mineurs des rivières, l'Atelier recommande :

- une concertation régulière et systématique des ministères concernés ;
- la création dans les meilleurs délais d'un bureau technique de surveillance *ad hoc* ;
- le drainage protégé jusqu'à un exutoire organisé, la végétalisation des talus et des bas-côtés ;
- l'aménagement adéquat des ravines et des rivières torrentielles pour limiter les risques d'inondation à l'aval.

. En ce qui concerne la vulgarisation, dans le cadre de la lutte antiérosive, elle doit passer par les étapes suivantes :

- connaissance du milieu et des hommes ;
- sensibilisation, formation et démonstration en milieu paysan ;
- évaluation avec les paysans et réajustement des thèmes et enfin la généralisation à l'ensemble des collines.

. Le dialogue doit être permanent à toutes les phases entre techniciens, administratifs et paysans pour une meilleure responsabilisation. Le thème de la lutte antiérosive doit faire partie des objectifs prioritaires de tout programme de développement et de l'Aménagement Rural. Dans le domaine de la recherche en Gestion Conservatoire des Eaux et de la fertilité des Sols, il est recommandé la coordination des programmes de développement d'une part, la centralisation des résultats, la diffusion régulière des conclusions principales et la publication des synthèses dans une revue nationale d'autre part.

. L'Atelier recommande des contacts avec le monde régional et international sur ce sujet. La recherche d'accompagnement paraît essentielle pour suivre l'évaluation des innovations présentées ci-avant. Quant à la formation en matière de Gestion Conservatoire des Eaux et de la fertilité des Sols, elle doit commencer par la sensibilisation dès le niveau primaire, se développer ensuite au niveau technique et universitaire étant donnée l'ampleur du problème de l'érosion de nos sols.

Par ailleurs, les cadres techniques devraient bénéficier de stages de perfectionnement périodique.

Enfin, comme il avait été recommandé en octobre 1986, lors que premier Séminaire National sur la stratégie de la Conservation des Eaux et des Sols, l'Atelier sur la Gestion Conservatoire des Eaux et de la fertilité des Sols recommande à nouveau, la création d'une équipe multidisciplinaire au plus haut niveau pour définir des modèles régionaux, assurer le suivi-évaluation des innovations, coordonner et contrôler les différentes interventions en matière de lutte antiérosive.

Annexe 4

LES PERSONNALITES RENCONTREES

. Ministère de l'Aménagement du Tourisme et de l'Environnement :

Monsieur le Ministre
Monsieur le D.G.
Monsieur le Dir. G.R.
Service des Forêts
Service des Aménagements

Basile SINDAHARAYE
Phocas NTUNGWANAYO
Joseph BIGIRIMANA
Christian TAUPIAC, Conseiller
M. AGAPIT KABWA, Conseiller

. Université du Burundi :

Géographie

Stanislas NSABIMANA

. FACAGRO :

Socio-économiste
Génie rural
Pédologue

L. D'HAESE
Y. CORDIER
P. HENNEBERT

. IRAZ :

Pédologue

Théodomir RISHIRUMUHIRWA

. IGEBU :

Hubert ASTRUC du PNUD 1490 Bujumbura

. ISABU :

Monsieur le D.G.
CRAF
Phytopathologie
Café
Socio-économie
Pédologie
G.R.

Jean NDIKUMANA
Philippe GUIZOL, Hervé DUCHAUFOUR
D. PERREAUX
K. SNOECK
J.P. HUBERT
Innocent MUSONI
Ian Van LOOY

. Projets :

PADC
CVHA

H. NAHAYO (Chef de P.), Vincent NGARAMBE
M. PAQUAY et

Projet Aide Urgence (coop. belge)
Projet Mumirwa

M. Martien NZEYIMANA (Chef de P. sud)
Mme Anne de LIGNE
Frédéric DECROIX, Yves CLEMENCET,
Zacharie BIKORIMDAVYI, Novat NIYUNGEKO

Projet Buragane
Projet Rutana
S.R.D. Kirimiro
Projet Muyinga

François KABURA, Dir.
Dir. Cyriaque, M. BANICAKO
Evariste SIMBANANIYE
Pontien BIKEBAKO, Dir.,
Mme Béatrice LECOMTE-DUBOIS
Come NYARIHUNGO
Louis NDUWINA, Dir.
J.P. NIYBIZI, Dir.

Projet ICV Marais (FAO)
Projet D.S.E. de Kirundo
SRD Buyenzi

FAC - François BESSE
Rémy NIBIGIRA

Projet reforestation

Banque Mondiale

Projet DIVSE de Cankuzo

Gouverneur de Bujumbura et Daniel NDAYISABA, Conseiller économique Cyprien BAYUBAHE.
Représentant de la FAO, du FED, de la Caisse Centrale, de la Coopération belge et du FAC.