

Centre Régional de Promotion
Agro-Pastorale du Nord
C.R.P.A.

I.N.E.R.A.
C.I.R.A.D. - D.S.A.
ORSTOM

Ecole Inter-Etats des
Techniciens Supérieurs
de l'Hydraulique et
de l'Équipement Rural
E.T.S.H.E.R.

AMENAGEMENT DE TERROIRS AU YATENGA (NORD-OUEST DU BURKINA FASO)

**Quatre années de gestion conservatoire de l'eau
et de la fertilité des sols (GCES)
- Bilan et perspective -**

par Eric ROOSE* et Luc RODRIGUEZ**

Montpellier, février 1990

* E. ROOSE, Directeur de Recherche en Pédologie - Centre ORSTOM - BP. 5045 - 34032 Montpellier cedex - France
** L. RODRIGUEZ, Ingénieur Agronome, Coordonnateur du Projet Recherche-Développement au Yatenga - CRPA du Nord - BP. 39 - Ouahigouya - Burkina Faso

SOMMAIRE

RESUME	p 3
Chapitre 1 - INTRODUCTION	p 5
Chapitre 2 - DIVERSITE DU MILIEU PHYSIQUE ET HUMAIN	p 6
Chapitre 3 - PROBLEMATIQUE	p 8
3.1. Les causes	
3.2. Les stratégies de lutte	
3.3. Aménagement intégré	
3.4. Diversité des stratégies de gestion de l'eau	
Chapitre 4 - ANALYSE DES REALISATIONS	p 11
4.1. Aménagement intégré à l'échelle d'un bassin versant ou d'un quartier	
4.2. Aménagement des ravines	
4.3. Structures antiérosives sur le glacis cultivé	
4.4. Microbarrages en terre et digues filtrantes	
4.5. Les techniques culturelles	
4.6. Relations agriculture-élevage : gestion de la biomasse	
4.7. Relations arboriculture-agriculture : agroforesterie	
4.8. Les pistes rurales	
Chapitre 5 - SUGGESTIONS POUR LE DEVELOPPEMENT DU YATENGA	p 29
5.1. La zone granitique du Centre	
5.2. La zone sableuse du Nord	
Chapitre 6 - SUGGESTIONS POUR LA RECHERCHE AU YATENGA	p 31
6.1. Fonctionnement, faisabilité, rentabilité et efficacité des aménagements antiérosifs	
6.2. Typologie et adaptation des structures antiérosives à la diversité du milieu	
6.3. Typologie et aménagement des ravines et des bas-fonds	
6.4. Association agriculture-élevage	
6.5. Agroforesterie en zone semi-aride	
6.6. Utilisation optimale de la biomasse	
Chapitre 7 - CONCLUSIONS	p 33
Chapitre 8 - ANNEXE 1 - Dix Commandements pour l'aménagement d'une ravine	p 35
Chapitre 9 - ANNEXE 2 - Liste bibliographique sélective	p 36

ROOSE (E.), RODRIGUEZ (L.), 1990

Aménagement de terroirs au Yatenga (Nord-Ouest du Burkina Faso).

Quatre années de gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES) : bilan et perspectives.

Rapport CRPA - INERA - CIRAD - ORSTOM Montpellier, 57 pages.

RESUME

. Le Yatenga, province du Nord-Ouest du Burkina Faso, est une région soudano-sahélienne (pluies : 400 à 700 mm en 5 mois) à forte pression démographique et animale où se posent avec acuité des problèmes de dégradation du couvert végétal, des sols, des sociétés et du climat.

. Parmi les nombreux projets qui font du Yatenga un véritable laboratoire de méthodes de lutte antiérosive, l'originalité du projet Recherche/Développement (R/D) auquel collaborent le CIRAD/DSA, l'INERA et le CRPA du Nord est de tester en milieu paysan les produits de la recherche thématique (en station), d'assurer la formation d'une équipe locale et de fournir un appui scientifique au développement. L'ORSTOM est intervenu au cours de 3 missions d'appui (1986-87-90) et ce rapport constitue le bilan de 4 années de coopération dans le domaine de la GCES.

. Le problème de la désertification en région subsaharienne ne peut se résoudre en équipant le terrain de structures antiérosives miracles mais, en réalisant progressivement un nouvel équilibre entre l'élevage, les arbres, les cultures et les sols en faveur du développement des nouvelles sociétés qui les gèrent.

. Face à la diversité des situations écologiques (sols ferrugineux sur granite ou cuirasse, sols bruns plus ou moins vertiques sur roches vertes, sols sableux sur dunes, sols hydromorphes) et socio-économiques (diverses ethnies, culture manuelle ou attelée), le projet R/D a proposé des contrats d'aménagement intégré à l'échelle de quartiers de culture, comportant de la part du projet une aide limitée à l'encadrement technique, à du petit matériel et certains transports, et de la part des groupements paysans, l'investissement en travail et la mise en défens temporaire de la zone délimitée : 1 508 hectares ont ainsi été aménagés en 4 ans dans 12 quartiers situés autour de ZIGA au Centre Yatenga, BOUKERE à l'Est, SABOUNA (sur roches vertes) et SEGUE au Nord.

. Avec l'aide de nombreux stagiaires (CNEARC, ENGREF, IDR), techniciens (INERA, CRPA) et paysans, plusieurs techniques de gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols ont été testées en milieu paysan et améliorées :

- mise en défens (avec gardien et fourrière) et contrat d'aménagement intégré de quartiers en 3 ans ;

- aménagement d'impluvium, stockage du ruissellement en citerne (boulis) et irrigation manuelle d'appoint et petits jardins intensifs (culture de soudure) ;

- implantation d'arbres et d'arbustes fourragers sur le parcours et le bloc de culture (soussolage en sec, semis direct ou plantation en potets, zaï forestier à développer) ;

- microbarrages perméables : cordons pierreux sur courbes de niveau lissées et leur végétalisation ou bandes (1 mètre) enherbée (*Andropogon*) et haies vives (*Acacia nilotica*, *Ziziphus*, etc...) fourragères par semis direct des graines scarifiées et humectées là où manquent les pierres ;

- travail du sol en ligne : soussolage durant la saison sèche fraîche, zaï pour récupérer les sols dégradés, fumure minimale localisée, scarifiage en humide et sarclages-buttes, si possible cloisonnés pour détruire la croûte de battance ;

- gestion de la biomasse : stockage de foin, fosse fumière près de la concession et fosse compostière au champ, paillage (à développer) ;

- aménagement réduit des ravineaux (quelques diguettes filtrantes) : (trop chers et peu de surface récupérée) et des grosses ravines (seuils en gabion servant de radier pour les pistes rurales) ;

- aménagement des pistes rurales limité aux passages des bas-fonds (radier en latérite encadré de deux cordons de pierres) ;

- aménagement de bas-fonds : puits et irrigation de jardins, enclos de fruitiers et potagers de contre saison.

. Le projet ne s'est pas arrêté aux structures antiérosives, souvent les plus spectaculaires, mais pas forcément les plus efficaces. L'effort a porté sur des techniques simples, peu coûteuses, faisables par les paysans pauvres visant la restauration de la fertilité des sols, l'infiltration, la fumure et les techniques culturales valorisant les aménagements, l'association de l'élevage, de l'agroforesterie, en vue de l'autosuffisance alimentaire et monétaire.

. Le projet va se prolonger à travers le projet Vivrier du Nord Yatenga. Il faudra développer un vrai réseau de pistes rurales, l'aménagement des bas-fonds (arboriculture fruitière, cultures vivrières et fourragères irriguées), l'intensification de l'élevage (réserve de foin, embouche et commercialisation, approfondissement ou création de mares), stabilisation des glacis (haies vives, brise-vents, lignes d'Andropogon). Au-delà de cette recherche d'accompagnement immédiat du développement rural et de la formation des cadres, il est recommandé de développer une recherche de base sur le fonctionnement, la faisabilité, l'efficacité et la rentabilité des diverses structures antiérosives et des autres techniques de gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols.

Chapitre 1 - INTRODUCTION

. Le Yatenga, province du Nord-Ouest du Burkina Faso est une région soudano-sahélienne (pluies de 400 à 700 mm en 5 mois), à fort taux d'immigration. Il s'y pose avec acuité depuis le début du siècle et plus spécialement depuis la longue période sèche, des problèmes de dégradation du couvert végétal, de gestion de l'eau et de la fertilité des sols ; en d'autres termes, des problèmes d'équilibre agro-sylvo-pastoral en milieu tropical semi-aride, à sols pauvres fortement exploités par l'homme et les animaux.

. De nombreux projets de reboisement, de lutte antiérosive, de développement ou de recherche s'y sont succédés : le Yatenga est devenu un laboratoire d'essais pour la lutte antiérosive. L'originalité du projet de Recherche/Développement auquel collaborent le CIRAD/DSA, l'INERA et le CRPA du Nord est de tester et d'adapter en milieu paysan les produits de la recherche thématique (obtenus en stations expérimentales), d'assurer la formation d'une équipe locale et de fournir un appui scientifique au Centre Régional de Promotion Agro-pastorale du Nord ainsi qu'à l'INERA (Programme Recherche sur les Systèmes de Production). Le projet R/D est financé par le Fonds d'Aide et de Coopération (Conventions n° 174/83 et 272/88).

. C'est dans ce cadre que le Département Systèmes Agraires (DSA) du CIRAD a demandé à l'ORSTOM (Département MAA) trois missions d'appui et d'évaluation des réalisations dans le domaine de la gestion des eaux de surface, de l'érosion et de l'aménagement des terroirs du Yatenga (ROOSE, 1986-87-90). Cette troisième mission couplée avec un stage de formation pour 16 techniciens supérieurs sur la gestion conservatoire de l'eau et des sols organisé par l'ETSHER (Ecole inter-Etats des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural) s'est déroulée du 14 janvier au 3 février 1990.

. L'objectif de cette mission est triple : la formation de techniciens de la région, l'évaluation de 4 années de coopération dans ce domaine et la formulation de perspectives pour l'avenir de ce projet qui va dorénavant se fondre dans le projet Vivrier Nord Yatenga.

. Outre les 18 heures de cours dispensées à l'ETSHER (voir ROOSE, 1990 - Notions de base sur le ruissellement, l'érosion et la gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols. ORSTOM-CNEARC, 120 p.), nous avons visité en 3 semaines autour de Ouahigouya, Sabouna, Ségué, de nombreuses opérations réalisées par le CIRAD/DSA, le CRPA, l'AFVP, le FEER, le PAE, l'Association 6S et le GERES. Elles concernent :

la lutte antiérosive : (mise en défens, diguettes de terre, cordons de pierres, bandes enherbées, digues filtrantes, radiers et seuils sur ravines, boullis, mares et barrages collinaires) ;

la fertilisation des sols : (fumières, compostières, travail du sol, zaï et paillage) ;

la revégétalisation : (semis d'Andropogon, bois de village, haies vives, reboisement particulier, végétalisation des structures antiérosives, productions fourragères) ;

la production animale : (productions fourragères, réserve de foin, haies vives, parcs et enclos améliorés).

. Cette note voudrait rappeler la problématique de la dégradation des sols, analyser les réalisations (faisabilité, coût et appropriation paysanne) avant de formuler quelques propositions d'aménagement en fonction de la diversité du milieu et des systèmes d'exploitations et des recherches à poursuivre. En annexe sont présentés un bref aperçu de la lutte contre le ravinement ainsi qu'une liste bibliographique sélective.

. Que tous ceux qui ont participé à la réalisation des trois missions trouvent ici ma reconnaissance pour le temps précieux qu'ils m'ont consacré à partager leurs expériences et en particulier, M DUGUE du CIRAD, CAVAILLE et CAMPHUIS de l'ETSHER, le PAF, le PAE, l'AFVP et le CRPA de Ouahigouya, SERPANTIE et LAMACHERE de l'ORSTOM ainsi que le Fonds d'Aide et de Coopération.

Chapitre 2 - DIVERSITE DU MILIEU PHYSIQUE ET HUMAIN

. Il se cache une grande diversité de situations écologiques, sociologiques, ethniques dans la zone soudano-sahélienne du Yatenga (latitude 13 à 14°N). Il faudra soigneusement en tenir compte pour dessiner les points saillants des aménagements de terroir à proposer aux paysans éleveurs.

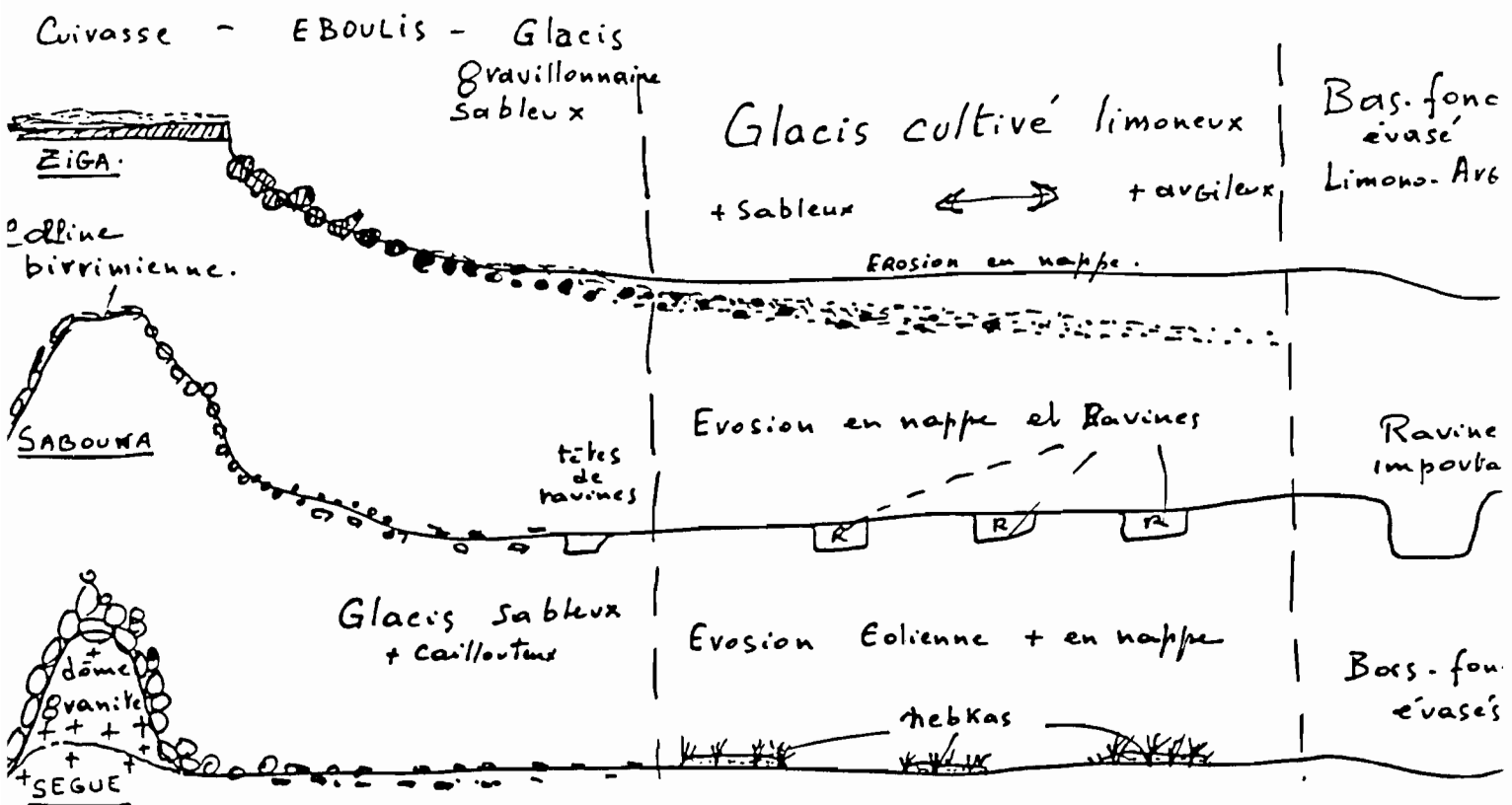
Pour la faire apparaître, nous prendrons trois exemples de terroirs étudiés : Ziga sur granite et cuirasses, 22 Km au Sud de Ouahigouya, Sabouna, 40 Km au Nord-Ouest (granite et schistes birrimiens, Ségué (sur granite et cuirasses) à 85 Km au Nord-Ouest. Le tableau I résume quelques caractéristiques, les schémas des toposéquences et quelques propositions d'aménagement. Mais, on est loin d'épuiser toute la diversité du milieu.

Plus on va vers le Nord, moins il pleut, plus l'élevage est important par rapport aux productions végétales, plus les populations sont mélangées, peu denses (80 à 10 habitants par Km²), plus l'érosion éolienne se fait sentir et les sols sont sableux et pauvres en matières organiques, plus les savanes sont dégradées et les plus grands arbres localisés dans les bas-fonds, plus il y a de transhumance, moins nombreux sont les axes de drainage, plus les rivières sont dégradées, plus les routes sont rares et dégradées (zones frontalières).

TABLEAU I - Diversité de la zone soudano-sahélienne du Yatenga

	ZIGA	SABOUNA	SEGUE
Pluies annuelles 1970 - 1989	600 + 200	550 + 175	500 + 170
Roches	granite/cuirasse	granite/cuirasse collines schistes birrimiens	granite/cuirasse
Sols	ferrugineux lessivés sablo-limoneux	- idem/granite - bruns vertiques sur roches vertes	ferrugineux sableux et limoneux dans les bas-fonds
Végétation	savanes arborées parcs	parcs arborés	brousse tigrée herbes forêt galerie
Population densité hab/Km ²	80 - 60	50 - 40	20 - 10
Ethnies	Mossi	Mossi + Peulh	Peulh - Mossi - Foulse Foulbe - Rimaïbe
Système de production	agriculture céréalière + petit élevage versants + bas-fonds	idem + élevage transhumant	Elevage extensif Agriculture intensive dans les bas-fonds

Suite TABLEAU I : Diversité de la zone soudano-sahélienne du Yatenga



AMENAGEMENTS : PARCOURS

GLACIS CULTIVE

BAS-FONDS

ZIGA . Parcours : végétalisation
 . Impluvium, boulis

- Cultures sous impluvium
- Cordons pierreux végétalisés
- Bandes enherbées, haies, lignes d'arbres
- zaï ou billonnage cloisonné

- digues filtrantes
- digues en terre
- rizières, sorghos
- arbres fruitiers
- fourrage intensif

SABOUNA . Idem +
 . Enrochement têtes de ravines
 . Dignes filtrantes

- Idem +
- Correction de ravines
- Soussolage, zaï, boulis, jardins et irrigation d'appoint

- idem sauf riz
- correction ravines = seuils

SEGUE . Cordons pierreux pour végétalisation
 . Récupération du ruissellement au pied des collines par citerne ou boulis

- Revégétalisation des parcours
- Haies vives, bandes Andropogon
- Soussolage croisé sec, débutage, zaï
- Parcs mobiles améliorés
- Mares surcreusées

- puits + irrigation contre saison
- fourrage intensif
- jardins
- quelques grands arbres

Chapitre 3 - LA PROBLEMATIQUE : L'EROSION EST LA CONSEQUENCE D'UNE MAUVAISE GESTION

3.1. LES CAUSES

. Les vieux paysans interrogés à Ziga ont bien saisi la complexité de la dégradation des terres ces 40 dernières années. "La pluie a diminué ; les arbres et les herbes ont disparu ; les sols nus ruissellent trop fort : l'eau emporte la terre, la fumure et même les plantes ; le ruissellement creuse de profondes ravines qui assèchent les puits".

. En réalité, en 40 ans (= mémoire d'homme), la population a doublé ou triplé et surtout le bétail s'est beaucoup développé (fois 10) à la faveur des années 60 particulièrement humides. Pour nourrir tout ce monde, il a fallu étendre les cultures, défricher des terres de plus en plus fragiles, cultiver les champs plus longtemps et réduire les jachères et les terres de parcours (d'où surpâturage), arracher les souches des champs pour introduire la mécanisation (d'où les *zipellés****), vendre du bois en ville et surcreuser les puits.

. Résultat : la végétation, les sols, le réseau de circulation de l'eau se trouvent dégradés. Les formes spectaculaires d'érosion sont la conséquence actuelle d'une longue spirale de dégradation : tenter de les effacer par des structures antiérosives coûteuses ne servirait à rien. Le mal est plus profond : il tient à la vitesse de dégradation des matières organiques du sol, très rapide sous les climats chauds et humides. La plupart des paramètres de fertilité des sols tropicaux dépend des matières organiques des sols, de la capacité de stockage de l'eau et des nutriments, de l'apport progressif de nutriments sous forme assimilable, de la structure et de la résistance à l'érosion, de la macroporosité et de la capacité d'infiltration. Or, ces horizons humifères contiennent un nombre impressionnant de micro-organismes : insectes, termites, vers de terre, rats, etc... qui transforment ces matières organiques complexes et en tirent leur subsistance. Sous savane non dégradée (apport 5 à 7 t/ha/an) et sous forêt (apport de 9 à 15 t/ha/an), les racines et la litière ramènent chaque année 5 à 15 t/ha de matières organiques à la surface du sol (remontées biologiques) : elles compensent largement les pertes par minéralisation ou par drainage. Le sol étant couvert, il y a peu d'érosion. Avec le temps, le sol s'améliore : c'est le rôle de la jachère qui demande 5 à 20 ans pour restaurer la fertilité d'un sol plus ou moins dégradé.

. Le surpâturage transforme et réduit la biomasse disponible pour l'humification et tasse le sol ; le feu répété, encore plus. Il sélectionne les espèces pyrophiles et élimine les jeunes semis d'arbres. Sans lui, d'immenses espaces de savane redeviendraient des forêts sèches. Le défrichement par le feu minéralise brutalement la biomasse et libère tous les nutriments accumulés pendant des dizaines d'années (pertes par le vent, le drainage, l'érosion et la fumée - 80% de l'azote -). De plus, le sol nu est soumis à la battance des pluies qui va détruire les agrégats du sol, séparer les particules fines (argile, limon), les matières organiques et les nutriments qui vont fuir avec les eaux de ruissellement (érosion sélective en nappe) et laisser en place les sables et gravillons (squelettisation des sols). La battance des pluies crée des pellicules de battance et de sédimentation qui réduisent considérablement la capacité d'infiltration des sols (l en baisse de 30-100 mm/h pour un profil naturel à 1-10 mm/h pour un sol battu). Par la suite, se développe le ruissellement, l'érosion en rigole puis en ravine dont les dégâts dépendent de la masse du ruissellement et de sa vitesse.

. Or, les cultures des zones semi-arides couvrent mal le sol et laissent peu de résidus sur le terrain : 0,5 à 1,5 t/ha de racines et de 0 (arachides, coton) à 2-4 t/ha/an de pailles (mil, sorgho, maïs) et ils sont broutés par le bétail errant, utilisés pour les cases et l'artisanat ou même brûlés avant la préparation du lit de semence. Il est donc normal que les sols se dégradent (en 4 à 10 ans) mais le travail du sol répété, mécanisé ou motorisé accélère encore la vitesse de minéralisation des matières organiques du sol. Voilà les causes de l'érosion (surpâturage, défrichement abusif, agriculture minérale et feu sans jamais de régénération). Il est donc insuffisant de réduire les manifestations de l'érosion (ravines, inondation) ; il faut changer le système de gestion, restaurer le potentiel de production en rétablissant la machine biologique (gestion de la biomasse). Diversifier les méthodes de lutte antiérosive en fonction des divers processus d'érosion. Rétablir un équilibre harmonieux entre les arbres, les animaux et les cultures pour

*** zipellé : zone blanchie, encroûtée et tassée où rien ne pousse plus car les pluies ruissellent à >80% (terme Mooré).

développer leurs interactions positives en vue de l'intensification de la production à laquelle nous sommes tous condamnés.

3.2. LES STRATEGIES DE LUTTE ANTIEROSIVE

3.2.1. Stratégies traditionnelles

. Face à ces problèmes de dégradation des couvertures pédologiques et végétales, certains paysans ont tenté de réagir par des stratégies traditionnelles de gestion de la fertilité des sols (parcs à *Acacia albida*, à Néré, à Karité et Tamarinier, jachères, cultures associées, contrat de fumure, parcage de saison sèche sur les champs cultivés, zaï, etc...) et de gestion de l'eau (boullis, alignements de pierres ou d'*Andropogon*, jardins de bas-fonds...) mais en ordre dispersé. Ces méthodes traditionnelles souvent très complexes et astucieuses n'ont pas résisté à la pression démographique, aux techniques nouvelles d'intensification (engrais minéraux, travail mécanisé du sol, irrigation) et à l'éclatement des sociétés traditionnelles collectivistes et égalitaires (MARCHAL, 1979).

3.2.2. Stratégies d'équipement rural

. Devant l'ampleur des problèmes, une série de projets ambitieux (GERES : 200 000 ha en 3 ans ; FDR puis FEER : 50 000 ha en 12 ans, etc...) se sont succédés qui ont développé une stratégie d'équipement rural (issue du livre de BENNET : USA, 1939). Des ingénieurs sortant des grandes écoles et mandatés par le pouvoir central ont imposé aux paysans (illétrés donc ignorants), des techniques modernes mises au point dans les pays tempérés industrialisés (diguettes ou fosses de diversion construites au bulldozer, diguettes perméables dans les exutoires ravinés (ex. SABOUNA), soussolage du glacis gravillonnaire, demi-lunes, mares et retenues collinaires construites au bulldozer, bois de village, etc... Des techniques qui, bien que souvent intéressantes, se sont révélées dispendieuses, inadaptées aux climats tropicaux et inopérantes parce que personne ne pouvait les entretenir dans les pays pauvres d'Afrique. Les paysans ne se sentaient pas concernés et même, découragés ! "Si les blancs avaient *mis le paquet* et pourtant n'avaient pas gagné contre l'érosion, comment les paysans pourraient-ils faire avec leurs faibles moyens ?". Et ils ont continué leur mode traditionnel d'utilisation du terroir sans tenir compte des structures fragiles du GERES ! (voir MARCHAL, 1979 et MIETTON, 1986).

3.2.3. Stratégie de développement rural

. Devant les échecs répétés des stratégies d'équipement (DRS-CES) qui bénéficient plus aux citadins qu'aux paysans, de nombreux chercheurs et économistes ont critiqué ces méthodes inefficaces tant aux USA qu'en Afrique du Nord et de l'Ouest.

. Dès les années 1980, de nombreuses ONG ont développé des projets modestes respectant mieux l'environnement et les intérêts des paysans (PAE, PAF, AFVP, etc...). L'OXFAM (P. WRIGHT, 1983-85) a étudié les méthodes traditionnelles Mossi de restauration des sols (cordons de pierres et zaï) et les a perfectionnées. L'AFVP (et d'autres) a développé les diguettes filtrantes sur les ravines actives (BERTON, 1987 et ROCHETTE, 1988). L'ORSTOM a étudié l'efficacité de cordons pierreux, de diguettes perméables et de petits barrages sur sols sableux (SERPANTIE, LAMACHERE, 1989). ROOSE a étudié l'efficacité de cordons pierreux, de diguettes perméables et des microbarrages perméables (ROOSE, BERTRAND, 1971 ; ROOSE, PIOT, 1984 ; ROOSE, 1986) et a développé une nouvelle stratégie de lutte antiérosive basée sur les besoins des paysans et la diversité des processus naturels en jeu: la Gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols (G. CES). Elle comprend 3 étapes qui s'étalent sur 10 ans.

1) - Enquêtes sur les risques d'érosion, la diversité des causes, des processus et des facteurs. Enquêtes sur la façon dont les paysans ressentent ces problèmes et proposent des solutions.

2) - Expérimentation sur les champs et avec les paysans des méthodes arrêtées ensemble, leur faisabilité, leur efficacité, leur rentabilité (coût et rendements).

3) - Plan d'aménagement intégrant l'eau, les cultures, les arbres et l'élevage à l'échelle d'un petit bassin, d'un versant ou d'un quartier de culture. Chaque technique doit être simple, facile, à la portée d'un exploitant ou d'une petite communauté rurale, peu coûteuse, rapide, efficace et rentable rapidement. Il s'agit d'augmenter la biomasse (donc les rendements), de réduire le ruissellement ou de le capter pour le rendre productif, d'intensifier la culture en couvrant le sol et d'accélérer le turn-over (voir ROOSE, 1983-88-90 et le Bulletin du Réseau Erosion n° 9).

3.3. AMENAGEMENT INTEGRE : INTERACTIONS AGRICULTURE-ELEVAGE-AGROFORESTERIE

. De nombreux projets ont promu l'agroforesterie non seulement pour agrémenter notre environnement, pour répondre aux besoins en bois de chauffe (bois de village), pour restaurer les sols mais aussi parce que l'arbre a un rôle très important à jouer en interaction avec la production végétale (remontée biologique, production de feuilles et de fruits) et avec la production animale (fourrage). De plus, si on veut faire face à la fois aux besoins en bois de feu et en perches, ce n'est ni sur les sols cuirassés ou gravillonnaires (impropres à la culture) ni dans les bas-fonds (épuisement des nappes) mais sur le glacis limoneux cultivé qu'on peut cultiver des *arbres à usages multiples* à faible densité (20 à 40 arbres/ha). Pour les forestiers et les aménagistes, le bétail est considéré comme une contrainte aux améliorations du terroir (divagation en saison sèche) et une cause de la dégradation des parcours (surpâturage en saison des pluies). Pour les zootechniciens au contraire, et pour les paysans, le troupeau est une possibilité de capitalisation, une source de revenus substantiels et l'unique chance d'entretenir la fertilité des champs (fumier). L'aménagement intégré du terroir exige qu'on veuille à intensifier l'élevage en augmentant la production et la qualité du disponible fourrager, en organisant les zones de parcours (berger) et en organisant la commercialisation pour déstocker le capital si l'on prévoit un manque de fourrage.

. D'un système d'exploitation extensif adapté jadis à une population de 20-30 habitants par Km vivant en autosuffisance, il va falloir **passer à un système intensif** moins consommateur de surface, mais plus exigeant en travail pour exploiter à fond les potentialités de la nature, accélérer le turn-over et développer toutes les interactions intéressantes entre l'eau, le sol, les nutriments, les arbres, les animaux et les cultures. Il va d'abord falloir restaurer la fertilité des sols, arrêter l'hémorragie des eaux et des nutriments par le ruissellement, réorganiser la structure des horizons superficiels et reconstituer les cycles naturels par la gestion de la biomasse.

3.4. LA DIVERSITE DES METHODES DE GESTION DE L'EAU EN FONCTION DU BILAN HYDRIQUE

. L'observation de la diversité des techniques culturelles et de la gestion de l'eau entre le Nord de la Côte d'Ivoire (Sénoufos de KORHOGO) et le Nord du Burkina Faso (Mossis du Yatenga), a amené ROOSE (1989) à distinguer 4 zones dans la région soudano-sahélienne.

- "**Drainage farming**" : dans la zone où il pleut plus de 1 000 mm. Organisation du drainage des excès d'eau à certaines époques de la saison des pluies (gros billons et exutoires).
- "**Rainfed farming**" : si les pluies varient entre 700 et 1 000 mm. Evacuation du ruissellement provenant du parcours sur les collines (diguettes de protection et exutoire) mais infiltration totale des pluies sur les champs (billonnage cloisonné).
- "**Runoff farming**" : si les pluies varient entre 700 et 400 mm. Tentative de gérer les eaux des impluvium pour compléter l'irrigation des champs après les périodes de pluies déficitaires (boulis, cordons pierreux, digues filtrantes ou barrages).
- "**Valley farming**" : si les pluies sont d'ordinaire inférieures à 400 mm. L'agriculture intensive se réfugie dans les vallées tandis que les versants sont livrés aux pâturage extensif (ex. vallée de Keita au Niger, la mare d'Oursi au Burkina Faso).

. Il est clair qu'au Yatenga, du Sud au Nord, on passe progressivement du système de culture pluvial (rainfed farming) à la collecte du ruissellement (runoff farming cas le plus fréquent) et vers le Nord plus sableux, à un système d'élevage extensif tandis que l'agriculture intensive se

concentre dans les bas-fonds limono-argileux (ex. Ségué). Cependant, quelques dunes sont colonisées par les cultures de mil (transition vers le système "Valley farming").

Chapitre 4 - ANALYSE DES REALISATIONS

. Suite aux travaux de DUGUE sur l'intensification des systèmes de cultures et aux missions d'appui de ROOSE (1986-87), RODRIGUEZ a développé en 4 ans dans une dizaine de villages, une approche d'aménagement concerté avec les paysans visant à augmenter les productions agro-sylvo-pastorales et à conserver l'eau, les sols et la fertilité. Les actions ont été appuyées par de nombreux stagiaires du CNEARC, de l'ENGREF de Montpellier, de l'IDR de Ouagadougou et les encadreurs du CRPA de Ouhigouya, les techniciens de l'INERA et les enquêteurs du projet R/D (voir liste bibliographique en annexe). D'emblée, le projet a diagnostiqué les problèmes se posant au niveau du terroir et a engagé un dialogue avec les groupements villageois :

- pour évaluer l'ampleur des problèmes de gestion de l'eau et de la productivité des sols et la perception qu'en ont les paysans ;
- pour situer dans l'espace les problèmes et les aménagements (cartographie au 1/10 000 sur photos aériennes ;
- pour développer avec eux des méthodes simples visant l'ensemble des petits bassins versants (70 à 250 hectares), des structures antiérosives perméables réalisées par les groupements cultivant ces quartiers de culture (cordons de pierres ou d'herbes, etc...), des techniques culturales efficaces respectant leur disponibilité en temps de travaux et les outils rudimentaires dont ils disposent, des arbres choisis pour leurs utilités multiples et leur adaptation aux conditions écologiques de chaque segment de versant, le mode de gestion des animaux (gardienage, mise en défens temporaire pendant la revégétalisation, parcase).
- pour établir avec eux un contrat d'aménagement par quartier de culture rassemblant 20 à 40 exploitants qui se connaissent bien. Ce contrat est traduit en mooré et fixe les engagements réciproques de la population et du projet pour plusieurs années.

. Pour éviter de nous égarer dans des commentaires sur les multiples aménagements visités, nous présenterons successivement les problèmes tels que les paysans nous les ont décrits, la démarche technique et l'analyse des réalisations. Nous récapitulerons au dernier chapitre les propositions pour la recherche et pour le développement.

4.1. AMENAGEMENT INTEGRE A L'ECHELLE D'UN BASSIN VERSANT OU D'UN QUARTIER DE CULTURE

a) - Problématique

. Les paysans observent d'une part la dégradation progressive de la productivité de leurs terres et d'autre part, les dégâts causés par les eaux ravinantes venant des collines qui emportent de leurs champs la fumure organique, les résidus de culture et la terre fertile : on constate effectivement au Yatenga, l'extension des zones dénudées appelées zipellés (MARCHAL, 1979-86). Les paysans demandent en priorité qu'on les aide à barrer les ravines et à récupérer les terres dégradées et les eaux de ruissellement pour irriguer leurs parcelles souvent déficitaires en eau.

. Techniquement, c'est l'ensemble du versant ou mieux, du bassin versant qu'il faut traiter en variant les techniques en fonction des conditions humaines et écologiques : les cuirasses, les plateaux, les éboulis, le glacis gravillonnaire (= généralement le parcours des animaux et le lieu de prélèvement du bois), le glacis sablo-limoneux (bloc de culture) et les bas-fonds inondés ou non (rapport ROOSE, 1986 et ROOSE, 1989).

. Mais, cette approche techniquement valable se heurte souvent à des échecs suite aux défauts d'entretien et d'appropriation des aménagements communautaires par les gestionnaires

des terres et de la végétation (propriétaires, locataires ou usufruitiers partiels). On a donc commencé par sensibiliser les paysans par des opérations rapidement payantes sur les parcelles cultivées individuellement à l'intérieur des quartiers de culture : travail du sol en sec ou en humide, semis en ligne à forte densité, sarclage mécanisé (houe manga), légère fumure minérale (50 Kg/ha d'engrais coton) et organique (5 t/ha tous les deux ans de poudrette ou de compost), variétés à cycle court quand les pluies commencent tardivement et les structures antiérosives perméables (cordons de pierres végétalisés, bande d'Andropogon s'il manque de pierres, divers seuils dans les ravineaux).

b) - Suggestions en 1986

. Nous avons suggéré de ne pas se limiter à la protection du bloc de terres cultivées mais, de prévoir un aménagement progressif de tout le bassin versant en associant intimement maïs à dose variable selon les lieux et les gens, l'élevage, l'arboriculture et les cultures annuelles, avec diverses structures de gestion de l'eau.

*** Sur les collines, les cuirasses, les éboulis de blocs et les glacis**

gravillonnaires : pâturage extensif à base d'arbustes fourragers et de graminées, car il n'y a pas assez de réserve hydrique en surface pour les cultures.

Aménagement : mise en défens temporaire et replantation d'arbustes et d'herbes, soussolage et diguettes en croissant pour capter le ruissellement.

*** Sur le glacis limoneux à pente faible** : cultures intensives à l'intérieur d'un cadre arboré.

Aménagements : cordons filtrants de pierres sur des courbes de niveau lissées, renforcées à l'amont par l'Andropogon, soutenus à l'aval par des haies vives contenant 20 à 40 arbres à usage multiple par hectare ; espacement des cordons de 15 à 50 mètres selon les risques climatiques, la pente et les sols ;

- . travail du sol : buttage cloisonné ;
- . gestion des résidus de culture : fumier, compost ou paillage ;
- . gestion des nutriments : fumier + NPK.

. Le cadre foncier stabilisé (haies vives + terrasses progressives) devrait servir de base à l'intensification et à la diversification (fruits, bois, fourrage, litière) de la production ainsi qu'à la gestion du bétail (réduction de la divagation).

*** Sur les bordures de bas-fonds** : domaine de l'intensification.

Aménagements : puits et petits jardins, rizières ou sorgho associés à diverses cultures maraichères et fourragères, arboriculture fruitière, diguettes filtrantes ou petites digues en terre.

c) - Réalisations en 1986-89

. Une approche bassin versant par quartier de culture sous contrat avec des groupements paysans a été négociée et mise en place en 1986-89 par RODRIGUEZ dans quatre quartiers de culture (107 + 196 + 220 + 180 ha) à Ziga, (180 + 220 + 2 à Sabouna), 1 à Kerga (80 ha), 2 à Dingiri (120 et 80 ha), 90 ha à Randola, 25 ha à Ségué et Déré, soit 1 508 ha touchés par les différentes formes d'aménagement en quatre ans.

d) - Analyse et suggestions

. Le travail est réalisé en saison sèche en investissement humain par les groupes concernés (sans rémunération sauf localement quelques rations PAM pour des chantiers collectifs de régénération des pâturages) avec une aide sélective du projet R/D Yatenga : encadrement, camion pour le transport des pierres et des plants d'arbres, des engrais et un tracteur soussoleur pour l'implantation des cordons de pierres. Le projet exige un gros investissement humain (40-30 hommes/jour/ha pour les cordons de pierres, 1/2 journée/ha pour les bandes enherbées en Andropogon, 30 à 55 jours pour les plantations d'arbres mais on travaille en groupe dans les champs de tous les participants du groupe, avec des aides sélectives du projet pour accélérer les

aménagements. Pour l'instant, il ne peut réussir sur les villages situés à proximité d'un chantier aurifère (ex. Sabouna : 1989).

. Le modèle d'aménagement est évolutif : il doit être suivi et corrigé chaque année en fonction des erreurs, des pluies exceptionnelles, des moyens disponibles et des réussites des divers traitements expérimentés en parcelle paysanne par les paysans, les stagiaires et les techniciens. Cependant, on ne peut demander un effort important prolongé ; au bout de 3-4 ans, une fois l'autosuffisance alimentaire assurée, les gens se fatiguent et ressentent des besoins monétaires qu'ils n'arrivent pas à satisfaire par la vente de leurs excédents céréaliers. Comme il fait trop sec pour le coton, on désire cultiver du riz (céréale rare pour les fêtes) ou des légumes, élever des animaux, vendre du bois, tenter la chance dans les sites aurifères ou partir quelques mois valoriser son travail à l'étranger. Pour faire évoluer ces aménagements, le projet a donc développé et valorisé son volet "Commercialisation, Epargne et Crédit". Enfin, on a plus investi dans les systèmes de culture que dans **l'élevage et la culture d'arbres : ces deux possibilités de capitalisation devront être développées à l'avenir.**

. Le projet a touché sept villages en réalisant un plan d'aménagement de 10 quartiers soit 1 508 ha en quatre ans ! C'est très modeste en comparaison des besoins immenses de la zone soudano-sahélienne. Il reste à démontrer que ces réussites plus ou moins exemplaires pourront faire tâche d'huile dans les villages voisins ! On s'en est tenu à des méthodes simples, de moins en moins coûteuses et réalisables par des individus ou des petits groupes d'agriculteurs sans autre appui qu'une brève formation (niveau à eau et quelques autres techniques qui sont connues en milieu traditionnel).

. Cependant, on peut se demander si ce modèle d'aménagement est reproductible dans tout le Yatenga et ailleurs dans la zone soudano-sahélienne ? On constate une forte intervention du coopérant (L. RODRIGUEZ), des stagiaires et des animateurs du projet, mais il s'agissait de mettre au point de nouvelles techniques et de les améliorer. On pourrait se passer du camion ou même du tracteur, mais cela rallongerait très nettement les temps de transport des cailloux : il faudrait alors choisir la méthode des bandes enherbées et des haies vives... à mettre au point ! Jusqu'ici, on a su éviter les méthodes trop coûteuses qui démobilisent les villageois, corriger les erreurs (c'est toujours instructif) et faire bénéficier des aménagements réussis à toute la communauté villageoise. Mais bien des méthodes restent encore à expérimenter (ex. le zaï forestier, le soussolage croisé en sec pour accélérer le zaï) ; organiser la commercialisation des produits excédentaires (routes, marchés, prix raisonnables), évaluer plus scientifiquement la faisabilité et l'efficacité des différentes méthodes préconisées en milieu paysan sur granite, sur roches vertes et sur dunes sableuses (observatoires expérimentaux).

4.2. AMENAGEMENT DES RAVINES

a) - Problématique

. Les paysans considèrent les ravines comme un obstacle à la circulation et une cause manifeste des pertes en eau, en fertilisant et en surface cultivable. D'où les tentatives vouées à l'échec de reboucher les grosses ravines (voir les "Dix commandements pour l'aménagement des ravines", en annexe).

. Techniquement, les ravines sont le signe de l'abondance du ruissellement à la surface d'un bassin, due au ralentissement de l'infiltration des eaux pluviales soit par des croûtes de battance, soit par tassement du sol (surpâturage ou travail du sol en mauvaises conditions ou par manque de matières organiques), soit par la nature même des sols (sols bruns, hydromorphes ou vertiques). Il faut donc à la fois améliorer l'infiltration au niveau des champs et des parcours (état de surface ouvert, couvert végétal au ras du sol, techniques de travail du sol), ralentir les écoulements superficiels (structures antiérosives, rugosité de la surface des terres) et stabiliser les berges et le fond des ravines. Il faut enfin maintenir un canal suffisant pour évacuer les débits maxima des eaux de pluies excédentaires.

b) - Suggestions en 1986

- Commencer à l'amont par bloquer les têtes de ravine par enrochement des zones actives d'affouillement.
- Améliorer la rugosité, la capacité de stockage et l'infiltration des terres environnantes (travail grossier du sol, soussolage, billonnage cloisonné).
- Fixer les ravineaux par de petits seuils en grillage s'appuyant sur des piquets de fer (fixés dans le sol avec des tendeurs), consolidés par des blocs de latérite à l'amont et un pavage à l'aval pour absorber l'énergie du tourbillon de chute.
- Végétaliser rapidement les sédiments par des herbes à l'amont et par des arbres et arbustes à l'aval et tout au long des berges.

c) - Réalisations en 1986-89

- . Stabilisation d'un ravineau de Ziga (quartier Baoghin) par divers barrages en grillage + pieux + blocs de latérite et enherbement du canal.
- . Reprise des 13 digues filtrantes du GERES à Sabouna (B.V. TANG SAIGA) et cordons pierreux sur les terres environnantes pour ralentir et diminuer les débits de pointe dans les grandes ravines.
- . Radiers et seuils en gabions avec dissipateur d'énergie en gabion pour protéger le passage des routes rurales croisant une grosse ravine : les piétons et vélos peuvent circuler en permanence sur le seuil en gabion et les voitures sur les sédiments sableux abondant dès la première pluie.
- . Essai de stabilisation d'un ravineau de Boukéré et de capture des eaux de ruissellement pour les épandre sur les champs voisins à l'aide de gros cordons pierreux perméables.
- . 2 radiers permettant de franchir le grand bas-fond de Ségué en saison des pluies (pour accéder aux champs de brousse) et 5 digues filtrantes sur les passages d'eau.

d) - Analyse et suggestion

. Les ravines sont une manifestation spectaculaire de l'érosion qui frappent les passants et témoignent d'une forte dégradation des terres déjà attaquées depuis longtemps par l'érosion en nappe, plus discrète mais plus insidieuse. D'où la tentation d'interventions massives et coûteuses (200 000 à 500 000 CFA par seuil sur les grandes ravines), sur ces manifestations de l'érosion sans traiter leur cause : le ruissellement provenant de la battance des sols dénudés (surpâturage et dégradation de la structure des horizons superficiels cultivés). Heureusement, le projet R/D Yatenga n'a traité que les points les plus urgents à savoir, quelques radiers en gabion dans les grandes ravines, au niveau des routes rurales indispensables pour l'économie d'échange des villages et quelques ravineaux attaquant les terres fertiles.

. On peut regretter que rien n'ait été entrepris dans la zone des parcours communautaires pour stopper l'érosion régressive des têtes de ravineau entaillant la couverture pédologique peu épaisse du sommet des glacis : quelques enrochements localisés et quelques lignes de pierres suffiraient à réduire les pertes de surface utile et les transports solides... donc de réduire l'envasement des retenues collinaires ou des bas-fonds en aval.

. De même, on pourrait envisager non seulement de réduire les débits de pointe et de stocker les sédiments par les aménagements de ravines mais aussi, **de les valoriser** par les plantations de fourrage ou d'arbres d'intérêt économique (fourrages, fruits ou bois de qualité) qui profiteraient des apports exceptionnels en eau et en nutriments (voir le Bulletin n° 9 du Réseau Erosion et les jardins de ravines en Haïti).

. Il est peu probable que la capture des eaux de ruissellement dans les ravineaux pour pratiquer une sorte d'irrigation d'appoint sur les terres environnantes, donne des résultats satisfaisants. En effet, les ravines ne coulent que quand les sols sont saturés et l'apport d'un volume d'eau supplémentaire à ce moment ne ferait qu'aggraver les risques de ruissellement, de décapage de l'horizon meuble et de ravinement sur les champs. Par contre, il devrait être possible de faciliter la stabilisation des ravines en piégeant les eaux de ruissellement en tête de ravine ou à la limite amont du glacis limone-sableux en aménageant des citernes, mares ou boullis creusés dans le sol ; les matériaux extraits sont utilisés pour élever des digues en demi-lune et pour fabriquer des briques en banco.

Cette eau peut servir à l'alimentation du bétail (diminution des risques de dégâts dans les cultures et des distances parcourues pour joindre les points d'eau, gain de poids) ou encore à l'irrigation d'appoint d'un petit jardin intensif de quelques milliers de mètres carrés.

. Il est important de rappeler le choix nécessaire entre trois stratégies :

1) - soit traiter les bas-fonds plus ou moins ravinés (lieu naturel de concentration de l'eau et des nutriments) en construisant des séries de digues filtrantes permettant la sécurisation de la production mais une mise en valeur très localisée (1 hectare à la fois, 5 à 8% de la surface des bassins versants). Les eaux de surface concentrant les moyens disponibles (crédits, pierres, fumier, eau, temps de travaux) sur des terres fertiles appartenant à un nombre très limité de paysans (problème foncier à régler avant de commencer les travaux, construction communautaire mais utilisation par quelques individus). Ceci se justifie dans les zones semi-arides recevant moins de 400 mm de pluie en moyenne, à faible densité de population (ex. Ségué et le Nord du Yatenga) où les risques d'échaudage des cultures sur les versants sont élevés.

2) - soit favoriser l'infiltration sur les versants dans les zones à pluviosité de 400 à 700 mm. Avec les mêmes moyens, cette stratégie permet de traiter des surfaces 10 à 20 fois plus larges (20 à 50% des bassins versants), de valoriser par de nombreuses familles de paysans, tout en protégeant mieux l'ensemble des sols cultivés sur le versant et le bas-fond par l'étalement des crues. Il s'agit du "Runoff farming" où l'on valorise les eaux de pluie et de ruissellement du parcours sur les champs de culture aménagés avec des structures perméables, exemple : la culture sous impluvium à Bidi (SERPANTIE et LAMACHERE, 1989) et à Ziga (BEDU, 1986).

3) - soit de favoriser l'infiltration sur les champs cultivés tout en évacuant les eaux ruisselant des collines et des parcours dans les exutoires aménagés dans les zones à plus de 700 mm. Il s'agit du "Rainfed farming" (*sensu stricto*) ou système de culture à partir des eaux pluviales des champs protégés des écoulements provenant du haut des collines (ex. projet PAE de Ouahigouya : DUDECK, 1986).

. Au Yatenga, après la longue période de sécheresse qui a marqué très profondément les paysans et les éleveurs, la plupart des paysans souhaitent récupérer les eaux de ruissellement provenant des parcours, des zipellés, des collines et glacis gravillonnaires.

. S'il est difficile d'utiliser ces eaux ruisselantes durant la pluie sur les sols encroûtés et détrempés à l'aval des impluvium, on peut suggérer d'en stocker une fraction dans les citernes, mares, microbarrages ou trou d'eau entourés des terres formant une digue de 1 à 2 mètres de haut en forme de croissant de 25 à 50 mètres de diamètre, d'une capacité de 100 à 1 000 m³ (cf. bouli de Ouedraogo Soumaïla à Boulou, RODRIGUEZ, 1989). De même, certaines têtes de ravines aménagées en citernes, le seuil étant modifié en digue avec exutoire central ou latéral (sur les cuirasses de bas de pente).

. L'observation de nombreux échecs de traitements de ravines dans la région nous amène à rappeler certaines règles (cf. les "Dix commandements pour l'aménagement d'une ravine") : la nécessité de commencer l'aménagement dès l'amont du bassin en piégeant les eaux dans les boullis, en ralentissant la vitesse des écoulements par l'installation d'un couvert arboré et de cordons pierreux, d'enrocher les têtes des ravines actives et de protéger les ouvrages contre l'affouillement latéral (manque d'axe d'un bon ancrage dans les berges) ou central (tourbillons de chute favorisant l'érosion régressive).

. Là où manquent les pierres de qualité, on peut tenter soit d'élargir le ravineau pour le transformer en un chapelet de mares, soit de ralentir les écoulements par des lignes très serrées d'arbustes, soit de construire de véritables seuils à l'aide de pneus usagés ou de sacs remplis de terre sableuse trouvée sur place. Aucune structure mécanique n'est stable avant sa végétalisation. Beaucoup de gabions n'ont été remplis que de grosses pierres laissant l'eau passer trop vite et creuser des renards : il faut colmater le centre du gabion avec de petites pierres.

4.3. LES STRUCTURES ANTIEROSIVES SUR LE GLACIS CULTIVE

a) - Problématique

. Au Yatenga, beaucoup de paysans souhaitent capter les eaux ruissellantes des collines, les ralentir, les étaler sur leurs champs, augmenter le volume infiltré dans le sol et piéger les charges solides sablo-limoneuses riches en nutriments : il s'agit d'un transfert de fertilité. Traditionnellement, les paysans alignaient les cailloux disponibles et des blocs de latérite perpendiculairement à la pente ou autour de leurs champs soit en lignes (simples alignements de grosses pierres) soit en cordons plus ou moins perméables (plusieurs étages de grosses pierres).

. ROOSE (1986) a montré que ces microbarrages perméables sont mieux adaptés pour lutter contre l'érosion en Afrique Occidentale que les diguettes en terre, les fossés ou les banquettes de diversion proposés depuis BENNET (1939).

b) - Suggestions ROOSE en 1986

. Etablir des cordons de pierres à deux étages pour piéger une nappe d'eau et de sédiments (sables, agrégats et matières organiques) et laisser passer l'excédent d'eau. Aligner les pierres sur une courbe de niveau préalablement lissée au centre des parcelles afin de permettre la culture attelée sur des bandes cultivées parallèles, de largeur constante entre 20 et 33 mètres selon la pente et les risques de fort courant d'eau.

. Renforcer ces structures mécaniques toujours fragiles (bétail divagant) par des structures biologiques : tapis de graminées (*Andropogon*), à l'amont et haies vives plus un arbre tous les 5 mètres (pour mieux gérer l'espace et le bétail), à l'aval.

. Au cas où les carrières de pierres seraient trop éloignées, serrer des lignes de sorgho, des haies vives ou construire des diguettes basses (2 billons) en terre avec "fusible" tous les dix mètres (= filtre de pailles tenus par des piquets ou des cailloux).

c) - Réalisations en 1986-89

. En plus des cordons pierreux sur courbes de niveau lissées et parallèles, RODRIGUEZ a testé sur les bassins versants le traçage des courbes de niveau lissées suivi d'un passage de tracteur tirant deux dents soussoleuses (profondeur 20 cm en sec) à 150 cm de distance, délimitant une zone de mise en défens de part et d'autre des cordons de pierres et la ligne de plantation des arbres (piquets verts) et arbustes (haie vive fourragère). Cette technique a été abandonnée car les paysans cultivent du sorgho dans les raies de soussolage (ce qui est contraire au but visé !). Coût : 1/2 heure de tracteur à 6 000 CFA/heure.

. Les essais de fixation de diguettes en terre par des arbustes et des herbacées ont montré l'intérêt des *Acacia nilotica* et le semis direct d'*Andropogon* à mi-pente des diguettes qui ont encore 25 cm de haut après quatre saisons pluvieuses ! Les autres herbes ont disparu ou sont trop envahissantes dans les champs (ex. *Hypomea*), (bassins versants de Yakin, à Ziga). La plantation d'arbustes en amont des diguettes n'est pas toujours meilleure à la plantation en aval (plus d'eau mais aussi, risque d'engorgement !).

. Les diguettes en terre séparées par les "fusibles" (cordons de pailles et de branchettes) ont toutes été cassées au contact terre-paille. Il faudrait renforcer ce contact en couvrant largement les bords de diguettes par les pailles, ou mieux, en remontant de deux mètres les diguettes

en amont de la courbe de niveau et en fixant ce seuil à l'aide d'un pavage de grosses pierres (cf. projet FAO dans la vallée de Keita, Niger).

. L'essai de plantation de trois rangs de sorgho servant de piquets pour entasser de grosses tiges de sorgho et des branchettes qui formeront la base d'une microterrasse progressive, n'a pas été convainquant (semis tardif, dispositif trop étroit, pas de répétition). Il faudrait le reprendre car les lignes de résidus laissées en place en juin 1987 ont été colonisées comme prévu par les termites et l'on constate en 1990, l'amélioration de l'infiltration, le piégeage de graines, la naissance d'un tapis herbacé qui a formé un placage sableux de 10 cm de haut. Ce pourrait être une alternative en zone sableuse (Nord). Cette méthode peut servir aussi pour récupérer les zones dégradées éventuellement avec des branchettes de bois mort (cf. projet forestier FAC/IDA/CCCE, au Niger).

. Les essais de haies vives ont confirmé l'intérêt de :

- 1 - *Acacia nilotica*
- 2 - *Ziziphus mauritiana*
- 3 - *Commiphora africana*
- 4 - *Euphorbia balsamifera* (H = 1,2 m).

L'*Acacia holocericea* pourrait donner un brise-vent acceptable (H = 3 m) mais il est trop cassant.

. Les essais de semis direct de haies vives à Ziga (quartier Souba, 1988 et Légoum, 1989) et de Balanites à Sabouna (1988), ne sont pas très encourageants. Par contre, le zaï forestier observé à Gourga sur le zipellé sablo-gravillonnaire de M. SAVADOGO Seidou, nous a paru une technique astucieuse, efficace et pleine d'avenir. Il semble que les jeunes semis forestiers souffrent énormément (voir programme de mission) de la concurrence des herbes comme *Andropogon* qui les étouffent en deux ans.

. Les semis d'*Andropogon* (graines scarifiées) ont généralement mieux donnés que le bouturage (attaques des termites).

. Devant les cordons de pierres, les bandes d'*Andropogon* étalent bien la nappe ruisselante et tiennent bien les cordons. Après deux ans, l'*Andropogon* se resème de lui-même entre les pierres et alentour dans les champs ; mais cet envahissement ne semble pas gêner les paysans trop contents de ce fourrage apprécié du bétail (encore vert fin janvier).

. Les essais de semis d'*Andropogon* en bande ont bien tenu à Ziga comme à Sabouna. Les paysans coupent vers 20-50 cm les tiges pour produire des sécos et abandonnent le restant des feuilles sur le terrain pour le bétail qui tond régulièrement les lignes. A condition d'élargir la bande de semis à un mètre et de maintenir un couvert continu (pas des touffes isolées qui laissent couler l'eau entre elles), cette méthode du semis direct d'*Andropogon* (+ diverses graminées) semble très prometteuse là où il y a peu de pierres, en particulier dans le Nord : il faudrait étudier leur dynamique avec les années, en fonction du mode d'exploitation.

d) - Analyse et suggestions

La proposition de ROOSE en mai 1986 de lisser les courbes de niveau (donc de ne plus cultiver "exactement" en courbe de niveau alors que les ONG ont fait tant d'efforts pour apprendre l'usage du niveau à eau aux paysans) a d'abord été fortement critiquée (risque de mouvements d'eau latéraux et de concentration d'eau dangereuse si on ne cloisonne pas). Assez vite, les avantages de cette méthode (jusqu'à 30% d'économie de pierres et de travail, adaptation à la culture attelée) sont apparus supérieurs aux inconvénients (nécessité de cloisonner les champs, d'augmenter sa rugosité et éventuellement de regarnir localement le cordon avec de grosses pierres).

Actuellement, cette technique n'est pas encore suffisamment appliquée par les ONG : les diguettes ne sont pas suffisamment rectifiées pour favoriser le retour de la culture mécanisée. Même si les paysans appliquent exactement le suivi des courbes de niveau, les eaux se rassemblent en

filets ! Tout l'art est donc de modifier petit à petit la topographie de la parcelle à l'occasion des travaux culturels et de consolider les passages d'eau avec des pierres plus grosses et de l'herbe (microseuils).

. La mise en place de lignes et de cordons de pierres s'étend de façon progressive mais souvent de façon anarchique. Il serait temps de proposer aux communautés de quartiers de culture de travailler tous à l'ensemble de leurs quartiers selon des plans d'aménagement globaux des bassins versants (comme à Ziga et Sabouna). Aménager un bloc de 60 hectares est sûrement plus efficace que 60 parcelles d'un hectare. De toute façon, il faut prévoir au bout des cordons de remonter 2 à 5 mètres en amont de la courbe théorique pour conserver les eaux piégées sur le champ, sans quoi, les eaux se déversent en ravinant sur la route ou les champs voisins. Les croisements des pistes avec les cordons sont toujours délicats : la meilleure solution est de continuer le cordon et de charger la piste de terre jusqu'à ce que la bande de roulement passe sans difficulté par dessus le cordon (ex. GOURGA).

. L'usage du tracteur pour marquer les bandes d'arrêt permet d'accélérer les travaux d'aménagement (par exemple, les plantations d'arbres) mais il augmente le coût (trois mille CFA par hectare) et n'est pas disponible pour tous les paysans. Il peut être utile mais pas indispensable. Par contre, l'usage d'un camion et de charrettes (cent mille CFA) est vraiment nécessaire pour accélérer les travaux.

. Le point le plus critique est, qu'après avoir fait des diguettes en terre partout pendant vingt ans (en déclarant qu'elles donnaient une augmentation des rendements), on fait maintenant toute une variété de digues filtrantes et de cordons de pierres *sans avoir étudié sérieusement leur fonctionnement lequel est diversifié* en fonction des sols, de la topographie, de la rugosité du terrain et du mode d'exploitation.

On ne dispose que d'une série de quatre années de résultats à Bidi sur un type d'aménagement (cordon de petites pierres), sur un type de sol (dune de sable fin sur cuirasse à pente supérieure à la moyenne), avec une culture (le mil) et deux techniques culturales (débuttage traditionnel et labour).

Or, les résultats des études très intéressantes de SERPANTIE et LAMACHERE (1989) montrent bien la complexité de l'influence de l'aménagement en cordons de pierres, en fonction de la rugosité du sol et de la hauteur des averses sur le ruissellement (étalement de la crue sauf si le sol est battant) et sur l'érosion (action plus forte).

N'est-il pas urgent de comparer la faisabilité et l'efficacité des différentes méthodes de lutte antiérosive en différents milieux ? Il est probable par exemple, que des cordons de pierres à Ségué ou Déré sur sols sableux soient hors de prix (rareté des pierres) et pas plus efficaces qu'une bande d'Andropogon ou qu'un bon brise-vent (RODRIGUEZ, 1989). Les grosses digues de terre recouvertes de pierres (style projet Keita) ont fait peut-être autant de tort que de bien en retenant trop d'eau (engorgement et formation d'une mare) (projet BIT/ACOPAM près de Déré). Le coût des cordons pierreux pour un hectare varie de 40 à 65 hommes x jours + une demi-journée à une journée de camion (dix-sept mille à trente-huit mille CFA d'essence). Un exploitant et sa famille arrivent à aménager un hectare par an en cordons pierreux. Il est probable que si le paysan consent à investir tant de travail sur sa terre, c'est plus en raison de la prise de possession de sa terre par l'aménageur, que pour lutter contre l'érosion en nappe dont il ne mesure pas bien l'importance sur la productivité du sol et de ses heures de travail.

4.4. MICROBARRAGES EN TERRE ET DIGUES FILTRANTES

a) - Problématique

Suite à la sécheresse, nombreux sont les paysans qui souhaitent stocker les eaux de ruissellement et les récupérer sur leurs parcelles, soit au bas des glacis gravillonnaires, soit dans les bas-fonds. Nous avons déjà décrit les boullis creusés à la limite des parcours et du glacis limoneux cultivé. Dans les petits bas-fonds, différents modèles de digues filtrantes et de digues en terre avec exutoires latéraux ont été testés (AFVP, PAE, ORSTOM) pour étaler les débits de pointe, récupérer des sédiments et améliorer localement la production, introduire des espèces appréciées pour les fêtes (riz),

pour garder une réserve d'eau pour le village et le troupeau ainsi que pour réalimenter la nappe phréatique dans les alluvions (jardins irrigués en contre saison et vergers).

b) - Suggestions en 1986

- . Prévoir des déversoirs suffisamment larges en vue du retour des années humides et des averses exceptionnelles (160 mm en deux jours en juillet 1989). Extrémités des digues renforcées par des blocs de cuirasse ou des petits radiers. Protection des berges à l'aval.

- . Eviter de creuser (banco pour les briques) trop près des digues qui risquent de s'ébouler lors des mises en eau successives.

- . Protéger les digues en terre contre l'érosion pluviale (paillage et enherbement), contre le clapotis (perrets en amont) et le piétinement du bétail (haie d'épineux à l'aval).

- . Dimensionnement correct des impluvium en fonction du volume des réservoirs et des champs aménagés pour l'irrigation.

c) - Réalisations en 1986-89

- . L'impluvium du bassin de Bossombore à Ziga étant trop grand (sept fois la surface cultivée), la parcelle cultivée sous-jacente fut ravinée malgré les cordons pierreux (BEDU, 1986). Début 1987, on a donc élargi la surface cultivée jusqu'à atteindre le rapport impluvium/champ = 4. Depuis, le paysan a encore récupéré une partie de l'impluvium (glacis sableux) ce qui réduit le rapport à 3.

- . Pompage manuel dans les micro barrages (boulis) et répartition des eaux d'irrigation par des tuyaux rigides haute pression en polyéthylène jusqu'à des rigoles et ensuite inondation progressive des champs préparés en Zaï (ex. à Boulin) ou des planches de cultures maraichères (Sabouna). L'ETSHER a mis au point une pompe manuelle à chapelet capable de débiter $6\text{m}^3/\text{heure}$ (coût environ cent mille CFA). RODRIGUEZ conseille de creuser un puits complémentaire pour rentabiliser durant la saison sèche, le jardin aménagé pour produire deux à trois cultures par an, protégées par des haies vives et/ou un grillage.

- . Le projet n'a pas construit de digue en terre. Il a renforcé les digues filtrantes mises en place par le GERES : leur coût est assez élevé.

d) - Analyse et suggestions

- . La tendance de capter les eaux de ruissellement et les sédiments fertiles qu'elles transportent est traditionnelle dans les zones semi-arides, plus sèches que le Yatenga. Mais, avec la période de sécheresse, les paysans recherchent la sécurité et la productivité de leurs champs, même au prix d'un gros investissement en travail (possible en saison sèche quand c'est nécessaire pour la survie) et en crédits ; coût : un demi million à un million de CFA pour créer un hectare de rizière, sans compter le salaire des coopérants techniques si on construit une digue en gabions (BERTON, 1987) ou une retenue fournissant de l'eau en permanence au village.

- . A Madagascar, les paysans des hauts plateaux récupèrent et aménagent les bas fonds et les "lavakas" à l'aide de petites diguettes en mottes (de terre + touffes d'herbes) de 50 cm de haut pour installer des rizières en tête de vallée. Ne pourrait-on pas réaliser des chapelets de ces diguettes avec des touffes d'Andropogon ou de vétiver pour obtenir de petits casiers planés rizicoles ? La saison des pluies est-elle assez longue pour assurer régulièrement le cycle du riz ?

- . Quant aux digues filtrantes, elles sont utiles pour protéger des aménagements situés en aval (micro barrages et rizières) pour améliorer le bilan hydrique de petites parcelles en amont (rarement plus d'un hectare de sorgho et localement de riz) et pour recharger la nappe dans les colluvions (arboriculture : les puits des maraichers ne tarissent plus en saison sèche). L'importance des "jardins de soudure" et des "jardins potagers et fruitiers de contre saison" est telle qu'on doit encourager l'aménagement de citernes, micro barrages et digues filtrantes à condition qu'elles complètent

l'aménagement des versants (cordons de pierres, etc...) pour permettre une protection plus satisfaisante de l'ensemble du paysage et une amélioration de l'utilisation des eaux de surface disponibles. Il faut cependant bien distinguer les types de bas fond et le rôle de chaque type d'aménagement. Sur bas fonds ravinés, les digues filtrantes capturent beaucoup de sédiments qui vont combler la ravine et restaurer une productivité élevée sur de petites surfaces. Par contre, sur bas fonds plats, les solides sont généralement en suspension fine et les dépôts ne dépassent guère 1 à 2 mm/an : la digue filtrante ne retient pas assez d'eau pour cultiver du riz (désir des paysans) et trop pour cultiver du sorgho (ex. digue filtrante de Solobo près de Titao). C'est un investissement lourd qu'il faut bien cibler. Il devrait être possible d'installer un filtre devant la digue pour conserver la hauteur d'eau nécessaire au riz, mais les vergers environnants risquent de souffrir d'excès d'eau.

- . Nous avons observé de nombreux défauts de conception et de réalisation :
 - fosse creusée trop près de la digue (il faut un "trottoir" d'un mètre) ;
 - digues non protégées qui s'affaissent ;
 - impluvium mal dimensionné : ravinement dans les champs ou sur les exutoires ;
 - pas de déversoir du tout (protection des bouts de digue par des cailloux).

4.5. LES TECHNIQUES CULTURALES

a) - Problématique

. En milieu paysan traditionnel, après la saison sèche, le sol reste dénudé (70 à 100% de résidus sont pâturés ou emportés vers l'habitation), tassés et encroûtés suite à la battance des pluies. Les premiers orages (avril-juin) qui devraient permettre de préparer convenablement le sol, ruissellent à 50-80% (ROOSE, 1980) entraînant le retard des semis, des pertes de nutriments (complexe argilo-humique, résidus organiques, fumures organiques flottantes), le dessèchement des versants et l'inondation des bas-fonds. Par ailleurs en fin de cycle, le stockage insuffisant des eaux pluviales dans le profil réduit le rendement en cas de déficit pluvial aux stades épiaison, floraison et remplissage des grains.

. Les recherches en station (Nicou, et Coll, 1986 - Somé, 1989) ont montré qu'un bon labour à plat ou un scarifiage en humide permettent de bien installer la culture (gain de rendement de 30 à 50%), tandis que des sarclages répétés ou un buttage cloisonné effectué trois ou six semaines plus tard entraînent un bon stockage de l'eau dans le sol aux stades épiaison-floraison et un bon remplissage des grains (gain supplémentaire de 10 à 50% par rapport au témoin fertilisé mais non travaillé). Cependant, l'effet bénéfique des techniques culturales est limité par la capacité du sol à stocker le complément d'eau infiltrée dans le profil et par l'extension de l'enracinement (pas vrai sur sols sableux, graveleux ou cuirassés). Malheureusement, ces essais ne donnent aucune information sur l'effet des techniques testées en milieu paysan sur sol pauvre, dégradé, très peu fumé. Rien non plus sur l'impact d'un soussolage ou d'un scarifiage effectué en sec après les récoltes.

b) - Suggestions en 1986

. Pour réduire ce ruissellement catastrophique en début et en fin de saison des pluies, nous avons suggéré :

- des essais de travail du sol en sec, avec des boeufs bien nourris, directement après les récoltes, en période fraîche, avec deux dents écartées de 80 cm (= maille du semis).
- une réflexion sur la gestion des résidus de culture : fourrage, fumier, compostage ou paillage directement à la surface des champs ;
- une sole fourragère de régénération des propriétés physiques par semis très dense de sorgho-mil et de légumineuses à enracinement puissant ;
- la création de haies arbustives et de lignes d'arbres dont les feuillages peuvent participer puissamment à l'entretien de la fertilité des sols.

c) - Réalisation en 1986-89

. Suite aux années sèches, beaucoup de paysans n'ont plus de boeufs et le travail du sol est manuel ou très superficiel (houe manga après la première pluie). Dans 20 à 50% des cas, le semis est très rapide (un hectare par jour) et s'effectue en ligne pour assurer mécaniquement le sarclage (et un léger buttage) qui constitue le principal goulot d'étranglement : il arrive fréquemment que le paysan abandonne une partie des surfaces semées si les herbes poussent trop vite.

. Dans la zone Nord Yatenga, plus sableuse et plus sèche, un bon travail du sol risquerait de retarder le semis et de limiter la durée du cycle de croissance. Les Peulhs sèment très vite et, par la suite, assurent une certaine rugosité du sol en même temps que le sarclage (ici un débattage des pieds de mil).

. En mai 1987, des essais du CEEMAT de scarifiage à sec à l'aide de diverses dents effectués sur le plateau Mossi n'ont guère été satisfaisants sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les plus répandus (compaction trop forte en fin de période sèche).

. Le pic fouisseur testé avec succès par SERPANTIE sur les sols sableux de Bidi, n'a laissé aucune trace après la première pluie à Sabouna et Ziga sur le haut du glacis sablo-limoneux !

. Le tracteur muni de cinq dents rigides n'a pas donné satisfaction non plus (raies de 5 cm !) ; par contre, avec un soc soussoleur, il a atteint 20-25 cm de profondeur sur ce même glacis dégradé de Sabouna. Différentes combinaisons d'outils et d'espèces végétales ont été utilisées en vue de végétaliser rapidement le zipellé au-dessus du bouli Isdarga près de Sabouna. Aucun traitement n'a donné satisfaction.

. Fin janvier 1990, par temps frais avec des boeufs bien nourris, un essai comparatif Zaï, soussolage et soussolage croisé a été effectué aux boeufs avec la dent introduite par LEROY du Niger :

- . à Sabouna : sur sol sablo-limoneux : la dent n'est descendue qu'à 10 cm ;
- . à Ségué, sur un zipellé limono-sableux en appuyant bien sur les mancherons des corps de soussoleuse, on a observé une profondeur de 11 à 14 cm et un entonnoir de 12 à 19 cm d'ouverture avec des mottes de 5 à 15 cm de diamètre !
 - . le temps nécessaire pour un soussolage + rayonnage = six heures et demi à l'hectare ;
 - . le temps pour un soussolage croisé à 0,8 x 0,8 = treize heures soit trois jours de travail des boeufs (à quatre heures de travail par jour) ;
 - . Zaï : temps nécessaire pour creuser un trou de 30 cm de diamètre : $h = 15 \text{ cm à } 0,8 \times 0,8 \text{ m} = 15 \text{ 625 trous} \times \text{une minute} = 260 \text{ heures} + \text{les repos environ } 300 \text{ heures soit } 75 \text{ jours de quatre heures} + \text{cinq jours de transport et épandage de fumier} = 80 \text{ jours/ha de Zaï sur sol sablo-limoneux ;}$
 - . sur soussolage croisé, le temps pour creuser le Zaï est réduit de moitié : soit 150 heures + 11 heures de soussolage = 40 jours + 5 jours de fumier = 45 jours.

Ceci permettrait à un exploitant de récupérer 0,5 à 1 hectare de zipellé par an. Mais, peu nombreux sont les paysans qui ont encore des boeufs dressés.

Pour que la dent s'enfonce plus et éclate mieux le sol, il faudrait lui rajouter deux petits fers cornières de 3 cm (taillés en pointe).

d) - Analyse et suggestions

. L'intérêt d'un bon travail de sol révélé en station en bonne condition de fertilisation n'est pas discutable, mais on peut se poser des questions sur l'absence de l'extension de l'utilisation des charrues en milieu paysan.

D'une part, le labour profond après les premières grosses averses retarde la date de semis (risque d'échaudage des grains si la saison des pluies s'arrête tôt).

D'autre part, les paysans manquent de l'énergie nécessaire pour le réaliser correctement (pas de tracteur et peu de bovin en bon état en fin de saison sèche) si bien qu'ils réalisent rarement un labour de plus de 10-15 cm de profondeur.

Enfin, ils ne recherchent pas la production maximale (leur sol serait trop vite épuisé) mais la sécurité et le rendement optimal pour le travail fourni.

D'où l'intérêt de travaux réalisés en sec ou aux dents consommant moins d'énergie. Avec des boeufs bien nourris, avec les résidus de récolte, en décembre-janvier où il fait frais et où les sols sont un peu moins durs qu'en mai, on arrive à peine à éclater le sol sur 10 cm. Il faudrait poursuivre les recherches pour observer l'influence de cette technique intéressante sur l'infiltration des premières pluies, sur la date de levée, sur le développement du mil dans la raie de soussolage et finalement, sur son rendement.

. Par ailleurs, il serait intéressant de suivre chez le paysan, sur ses sols pauvres et dégradés, les effets cumulatifs sur les rendements et sur le sol du labour profond comparé au travail superficiel, au paillage et au semis direct traditionnel.

. Le paillage, technique de fumure traditionnelle des terres dégradées, bien connue des Mossi qui ne disposent pas de bétail ni de fumier, est très efficace pour favoriser l'infiltration (rôle actif des termites). Cependant, l'épandage des pailles restantes et de branchettes de légumineuses peu apprêtées n'est pratiqué que sur de petites surfaces et généralement sur les terres les plus dégradées des petits paysans. ROOSE a été surpris cette année d'observer avec les stagiaires de l'ETSHER, un grand champ de sorgho à Longa où les résidus de culture (sorgho et mil) s'accumulent depuis deux saisons sur le champ. La culture est manuelle et très facile car les termites consomment et fragilisent les pailles qui forment un beau matelas couvrant plus de 80% du sol. A voir le diamètre des tiges, les rendements devraient être tout à fait satisfaisants (confirmation par le paysan très content de ce système qui lui demande très peu de travail). Cette technique nécessite la surveillance permanente du troupeau. Elle pourrait être combinée à une culture dérobée de légumineuse à enracinement profond semée lors du deuxième sarclage sous le couvert de la céréale (cf. les essais de Monsieur VALLEE à Garoua, Cameroun).

. Dans la zone centrale du Yatenga sur les sols limono-sableux, on devrait obtenir des résultats satisfaisants en semant sur la raie de soussolage après scarifiage rapide du sol après la première pluie. Deux sarclo-buttages, suivis d'un cloisonnement permettraient de briser quatre fois la croûte de battance et de stocker suffisamment d'eau dans le sol pour remplir les grains.

Dans les sols sableux de la zone Nord, le soussolage en sec - ou le Zaï sur zipellé - permettrait un semis très précoce et il serait intéressant de comparer la méthode traditionnelle de sarclage + débutage laissant les plants de mil dans des creux où se concentrent les eaux de ces micro-impluvium avec des techniques de sarclo-buttages cloisonnés, plus faciles à mécaniser.

. Les pratiques de fertilisation organiques à très petites doses (2 à 5 t/ha/an) mais localisées sous le poquet sont très répandues sur l'ensemble de la zone, en particulier dans la méthode du Zaï réservée à la restauration des zipellés (ROOSE, PIOT, 1984). C'est une méthode traditionnelle Mossi qui consiste à creuser (en saison sèche, fraîche) un trou de 30 à 50 cm de diamètre, 15 cm de profondeur tous les 0,8 à 1,2 m de distance et de rejeter la terre en aval pour former un croissant. Avec le vent, du sable, des feuilles et résidus de culture y sont piégés que les termites exploitent. Au début de la saison des pluies (15 mai-15 juin), le paysan y dépose une à deux poignées de poudrette (1,5 à 2,5 t/ha/an) ou de compost. Il sème en poquet dix à vingt graines (en sec ou après la première pluie) de mil sur sol sableux gravillonnaire ou de sorgho sur limon et sur les passages d'eau (le sorgho supporte mieux l'engorgement). Lors des premières pluies, le ruissellement très abondant sur ces sols encroûtés est piégé dans ces cuvettes et pénètre profondément dans le sol par les canaux des termites pour former une poche d'eau à l'abri de l'évaporation directe (5 à 10 mm/jour à cette saison). Les graines germent rapidement, trouvent des macropores, de l'eau et des nutriments en profondeur, profitent du pic de minéralisation de l'azote et prennent de l'avance sur les adventices qui ne poussent que dans la cuvette (apport de semences dans les déjections non fermentées) très peu sur le sol encroûté. Au sarclage, certains paysans gardent quelques pousses forestières qui profitent bien de cette situation inespérée (sol remué, concentration d'eau et de fumier). En quatre à cinq ans, ces graines préparées

par le tube digestif des chèvres vont former un taillis des espèces les plus résistantes à la dégradation : on pourrait y réintroduire d'autres espèces utiles, mais chaque paysan a sa manière de réaliser son Zai et il est étonnant qu'on n'ait jamais étudié cette méthode très diversifiée et dont on pourrait tirer le meilleur parti pour restaurer les terres délicates, surtout si on pouvait mécaniser ne fût-ce qu'une partie du travail épuisant demandé (300 à 500 heures de travail par hectare), réduites à 160 heures par hectare si on procède au sous-solage croisé avant de creuser le Zai.

Quant à la fumure minérale, elle est très peu utilisée, d'autant plus que la région (ou la saison) est sèche. Pourtant, tous les sols sont carencés en phosphore et en azote, parfois en K-Mg et oligoéléments (plus rare). Comme il n'y a aucune culture qui puisse rentabiliser ces intrants, ils sont utilisés parcimonieusement de peur que les céréales ne développent trop de feuillages et n'aient plus assez d'eau pour remplir les graines en fin de saison. Une bonne technique consiste à mélanger des phosphates calciques dans le fumier ou le compost et de ne compléter la fumure (50 ou 100 Kg d'urée) que lorsque la saison se déroule normalement (date de semis avant le 15 juillet et pas de période sèche aux stades floraison-épiaison).

4.6. RELATIONS ELEVAGE-AGRICULTURE : LA GESTION DE LA BIOMASSE

a) - Problématique

. Pour le paysan africain, l'élevage sert de Caisse d'Épargne où il place ses disponibilités monétaires sans trop se préoccuper des potentialités fourragères du terroir au cours de la saison sèche. Il s'en suit une surcharge et une dégradation des parcours encore accusées par l'extension des cultures sur les hauts glacis et les bas-fonds (= jadis les derniers pâturages verts en saison sèche). En période de sécheresse, il faudrait déstocker le bétail. Mais, tout le monde veut vendre en même temps quand les fourrages manquent et les prix s'effondrent. C'est donc souvent un mauvais placement pour les pauvres (peu d'intérêt et perte fréquente du capital dans le cas de l'élevage extensif). Seuls les riches peuvent acheter suffisamment d'aliments pour bétail et vendre les animaux aux époques favorables (fête de la Tabaski).

Par ailleurs, les animaux qui parcourent la brousse fournissent le fumier et permettent d'entretenir la fertilité des champs cultivés. L'abondance du troupeau n'a pas seulement une signification sociale mais représente également un pouvoir économique (surface fumée et cultivée). Pour l'aménagiste et le forestier par contre, le bétail qui divague sur tout le terrain en saison sèche représente un obstacle incontournable à la plantation d'arbres et à la revégétalisation du bassin versant.

. Pour éviter la dégradation du milieu et restaurer le potentiel fourrager des parcours, il est donc urgent d'équilibrer les relations Elevage-Agriculture :

- . le troupeau fournit des ressources monétaires (surtout le petit bétail) et du fumier (= transfert de fertilité vers les terres cultivées) ;
- . les cultures fournissent des résidus de culture, du fourrage (fanés des légumineuses) et des tourteaux industriels (d'arachides, de graines de coton, de mélasse de cannes à sucre, drèches de brasserie, etc...) ;
- . il faudrait prévoir en outre, l'amélioration des parcours et une sole fourragère de régénération des parcelles cultivées (culture dérobée de légumineuses à enracinement profond).

b) - Suggestions en 1986

. Implantation de haies vives fourragères et d'arbres (piquets verts) le long des courbes de niveau et autour des champs dans la zone cultivée pour limiter la divagation du bétail et pour mieux gérer les stocks de résidus de culture.

. Régénération des parcours mis en défens : enrichissement en herbes et plantations d'arbres.

. Restauration des champs dégradés grâce au travail du sol, à l'enfouissement de matières organiques et à une culture dense de sorgho à fort enracinement.

c) - Réalisations en 1986-89

. Protection biologique des cordons de pierres, par une bande d'Andropogon semée en amont et une ligne d'arbustes fourragers en aval.

. Remplacement des cordons pierreux par des bandes d'arrêt enherbées en Andropogon : récolte des tiges pour l'artisanat puis broutage en saison sèche.

. Essais de végétalisation des parcours et zipellé par semis de graminées et d'arbustes dans les lignes de soussolage du sol ou dans des demi-lunes.

. Contrat d'aménagement comprenant une mise en défens temporaire de quartiers ; affouragement permis au piquet ou sous la surveillance d'un véritable berger.

. Quelques essais de cultures fourragères sur la sole de jachère (Andropogon, Pennisetum, Dolique, Niébé) et récolte de foin naturel stocké sous hangar.

. Lots de moutons engraisés au foin, à la paille enrichie à l'urée, aux fourrages.

. Etables nettoyées chaque semaine, fosses fumières à proximité des habitations et fosses compostières pour stocker les résidus de culture au champ.

d) - Analyse et suggestions

. Il est clair que la gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols, passe par la maîtrise de la divagation du bétail et la valorisation de leurs déjections. Or, l'élevage est l'un des thèmes les moins bien maîtrisés par les projets d'aménagement de terroir (ONG ou officiels), malgré les efforts officiels récents (les trois luttes contre la divagation du bétail, les feux et les défrichements abusifs).

. La taille du troupeau villageois doit être maintenue en équilibre avec la disponibilité fourragère pour éviter la dégradation du capital végétal et pédologique. Le problème consiste à la fois à organiser l'embouche et la vente des animaux dans de bonnes conditions, le transport groupé des animaux vers les marchés intéressants et la fourniture de compléments alimentaires issus de l'industrie (Caisse d'Épargne et de Crédit), en même temps que l'intensification de la production fourragère et de la conservation de ses qualités (aspects zootechniques).

. Au Mali (Kébé, 1989), l'implantation d'une sole fourragère de légumineuses (*Stylosanthes hamata*) à la place de la jachère semble devoir améliorer la fertilité des sols en même temps que rentabiliser au mieux la production animale. Au Yatenga, la récolte de foin vert et la culture de légumineuses fourragères en est encore au stade expérimental (depuis les essais du GERES en 1964). On n'obtiendra probablement des résultats significatifs sur les productions fourragères que lorsqu'on aura réussi à rentabiliser l'élevage intensif et l'embouche des nombreuses carcasses trop maigres pour être vendues à un prix intéressant. Il faut noter que les cultures d'arachide et de niébé, connues mais peu répandues au Yatenga, peuvent apporter un complément fourragère intéressant, mais laissent le sol tassé, compact et plus dégradé qu'après la culture céréalière : toutes les légumineuses ne sont pas améliorantes ! Il faut donc trouver des légumineuses qui laissent au sol une biomasse racinaire suffisante pour améliorer à la fois les propriétés physiques et chimiques du sol (remontées biologiques par l'enracinement profond).

. L'apport en fourrage de qualité par les bandes d'andropogon et par les arbustes fourragers doublant les cordons pierreux n'est pas négligeable et doit progresser à mesure de la croissance des haies vives et des arbustes. Il manque encore la mise au point des méthodes de gestion de ces arbustes et l'extension de ces implantations pour régénérer les parcours : la méthode du Zai forestier pourrait offrir une bonne solution à l'implantation rapide et bon marché de ces arbustes dans les zones dégradées.

. Il faudrait aussi reprendre la réflexion sur la gestion de la biomasse produite sur un terroir.

. **a) - Le fumier :**

Si on offre la majorité de la biomasse produite au *bétail* (= cas actuel), le sol ne pourra récupérer sous forme de "*poudrette*" que 30 à 40% de cette biomasse et des nutriments qui la composent. En effet, les animaux prélèvent l'azote, le phosphore, le calcium et pas mal d'oligoéléments pour produire leur carcasse ; par ailleurs, la majorité de l'azote et une partie des cations sont perdus suite à l'exposition des produits au soleil et à la pluie. Le transfert de fertilité par la fumure animale ne permet donc d'entretenir qu'une partie des terres, à peine un tiers de la surface du terroir. Si le terroir est très étendu et/ou si la surface cultivable est réduite à moins de 30%, ce système peut fonctionner temporairement mais entraîne à long terme la dégradation des terres de parcours. De plus, cette pratique ne corrige pas les carences.

Une amélioration appréciable pourrait provenir de la formation d'un vrai fumier - produit complexe fermenté provenant des contacts intimes des déjections solides et liquides avec des pailles qui, concassées par les sabots des bêtes, fixent une bonne partie de l'azote disponible. Grâce à leur fermentation, les graines qui transitent à travers le tube digestif des animaux (donc prêtes à germer et à gêner les cultures principales) seront dévitalisées : d'où une nette réduction du problème posé par le sarclage des champs "fumés".

Cette amélioration pourrait se faire soit par addition des pailles refusées par le bétail au niveau du kraal où les animaux sont gardés de nuit, soit par stabulation temporaire du troupeau sur une grande fosse fumière couverte chaque jour de quelques kilos de paille par animal. Ce traitement réduirait la corvée d'arrosage de la fosse fumière généralement accomplie par les femmes, qui n'ont pas accès au fumier pour leurs propres champs ! (Deux cent litres toutes les deux à trois semaines). En revanche, cette amélioration entraîne le transport de toutes les pailles vers la fosse fumière.

. **b) - Le compost :**

Si on concentre dans un *fosse compostière* les reliquats grossiers des résidus de culture après le passage du bétail et hachage des tiges en segments de 20 cm, on arrive après une saison pluvieuse et une saison sèche à produire un compost plus ou moins bien décomposé avec un minimum de travail : on a économisé le transport au village et le retour d'une dizaine de charretées de produits humides et pondéreux ! Mais, dans le cas de compost, on a également perdu 50% de la biomasse et peut-être encore plus des nutriments (soleil et lessivage des cations par les pluies excédentaires). De plus, on retarde d'un an le retour du stock de nutriments contenus dans les résidus. Même si certains paysans cachent dans les arbres les résidus destinés à leur fosse compostière, il est difficile de vider ces fosses de leur produits organiques en mai, pour les remplir aussitôt de pailles hachées sèches. La plupart du temps, ces fosses compostières restent vides une année sur deux (en particulier si on a cultivé des légumineuses, du coton ou même du maïs). L'observation du contenu de ces fosses compostières montre que leur fonctionnement est loin d'être satisfaisant partout : parfois les fosses ont été noyées par les eaux de ruissellement, parfois les termites ont exporté une bonne part des matières organiques, mais le plus souvent, les produits sont secs et mal décomposés car ils manquent d'azote et de phosphore (mauvaise fermentation). Si cette pratique de compostage n'est pas encore bien maîtrisée par la majorité des paysans (il faudrait planter des arbres autour de la compostière pour ombrager le tas et récupérer en profondeur les nutriments entraînés par les eaux de drainage), elle vaut mieux que le brûlis réalisé traditionnellement pour nettoyer la terre avant la préparation du lit de semences. On peut se demander s'il ne vaudrait pas mieux - si on dispose de charrettes - rentrer à l'étable tous les résidus pour les faire transformer plus rapidement et plus complètement par les animaux, maintenus en stabulation prolongée (par exemple, la nuit et l'après-midi).

. **c) - L'enfouissement des résidus** de culture semble bien difficile à préconiser étant donné l'importance économique du bétail, le manque de moyens mécaniques (pas de tracteur et sols trop durs en saison sèche pour le labour par les boeufs) et la faim d'azote que l'enfouissement de deux à quatre tonnes par hectare de paille risque de provoquer.

. **d) - Le paillage de surfaces** réduites, à l'aide des reliquats de résidus de culture et de branchettes de légumineuses arbustives peu appréciées, est une technique de "fumure" bien connue des paysans pauvres ne disposant pas de bétail. Bien que tout reste à faire pour mettre au point dans ces zones semi-arides, des méthodes de paillage efficace, il faut souligner la forte efficacité de cette méthode pour réduire le ruissellement et l'érosion, même si on ne couvre que 20 à 60% du sol. On pourrait donc envisager soit de laisser se développer une légumineuse dérobée peu appréciée sous une culture de céréale à grand écartement (= 6 à 18 mois de jachère), soit ranger les résidus dont on dispose et ne cultiver que la ligne de plantation, soit de travailler le sol, de semer et ensuite de répandre par-dessus, les jeunes branchages produits par les haies vives implantées le long des structures antiérosives et par les arbustes non appréciés des zones pâturées. Il en résulterait toute une série d'actions positives bien connues en station (cf. les travaux de l'IITA au Nigéria).

. L'action la plus risquée du projet R/D (tradition de divagation du bétail) est le contrat signé avec le groupement villageois de quartier engageant le projet à fournir un certain nombre de plantes forestières, petit matériel, transport des cailloux et encadrement, à condition que le groupement réalise divers aménagements à l'intérieur d'une zone de mise en défens pendant deux ans. Cette zone est signalée par des panneaux le long des routes et par des taches de peinture rouge sur les arbres délimitant la zone en défens. Un gardien est chargé de capturer les animaux divagant dans la zone, de les placer en fourrière et de les rendre au propriétaire moyennant une amende de cent CFA par animal. Cette mise en défens oblige les paysans à garder leurs animaux dans la concession ou de les grouper sous l'autorité d'un gardien rémunéré.

A Ziga, la mise en défens a bien fonctionné la première année jusqu'en avril, mais à partir de mai-juin, il fût difficile d'empêcher les animaux des quartiers voisins de se restaurer dans la seule zone où il restait quelque chose à brouter. La deuxième année, l'effet de cette mise en défens fût apprécié de tous les participants d'autant plus que les pluies furent abondantes ; aussi, la troisième année, les bénéficiaires demandèrent au projet de prolonger encore l'opération pour empêcher les troupeaux des villages voisins de consommer l'herbe de la zone protégée. Cette mise en défens a permis la plantation de deux mille arbres par quartier de culture et la régénération naturelle d'au moins autant d'espèces arborées locales : elle favorise l'appropriation des terres et du fourrage par une communauté rurale restreinte.

A Sabouna par contre, la présence de gros éleveurs impénitents et de site aurifère a réduit la volonté d'aménagement de la communauté et rendu la mise en défens inefficace. Il faudra donc établir les caractéristiques des villages où cette mise en défens est possible.

4.7. RELATIONS ARBORICULTURE-AGRICULTURE : L'AGROFORESTERIE

a) - Problématique

. Au village, mais surtout autour des villes, les besoins en bois de service et de feu croissent rapidement alors que leur disponibilité diminue et que leur source d'approvisionnement s'éloigne. De plus, l'extension rapide des cultures mécanisées entraînent des défrichement inconsidérés de terres fragiles. Or, en zone soudano-sahélienne, les plantations denses villageoises ou industrielles sont vouées à l'échec (pas rentables, croissance trop faible, pas d'entretien). Et si on plante les arbres sur des terres médiocres, ils végètent et sur les bonnes terres, la forêt entre en concurrence avec l'agriculture.

. Pour échapper à ces relations conflictuelles et pour réduire l'ETR et les risques d'érosion éolienne, nous avons proposé d'associer certaines espèces d'arbres aux cultures sur les bonnes terres, mais à faible densité (vingt à quarante arbres adultes par hectare) et en ligne pour permettre la mécanisation. Ce type d'agroforesterie où les arbres constituent un capital à intérêt composé, tout en favorisant la production agricole, existe depuis longtemps en Afrique Occidentale (cf. les parcs à Acacia albida, à Néré, à Karité, à raisinier ou à gommiers).

b) - Suggestions en 1986

. Pour éviter la concurrence hydrique, il faut :

- . choisir le type d'arbre : ombrage léger, structure des branches à angle aigu, légumineuse de préférence ;
- . élever les arbres : réduire à deux mois le temps de pépinière, tailler les branches basses ou mal venues et les racines superficielles horizontales ;
- . viser une production à objectif multiple : fruits, fourrage, paillage, bois divers.

c) - Réalisations en 1986-89

- . Etude du comportement de diverses espèces arbustives destinées à former des haies vives (semis direct ou plantation en sachets plastiques).
- . Distribution de plants choisis par les paysans avec l'aide du coopérant en vue de leur plantation en aval des cordons de pierres et autour des parcelles.
- . Plantation forestières sous grillage ou sous mise en défens.
- . Reforestation des terres dégradées, privées du haut glacis après soussolage croisé sans détruire ce qui existe naturellement.
- . Plantation de haies vives et brise-vents autour des jardins de contre saison.

d) - Analyse et suggestions

. La plantation d'arbres dans la zone d'agriculture a été bien acceptée par les paysans encore sous le choc de la longue période de sécheresse ; ils ont saisi la relation existant entre défrichement-ruissellement et assèchement du micro-climat. Et comme les pluies ont perdu 30% de leur hauteur, les paysans ont accepté toutes les propositions (ou presque) des divers projets. Maintenant que les pluies sont redevenues normales, les paysans regrettent d'avoir planté des épineux (très résistants à la sécheresse mais gênants dans les champs) et demandent des gros arbres, des haies à croissance rapide (Neem, eucalyptus) et surtout des fruitiers (acacia albida, baobab, néré, karité, sclerocarya et autres fruitiers sauvages ou des manguiers pour les bas-fonds). Les taux de survie varient entre 60 et 80% au bout de deux ans (GARBA, 1988).

. La plantation des haies vives en est encore au stade expérimental et les paysans n'en ont pas encore perçu l'intérêt pour cloisonner le paysage et mieux gérer le bétail. Par ailleurs, il faut que le commerce du bois s'organise non plus à partir des villes où l'administration forestière délivre des permis de chantier et de transport, mais à partir des paysans, sur leurs terres. Il faudrait que ces lignes d'arbres soient perçues comme un mode de diversification de la production et une sécurité pour les années sèches (où la vente des perches pourrait remplacer une récolte déficiente des céréales). L'objectif à long terme de conservation des sols (structures perméables formant des terrasses progressives) et de structuration du paysage (bocage pour mieux gérer le bétail et les matières organiques du sol) ne doit pas forcément être présenté dès le début de l'aménagement des terroirs.

. Jusqu'ici, l'implantation des arbres posait un problème : faut-il planter beaucoup d'arbres, avec peu de soin (comme dans la nature) ou planter et soigner jalousement quelques arbres aux endroits où ils ont le maximum de chance de se développer rapidement ? Les essais en champ paysan ne sont pas encore convaincants ! Les semis directs restent longtemps très petits et fragiles mais il est impensable d'exiger des paysans un travail du sol en tranchée avec incorporation de fumier pour implanter une haie vive ! La méthode du Zaï forestier est à la portée du paysan car elle permet de concentrer au pied des jeunes arbres à la fois la fumure organique et l'eau nécessaires à une croissance rapide dans un milieu peu hospitalier. La culture du mil la première année dans le même trou que les graines forestières, justifie l'épandage de 2,5 tonnes par hectare de fumier : la tige de ce mil, coupée à 50 cm protège quelque peu le jeune plant du broutage et des vents desséchants durant la première saison sèche. Des essais sur toutes les variantes du Zaï devraient être entrepris prochainement. Le semis de graines forestières récoltées et préparées par les paysans pourrait se faire directement dans les cordons de pierres et en limite des champs.

. La plantation d'arbres sur les terres cultivées, tout comme l'implantation de cordons de pierres peut être vécue comme une manière efficace pour un particulier de s'approprier pour longtemps une terre dont il n'a reçu que l'usufruit des vieux du village. Il se pose donc un problème foncier encore compliqué par la nationalisation de toutes les terres du Burkina Faso. Ceci expliquerait pourquoi les aménagements antiérosifs s'étendent mais ne sont pas entretenus : l'objectif des paysans n'est pas celui des aménagistes.

Ce problème devrait être discuté avec les chefs traditionnels des villages et avec les responsables officiels du gouvernement. Des titres de propriété pourraient être distribués aux courageux qui entreprennent l'aménagement conservatoire d'une surface raisonnable de terre. De même, le droit de pâturage sur les terres cultivées après la récolte devrait être revu (contrat de fumure, pâturage des résidus de culture, pâturage des parcours et kraal sur terres privées).

Le choix des arbres est capital. Il doit tenir compte :

- . des souhaits et des objectifs des paysans ;
- . des conditions pédo-climatiques (des stations, diraient les forestiers) ;
- . des besoins du marché local ;
- . de la disponibilité en pépinière d'espèces et de variétés sélectionnées, bien adaptées aux conditions locales. Comme ces dernières n'ont généralement qu'un nombre limité d'espèces, il faudrait entraîner les paysans à recueillir les graines des plus beaux sujets des espèces qui les intéressent pour les reproduire directement par semis (Zai) sans abimer le système racinaire profond.

Lors de cette mission, on a pu observer sur certains projets pas assez encadrés, des tas de jeunes plants en sachet, abandonnés au pied d'un arbre par le "bénéficiaire", mécontents des espèces fournies (petits épineux pour des terres riches de bas-fond !).

L'arbre étant un capital placé à intérêts composés, il est important de soigner au départ :

- . le choix génétique des plants (âge et forme des plants, croissance en milieu paysan, résistance aux maladies) ;
- . et la technique d'implantation (dimension du trou, fumure et préparation des plants).

Nous avons aperçu de nombreux eucalyptus et fruitiers morts suite à une attaque de champignon, suite à un engorgement temporaire ou à un déséquilibre hydrique (plants trop vieux à la plantation, trop de feuillage, racines en tire-bouchon, trou de plantation beaucoup trop petit).

Il faut donc mettre au point des modes de transplantation adaptés à chaque espèce végétale et aux différentes stations écologiques. Peut-être faudrait-il également donner un minimum de fumure minérale et former une cuvette pour capter les eaux ruisselantes pour assurer un bon démarrage aux jeunes plants soumis à une concurrence sévère des adventices les premières années. Mieux vaut apprendre aux paysans à planter avec soin quelques arbres précieux que de leur offrir une masse de plants dont ils n'auront pas le temps de bien s'occuper. Mais, la récolte par les paysans de graines forestières sur les meilleurs sujets et le semis en place semblent une alternative intéressante.

4.8. LES PISTES RURALES

a) Problématique

. Les pistes reliant les villages et les champs sont aussi précieuses que les artères qui irriguent les corps. Pas de développement rural sans commerce, donc sans pistes carrossables toute l'année.

En général, les pistes en terre se tassent et se creusent sous l'effet du passage répété et de l'érosion : elles se dégradent rapidement en borbier ou en ravine selon la position topographique dans le paysage. On contourne alors les passages trop délicats et on contribue à élargir la zone dégradée. Tout essai d'empierrage aboutit inmanquablement à la formation de voies latérales pour protéger la longévité des pneus des véhicules.

Techniquement, la solution consiste à évacuer la terre humifère et à recharger les pistes avec de la latérite ou avec la terre des drains creusés de part et d'autre de la piste : les talus de ces drains et les bas-côtés des pistes doivent être enherbés.

b) - Réalisation

. Aucun essai jusqu'ici en dehors de quelques seuils en latérite et de radiers au passage des ravines importantes.

c) - Suggestions

- . Recharger les pistes avec la terre gravillonnaire extraite des sommets des glacis.
- . Border le côté amont par un cordon pierreux pour empêcher le ravinement (transversal des pistes).
- . Enherber d'herbe rase les talus des drains bordant chaque piste.
- . Jalonner un côté des routes et pistes d'arbres d'allées (eucalyptus) entourés d'épineux de protection.
- . Surtout, stabiliser tous les bas-fonds en encadrant la piste de roulement (radier rasant de blocs latéritiques bétonnés) de deux diguettes filtrantes (pour ralentir et étaler les débits de pointe). Jalonner le côté amont de la piste avec des piquets de fer indiquant la hauteur de l'eau. Planter très serrés l'amont et l'aval du passage, avec des arbres ou des arbustes résistant à l'engorgement.

Chapitre 5 - SUGGESTIONS POUR LE DEVELOPPEMENT DU YATENGA**5.1. - POUR LE DEVELOPPEMENT DANS LA ZONE GRANITIQUE DU CENTRE YATENGA**

. En quatre ans, le projet R/D du CRPA du Nord, avec l'aide de nombreux stagiaires, techniciens et paysans a réalisé l'aménagement intégré de douze quartiers de culture dans sept villages totalisant une surface aménagée de 1 508 hectares. Il s'agit d'expériences en vraie grandeur, respectant les souhaits et la plupart des limites du milieu rural. Le suivi de nombreux tests en parcelles paysannes a permis la mise au point d'un certain nombre de techniques directement vulgarisables dans cette zone :

- . les cordons pierreux sur courbes de niveau lissées et leur végétalisation ;
- . les bandes enherbées, en Andropogon, par semis direct des graines scarifiées et humectées, là où manquent les pierres ;
- . les boullis (citermes et micro barrages) et l'irrigation manuelle d'appoint ;
- . les puits et l'irrigation des jardins potagers et fruitiers de contre saison ;
- . les diguettes filtrantes sur les petits ravineaux et les gros seuils sur les ravines ;
- . la mise en défens et les contrats d'aménagement intégrés de quartiers ;
- . l'implantation d'arbres et d'arbustes sur le parcours et le bloc de culture ;
- . le travail du sol en sec et la fumure localisée, le semis en ligne et le sarclage mécanisé ;
- . les fosses fumières et les compostières au champ.

De l'effort de dialogue entre chercheurs, développeurs, stagiaires et paysans sont nées progressivement des méthodes simples, peu coûteuses et à la portée des paysans (voir les fiches techniques DUGUE, RODRIGUEZ, 1990). L'attention s'est concentrée sur l'évaluation des coûts et temps de travaux pour développer des variantes plus pratiques, moins pénibles ou plus efficaces.

L'équipe ne s'est pas arrêtée aux seules structures antiérosives souvent les plus spectaculaires, mais pas forcément les plus efficaces. L'effort a porté également sur la restauration de la fertilité des sols, sur la fumure et les techniques culturales valorisant les aménagements, sur l'association de l'élevage, de l'agriculture et de l'agroforesterie. C'est l'ensemble de cette approche intégrée que le projet recommande au développement.

5.2. - SUGGESTIONS POUR LE DEVELOPPEMENT DU NORD YATENGA

. L'expérience dans cette zone sableuse, plus sèche et plus orientée vers l'élevage est beaucoup plus brève et demande confirmation mais il se dégage un certain nombre de thèmes.

1°) - Les routes : préalable à tout développement

- a) stabilisation des pistes par deux bandes enherbées pérennes (ex. *Andropogon*) ;
 . balisage éventuel d'un côté par des arbres (quatre épineux protégeant un arbre marqueur) ;
- b) sur cuirasse et glacis gravillonnaire, étaler les eaux à l'aide d'un cordon pierreux à l'amont ;
- c) sur le glacis limoneux, dégager l'horizon humifère et étaler de la terre gravillonnaire jusqu'à obtention d'un profil bombé ;
- d) dans le bas-fond (le plus urgent), bande de roulement en blocs de cuirasse posés sur un lit de sable (comme les pavés) plus coulis de gravillons et de ciment pour former un radier protégé par deux digues filtrantes pour freiner et étaler le courant d'eau ; un dissipateur d'énergie à l'aval et des lignes serrées d'arbres résistants à l'inondation. Une ligne de fers cornières fixés dans le béton indiquant la position de la route stabilisée et l'épaisseur de la lame déversante.

2°) - L'élevage : seul moyen de capitaliser en zone semi-aride

- a) gestion de l'eau : créer ou approfondir certaines mares (en produisant des briques) ;
- b) restaurer la couverture d'arbustes fourragers par la méthode du Zaï forestier ;
- c) ramener des graines d'arbres fourragers adaptés ;
- d) cultures fourragères intensives et pérennes dans les bas-fonds (ex. *Stylosanthes hamata* ou d'autres : contacter M. KLEYN - BP. 38 - Maroua) ;
- e) prévoir l'empoisonnement des retenues pour réduire la population de moustiques.

3°) - Les cultures intensives dans les bas-fonds

- a) arboriculture fruitière : introduction de palmiers, citrus, manguiers, etc... ;
- b) puits busés et maraichage plus cultures intensives de légumineuses ;
- c) petites digues plus ou moins filtrantes sur les têtes de vallée pour créer quelques casiers rizicoles ou recharger la nappe phréatique qui évapore moins que les réservoirs aériens (ETP = 2 000 mm) ;
- d) culture intensive de gros arbres pour satisfaire les besoins locaux en bois de service : *Kaya senegalensis*, eucalyptus, palmiers, tamarindus, etc...

4°) - Sur le glacis sablo-limoneux : restaurer le capital végétal

- a) cloisonnement du paysage pour lutter contre l'érosion éolienne : installation de haies vives d'épineux, fourragères et de brise-vents (*acacia nilotica*, etc...) ;
- b) cloisonnement au ras du sol : bandes d'*Andropogon* tous les vingt mètres perpendiculaires à la pente plus techniques culturales appropriées (buttage cloisonné ou débuttage) ;
- c) régénération des zipellés :
 - . par Zaï forestier,
 - . par soussolage croisé,
 réintroduire par ce biais la diversité du capital génétique ;

- d) barrer les ravines et chemins d'eau : soit enrocher, soit surcreuser les têtes de ravine pour créer des boullis.

Chapitre 6 - SUGGESTIONS POUR LA RECHERCHE AU YATENGA

. Un certain nombre de techniques ou de processus méritent des recherches plus poussées en milieu paysan ou en milieu contrôlé.

6.1. - FONCTIONNEMENT, FAISABILITE, RENTABILITE ET EFFICACITE DES AMENAGEMENTS ANTIÉROSIFS

. Jusqu'ici, le CIRAD et l'ORSTOM se sont intéressés davantage à l'intensification qu'à la pérennité et à la stabilité des systèmes de production. Aussi manque-t-on cruellement d'un référentiel sur la faisabilité, le fonctionnement et l'efficacité des aménagements conservatoires de l'eau et de la fertilité des sols dans la zone soudano-sahélienne et surtout dans la zone sahélienne. Dans les grands projets de développement, on répète toujours les méthodes préconisées par BENNET en 1930 aux USA, malgré les échecs répétés en Afrique.

. Nous suggérons donc de confier à des chercheurs burkinabais (thésards), un programme d'enquête en milieu rural et de quantification sur deux ou trois observatoires caractéristiques des zones granitiques, des collines de roches vertes ou des dunes sableuses, du fonctionnement et de l'efficacité des différentes méthodes d'aménagement (absorption totale, diguettes de diversion ou microbarrages de dispersion du ruissellement), de systèmes de production (travail du sol conventionnel ou paillage et travail réduit), de systèmes de restauration de la fertilité des sols et d'intensification de la production (Zaï, agroforesterie, fumier enrichis en phosphates, etc...) pour chaque segment fonctionnel du paysage.

Je pense que le CTFT ou l'ICRAF se joindraient volontiers au CIRAD (DSA) et à l'ORSTOM (département MAA) pour coopérer à un tel programme dont le financement pourrait être cherché à la CEE ou au FAC.

6.2. - Typologie des structures antiérosives et leur adaptation à la diversité du milieu

. Face à la diversité des milieux semi-arides, fleurit actuellement tout un arsenal de méthodes et de variantes empiriques de lutte antiérosive et de gestion des eaux superficielles, fondées sur l'imagination des coopérants de toutes origines qui adaptent à leur façon des méthodes traditionnelles glanées au cours de leurs voyages. Pour que cette richesse expérimentale puisse porter ses fruits, il faudrait mettre au point une typologie des structures et des stratégies antiérosives pour que chaque partenaire (ONG, ORD, instituts de recherche, etc...) utilise le même vocabulaire pour désigner des ouvrages ayant des objectifs clairement définis.

LE CILLS a déjà décrit un certain nombre de projets visant la lutte antiérosive (ROCHETTE et al, 1989) ; il faudrait maintenant *analyser* plus scientifiquement le *fonctionnement des méthodes* proposées en fonction des conditions écologiques diversifiées.

6.3. - Typologie, fonctionnement et aménagement des ravines et des bas-fonds

. Les ravines et bas-fonds sont des milieux particuliers où se concentrent l'eau et les nutriments mais qui, soumis à des courants d'eau violents, ne peuvent exprimer leur potentiel sans aménagement.

Les types de ravines et bas-fonds sont nombreux et fonctionnent différemment selon leur forme.

Le ravinement dépend de l'énergie des débits de pointe donc de leur volume (fonction de la surface de drainage, du pouvoir filtrant des sols et de l'intensité des pluies) et de leur vitesse au carré (pente et épaisseur de la lame d'eau). La première réaction est de barrer ou de combler la ravine : la ravine emprunte alors un autre cours si on n'a pas traité tout le bassin amont. Par contre, si on réussit à étaler progressivement les débits de pointe, les ravines perdent leur agressivité et se stabilisent souvent d'elles-mêmes.

On peut les aider par divers moyens mécaniques (seuils et radiers) et/ou biologiques (indispensables pour renforcer les premiers) mais, il faut aussitôt améliorer l'infiltration sur les versants. Cependant, certains types de ravinement (en tunnel, par exemple) sont extrêmement difficiles à traiter.

Il serait donc utile d'engager une recherche sur la typologie des ravines et les aménagements nécessaires en fonction des pentes, du climat, de la couverture pédologique ou géologique, de la présence de divers sols ou argiles gonflantes (Montmorillonite des vertisols et des sols bruns tropicaux).

Ici aussi, il faut aborder ce problème d'érosion à l'échelle du bassin versant et évaluer le coût et l'efficacité des diverses techniques existantes:

- . typologie des bas-fonds en fonction des risques d'inondation ;
- . choix entre :
 - . des diguettes en mottes d'herbes pour aménager des casiers rizicoles
 - . des diguettes filtrantes pour recharger la nappe et l'exploiter par l'arboriculture et les jardins de contre saison ;
- . sélection de plantes fourragères pérennes à enracinement profond ;
- . sélection et implantation d'arbres fruitiers et d'arbres fournissant des bois d'oeuvre, en particulier, dans la partie septentrionale (palmier dattier, Kaya senegalensis, eucalyptus, tamarindus, etc...).

6.4. - L'ASSOCIATION AGRICULTURE-ELEVAGE ET SES IMPLICATIONS SUR LA GESTION DE LA BIOMASSE

. Dans le centre, le système de culture a été largement étudié, mais on manque pourtant de référentiel sur la gestion de la biomasse disponible.

A-t-on intérêt à multiplier le bétail pour produire du fumier ou vaut-il mieux composter les résidus de culture (perte de plus de 50% de la biomasse) ou les laisser au moins partiellement sur le sol (paillage) ?

Comment évaluer le bilan de la biomasse et l'évolution des sols ?

Comment tirer le maximum d'avantages de cette activité tout en minimisant les inconvénients pour la dégradation des zones fragiles ?

Comment introduire des haies vives fourragères et les gérer alors que le troupeau n'est pas surveillé en saison sèche ?

Comment améliorer la production et la qualité du fumier (paillage des parcs, mobilisation des parcs sur les champs de culture ou stabulation sur la fosse fumièr enrichie en litière) ?

. Dans la zone Nord, reconstitution des pâturages en implantant des brise-vents protégés par deux rangées d'épineux fourragers en installant des bandes d'arrêt enherbées (Andropogon) et des parcs mobiles, en sélectionnant des légumineuses fourragères pérennes à enracinement profond dans les bas-fonds.

6.5. - L'AGROFORESTERIE EN ZONE SEMI-ARIDE

. Dans le Centre Yatenga, grâce à la mise en défens de bassins versants, on a évité l'investissement énorme de cinq cent mille CFA par hectare de grillage pour protéger les jeunes plantations du pâturage. La réussite est variable selon les villages et il serait souhaitable d'étudier pourquoi et de tenter d'établir une typologie des terroirs où cette méthode est possible.

. On a tenté de nombreux essais d'implantation de haies vives et d'arbres divers, sans vraiment réussir sauf pour certains épineux... dont certains paysans se plaignent maintenant ! Il faudrait dorénavant, étudier en détail la technique traditionnelle du Zaï forestier (reconstitution de bosquets à l'abri des cultures de mil avec concentration de l'eau et du fumier. On pourrait alors se passer des pépinières. Il faudrait aussi passer à l'élevage des arbres en pratiquant la taille des branches et des racines et étudier leurs effets sur la croissance des arbres et les rendements des cultures environnantes. Enfin, il faudrait planter des arbres d'ombrage autour des fosses fumières et compostières pour réduire l'évaporation, récupérer les nutriments entraînés par les eaux de drainage... et charger les fosses de matières riches en azote.

. Dans le Nord Yatenga, les efforts devraient porter sur l'installation de brise-vents et de haies vives épineuses et fourragères (*Acacia nilotica*, etc...) pour cloisonner les blocs de culture sur les glacis limoneux et clôturer les jardins potagers et fruitiers irrigués, dans les bas-fonds. Par ailleurs, pour faire face à la demande de bois d'oeuvre dans la construction, il est souhaitable de sélectionner et d'implanter près des bas-fonds, des arbres à fort développement tels que palmiers dattiers, *kaya senegalensis*, *eucalyptus* divers, etc...

6.6. - UTILISATION OPTIMALE DE LA BIOMASSE (en particulier des résidus de culture et des arbres)

. La série d'années sèches que nous venons de vivre a bien mis en évidence le danger d'accroître sans cesse le troupeau et la surface cultivée, sans équilibrer les productions animales, végétales et forestières ; on aboutit à la dégradation rapide du couvert végétal puis du sol et du régime hydrique.

Une réflexion devrait donc se développer :

- sur les moyens d'ajuster le stock de bétail aux réserves de fourrages (problèmes de Caisse d'Épargne, de crédit et de commercialisation) ;
- sur l'utilisation optimale des résidus de culture : fourrage, fumier, compost ou paillage protégeant la surface des sols cultivés ;
- sur la place des arbustes et des arbres en tant que producteurs de fruits, de fourrages, de haies et de litières (leur densité, leur localisation et leur gestion) ;
- sur l'utilisation d'un complément d'engrais minéral (difficile à rentabiliser en zone sèche) à toutes les ressources locales de nutriments (phosphates naturels et matières organiques) ;
- sur l'utilisation des pailles et des haies vives comme microbarrages perméables là où les pierres manquent.

Chapitre 7 - CONCLUSIONS

. En quatre ans, mille cinq cent hectares ont été aménagés dans sept villages grâce au dialogue permanent entre les chercheurs, les techniciens, les stagiaires et les groupements villageois.

Ce n'est peut-être qu'une goutte d'eau par rapport aux besoins de développement du Yatenga, mais ce projet de recherche d'accompagnement du développement a permis la mise au point progressive en milieu paysan d'un nombre impressionnant de techniques de gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols, de revégétalisation et de lutte contre la désertification, d'aménagement et de valorisation de ces aménagements.

. Certes, le projet a profité de deux circonstances favorables : l'évolution des mentalités paysannes réagissant à l'échec de leur système de production et à la dégradation de leur environnement pendant la longue période sèche et d'autre part, le retour de précipitations plus normales. Mais, ce projet a dépassé le stade de la mise en place de structures antiérosives (cordons de pierres ou d'herbes) pour aboutir à l'essentiel, à savoir la valorisation de l'eau, de la biomasse, de la fertilité du sol et du bétail. Il a abordé les problèmes d'épargne, de crédit et de commercialisation des produits et le développement de pôles d'intensification de l'agriculture et de l'élevage.

. Quatre points méritent d'être soulignés :

1°) - Nécessité d'un approfondissement des recherches sur le fonctionnement et l'efficacité des divers aménagements conservatoires possibles

. Nombreuses sont les techniques qui sont déjà suffisamment mises au point pour être utilisées par le développement. Cependant, face à la diversité du milieu écologique et sociologique, des recherches complémentaires seraient souhaitables pour mieux comprendre le fonctionnement des aménagements préconisés et quantifier leur faisabilité, leur efficacité et leur rentabilité. Des enquêtes et un suivi des divers aménagements existants pourraient apporter des éléments de réponses mais il

faudrait installer deux ou trois observatoires sur des sites représentatifs (milieu granitique, collines birrimiennes, dunes sableuses) pour comparer systématiquement l'impact et l'intérêt des diverses approches possibles (absorption totale, diversion ou dispersion du ruissellement).

2°) - Nécessité d'adapter les aménagements à la diversité du milieu écologique et sociologique

. La majorité des recherches a été réalisée en zone granitique du Centre Yatenga (villages de Ziga et Boukéré). Beaucoup reste à faire sur les collines birrimiennes, à proximité des sites aurifères (Sabouna) et surtout dans la zone sableuse et sahélienne du Nord Yatenga, milieu plus aride et plus orienté vers l'élevage.

Un effort de recherche d'accompagnement, de suivi et d'évaluation est nécessaire pour adapter au Projet Vivrier du Nord Yatenga les connaissances acquises pour la plupart dans la région du Centre Yatenga.

3°) - Diversification des actions sur les secteurs fonctionnels des versants

. Les aménagements réalisés concernent d'abord les blocs de culture situés sur le glacis limoneux. Ensuite, le contrat d'aménagement a intégré certaines actions visant la régénération de la couverture végétale sur les parcours et le haut glacis. Il reste encore beaucoup à faire pour gérer le troupeau, valoriser au mieux la biomasse disponible, améliorer les méthodes agro-forestières et aménager les différents types de bas-fonds.

4°) - La formation des cadres nationaux des divers projets

. Le projet R/D a participé à la formation des cadres nationaux (quatre homologues dont deux sont déjà appelés à de hautes responsabilités) et a su dégager des sujets intéressants de nombreux stagiaires agronomes et quelques forestiers ou géographes. Des efforts pourraient être consentis pour étendre ces stages à des zootechniciens (valorisation de la biomasse, amélioration des étables et du fumier), à des hydrauliciens (irrigations et drainage des bas-fonds), à des horticulteurs (amélioration des vergers et des cultures maraichères), etc...

. Vu le nombre de projets s'intéressant à l'aménagement des terroirs et à la lutte antiérosive au Burkina Faso et vu la vitesse de circulation des agents qui sont affectés à ces projets, il nous paraît urgent non seulement de réunir des séminaires pour faire circuler les idées, d'organiser un suivi et une évaluation de chacun de ces projets mais aussi, d'organiser une formation de base qui valoriserait la bonne volonté et l'énergie déployée pour résoudre ces problèmes de dégradation du milieu et de développement rural.

Un effort en ce sens a été tenté par l'ETSHER en janvier 1990, en collaboration avec l'EIER, divers ONG, l'ORSTOM et le CIRAD : il serait utile d'organiser chaque année une session de formation destinée aux cadres burkinabais (et autres africains) suivie d'une semaine de visite sur le terrain.

. Le Yatenga est devenu un véritable laboratoire de la gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols : il faut valoriser ce trésor d'expériences.

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 confluent 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.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE (Sélection)

- BARLET (F.), 1985. La gestion de l'eau au niveau de la parcelle : aménagements de petite irrigation à Sabouna (Yatenga) - Stage CNEARC/CIRAD, 186 p.
- BEDU (L.), 1986. Contribution à la mise en valeur du Yatenga - Aspects techniques du projet d'aménagement de Ziga - Rapport de stage ESAT, 87 p.
- BERTON (S.), 1987. Dignes filtrantes pour le sahel. Rapport GRET au Burkina, 29 p.
- BERTON (S.) 1988. La maîtrise des crues dans les bas-fonds - Petits et microbarrages en Afrique de l'Ouest - Min. Coop. Paris /GRET/ACCT, 417 p.
- CASENAVE (A.), VALENTIN (C.), 1988. Les états de surfaces de la zone sahelienne : influence sur l'infiltration - ORSTOM - CEE Paris, 202 p + ann.
- CIRAD/DSA, (1985). Relations Agriculture - Elevage - Collection DSA n° acte du 2ème séminaire CIRAD/DSA, 337 p.
- Colin de VERDIERE (P.), 1988. L'élevage peulh au Nord du Yatenga (Burkina Faso) : système actuel et perspective d'avenir.
- DUDECK (E.), 1986. Fiche d'information sur le projet Agro-écologique (PAE).
- DUGUE (P.), 1984. Quelques observations sur l'utilisation des résidus de récolte au Yatenga (Sabouna, 1982-83) Rapport IVRAZ - CIRAD, 22p.
- DUGUE (P.), 1986. Appropriation des techniques de lutte contre l'érosion et le ruissellement par les paysans du Yatenga - 3ème séminaire CIRAD/DSA - Montpellier, 12 p.
- DUGUE (P.), 1986. Bilan de quelques expériences de machinisme agricole au Yatenga - Rapport CIRAD/DSA Montpellier - 29 p.
- KEBE (D.), 1989. Les relations Agriculture-Elevage et le devenir des systèmes de production. Fonsebougou, Mali Sud. Mémoire ESAT, USTL Montpellier, 70 p + annexes

- DUGUE (P.), 1986. Programme de recherche/développement du Yatenga - Rapport de synthèse 1986. CIRAD/DSA. 86 p.
- DUGUE (P.), 1986. L'utilisation des ressources en eau à l'échelle d'un village - Perspectives de développement de petits périmètres irrigués de saisons des pluies et de saisons sèches - CIRAD/DSA - Collection "système agricole" n°6.
- DUGUE (P.), 1988. Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de culture vivrière en zone Soudano-Sahélienne - Le cas du Yatenga (B.F) - Thèse ENSAM, Montpellier, 257 p.
- EHRET (P.), 1988. Contribution à une perspective de développement d'un système d'élevage sahélien : Cas du Banh Burkina Faso - Mémoire DAA ESAT, Montpellier 98 p.
- ELSASSER (K.), 1986. Mission au Burkina Faso : Le projet DSA au Yatenga. CIRAD/DSA, 18 p.
- FAHO (T.), 1986. Expérience de l'Organisme Régional de Développement (ORD) du Yatenga en matière de lutte contre l'érosion et de gestion des eaux de surface - 3ème séminaire CIRAD/DSA Montpellier, 16 p.
- GARBA (H.), 1988. L'arbre et les formations ligneuses dans l'aménagement du terroir de Ziga (Yatenga, Burkina Faso). Mémoire CNEARC/ENGREF, 56 p.
- HUDSON (N.), 1988. Soil and water conservation in semi-arid areas. FAO Soils Bulletin n°57, 172 p. Traduction française sous- presse.
- KABORE (M.), 1983. Les sols et leur mise en valeur à Ziga. L'approche paysanne et l'impact des innovations - Mémoire ISP Ouaga, 63 p.
- KABORET (B.), 1988. Etude de synthèse d'élevage et évaluation des ressources fouragères dans la région de Segue (Nord Yatenga, Burkina Faso). Rapport IDR, 104 p.
- LAMACHERE (J.M.), SERPANTIE (G.), 1989. Valorisation agricole des eaux de ruissellement en zone Soudano-Sahélienne : Bidi, Burkina Faso - Séminaire "Hydrologie en zone semi-arides d'Afrique " Ouaga - ORSTOM, 12 p.

- LEROY (J.), 1988. Vers une gestion du terroir de Sabouna à partir de l'aménagement intégré de bassins versants - EITARC, Montpellier, 68 p.
- MARCHAL (S.Y.), 1979. L'espace des techniciens et celui des paysans : histoire d'un périmètre antiérosif en Haute-Volta. Mémoire ORSTOM. Paris n°89, 245-252
- MARCHAL (S.Y.), 1986 - Vingt ans de lutte antiérosive au Nord du Burkina Faso- Cahier ORSTOM Pédol spécial érosion 22,2 : 173-180.
- MARTINELLI (B.), SERPANTIE (G.), 1987. Points de vue d'un ethnologue et d'un agronome sur la confrontation des paysans aux aménageurs du Yatenga - Séminaire CIRAD/DSA Montpellier ORSTOM Ouaga, 50 p.
- MIETTON (M.), 1986. Méthodes et efficacité de la lutte contre l'érosion hydrique au Burkina Faso. Cahier - ORSTOM Pédol. Spécial érosion 22,2 : 181 - 196
- NICOU (R.), OUATTARA (B.), SOME (L.), 1987. Effets des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières au Burkina Faso - INERA/CIRAD Ouagadougou, 77 p.
- OUEDRAOGO (S.), 1988. Contribution à l'aménagement des terroirs villageois de la région de Sabouna. Exemple des aménagements des versants de DINGIR, KERGA et Ramdella - Mémoire IDR Ouaga, 43 p. + ann.
- OUBA (B.), RODRIGUEZ (L.), 1989. Projet de recherche - développement du Yatenga - Rapport de synthèse 1988 - CRPA/R-D, 102 + 12 p.
- RAMDE (T.), 1985. ~~Analyse des relations entre les ressources fourragères et les pratiques d'élevages~~ au Yatenga : Cas de BOUKERE et SENOKAEL - Mémoire IDR, Ouagadougou - 127 p.
- REIJ (C.), 1983. Evolution de la lutte antiérosive en Haute-Volta depuis l'indépendance. Vers une plus grande participation de la population. Univ. Libre. Amsterdam - 84 p.

- REIJ (C.), 1989. Impact des techniques de conservation des eaux et du sol sur les rendements agricoles : analyse succincte des données disponibles sur le plateau central du Burkina Faso. In AGRISK-UNIV. de Ouagadougou et GROENINGEN.
- REIJ (C.), MULDER (P.), BEGEMAN (L.), 1989. Water harvesting for plant production World Bank technical paper n°91.
- RICHARDIE (L.), 1988. Contribution à la mise en valeur de la région Nord Yatenga. Diagnostic du système agraire du village de Ségué en vue du développement agricole (département de Bank-Burkina Faso). Mémoire CNEARC.
- ROCHETTE (R.) et coll. 1988. Le sahel en lutte contre la désertification. Leçons d'expériences. CILSS/PACC/GTZ, 592 p.
- RODRIGUEZ (L.), YAMEOGO (H.), 1987. Rapport d'activité de la cellule recherche-développement : campagne 1986-87. ORD Yatenga, 34 p.
- RODRIGUEZ (L.), 1988. Les aménagements collectifs contractuels de Sabouna et Ziga : présentation, évaluation et perspectives. CRPA du Nord/R-D, 13 p + annexes.
- RODRIGUEZ (L.), 1989. Les aménagements intégrés de quartiers de culture du terroir de Ziga (Yatenga, Burkina Faso). CRPA/R-D. Communication atelier sur les techniques de collecte et gestion des eaux de ruissellement en Afrique subsaharienne, Ouagadougou, 45 p.
- RODRIGUEZ (L.), DUGUE (P.), OUJOBA (B.), SAVADOGO (I.), 1990. Trente fiches techniques de vulgarisation. Projet-Recherche-Développement Yatenga. CRPA du Nord, 128 p.
- ROOSE (E.), PIOT (J.), 1984. Erosion, ruissellement et restauration de la fertilité des sols sur le plateau Mossi (Centre Haute-Volta). Symposium AISH n° 144 : 485-498.
- ROOSE (E.), 1986. Terrasses de diversion ou microbarrages perméables. Analyse de leur efficacité en milieu paysan Ouest-africain pour la conservation des eaux et des sols dans la zone soudano-sahélienne. Cah. ORSTOM. Série Pédol., spécial Erosion 22, 2 : 197-208.
- ROOSE (E.), 1986 et 1987. Aménagement intégré et lutte contre le ruissellement et l'érosion en région soudano-sahélienne du Nord-Ouest Burkina Faso. INERA-CIRAD/DSA-ORD Yatenga-ORSTOM Montpellier, 13 p et 24 p.
- ROOSE (E.), 1987. La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols. Séminaire ICRISAT/INRAN, Niamey.
- ROOSE (E.), 1989. Diversité des stratégies traditionnelles et modernes de gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols en zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. Influences des situations écologiques et ethniques. Conférence ISCO VI, Addis Abeba : ORSTOM 31 p. Sous presse. In "l'Aridité : une contrainte au développement". Ed. ORSTOM-CNRS Montpellier.
- ROOSE (E.), SARRAILH (G.), 1989. L'érodibilité des sols tropicaux. Cah. ORSTOM. Série Pédol., spécial Erodibilité des sols, 25, 1 : sous presse.
- ROOSE (E.), 1990. Notions de base sur le ruissellement, l'érosion et la gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (G.CES). Cours donnés au CNEARC, ENGREF et ETSHER, ORSTOM Montpellier, 120 p.
- SAVADOGO (J.), 1989. Contribution à l'aménagement intégré du terroir de Ziga (Yatenga, Burkina Faso). Mémoire ISN/IDR-CRPA, R-D, 57 p.

- SERPANTIE (G.), LAMACHERE (J.M.), 1989. Pour une connaissance des conditions de mise en oeuvre des aménagements de ruissellement. Atelier "système de collecte du ruissellement". Ouagadougou, FEER, ORSTOM, 24 p.
- TAOKO (A.), 1985. Evaluation des ressources pastorales et animales. Proposition pour une amélioration des conditions d'élevage dans un terroir villageois : Séguédin. Mémoire IDR Ouagadougou, 57 p.
- TASSIN (J.), 1989. Agroforesterie et conservation des sols dans les régions chaudes. Mémoire CNEARC Montpellier, 135 p.
- THIOMBIANO (M.), 1985. Etude des dispositifs antiérosifs et des techniques d'économie de l'eau en région soudano-sahélienne du Nord-Ouest du Burkina Faso. Mémoire ISP-IDR, Ouagadougou.
- VON MAYDEL (H.), 1983. Arbres et arbustes du sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. GTZ. Eschborn, 537 p.
- WRIGHT (P.), 1985. La conservation des eaux et des sols par les paysans. Atelier sur les technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest. FSU-SAFGRAD, Ouagadougou.
- WRIGHT (P.), 1985. La gestion des eaux de ruissellement. OXFAM, Ouagadougou, 38 p.
