



**DIRECTION DES ETUDES ET DES
SERVICES ACADEMIQUES.**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE D'INGENIEUR
DE L'EQUIPEMENT RURAL**

Présenté par :

KPODA Namwinniakarè Marius

Thème

***Aménagement participatif du bassin versant de
Kokossin***

Professeurs responsables :

Jean Paul FOURD

Harouna KARAMBIRI

Organisme encadreur

Association des Îles de Paix

GEOFFREY Mathieu

KABORE Issouf

Promotion 2005

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	1
TABLEAUX	5
Photos	5
Figures	6
LISTE DES ABREVIATIONS.....	7
Dédicace	8
Remerciements	9
RESUME.....	11
INTRODUCTION	12
Chapitre I: CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE.....	13
I.1 Présentation de la structure d'accueil : Îles de Paix	13
I.1.1 Genèse	13
I.1.2 Objectifs	13
I.1.3 Îles de Paix au Burkina Faso	14
I.2 Problématique	15
I.3 Objectifs de l'étude	17
I.4 METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....	18
I.4.1 Recherche Documentaire.....	18
I.4.2 Travaux de terrain	19
I.4.3 ANALYSE DES DONNEES ET REDACTION DU RAPPORT	21
Chapitre II: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES PHENOMENES D'EROSION ET LUTTES ANTI-EROSIVES	22
II.1 Qu'est-ce que l'érosion ?.....	22
II.1.1 L'érosion hydrique	22
II.1.2 Erosion éolienne	24
II.2 Dégradations des sols	26
II.2.1 Définition	26
II.2.2 L'action de l'homme sur la dégradation du sol	27
II.2.3.....	27
II.3 Techniques de conservation des eaux et des sols	28
II.3.1 Le travail du sol.....	28
II.3.2 Les ouvrages durables	30

Chapitre III: Aperçu Général du village.....	34
III.1 Milieu physique	34
III.1.1 Situation Géographique	34
III.1.2 Climat.....	35
III.1.3 Relief.....	36
III.1.4 Hydrographie.....	36
III.1.5 Sol/Classification	38
III.1.6 Le couvert végétal	38
III.2 Milieu humain	39
III.2.1 Historique du village	39
III.2.2 Données démographiques.....	41
III.2.3 Mode d'organisation	41
III.3 Caractéristiques Socio-économiques.....	43
III.3.1 Infrastructures	43
III.3.2 Agriculture.....	44
III.3.3 Elevage	46
III.4 Etat d'application des techniques CES dans le village.....	47
III.4.1 Les problèmes agricoles.....	47
III.4.2 Les pratiques CES dans la zone.....	49
III.4.3 Perception des techniques CES	50
Chapitre IV: Les propositions de Techniques.....	51
IV.1 Justification et description des techniques	51
IV.1.1 Rappels sur l'érosion hydrique	51
IV.1.2 Principes de développement du couvert végétal.....	56
IV.1.3 Diagnostic du bassin versant.....	58
IV.2 Méthodes proposées.....	60
IV.2.1 Méthodes biologiques	60
IV.2.2 Méthodes mécaniques.....	66
Chapitre V: Fiche technique	73
V.1 Bandes végétatives.....	73
V.1.1 Utilisation du Niveau à Eau (NAE).....	73
V.1.2 Mise en œuvre des bandes enherbées (annexe VI).....	75
V.2 La mise en défens	78
V.3 Jardin potager	79

V.4	Bosquet	79
V.5	Le zaï	80
V.6	Les demi-lunes.....	80
V.7	Le traitement des ravines	81
Chapitre VI:	MANUEL D'ENTRETIEN	85
Chapitre VII:	PLAN D'AMENAGEMENT DU BASSIN VERSANT	94
Chapitre VIII:	Participation de la population	98
VIII.1	Planning général.....	98
VIII.2	Collecte des grains d'herbe (mon-poaka).....	99
VIII.3	Collecte des grains de « bagâanna ».....	99
VIII.4	Ramassage des moellons	100
VIII.5	Exécution des travaux.....	100
VIII.5.1	Bandes enherbées	100
VIII.5.2	Jardin potager	101
VIII.5.3	Bosquet	101
VIII.5.4	Banameraie	101
VIII.5.5	Seuils en grillage de fer	102
VIII.5.6	Seuil en sacs plastiques	102
VIII.5.7	Traitement des têtes de ravines.....	103
VIII.6	Mesures d'accompagnement.....	103
CALENDRIER ET DEVIS PREVISIONNELS.....		104
RECOMMANDATIONS.....		108
CONCLUSION		109
BIBLIOGRAPHIE		110
Références bibliographiques		110
Ressource Internet.....		111
ANNEXES.....		112

TABLEAUX

Tableau 1: Vitesse de comblement de quelques grands barrages (1984).....	23
Tableau 2 : effets des techniques de travail du sol et problèmes posés par leur application.....	29
Tableau 3: Atouts et faiblesses de quelques techniques mécaniques de Lutte Contre la Désertification au Burkina Faso.....	31
Tableau 4: Typologie des ouvrages selon leur applicabilité.....	32
Tableau 5: Typologie des ouvrages selon leur évaluation technique.....	33
Tableau 6: Peuplement du village.....	40
Tableau 7: Groupements/ associations du village.....	42
Tableau 8 : Description des formes d'érosion hydriques.....	52
Tableau 9: Prix de réalisation des divers types de seuils en Algérie.....	71
Tableau 10: efficacité de trois types de seuils sur le ravinement.....	72
Tableau 11 : <i>Coordonnées des différents seuils en grillage de fer prises au GPS (geko301)</i>	82
Tableau 12 : <i>repérage des seuils en sacs plastiques</i>	83

Photos

Photo 1: Vues d'ensemble de la retenue surcreusée.....	17
Photo 2: Zones dénudées par la préparation des champs sur brûlis ou par le surpâturage.....	57
Photo 3: Quelques techniques CES appliquées.....	57
Photo 4: Zone à mettre en défens.....	66
Photo 5: Zone d'application du Zai.....	67
Photo 6: Zones d'application des demi-lunes.....	68
Photo 7: Ramifications de la ravine principale.....	69
Photo 8: Piliostigma Reticulatum.....	77

Dédicace

Je dédie ce mémoire

- à ma mère qui avait tant de beaux projets pour son fils mais qui ne verra pas les fruits de l'arbre qu'elle a planté.
- à mon père dont les prières me soutiennent tous les jours.
- à toute ma famille qui place tout son espoir en moi.
- à mes jumeaux qui me réchauffent le cœur lorsque mon énergie vient à baisser.
- et plus particulièrement à ma femme dont l'affection est mon arme de combat pour la vie.

Remerciements

« Le bœuf ne remercie pas la rivière après avoir bu son eau et brouté l'herbe tout autour »

Aurais-je donc besoin de remercier mes formateurs ? Certainement pas. Mais il serait ingrat de les passer sous silence pour toutes les connaissances et le savoir-faire qu'ils ont tenté, autant que faire se peut, d'inculquer dans ma tête.

Je voudrais donc remercier tous les professeurs et le service de scolarité pour leurs efforts consentis à mon égard, lesquels efforts ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

« Agir sans savoir est une imprudence, Savoir sans agir est une lâcheté. »

Je voudrais emprunter cette citation de **Dominique Pire** (père fondateur des Îles de Paix) pour traduire ma reconnaissance :

- à tous ceux qui, de loin ou de près, m'ont éclairé tout au long de ces travaux de mémoire afin que je sache effectivement ce que je devrais faire et quelle portée auraient les résultats de ce travail ;
- à ceux qui, malgré la situation délicate dans laquelle je me trouvais, m'ont encouragé d'une manière ou d'une autre à ne pas abandonner cette tâche noble que j'avais à accomplir.

Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit de tous les élèves pour leurs soutiens multiformes, en occurrence mes promotionnaires et les personnes dont les noms suivent :

- M. FOURD et M. Harouna KARAMBIRI mes encadreurs.
- M. GEOFFREY Mathieu de Îles de Paix
- M. BINI Alessandro de Îles de Paix
- M. KABORE Issouf conseiller technique de Îles de Paix
- M. OUSMANE Konaté, contrôleur du chantier de surcreusement à Kokossin

- M. Omar SANON : chargé du recrutement des élèves du GROUPE EIER-ETSHER
- M. Oboudé SERE, promotionnaire, dont les conseils m'ont été d'énormes soutiens.
- M. Boayédi GORDIO, promotionnaire, toujours à l'écoute lorsque j'ai besoin de lui.

AUTEUR : KPODA Namwinniakarè Marius

Professeurs responsables :

Jean Paul FOURD
Harouna KARAMBIRI

Organisme encadreur

Association des Îles de Paix
GEOFFREY Mathieu
KABORE Issouf

THEME

Aménagement participatif du bassin versant de Kokossin

RESUME

Après avoir permis la réhabilitation (surcreusement) d'un point d'eau à but pastoral à Kokossin, l'ONG « Îles de Paix », a envisagé principalement de lutter contre le comblement de la retenue et de mettre en valeur le bassin versant (92ha). C'est dans ce cadre que l'ONG, en collaboration avec l'EIER, a proposé un thème de mémoire de fin d'étude. Ce thème porte sur la participation de la population locale dans le processus de lutte contre l'érosion

Suite à un diagnostic du bassin versant et une exploration des techniques applicables sur les lieux, nous avons porté notre choix sur les techniques suivantes :

- les bandes végétatives dont l'utilisation est très bien connue au Burkina Faso ;
- le zaï et les demi-lunes reconnus aussi dans la région pour leur capacité à régénérer la végétation d'un terrain soumis à un surpâturage et/ou encroûté.
- les seuils en grillage de fer et sacs plastiques qui constituent un choix innovant dans cette étude. Ces deux types d'ouvrages remplacent valablement les seuils en gabions vulgarisés dans tout le pays. Ils ont le double avantage d'être plus durables et quatre fois moins chers que les seuils en gabions.

Ces choix ayant été acceptés par la population, notre interlocuteur principal, nous avons proposé un plan d'aménagement et des directives pour un bon déroulement des travaux et une exploitation durable des ouvrages qu'elle aura elle-même mis en place.

Le coût estimatif des travaux s'élève à 2 227 838 FCFA soit environ 24500 FCFA/ha

Mots clés : techniques innovantes / participation de la population / plan d'aménagement / bassin versant / seuils en grillage de fer / seuils en sacs plastiques.

INTRODUCTION

Le Burkina Faso, couvrant une superficie de 247200 Km² avec une population de plus de 10 millions d'habitants, est un pays à 90% agricole (Statistiques FAO). En effet, l'essentiel de ses ressources économiques provient de l'agriculture et de l'élevage. Cependant l'ensemble du pays connaît un niveau de dégradation élevé de ses sols qui s'empire d'année en année avec la croissance démographique et du cheptel et les différents cycles de sécheresses. Cette situation est encore plus préoccupante dans le centre, le nord et le nord-est du pays.

Dans le but de freiner cette dégradation des ressources naturelles, le Burkina Faso a développé des politiques et stratégies et adopté particulièrement des textes mettant l'accent sur la conservation, la protection et la restauration de l'environnement.

La contribution des ONG dans cette lutte engagée par l'Etat est énorme. En effet, celles-ci ont développé des programmes de lutte contre la désertification avec une plus grande implication des communautés. Cette approche a connu et connaît toujours des succès car elle facilite l'appropriation des techniques de conservation des eaux et des sols par les paysans à travers des formations et des appuis. De plus, ces formations et appuis visent à adopter et à vulgariser des techniques dont la plupart sont simples à réaliser et ne nécessitent pas souvent de gros investissements financiers.

C'est dans ce même souci d'aider la population paysanne que IDP, après avoir favorisé la réhabilitation d'une retenue à but pastoral dans le village de Kokossin, se préoccupe de son comblement futur par les charges solides apportées par les eaux de ruissellement.

C'est aussi dans ce cadre qu'elle a proposé, en collaboration avec l'EIER, l'étude de faisabilité d'un projet (jadis initié) portant sur l'aménagement du bassin versant de la retenue. Cette étude s'appuiera sur l'implication de la population locale dans le processus de lutte anti-érosive.

Au cours de ce travail nous nous proposons de fournir à la population bénéficiaire qui d'ailleurs est notre interlocuteur principal, un plan d'aménagement qu'elle pourra gérer facilement. La mise en place de ce plan se fera suite à un diagnostic du bassin versant et une exploration de toutes les techniques susceptibles de freiner les phénomènes de l'érosion décelés.

Chapitre I: CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

I.1 Présentation de la structure d'accueil : Îles de Paix

I.1.1 Genèse

Dominique Pire, un père dominicain, prix Nobel de la Paix en 1958 pour l'état d'esprit qui a animé son travail en faveur des "personnes déplacées" par la seconde guerre mondiale est le père fondateur des Îles de Paix. L'idée de créer cette association a germé en lui après avoir rencontré les sinistrés du Bangladesh ravagé par un cyclone d'une intensité sans précédent.

Ses actions porte sur la vie future des sinistrés après la période de crise aiguë causée par une catastrophe naturelle.

Entouré de ses proches devenus collaborateurs, il développa des idées telles que :

- *"Si tu donnes un poisson à un homme, il ne mangera qu'un jour. S'il apprend à pêcher, il mangera toute sa vie." ;*
- *"Et si on aidait un groupe d'hommes et de femmes à prendre son futur en mains jusqu'à ce qu'il puisse évoluer seul?"*

C'est fort de ces idées qu'il créa en 1962 la première Île de Paix, *Gohira, un site un peu en dehors du delta du Gange.*

Depuis, Îles de Paix a développé ses activités, en Asie, en Afrique et en Amérique Latine. En Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne, elle intervient particulièrement au Mali, au Niger, au Burkina Faso, au nord du Togo et du Bénin.

I.1.2 Objectifs

Dans toutes ses démarches, « Îles de Paix » vise trois objectifs :

- Améliorer les conditions de vie des populations du Sud par le renforcement de la sécurité alimentaire ;
- Renforcer les compétences et les organisations ;
- Ouvrir le Nord aux réalités du Sud.

Pour soutenir une dynamique locale quelconque, les « Îles de Paix » passent par trois étapes :

- ✓ **Analyse concertée** (avec deux buts : mieux se connaître mutuellement et mettre sur pied un plan d'action commun). La durée indicative de la phase d'analyse concertée est de 3 à 12 mois ;

- ✓ **Appui** (de deux types : un appui institutionnel, un appui financier). La durée indicative de la phase d'appui est de 5 à 7 ans ;
- ✓ **Solidarité continue.**

1.1.3 Îles de Paix au Burkina Faso

En 1982, « Îles de Paix » a porté son choix sur le Burkina Faso considéré comme l'un des pays les plus pauvres de la planète. En effet,, enclavé au coeur de l'Afrique de l'Ouest, le "pays des hommes intègres" ne dispose pas de beaucoup d'atouts. Son climat sahélien rend particulièrement difficile la production agricole dans la moitié nord du pays. Il ne dispose que de peu de ressources économiques; son exportation principale est le coton.

Cet ONG a constaté une attitude défaitiste et attentiste face aux défis que rencontrent ces populations (le passé colonial et certaines pratiques d'aide qui renforcent encore le complexe d'infériorité vis-à-vis des technologies occidentales, les échecs à répétition, etc.). C'est ainsi qu'il a tenté, à partir d'une antenne régionale basée à Fada N'Gourma, de rétablir la confiance en leurs propres capacités des populations rurales de l'Est du Burkina Faso et des villages limitrophes du Togo et du Bénin à travers un programme de **renforcement des capacités**. Ce programme comprend trois volets :

- ✓ la **facilitation des processus locaux de développement**
- ✓ la **capitalisation des expériences paysannes**
- ✓ la **dynamisation des échanges d'expériences** entre organisations paysannes

L'Antenne Régionale d'Iles de Paix à Fada N'Gourma existe depuis janvier 2000. Spécialisée dans l'accompagnement des dynamiques rurales de développement, elle comprend une équipe d'une dizaine de professionnels présents sur le terrain aux côtés des populations.

Ses zones d'interventions sont représentées sur la carte suivante.

années 80, la population a réalisé une petite retenue d'eau avec leurs propres moyens en 1982 avec l'appui d'une communauté de religieux catholiques.

La digue de cette retenue possède les caractéristiques suivantes :

- nature : digue en terre compactée ;
- longueur: 70 m ;
- cote : 299.00 m par rapport au référentiel local ;
- protection des talus : perré sec
- protection de la crête : couche latéritique
- La capacité de cette retenue était de 2998 m³
- Le déversoir était une dépression naturelle située à la cote 298.48 m à l'amont de la retenue.

L'excès d'eau rejoignait le marigot principal situé à une soixantaine de mètres sur la rive gauche de la retenue.

Ces travaux d'intérêts communs ont renforcé les liens entre les populations locales et ont favorisé la création d'un groupement villageois en 1983 qui sera reconnu en 2003 sous le numéro 2001-003/MATD/PKRT/DYRG.

Les sols situés tout autour de la retenue et dans la majeure partie du bassin versant étudié sont de type argilo-sableux ; ce qui favorise la naissance et le développement des ravines.

Le ravinement est un phénomène récent parce que, selon les villageois, le lit mineur du marigot principal était peu marqué en 1987. L'état actuel des cours d'eau traduit l'action combien inquiétante de l'érosion régressive. Cette évolution de l'érosion serait favorisée par les actions de déboisement.

Avec l'important charriage des eaux de ruissellement, la retenue faite sans protection voit son eau tarir rapidement et son volume diminuer chaque année.

Impuissant devant ces faits et soucieux de l'avenir de leur bétail, le groupement villageois, en concertation avec les villages voisins (Naobin, Wemsils, Silmiougou Peulh, Silmiougou Boumboundi, Tomtogo, Wedego Bokin et Simpanghin), a sollicité l'appui technique et financier de l'ONG « Île de Paix ».

- d'un calendrier et d'un devis prévisionnel sur deux ans des travaux de mise en œuvre de ces techniques ;
- d'un scénario de la participation physique et organisationnelle de la population aux travaux ;
- d'un guide technique de réalisation et d'entretien des ouvrages.

I.4 METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Pour une meilleure efficacité des choix des ouvrages (sur le plan technique et économique) qui seront opérés, l'appropriation du projet par les bénéficiaires et leur participation aux travaux d'exécution, nous nous sommes appuyés sur des orientations résolument participatives pendant toutes les phases de l'étude. Cette étude a pris en compte tous les aspects liés à l'aménagement hydro-agricole (techniques agricoles, santé, environnement, socio-économie).

En ce qui concerne les aspects participatifs, nous avons travaillé en continuité avec l'approche définie et mise en œuvre par IDP

Cette démarche se fonde sur deux principes présents depuis le début : « le dialogue fraternel » qui se traduit par un respect profond de l'identité, des valeurs, des modes de pensée des populations avec lesquelles nous travaillons et le « self-help », approche qui valorise avant tout la dynamique autonome des communautés partenaires et leurs propres projets de développement

Pour mener à bien cette étude, nous l'avons organisée en trois phases à savoir :

- la recherche documentaire
- les travaux de terrain
- l'analyse des données et la rédaction du Rapport.

I.4.1 Recherche Documentaire

Elle a consisté à rassembler et à exploiter la documentation disponible afin de capitaliser les informations d'ordre général sur la problématique de la dégradation des sols au Burkina-Faso et en Afrique de l'Ouest, les politiques nationales et les pratiques agricoles en matière de Conservation des Eaux et des Sols (CES) ainsi que les perspectives pour une stratégie plus efficace de la CES.

A cet effet, nous avons particulièrement exploité les résultats des études d'APS et d'APD menées sur le surcreusement par SHER et ceux de ARCOP sur le plan d'aménagement du bassin versant étudié. Dans ces résultats figurent des plans qui nous ont été très utiles.

⇒ Conclusion partielle

Les inventaires faits pendant les recherches bibliographiques nous ont permis de pouvoir proposer des aménagements en relation avec la lutte contre l'érosion sous toutes ses formes et la préservation de la fertilité des sols.

1.4.2 Travaux de terrain

Il n'y a pas de recette miracle pour lutter contre l'érosion. En effet, cette lutte ne peut se faire dans la généralité ; il faut localiser les phénomènes, décrire les lieux avec exactitude et préciser leur environnement. De plus l'érosion n'est pas la même à toutes les périodes de l'année (elle est plus marquée pendant les périodes où les sols sont nus). C'est pourquoi, avant de se lancer dans cette lutte, il est nécessaire de faire l'inventaire de la situation dans le village et surtout sur le bassin versant étudié.

L'objectif visé par ces travaux de terrain est d'obtenir des informations sur :

- l'adhésion des bénéficiaires aux objectifs visés par le projet à travers leur participation aux travaux d'exécution et d'entretien ;
- les structures sociales et les organisations de la population ;
- la disponibilité de la main d'œuvre ;
- les pratiques agricoles anti-érosives mises en place par la population
- la réceptivité de la population par rapport aux techniques innovantes.

Les travaux de terrain ont été scindés en plusieurs étapes qui sont :

- ⇒ la collecte de données préliminaires
- ⇒ la collecte de données complémentaires
- ⇒ la validation des données de synthèse et des propositions sur le terrain

i. La collecte des données préliminaires par le questionnaire d'enquête

- *Conception/Adaptation du questionnaire d'enquête.*

Un questionnaire d'enquête a été élaboré en collaboration avec IDP et adapté au contexte local de sa zone d'intervention.

- *Choix des enquêtés*

- Au niveau des concessions, l'enquête a été menée dans 20 concessions sur 68 au total.

L'idéal serait de toucher toutes ces concessions, compte tenu de leur nombre. Mais le temps nous faisait défaut.

Pour atteindre le but visé par cette étude, notre enquête s'est d'abord portée sur les exploitants du bassin versant, et ensuite sur les riverains et dans les concessions aux abords du bassin versant et enfin sur les personnes ressources du village, à savoir les différents responsables des groupements et association.

- Au niveau des groupements et associations, ils sont au nombre de cinq (5). Ces groupements et associations ont été tous contactés et les membres des bureaux ont été rencontrés.

ii. Collecte de données complémentaires

Le questionnaire d'enquête a permis la collecte de données. Toutefois au regard des objectifs visés par l'étude, certaines informations devaient être complétées, approfondies et/ou être vérifiées. Celles-ci ont essentiellement porté sur l'emplacement des ouvrages, la gestion des bandes enherbées face à la confection des clôtures et des toitures et les règles à mettre en place pour la mise en défens de la zone située au Nord-ouest du bassin versant.

iii. Validation des données et propositions sur le terrain

Les données ont été synthétisées, analysées/interprétées et consignées dans un rapport. Les résultats préliminaires de l'étude ont été soumis à l'appréciation de la population et des commanditaires de l'étude pour recueillir les amendements avant la rédaction de la version finale du rapport.

⇒ Conclusion partielle

A l'issue de tous les entretiens nous avons remarqué qu'il existe des liens étroits entre les différentes organisations de la population en ce sens que des personnes militent

dans plusieurs groupements ou associations et tous les travaux d'intérêt communs (construction de l'école, ramassage de moellons pour la retenue et les seuils...) ont été réalisés par des personnes provenant de toutes les organisations.

1.4.3 ANALYSE DES DONNEES ET REDACTION DU RAPPORT

La phase ci-dessus a permis d'examiner les réalités du terrain, de proposer à la population des techniques innovantes afin de répondre aux objectifs de lutte contre l'érosion régressive et le comblement de la retenue surcreusée et de mise en valeur du bassin versant.

Il s'agit dans cette partie :

- d'élaborer un plan d'aménagement du bassin versant ;
- de décrire et de justifier les différentes techniques à utiliser à cet effet ;
- d'établir un calendrier et un devis prévisionnel sur deux ans des travaux de mise en œuvre de ces techniques ;
- de concevoir un scénario de la participation physique et organisationnelle de la population pendant ces travaux et enfin ;
- d'élaborer un guide technique de réalisation et d'entretien des ouvrages.

Chapitre II: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES PHENOMENES D'EROSION ET LUTTES ANTI-EROSIVES

II.1 Qu'est-ce que l'érosion ?

Erosion vient de "ERODERE", verbe latin qui signifie "ronger". L'érosion ronge la terre comme « un chien s'acharne sur un os ». Elle est une lèpre qui ronge la terre jusqu'à ne laisser qu'un squelette blanchi. L'érosion est un processus naturel qui abaisse toutes les montagnes, mais en même temps, engraisse les vallées, forme de riches plaines qui nourrissent une bonne partie de l'humanité. Il n'est donc pas souhaitable d'arrêter complètement l'érosion, mais de la réduire à un niveau acceptable et tolérable.

Deux éléments principaux sont à l'origine des phénomènes d'érosion : l'eau et le vent. Sous leur action, des particules de terre ou des matières organiques se déplacent, emportées d'une partie à l'autre vers le bas des pentes et les cours d'eau. Les conséquences sont effectives et très endommageantes tant au niveau des zones cultivées (perte d'éléments minéraux, dégradation de la structure...) que de l'environnement (voirie, turbidité des eaux...).

II.1.1 L'érosion hydrique

- Impacts de l'érosion hydrique sur l'environnement

Elle est la cause de l'alluvionnement accéléré et connaît encore aujourd'hui un accroissement rapide sous l'effet de la destruction des forêts.

Son impact sur les terres déboisées ou dont le surpâturage a détruit la couverture végétale herbacée présente des conséquences multiformes parfois à grande distance des zones affectées. Il se manifeste en fait dans tout le bassin versant depuis ses parties les plus élevées jusqu'à l'embouchure des fleuves et même dans la région littorale jouxtant cette dernière.

D'autre part, la destruction de la couverture forestière de leur bassin versant engendre un alluvionnement du cours inférieur des fleuves. Il en découle un comblement accéléré des lacs de barrages hydroélectriques, des réservoirs et des systèmes d'irrigation abrégant dans des proportions spectaculaires leur durée de vie utile.

- *l'érosion par ruissellement concentré* est matérialisée par de larges incisions, parfois profondes, très espacées et systématiquement localisées au niveau des chenaux de collecte du ruissellement (d'origine topographique ou agraire). L'érosion par ruissellement concentré, à l'origine de rigoles, voire de ravines, résulte de la connexion hydrologique entre une aire génératrice de ruissellement qui n'est pas nécessairement profondément érodée, et un collecteur linéaire, au niveau duquel les débits et vitesses tractrices des écoulements dépassent les seuils d'incision. La sensibilité à l'incision des collecteurs du ruissellement est contrôlée par la cohésion du sol, dépendante de la texture et de l'état hydrique du sol. Le détachement est donc assuré presque exclusivement par le ruissellement, en fonction de son volume et de sa vitesse, qui a acquis une force tractrice suffisante pour inciser ;
- *l'érosion dite « de talus »*, type d'érosion plus marginale, essentiellement liée aux mouvements de masse, engendrée par le franchissement d'un dénivelé important par un ruissellement concentré en amont ;
- *l'érosion mécanique sèche*, encore appelée érosion aratoire, correspond à un lent mouvement en masse superficiel, lié à la pression répétitive exercée par le travail du sol. Les matériaux mobilisés et déplacés ne sont pas triés, contrairement à « l'érosion en nappe » aux effets similaires. Ce type d'érosion additionnel, souvent sous-estimé, peut entrer en phase avec l'érosion hydrique.

L'érosion hydrique étant la forme qui intéresse plus notre étude nous allons examiner par la suite ses facteurs plus en détails.

II.1.2 Erosion éolienne

L'érosion éolienne est un processus naturel qui a pour effet d'épuiser la couche arable des terres cultivées. Elle contribue à la détérioration générale du sol, notamment à la dégradation de sa structure et à la diminution de sa fertilité. En effet, les effets de l'érosion éolienne entraînent un dessèchement de la plante par perte de capacité de stockage des nutriments et de l'eau des terres.

L'érosion éolienne prend de l'importance en Afrique de l'Ouest dans les zones tropicales sèches, là où la pluviosité annuelle est inférieure à 600 mm, où la saison sèche s'étend sur plus de six mois et où la végétation de type steppique laisse de larges plaques de sol dénudé. Ailleurs elle peut aussi se développer dans des conditions de préparation du sol qui amènent une pulvérisation importante des matériaux superficiels secs.

Lorsque la vitesse du vent dépasse 15 à 25 km/heure (ou 4 à 7 m/sec.) selon la turbulence de l'air, on peut observer les trois processus suivants :

La saltation de sables fins (0,1 à 0,5 mm) : ce sont les nappes de sable soulevées par un vent violent qui circulent sur plusieurs dizaines de mètres sur des surfaces lisses et laissent au sol des nappes de sables ridées (ripplemarks) ou des petites buttes de sable piégées dans les touffes de végétation. Ce sont ces nappes de sable qui flagellent les rochers dans les zones désertiques et leur donnent une forme caractéristique de champignon (corrasion). (Voir annexel)

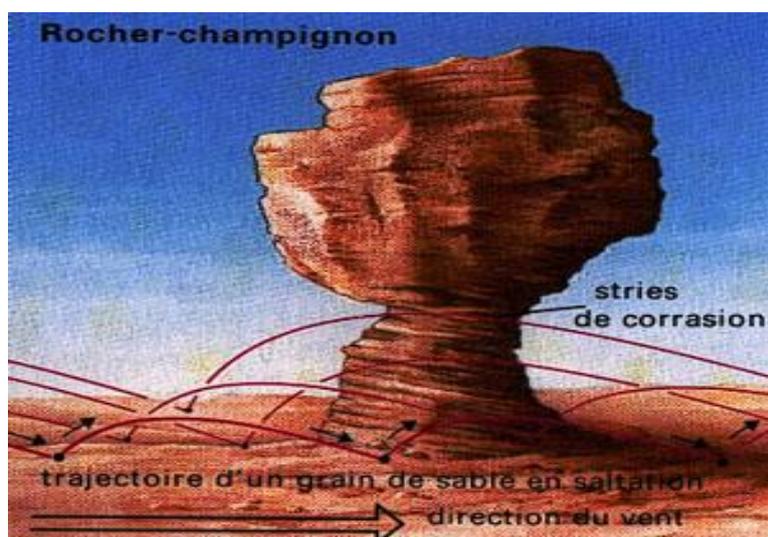


Figure 3: Rocher – champignon (<http://mysteresdelanature.free.fr/champign.html>)

Ces nappes de sables provoquent aussi de gros dégâts sur les végétaux.

La déflation entraînant le départ en suspension des particules légères du sol (argiles, limons et matières organiques).

La reptation : Les grains de sable (0,5 à 2 mm), trop lourds pour être aspirés en altitude, sont déséquilibrés par les bourrasques du vent, roulés et traînés à la surface du sol.

L'érosion éolienne est influencée par les facteurs suivants : L'aridité du climat, la texture des sols, la structure des sols, l'état de la surface des sols, la végétation, l'humidité du sol.

L'érosion est un phénomène naturel. On peut ralentir le processus mais on ne pourrait jamais l'éliminer au complet.

II.2 Dégradations des sols

II.2.1 Définition

La dégradation d'un sol stable est un processus d'évolution associé à une perte de son équilibre.

Elle est une évolution différente de l'évolution naturelle liée au climat et à la végétation locale. Elle est provoquée par le remplacement de la végétation primitive (dite climax) par une végétation secondaire, qui modifie l'humus et la formation du sol. En effet, après un certain temps d'évolution parallèle entre le sol et la végétation, un état d'équilibre stable est atteint ; cet écosystème stable est appelé climax. On parle de progression lorsque le sol évolue vers le climax.

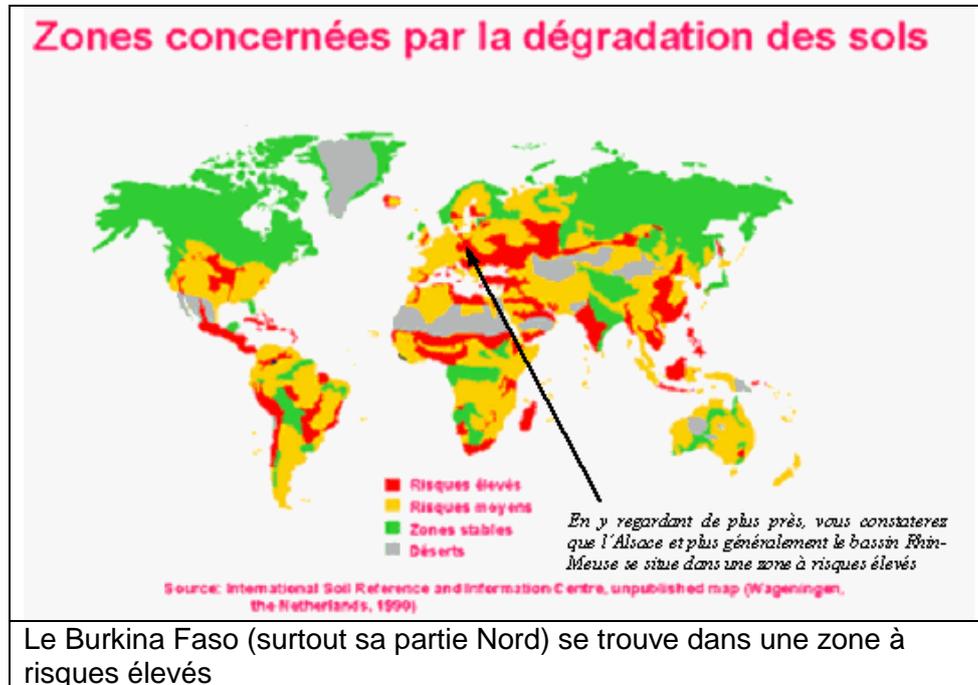


Figure 4: Zones du monde concernées par la dégradation des sols

Lorsque l'état d'équilibre, caractérisé par l'écosystème climax est atteint, il tend à se maintenir stable au cours du temps. La végétation installée sur le sol fournit l'humus et assure la circulation ascendante des matières. Elle protège le sol de l'érosion en jouant le rôle de barrière. Les plantes peuvent aussi réduire l'érosion en liant les particules du sol aux racines. Ainsi, toute modification légère est rapidement corrigée et l'équilibre rétabli.

Toutefois, lorsque l'écosystème subit une perturbation très importante (par exemple une destruction importante de la végétation), il lui est très difficile voire impossible de retrouver un équilibre semblable au précédent.

Dans ce cas, l'érosion, due à plusieurs mécanismes (érosion par l'eau et le vent, dégradation chimique et physique), est responsable de la destruction des horizons supérieurs du sol, et est à l'origine d'un phénomène de rajeunissement du sol (c'est-à-dire que l'évolution retourne en arrière, vers l'état initial).

11.2.2 L'action de l'homme sur la dégradation du sol

La dégradation du sol est directement liée à l'action de l'homme. En effet, il peut modifier profondément l'évolution des sols par action directe et brutale, telle que le défrichement, coupes abusives, pâturage en forêt, ratissage des litières.

De façon indirecte, il fait des aménagements routiers et urbains qui augmentent les surfaces imperméables et favorisent le ruissellement et donc l'entraînement du sol.

Mais ce sont les transformations récentes de l'agriculture qui ont accéléré l'érosion des sols. En effet, l'agriculture augmente les risques d'érosion en perturbant la végétation locale.

Parmi les pratiques accélérant l'érosion du sol nous pouvons noter la monoculture, la culture en rangs espacés, le surpâturage, le labour, la présence de sol nu en période hivernale, la formation de sillon dans le sens de la pente.

La modification des méthodes de travail du sol par la mécanisation augmente également les risques d'érosion et donc de dégradation du sol. En effet, la fertilisation par engrais minéraux au dépend de fumure organique augmente le rendement immédiat mais déstructure peu à peu le sol. On observe également une diminution progressive de la teneur du sol en matière organique, ainsi qu'une diminution de l'activité biologique du sol.

Enfin, la déforestation en particulier est à l'origine de la dégradation des sols forestiers

La dégradation des sols engendre plusieurs conséquences parmi lesquelles on a la diminution des rendements agricoles, les catastrophes naturelles, la dégradation de la qualité des eaux et la perte de la diversité biologique.

L'érosion des sols peut être combattue, et certaines techniques permettent d'améliorer et de corriger les situations de dégradation. Bien que simples, les méthodes utilisables pour réduire l'érosion ne sont souvent pas pratiquées, car leurs bénéfices à court terme ne semblent pas évidents. La reconstruction d'un sol est en particulier possible par le biais de techniques d'amélioration de la structure du sol, l'apport de matière organique et la limitation du ruissellement (telle qu'une couverture végétale permanente)

II.3 Techniques de conservation des eaux et des sols

La lutte anti-érosive classique consiste généralement à appliquer des recettes: structures anti-érosives et techniques culturales qui ont montré quelque part et en d'autres circonstances, des aptitudes à retenir l'eau et à ralentir l'érosion. Dès lors, il n'est pas étonnant que la majorité des projets comportant la lutte anti-érosive ait abouti depuis 50 ans à des échecs (Hudson, 1991).

Avant de porter un choix sur une technique il serait bon de passer en revue toutes les pratiques anti-érosives afin de déceler leurs efficacités et les éventuels problèmes que provoque leur application.

II.3.1 Le travail du sol

- Améliorer la structure du sol pour obtenir un meilleur enracinement et une meilleure absorption du milieu nutritif par les plantes,
- Combattre les mauvaises herbes,
- Et conserver les eaux (augmenter l'infiltration et/ou diminuer l'évaporation) et les sols (limiter les pertes de terres superficielles et par conséquent les nutriments qu'elles contiennent), tels sont les objectifs visés par le travail du sol.

Les différentes techniques de travail du sol sont le scarifiage (ou grattage), le sous-solage, le billonnage, le labour, le buttage, le mulch pailleux, etc.

Leurs caractéristiques sont mises en exergue en annexe II tandis que leurs effets sur le sol et les problèmes qu'elles engendrent sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 2 : effets des techniques de travail du sol et problèmes posés par leur application

	Scarifiage en sec	sous-solage en sec	Labour à plat	Labour en billon	butage		Buttage et cloisonnement		Mulch pailleux
					Sans labour	Avec labour	Sans labour	Avec labour	
Améliore l'infiltration diminue le ruissellement	+	++	++	++	++	++	++	++	++
Facilite l'utilisation de l'eau stockée par le sol	+	++	+++	+	-	++	-	++	-
Permet de conserver l'eau infiltrée	-	-	++	-	-	-	+	++	++
Problèmes posés par l'application de la technique	Force de traction désherbage	Nécessité de grosse motorisation Coût Pérennité faible	Equipement culture attelée Période de réalisation	A réaliser perpendiculairement à la pente Problème du semis mécanique Temps de travail réalisé à la main	Les lignes de semis doivent être perpendiculaire à la pente Accident sur les racines Date de buttage en zone sèche Temps de travail	Cloisonnement : temps de travail pour cloisonner	Disponibilité en paille Désherbage Semis mécanique		

Légende : +++ : effet très prononcé + : effet assez réduit

++ : effet prononcé - : pas d'effet

source : bulletin du CIEH n°94, octobre 1993

II.3.2 Les ouvrages durables

Les ouvrages sur lesquels nous allons porter notre analyse s'énumèrent comme suit : les bandes végétatives, le zaï, le sous-solage, les demi-lunes, les diguettes en terre, les fossés-ados, les cordons pierreux, les digues filtrantes, les digues d'épandage et les seuils (en gabion, en grillage de fer et en sacs plastiques).

Afin de faire un choix clairvoyant, nous allons les décrire, ensuite examiner leurs avantages et leurs inconvénients (tableau 3) par rapport à notre étude et enfin leurs applicabilités (tableau 4 et 5)

Bien que la lutte anti-érosive repose sur des techniques plus ou moins traditionnellement connues, elle nécessite une attention particulière. C'est pourquoi nous attirons l'attention sur un certain nombre de règles à respecter pour la restauration des sols.

(Source : manuel de la FAO n°70

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T1765F/t1765f07.htm)

1° Si le sol est décapé par l'érosion, il faut avant tout se rendre maître du ruissellement (cordon de pierres, haies vives, etc...).

2° Si le sol est compact, il faut réaliser un travail profond pour restaurer la macroporosité de la couverture pédologique.

3° La structure étant généralement instable, il faut en même temps enfouir un stabilisant (de la matière organique bien décomposée, du gypse, de la chaux) et semer une végétation produisant un enracinement profond et une biomasse exubérante capable de stabiliser les macropores du profil (ex. sorgho, Stylosanthes, Pennisetum, maïs, etc...).

4° Si l'horizon superficiel a été appauvri ou décapé, il faut réintroduire une microflore et une mésofaune susceptibles de remettre en route l'évolution positive de la structure et l'assimilabilité des nutriments minéraux (fumier ou compost bien décomposés).

5° Si le sol est acide, il faut amender le sol jusqu'à ce que le pH dépasse 5 et que la toxicité aluminique et manganique soit écartée.

6° Enfin, corriger progressivement les carences minérales du sol en alimentant les plantes cultivées à leur rythme et en emballant le complément minéral (N et P) dans la fumure organique pour éviter sa lixiviation par le drainage ou son immobilisation par le fer ou l'alumine libre.

Tableau 3: Atouts et faiblesses de quelques techniques mécaniques de Lutte Contre la Désertification au Burkina Faso

Techniques	Atouts	Faiblesses
Zaï	<ul style="list-style-type: none"> -Augmentation des rendements agricoles - restauration de la végétation - travail en saison sèche -Augmentation de l'infiltration de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - durée des temps de travaux - inadaptation aux sols sableux - efforts physiques importants - disponibilité de matière organique et transport - nécessité de travaux associés : cordons pierreux
Demi-lune	<ul style="list-style-type: none"> - absorption de l'eau de ruissellement - lutte contre l'érosion - Augmentation des rendements agricoles - restauration de la végétation 	<ul style="list-style-type: none"> - gros efforts de main d'oeuvre - formation pour les courbes de niveau - disponibilité de la matière organique - sécurité foncière
Cordons pierreux	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation des rendements agricoles - restauration de la végétation - travail en saison sèche - Infiltration 	<ul style="list-style-type: none"> - rareté et éloignement des pierres - insuffisance des moyens de transport - nécessité de la main d'oeuvre - entretien - engorgement en année pluvieuse
Diguette en terre	<ul style="list-style-type: none"> - conservation de l'eau - facilité de réalisation 	<ul style="list-style-type: none"> - nécessité d'un entretien constant - faible efficacité (brèche, etc.) - nécessité de gros matériel (tracteur) - engorgement
Digue filtrante	<ul style="list-style-type: none"> - augmentation des superficies cultivables - lutte contre l'érosion - ralentissement de l'écoulement de l'eau et sédimentation 	<ul style="list-style-type: none"> - coût de réalisation très élevé - fort besoin en main d'oeuvre abondante

Tableau 4: Typologie des ouvrages selon leur applicabilité.

Dispositif	Fonction (1)	Adaptabilité agro-climatique			Adaptabilité au type de sol				Adaptabilité à la topographie	
		Zone sahélienne	Zone soudano-sahélienne	Zone soudano-guinéenne	Sol argilo-limoneux	Sol sablo-limoneux	Sols sableux	Sols encroûtés-colmatés	Pentes fortes	Pentes faibles en surface
Sous-solage	CE	-	++	+	++ (4)	+ (4)	-	++ (4)	+	++
Zaï	CS/CE/CR	+/-	++	-	+	++	-	++	+	+
Demi-lune	CS/CR	++	+	-	+	++	-	+	+	++
Diguette en terre	CS/CE	++	++	-	+	++	-	+ (5)	-	++
Fossé ados	CS/CE/CR	+	++	+ (3)	+	++	-	+ (5)	+ (3)	++
Cordons de pierres	CS/CR	++	++	+	++	++	+	+	+	++
Digue filtrante	CS/CR (2)	+	++	+	++	++	+	+	+ (6)	++ (6)
Traitement de ravines/seuil	CS	++	++	++	+	++	++	+	+	+
Bande végétative	CS	-	+	++	+	+	+	+ (5)	+	+

Légende : ++ très adapté
 + applicable
 - pas adapté

Notes : 1) fonction :

CS = conservation du sol contre l'érosion hydrique

CE = conservation de l'eau

CR = collecte des eaux de ruissellement

EE = conservation du sol contre l'érosion éolienne

2) la digue filtrant a pour également comme objectif la collecte des transports solides (sédimentation)

3) à condition que le fossé ait une profondeur permettant à l'eau excédentaire d'être évacuée (drainage)

4) le sous-solage ne donne qu'un effet temporaire et doit être entretenu par la population par un labour annuel assez profond

5) seulement après sous-solage.

6) La pente longitudinale du thalweg/ bas-fond ne doit pas être forte.

Tableau 5: Typologie des ouvrages selon leur évaluation technique.

Dispositif	Effet anti-érosif	Effet de conservation de l'eau	Impact sur la production végétale	Durée de vie	Compatibilité avec une mécanisation du travail du sol
Sous-solage	+/-	+	++	A/DC	Oui
Zaï	+	+	++	A	Non
Demi-lune	+	++	+ / ++	DC (2)	Non
Diguette en terre	+/- (1)	+(4)	+/- (1)	DC (2)	Variable (3)
Fossé ados	+	++ (4)	+	SP (2)	Oui
Cordons de pierres	++	+	+	SP	Variable (3)
Digue filtrante	+	+	+ / ++	SP	Oui
Traitement de lavines/seuil	++	+	0	SP (1)	-
Bande végétative	+	0	+	DC/SP	Oui

Légende : ++ effet prononcé
 + effet assez réduit
 0 pas d'effet
 - effet négatif

SP : ouvrage semi-permanent
 DC : durée de vie courte, mais effet résiduel pendant plusieurs années
 A : travaux initiaux lourds à entretenir annuellement

- Notes :
- 1) dépend fortement de la qualité de l'ouvrage
 - 2) dépend fortement de l'entretien
 - 3) si les cordons sont trop irréguliers ou trop rapprochés (ce qui est le cas pour les terrains pentus), le travail mécanique des sols est impossible
 - 4) l'effet de conservation de l'eau des diguettes et fossés ados est positif dans le cas de diguettes et fossés isohypses. Cet effet est bien moindre si ces structures sont divergentes (avec une pente longitudinale).

Source : bulletin du CIEH n°94, octobre 1993

Chapitre III: Aperçu Général du village

III.1 Milieu physique

III.1.1 Situation Géographique

Le village de Kokossin Tandaguin est un village situé dans le département de Yargo dans la Province du Kouritenga. Il est situé à environ 25 Km au Nord-Est de Koupela, chef lieu de la province. Il a pour villages limitrophes:

- Silmiougou Boumboundy au Nord ;
- Toumtooghin au Sud ;
- Wedgo-Bokin et Wemsils à l'Est ;
- Balgo et Naobin à l'Ouest.

Dépourvu de pistes carrossables, le village n'est accessible que par la voie Yargo-Tensobetenga qui lui est distante de quelques kilomètres en passant par Péotenga et Balogo. (Pour plus de détail voir Annexe IV)

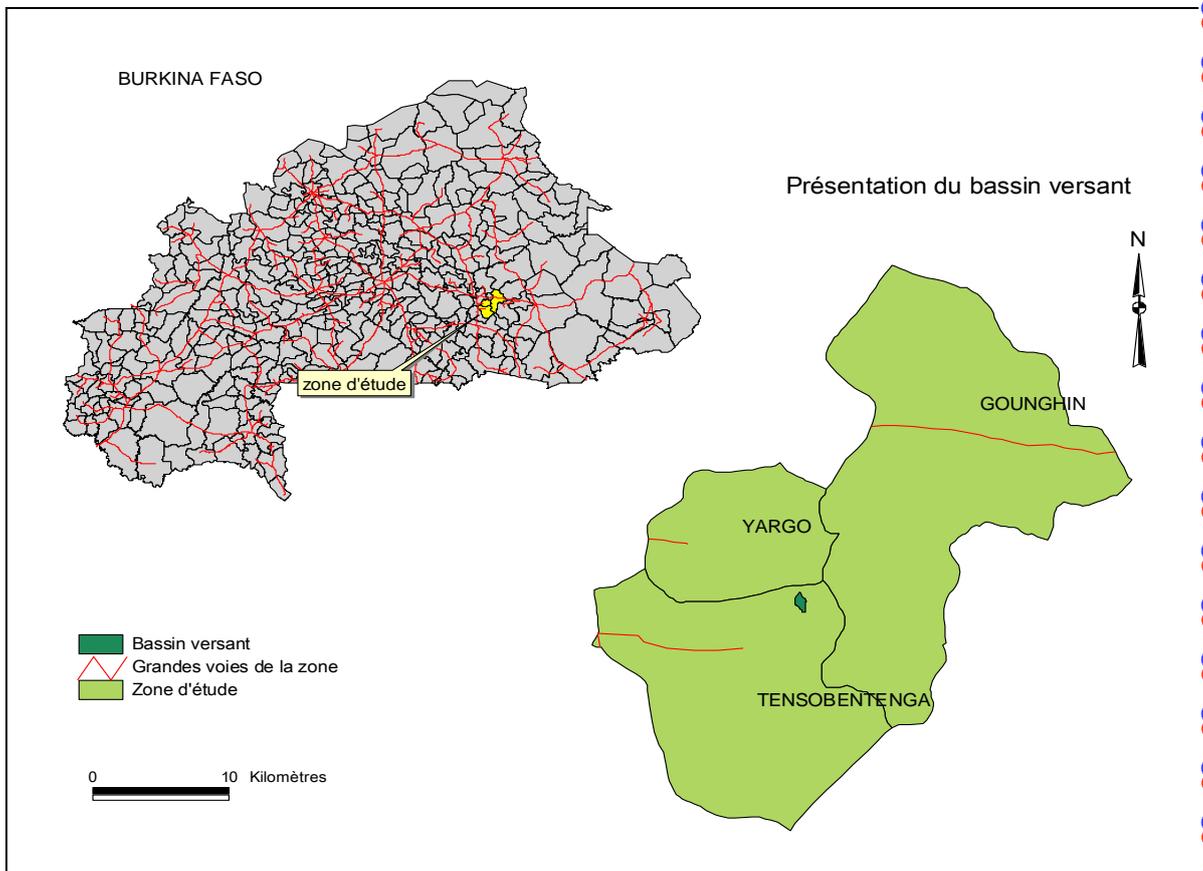


Figure 5: Carte de situation du bassin versant

III.1.2 Climat

Le climat du département de Yargo est de type soudano-sahélien. Sa pluviométrie varie de 600 à 800 mm/an, avec une mauvaise répartition dans le temps (mai-septembre) et dans l'espace. Cette irrégularité a une influence négative sur les rendements agricoles et par conséquent sur les conditions de vie de la population.

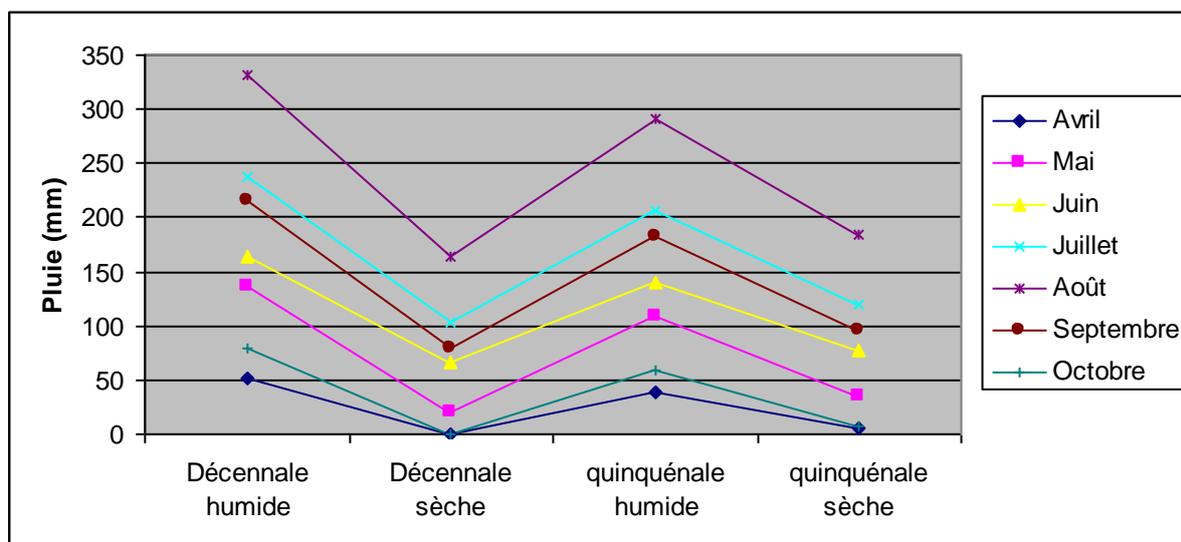


Figure 6: Pluviométrie moyenne annuelle de la zone d'étude

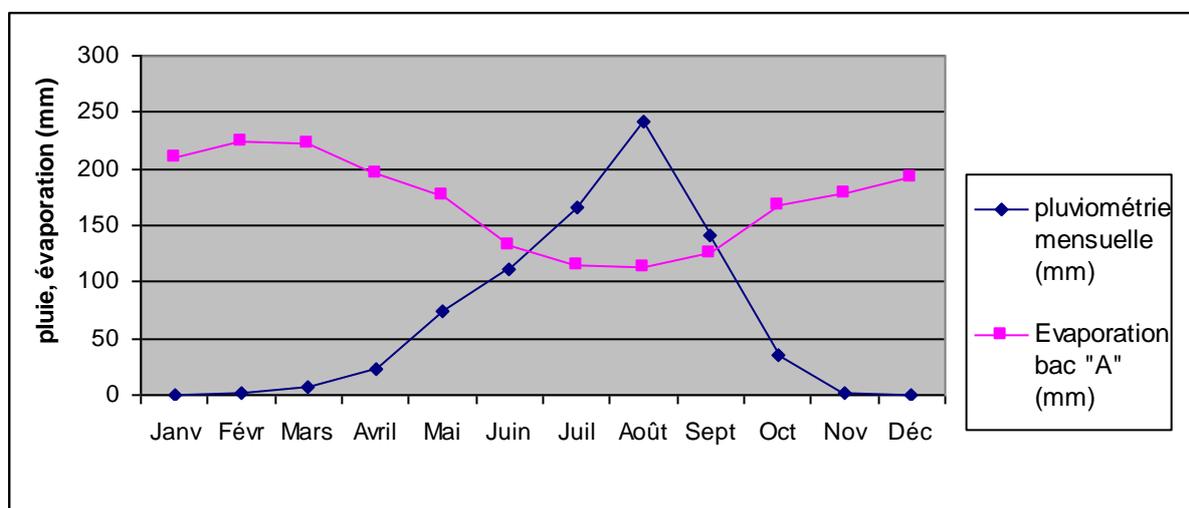


Figure 7: Pluviométrie mensuelle de la zone d'étude

Le figure 2 montre que la zone connaît une très forte évaporation si bien que la quantité d'eau tombée ne peut rester longtemps. Ce phénomène joint à la croissance du cheptel et à la nature du sol argilo-sableux est l'une des raisons du tarissement rapide des cours d'eau.

III.1.3 Relief

Le bassin versant étudié est occupé par un plateau et de petits bas-fonds. Néanmoins nous notons la présence de quelques affleurements granitiques.

III.1.4 Hydrographie

Le village entier est traversé par un marigot principal appelé *Moumtooré*. Ce cours d'eau a quatre affluents qui sont : *Kiibankin*, *Widboulghin*, *Yogmbaonghin* et *Gaankougri*. Ces cours d'eau sont très temporaires parce qu'ils se vident dès la fin de l'hivernage.

La retenue a été réalisée sur *Gaankougri*. Le réseau hydrofigure du bassin versant étudié est très peu marqué.

Le marigot principal est situé à 60 m en rive gauche de la retenue.

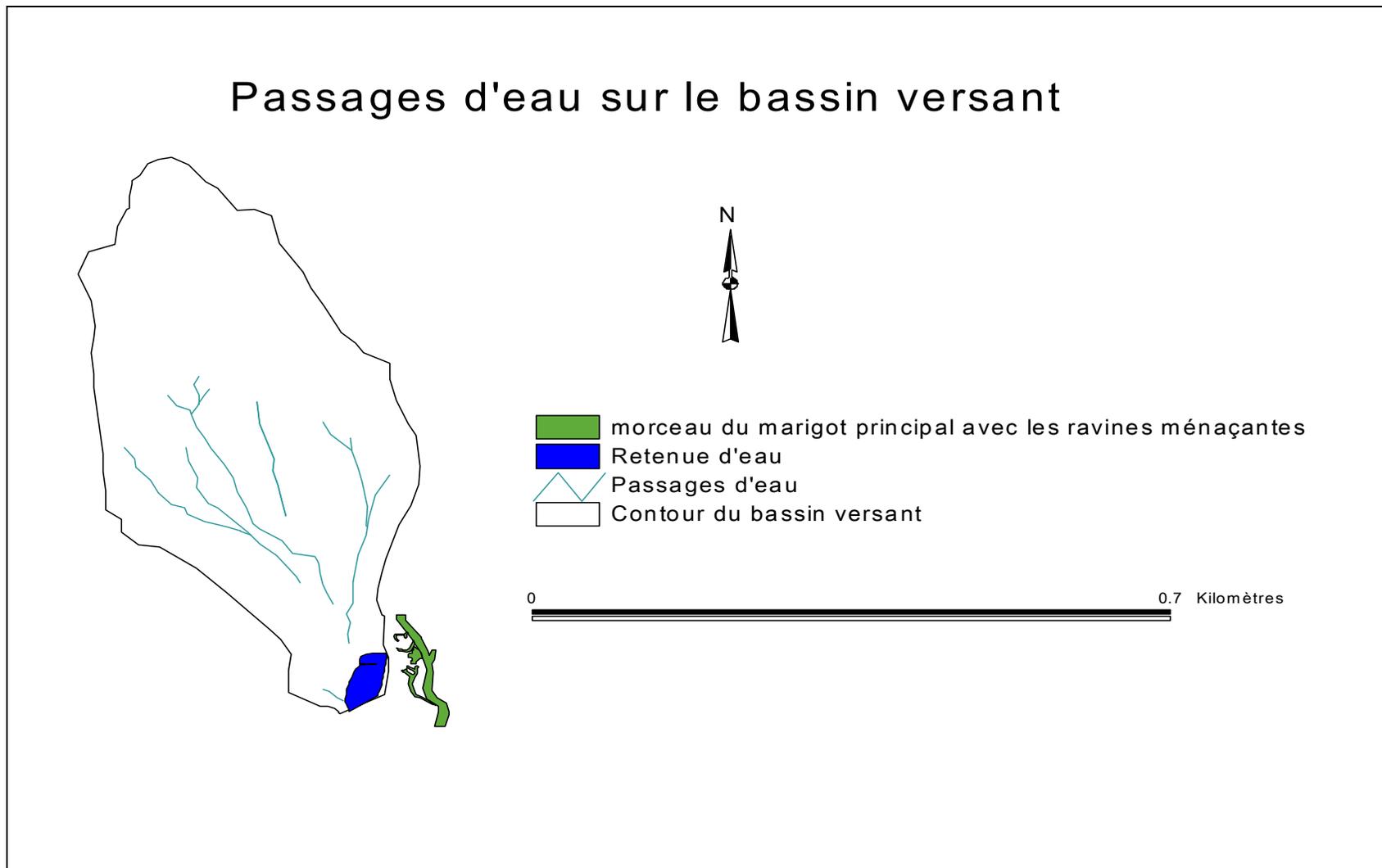


Figure 8: Hydrographie du bassin versant

III.1.5 Sol/Classification

En l'absence d'une étude pédologique spécifique du village entier, la visite du bassin versant à plusieurs reprises permet de caractériser sommairement les principaux types de sols. Ils se présentent ainsi qu'il suit :

- Les sols argilo-limoneux : présents sur une grande partie du village, ils ont moyennement fertiles. Ces terres appelées « *Zibaonghin* » se prêtent principalement aux cultures de riz et de sorgho.
- Les sols gravillonnaires : propices essentiellement aux cultures du haricot, du sorgho et du petit mil, ils sont appelés « *Zêka* » dans la langue locale (Mooré).
- Les sols qualifiés de « *Zibissri* » par les autochtones désignent les sols sableux qui sont généralement recherchés pour les cultures d'arachide, de pois de terre et même du sorgho.

A ces différents types de sols s'ajoutent des poches de terres incultes rencontrées dans le village et par conséquent dans le bassin versant qui fait l'objet de cette étude. Ces sols sont appelés « *Zipellé* » en mooré.

III.1.6 Le couvert végétal

Dans la zone de l'étude, le couvert végétal se caractérise par une savane arbustive. Le bassin versant étudié est parsemé d'arbres parce que presque entièrement occupé par des champs toujours en exploitation ou laissés en jachère.

Les espèces ligneuses présentes sont :

- le « *taaga* » ou *Butyrospermum Parkii* communément appelé le karité : il échappe le plus souvent au défrichage des champs pour plusieurs raisons. ses fruits sont commercialisés ou transformés localement.
- le « *Roanga* » ou *Parkia Biglobosa* ou néré : il bénéficie du même traitement que le karité pour des raisons similaires. En effet, ses fruits sont vendus (gousses de néré) et ses grains transformés pour obtenir du « *soumbala* ».

- le « *Sàbga* » ou l'arbre aux raisins sauvages (*Lannea microcarpa*). Ses fruits sont comestibles. La période de nos enquêtes coïncidait avec celle de maturité des raisins sauvages et nous avons pu constater qu'ils permettaient aux élèves de passer agréablement leurs temps de récréation. Ces fruits sont aussi commercialisés dans toutes les grandes villes du pays. Les feuilles de cet arbre sont utilisées dans la pharmacopée et comme fourrage tandis que ses bois à l'état sec sont utilisés comme bois de chauffe.

- le tamarinier ou *tamarindus indica* (« *Pusga* » en Moore) est aussi très utilisé dans l'alimentation (fruits et feuilles) en production d'énergie (bois de chauffe) et en pharmacopée.

Ces espèces ligneuses sont aussi utilisées par les maçons locaux (toitures), les artisans (manches de daba, tabouret, chaises,...) et certaines personnes en pharmacopée. Le baobab ou *adansonia digitata* comme bien d'autres arbres est utilisé dans l'alimentation et la pharmacopée.

Les andropogonés sont bien représentés dans le village et servent à la confection des clôtures et des toitures. Ils sont reconnus dans la localité sous le nom de « *mompoaka* ». En plus de cette double utilité, ces andropogonés sont aussi utilisés dans les champs pour lutter contre les effets érosifs des eaux de ruissellement.

Pour étayer ce qui vient d'être dit un transect a été fait dans le bassin versant. (Annexe III)

III.2 Milieu humain

III.2.1 Historique du village

Tuussé, un des petits-fils de OUEDRAOGO (un empereur Mossi), est le fondateur du village. En effet, ce dernier et ses frères ont fui la traite négrière et ont trouvé refuge dans le kouritenga. Ayant tissé des liens solides avec le chef de la localité, il obtint de lui une portion de terre où il s'installa avec sa compagnie. S'étant ainsi mis à l'abri des marchands d'esclaves, il nomma ce village « Kokossin » ce qui signifie en langue locale « on ne nous vendra pas ». Tandaga est le nom d'une colline au pied de laquelle on enterra Rakuéga le fils aîné de tuussé et où les fils de ce dernier décidèrent de s'installer. Le village s'élargit ainsi et prit le nom de « Kokossin Tandaga ». A cette époque le village était toujours sous l'autorité du chef de Kouritenga. Il fallut attendre les années 1900 pour qu'il ait la liberté de nommer son propre chef. En dépit de cette liberté, chaque chef issu de ce village doit être

investi par celui de Kouritenga. Jusqu'à nos jours, le village a connu trois chefs dont Naaba Tanga, Naaba Konguilgaqui eut 50 ans de règne et Naaba Koutkandé l'actuel chef intronisé en 2001.

Tableau 6: Peuplement du village

Quartiers	Ordre d'installation	Patronymes existants	Pouvoirs existants	Nombre de concessions	commentaire
Natenga ou Kokossin	1	- WANGO	-chefferie -Pouvoir coutumier -pouvoir moderne	11 avec 190 habitants	Premier quartier à être habité par Tuussé (fondateur) de la famille
Tandaguin	2	- WANGO - YAMEOGO - NIONGRE - DIALLO	Pouvoir coutumier	30 avec 274 habitants	Quartier occupé par les fils Rakuèga aîné de Tuussé.
Tanghin	3	- WANGO - ZOUGMORE - NIONGRE	Chef de quartier ¹	16 avec 250 habitants	Ce quartier occupé par de manque de terre.
Bolé	4	- WANGO - DIALLO	Chef de quartier ¹	4 avec 83 habitants	Ce quartier occupé par peulhs du village.
Douré ou Zoraarin	5	ZOUGMORE	Chef de quartier ¹	4 avec 41 habitants	Quartier occupé par les Nakomsé

1 : la chefferie de Kokossin Tandaga a obtenu récemment l'autorisation du pouvoir central de Koupéla de nommer des chefs de quartiers mais la mise en place de ces derniers n'a pas encore eu lieu.

2 : il s'agit des familles qui ont disputé le pouvoir à Koupéla et qui ne l'ont pas obtenu.

Source : « Etude préliminaire de la faisabilité sociale de l'aménagement d'un point d'eau pastoral à Kokossin Tandaga »

III.2.2 Données démographiques

- **Population**

Kokossin Tandaguin est composé de cinq quartiers qui sont : Kokossin, Tandaga, Tanghin, Douré et Bolé.

D'après le recensement de 1996, la population du village était estimée à 1268 habitants. La répartition par concession donne 9% pour les Peuls et 91% pour les Mossi

- **Ethnie et religion**

D'après ce qui précède, la population est essentiellement Mossi. Cette ethnie représente la population autochtone; les peuls en nombre réduit ne sont que des migrants.

En matière de religion, nous avons, par ordre décroissant en nombre de pratiquants, l'islam, l'animisme et le christianisme.

- **Phénomène migratoire**

Le phénomène migratoire est assez prononcé dans le village et joue négativement sur son développement de ce dernier en ce sens qu'il emporte chaque année la majeure partie de ses bras valides.

Les centres d'accueils de ces jeunes sont la Côte d'Ivoire (qui enregistre maintenant de moins en moins de Burkinabé à cause de sa situation politique actuelle) et les grandes villes du Burkina Faso surtout celles qui sont facilement accessibles avec le peu de moyens qu'ils disposent. Il s'agit notamment de Koupéla, Tenkodogo, Pouytenga et Ouagadougou.

III.2.3 Mode d'organisation

Sur le plan traditionnel, le village est dirigé par un chef coutumier et un chef de terre.

- Tandis que le premier veille à l'harmonie dans le village et à la continuité de la tradition, le second fait respecter la tradition et dirige les rites coutumiers.

- La succession du premier se fait de père à fils tandis que le second est remplacé à sa mort par l'un des plus vieux du village.

- Le village a plusieurs lieux sacrés mais les plus importants sont « *Piissalé* » et « *Gaankougri* » situé aux abords de la retenue. Les paysans y invoquent les divinités pour obtenir une bonne saison et la santé pour leurs familles respectives. Ils y font aussi des sacrifices pour remercier les puissances surnaturelles pour les différents bienfaits reçus.

Notons qu'il y a actuellement deux chefs de terre suite à un malentendu entre les quartiers Tandaghin et Kokossin. Néanmoins la population reste soudée dans les travaux collectifs tels que le battage et la construction des infrastructures (école, retenue, etc.).

Le pouvoir moderne, est assuré dans le village par un responsable administratif (RAV) élu par l'ensemble de la population avec l'avis du chef du village. Il représente le préfet dans le village.

En plus de ces organisations socio-politiques, traditionnelles et modernes, la population, sous l'influence des personnes extérieures ou sous l'initiative de certains individus, s'est organisée en groupements. Au nombre de cinq (5), ces organisations maintiennent des liens assez solides entre elles. Cela se remarque à travers les travaux d'intérêt commun. Les trois principaux groupements sont le « groupement homme Venegr Nooma », le « groupement féminin Sutoog-Nooma » et « l'association Nawan-ne-manegré ». Les deux autres groupements sont récents.

Les caractéristiques des différents groupements sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 7: Groupements/ associations du village

Dénomination	Date de Reconnaissance juridique	Nombre de membres	Activités	Montant en caisse (FCFA)	Responsables
GH Venegr Nooma	Créé en 1983 Mais reconnu en 2003	48	Construction des infrastructures, des diguettes et fosses fumières, reboisement, etc.	Cotisation ponctuelle pour une activité donnée	Waongo Hamidou
GF Sutoog-Nooma	Créé en 1986 Mais reconnu en 2002	63	Agriculture (champs communs), prêts pour petits commerce, soutien aux hommes dans leurs tâches, reboisement	40 000	Noaba Assétou
ANM	Créé en 2002 Mais reconnu en 2002	42	Travaux d'intérêts communs (école, forage, puits, retenue) Plantation d'arbres, construction de ponts de liaison entre quartiers	300 000	Waongo Aly
Tigre-wata	Créé en 1995 et reconnu en 2005	5	Commercialisation du céréale	750 000	Zougmoré Athanase
CVGT	Créé en 2005	Regroupe tous les groupements et	Travaux d'intérêts communs		Waongo Lissané

III.3 Caractéristiques Socio-économiques

III.3.1 Infrastructures

Le village de Kokossin Tandaguin est un village enclavé en ce sens qu'il ne possède pas d'infrastructures routières. Néanmoins, grâce au dynamisme du groupement Villageois Homme (GVH), un certain nombre d'infrastructures d'autres natures a été réalisé. Il s'agit des infrastructures éducatives, sanitaire, hydrauliques.

- **En matière d'éducation**, le village, grâce aux relations d'une de leur fille, s'est doté de sa toute première école primaire de trois classes en 2003 et ce à travers la coopération Pays Bas- Burkina Faso.

Avant d'obtenir ce joyau, le PAD leur avait construit un centre de formation polyvalent en 2002. Ce centre leur a permis, avec l'aide de la coopération suisse et ce, à travers l'AST, d'alphabétiser la majeure partie de la population surtout les jeunes.

- **Sur le plan sanitaire**, Kokossin dispose d'un poste de santé primaire (PSP) non fonctionnel contraignant la population à aller au CSPS (Centre de Santé et de Promotion Sociale) du département de Yargo dont le village relève ou à celui de Tensobetenga situé à 5 Km environ.
- **Infrastructure routière** : L'enclavement du village est vraiment notoire car il très difficilement accessible en toute saison. Cela est dû à l'inexistence de vraies pistes. La seule voie praticable est située 3 Km environ du village. (carte de situation)
- En ce qui concerne les **infrastructures hydrauliques**, le village a à son actif trois forages (situés dans les quartiers Zoraarin, Tandaghin et Natenga) et quatre puits busés. Parmi ces points d'eau cités, deux forages et un puits possèdent des abreuvoirs. On note aussi la présence de puits traditionnels qui sont saisonniers.

Malgré ce nombre important de points d'eau potable dans le village on déplore un manque de comité de gestion. En effet, il ressort des enquêtes qu'un des forages

voit ses pièces se renouveler chaque année. Seulement sa réparation se fait chaque fois attendre à cause des cotisations ponctuelles que l'on instaure après chaque panne.

- **Sur le plan aménagement**, le village, à défaut d'obtenir un barrage participe actuellement à la réhabilitation de leur ancienne retenue et à la réalisation de quelques seuils visant à protéger leur retenue de l'érosion régressive.

Il faut noter aussi la réalisation de fosses fumières et de sites anti-érosifs. Ces travaux effectués pour la restauration des sols ont été possibles grâce à l'encadrement de PAD qui intervient dans le village depuis 1997.

III.3.2 Agriculture

- **Caractéristiques des productions agricoles**

Les différentes spéculations

Compte tenu de l'insuffisance d'eau dans le village, la population ne pratique pas de cultures de contre-saison. De plus, en raison de la nature d'agriculture de subsistance, les cultures vivrières constituent l'ensemble de la production agricole. Les principales cultures par ordre d'importance sont : le sorgho, le mil et l'arachide ; viennent ensuite le maïs, le niébé et le riz.

Il faut noter que les femmes font aussi les cultures maraîchères (gombo, oseille...) pendant la saison pluvieuse sur de petites portions de terres.

La période de soudure

L'insuffisance des productions agricoles entraîne des périodes de soudure plus ou moins prolongées. Tous les ménages enquêtés nous ont laissé entendre qu'il y a des périodes où ils connaissent la disette. Cette situation pose le problème d'insécurité alimentaire, qui est crucial dans les différents villages de la région.

Pour les producteurs, l'insécurité alimentaire est essentiellement due à la faible productivité agricole. Il convient aussi de noter que les mariages, les cas de maladies et les funérailles occasionnent des dépenses importantes pour lesquelles certains ménages sont

contraints de vendre leurs récoltes ; cela les entraîne dans les ruptures de stocks de vivres et prolonge la période de soudure.

- **Système d'exploitation des terres**

Les agriculteurs pratiquent généralement un système d'exploitation itinérante des terres. Les cultures intensives sont pratiquées dans des champs de petite superficie. Ces champs sont situés autour des habitations.

Les paysans exploitent aussi plusieurs types de champs :

- « Les champs de case » entourant les concessions, sont des champs permanents, enrichis par les ordures ménagères et l'apport de fumier.

- Les champs des villages sont situés à l'intérieur des zones densément habitées et autour du village.

- Enfin « les champs de brousse » où s'effectue l'essentiel de la production vivrière. Compte tenu du manque de terres dans le village, ces champs de brousse sont généralement situés dans d'autres terroirs. (Silmiougou, Tensobetenga, Wemsilsé) (Annexe V)

Ces champs sont en majeure partie exploités avec la daba qui est l'outil principal de culture de la zone. Les techniques CES (Conservation des Eaux et des Sols) ont été introduites dans le village mais elles sont faiblement appliquées à cause des moyens limités des paysans. Un concours de pose de cordons pierreux a été lancé par le Programme d'Agriculture Durable (PAD) ; Ce qui a encouragé certains paysans à fournir plus d'effort pour gagner le prix.

Néanmoins il faut noter que le niveau de compréhension des techniques CES par la population reste encore faible puisque certains paysans ont arraché des moellons de leurs cordons pour les travaux du surcreusement de la retenue.

Les enquêtes dans les concessions ont révélé la présence de fosses fumières. Seuls les chefs de famille ne possédant pas de bœufs ou d'ânes ou les matériels nécessaires (brouettes ou charrettes pioches, pelle et ciment) n'en ont pas construites. Ces personnes représentent 5% des chefs de famille enquêtés.

- **Gestion des produits agricoles.**

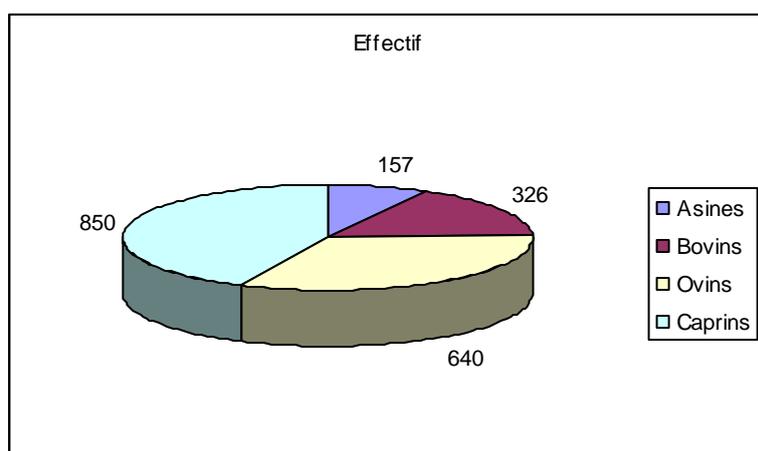
Selon les résultats des enquêtes, la nature était clémente pour les paysans et ils arrivaient à nourrir correctement leur famille et à vendre aussi leurs produits pour résoudre certains problèmes familiaux. Mais pendant les deux dernières années, surtout la saison dernière, les récoltes ont été particulièrement mauvaises et tous les chefs de famille enquêtés sont soucieux. Ils craignent de ne pas arriver à nourrir leur famille jusqu'à la récolte prochaine.

Les produits agricoles des femmes et des jeunes sont destinés à la vente mais en cas de disette ils sont consommés dans la famille.

III.3.3 Elevage

En tant que deuxième activité principale après l'agriculture, l'élevage occupe une place très importante dans la vie des paysans surtout en ces temps de « vaches maigres ». Pour ceux qui le pratiquent, il constitue la première source de revenu parce que l'agriculture ne peut plus couvrir tous leurs besoins.

Cette activité est bien connue dans la zone des trois départements (Gounghin, Yargo et Tensobetenga) où la population de Kokossin mène des activités. A l'échelle du village étudié, elle a du mal à évoluer à cause du manque de moyens (figure 6)



Source : Zone d'Appui Technique en Elevage de Tensobetenga (2004)

Figure 9: Effectif du bétail dans le village
• **Systeme d'élevage**

Il existe deux types d'élevage : l'élevage sédentaire extensif et l'embouche.

- Le premier type est le plus pratiqué. Les animaux s'alimentent en saison pluvieuse dans des pâturages naturels.

En période sèche ils sont nourris par les résidus de récoltes conservés sur les arbres et les hangars.

- le second type est en croissance actuellement dans la zone d'élevage où se situe KokossinTandaga. Ne prenant en compte que les ovins et les bovins, l'embouche est pratiquée pour la commercialisation et éventuellement le renouvellement des bœufs de trait.

Un effort est consenti dans toutes les familles qui élèvent pour que ces animaux soient vaccinés.

Pendant les enquêtes, certaines cours étaient dépourvues de volaille parce qu'elles ont été victimes d'une épidémie.

- **Contraintes**

Bien qu'il soit un secteur qui tente de prendre le pas sur l'agriculture, l'élevage rencontre d'énormes difficultés parmi lesquelles on peut citer :

- le manque d'eau d'abreuvement. Ce problème jadis cuisant, doit pouvoir trouver une issue favorable avec les travaux de réhabilitation de la retenue existante. Cela éviterait au bétail de faire de long parcours à la recherche d'eau ou à surexploiter les nappes des forages par un excès de pompage.
- Le non respect des pistes à bétail provoquant de perpétuelles querelles entre les agriculteurs et les éleveurs.
- Le manque de nourriture en saison sèche.

A ces contraintes, s'ajoutent celles de la commercialisation. En effet, le village souffre :

- d'un manque de parc à vaccination (les paysans reçoivent les vétérinaires chez eux ou sont obligés de conduire les animaux au parc de Silmiougou Boumboundy)
- d'un manque de marché de bétail et d'aire d'abattage. Les ventes se font sur les marchés de Péotenga et de Kouka.

III.4 Etat d'application des techniques CES dans le village

III.4.1 Les problèmes agricoles

La population de Kokossin Tandaga est confrontée à des conditions de vie difficiles dont l'insécurité alimentaire. Les causes d'une telle situation seraient, selon les enquêtes auprès des chefs de famille, liées :

- à la dégradation des sols et de l'environnement (Annexe VI);
- à la persistance de certaines techniques traditionnelles inappropriées (culture itinérante sur brûlis) suite à l'insuffisance de formation ;
- au manque d'équipements agricoles adéquats.

i. Les problèmes de dégradation des sols

Pour expliquer ces problèmes, les paysans ont cités les facteurs suivants :

- L'insuffisance de la pluviométrie ;
- L'érosion hydrique et éolienne ;
- La baisse de la fertilité/pauvreté des sols ;
- Le manque de terres cultivables avec l'augmentation de la population ;
- Le manque de moyens pour bien exploiter le peu de terres disponibles.

Ces points cités prouvent qu'ils sont avisés des phénomènes de l'érosion et de leurs conséquences.

Cette compréhension a En effet, été facilitée pendant nos enquêtes par des interventions préalables, similaires à la nôtre, effectuée par certains organismes tels que PAD, ARCOP,...

ii. La persistance de certaines techniques traditionnelles

- Par manque de moyens pour intensifier leurs cultures, les paysans se contentent d'exploiter de grandes superficies pour espérer avoir une quantité récoltée suffisante. De plus, ces vastes champs sont nettoyés sur brûlis.

Ces pratiques contribuent à emporter la majeure partie du couvert végétal, exposant ainsi le sol à l'érosion.

- En début de saison pluvieuse le problème de fourrage de pose car les stocks faits sur les hangars et les arbres s'épuisent et les jeunes plants dans les champs sont attirants et à la merci des animaux en divagation.
- Le manque de pâturage et la dénudation de certains sols sont parfois dus aux feux de brousse.
- La coupe abusive du bois

Ces pratiques et comportements concourent à la dégradation des ressources naturelles en général et de l'environnement en particulier.

iii. *Le manque d'équipements agricoles adéquats*

La daba est l'outil principal dans les travaux champêtres. Cela limite les superficies exploitées pour les familles qui n'ont que cet outil. Certains paysans nous ont laissé entendre qu'ils sont bien conscients des bienfaits des techniques CES pour avoir vu leurs voisins qui ont pu les appliquer, faire des récoltes nettement meilleures que les années passées. Mais il leur manque du matériel (charrue, brouettes, barres à mine, pioche, pelles, charrettes, etc.).

III.4.2 Les pratiques CES dans la zone

La visite des champs et des concessions nous a permis d'observer quelques pratiques telles que la fumure organique, le paillage, les cordons pierreux et les bandes enherbées.

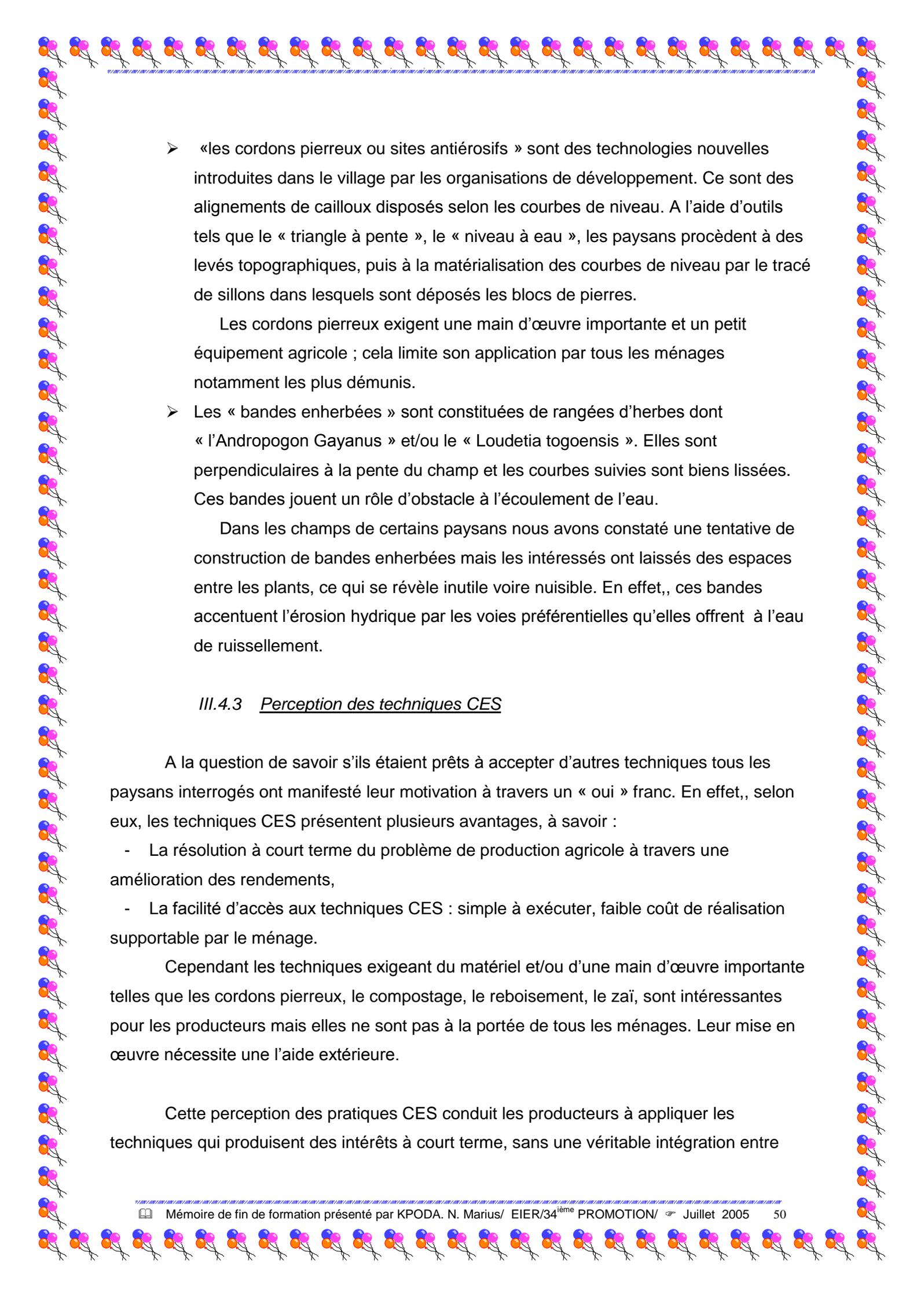
- Ces pratiques traditionnelles dont certaines ont été améliorées (cordons pierreux, fosses fumières) sont simples à exécuter sans une exigence d'investissements pouvant dépasser les capacités du paysan.

Il faut cependant noter que le transport de la fumure dans les champs constitue un facteur limitant de cette technique par les ménages à faibles ressources notamment lorsqu'il s'agit des fosses fumières, le plus souvent mise en place au niveau des concessions.

Pour ces familles, même la construction des fosses fumières leur pose problèmes. Les nantis quant à eux en font deux ou trois.

- De plus l'adoption de ces pratiques est motivée par le fait que celles-ci ont un impact immédiat sur l'amélioration des rendements agricoles.

- L'utilisation de la « fumure organique » consiste à épandre le fumier (bouse de vaches et autres déjections animales mélangées à des débris végétaux) dans les champs. La technique est ancienne mais connaît une amélioration à travers le transport du fumier des aires de pâturage vers les champs avec l'introduction des fosses fumières par les organismes de développement (PAD).
- « Le paillage » est aussi une technique traditionnelle qui consiste à couvrir le sol avec des résidus de cultures. Le manque de fourrage entrave cette pratique dans le village, mais quelques petits espaces sont recouverts volontairement de tiges de mil, de sorgho, des herbes séchées et d'autres débris végétaux amassés par les eaux de ruissellement des premières pluies. Ce paillage joue un rôle de tapis contre l'érosion hydrique, éolienne.

- 
- «les cordons pierreux ou sites antiérosifs » sont des technologies nouvelles introduites dans le village par les organisations de développement. Ce sont des alignements de cailloux disposés selon les courbes de niveau. A l'aide d'outils tels que le « triangle à pente », le « niveau à eau », les paysans procèdent à des levés topographiques, puis à la matérialisation des courbes de niveau par le tracé de sillons dans lesquels sont déposés les blocs de pierres.

Les cordons pierreux exigent une main d'œuvre importante et un petit équipement agricole ; cela limite son application par tous les ménages notamment les plus démunis.

- Les « bandes enherbées » sont constituées de rangées d'herbes dont « l'Andropogon Gayanus » et/ou le « Loudetia togoensis ». Elles sont perpendiculaires à la pente du champ et les courbes suivies sont bien lissées. Ces bandes jouent un rôle d'obstacle à l'écoulement de l'eau.

Dans les champs de certains paysans nous avons constaté une tentative de construction de bandes enherbées mais les intéressés ont laissés des espaces entre les plants, ce qui se révèle inutile voire nuisible. En effet,, ces bandes accentuent l'érosion hydrique par les voies préférentielles qu'elles offrent à l'eau de ruissellement.

III.4.3 Perception des techniques CES

A la question de savoir s'ils étaient prêts à accepter d'autres techniques tous les paysans interrogés ont manifesté leur motivation à travers un « oui » franc. En effet,, selon eux, les techniques CES présentent plusieurs avantages, à savoir :

- La résolution à court terme du problème de production agricole à travers une amélioration des rendements,
- La facilité d'accès aux techniques CES : simple à exécuter, faible coût de réalisation supportable par le ménage.

Cependant les techniques exigeant du matériel et/ou d'une main d'œuvre importante telles que les cordons pierreux, le compostage, le reboisement, le zaï, sont intéressantes pour les producteurs mais elles ne sont pas à la portée de tous les ménages. Leur mise en œuvre nécessite une l'aide extérieure.

Cette perception des pratiques CES conduit les producteurs à appliquer les techniques qui produisent des intérêts à court terme, sans une véritable intégration entre

elles. Cela ne permet donc pas de résoudre de façon efficace et durable les problèmes de dégradation des sols.

Chapitre IV: Les propositions de Techniques

Après analyse et interprétation des données recueillies pendant les enquêtes sur le terrain, un certain nombre de techniques ont été adoptées. Il s'agit des bandes végétatives des digues filtrantes, des zaï, des demi-lunes, d'un jardin, d'une plantation et des seuils filtrants.

IV.1 Justification et description des techniques

Avant d'adopter l'une ou l'autre des méthodes de lutte anti-érosive, il est souhaitable de revenir aux causes de l'érosion hydrique.

IV.1.1 Rappels sur l'érosion hydrique

Lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol, il se forme d'abord des flaques qui se communiquent par des filets d'eau. A une certaine vitesse, (25 cm/s d'après Hjulström (1935)), ces derniers acquièrent une énergie propre qui va créer une érosion limitée dans l'espace par des lignes d'écoulement. Cette énergie se concentre sur des lignes préférentielles. L'érosion linéaire est donc causée par un ruissellement dont l'énergie cinétique est capable d'entailler le sol et d'emporter des particules.

i. Les formes d'érosion linéaire

L'érosion linéaire apparaît avec le ruissellement en nappe qui creuse des formes de plus en plus profondes. Selon l'ampleur de l'incision faite dans le sol, nous avons différentes formes d'érosion. (tableau 7)

Tableau 8 : Description des formes d'érosion hydriques

Forme d'érosion		Profondeur p de canaux	Observations	
Griffes		Quelques cm (p < 10cm)	Facilement effaçables par les techniques culturales.	
Rigoles		p > 10cm	Effaçables par les techniques culturales.	
Nappes ravinantes		10cm < p < 20cm	Largeur de plusieurs mètres	
Ravines	Petites ravines	Plusieurs dizaines de cm (≈ 50cm)	Lit toujours encombré par la végétation (herbes et arbustes). Ravines facilement traitables par les méthodes biologiques.	Non effaçables par les techniques culturales
	Ravines moyennes	p < 100cm	Les méthodes biologiques sont inefficaces pour le traitement mais le stade de ravinement torrentiel n'est pas encore atteint.	
	Grandes ravines	p > 1m	Ravinement sur plusieurs kilomètres. Charriage important, torrentialité. Traitement par seuils cimentés et des méthodes mécaniques coûteuses	

ii. Facteurs de l'érosion

Plusieurs facteurs sont à l'origine de l'installation et de l'évolution de l'érosion hydrique. Ces facteurs sont :

- *le climat et l'hydrologie* qui constituent l'élément moteur de l'érosion hydrique. En effet, on ne peut pas parler de ce type d'érosion sans précipitations atmosphériques.
- *la morphologie du terrain*. Elle agit sur l'érosion par la pente (valeur et longueur de la

penne). L'érosion s'accroît avec une pente assez prononcée et longue.

- *le sol*. Son action se traduit par son érodibilité qui est sa sensibilité à l'arrachement et au transport des particules qui le composent.
- *la végétation*. Élément protecteur du sol, elle diminue considérablement l'effet splash, freine le ruissellement et donc favorise l'infiltration, nourrit le sol en matières organiques. Mais sa dégradation par l'action de l'homme ou par des phénomènes climatiques accélère l'érosion.
- *les techniques culturales* qui favorisent le développement du couvert végétal mais fragilisent le sol face au ruissellement.

iii. Quantification des pertes de terres

Notre étude ayant pour objectif la lutte contre l'ensablement de la retenue, nous allons plus nous intéresser aux pertes de terres dues à l'érosion.

Ces pertes sont généralement quantifiées de deux manières : les mesures directes et les formules existantes dont l'équation de WISCHMEIER.

Les mesures directes nécessitent l'implantation d'une station de jaugeage, ce qui n'existe pas dans notre cas. Nous allons examiner ces pertes à travers l'équation de WISCHMEIER.

Cette équation qui permet de prédéterminer les pertes en terre annuelles moyennes pour une parcelle donnée, dans des conditions bien définies, s'écrit sous sa forme simplifiée comme suit :

$$A = 2.24 R.K.L.S.C.P$$

A : perte en terre en tonne/ha

R : facteur d'agressivité climatique

K : facteur sol

L : facteur longueur de la pente

S : facteur pente

C : facteur agronomique

P : facteur des aménagements antiérosifs.

L'indice d'agressivité climatique (RUSA) : défini comme le produit de l'énergie cinétique et l'intensité maximale de la pluie en 30 minutes, il est très élevé. Au Burkina Faso il est compris entre 600 au sud et 200 au nord.

R, l'érosivité des pluies, varie de 100 à 2000

La résistance des sols à l'érosion caractérise l'érodibilité du sol (sols ferrallitiques; K = 0,01 à 0,18), sols ferrugineux tropicaux cultivés (K: 0,20 à 0,30)

K, l'érodibilité des sols, varie de 0,01 à 0,30

Le facteur topographique regroupe les effets de la longueur (L) et de l'inclinaison (S) de la pente. L'influence de la longueur de la pente n'est ni constante, ni très élevée
SL, l'indice topographique, varie de 0,1 à 5 (et jusqu'à 20 en montagne)

La couverture du sol (facteur C) assurée par les végétaux (et les cailloux) a une importance qui l'emporte sur celle de tous les autres facteurs qui conditionnent l'érosion. En effet, quels que soient l'agressivité du climat, la pente, le type de sol, les phénomènes d'érosion seront médiocres si le sol est couvert à plus de 90 %. Noter cependant que les techniques culturales vont intervenir puissamment durant la phase de croissance des végétaux. (C) est l'interaction entre la couverture végétale et les techniques culturales.

C varie entre 1 et 0,001

Remarque : Il serait intéressant si l'on parvenait à évaluer à partir de cette formule la quantité de terre que les eaux de ruissellement envoient dans la retenue. Mais la détermination de K nécessite des travaux en laboratoire pour déterminer la granulométrie, la perméabilité et la quantité de matières organiques du sol. L'obtention de certains résultats se fait après plusieurs semaines. Vu le temps qui nous est imparti et les moyens utilisés, cette analyse ne sera pas faite.

Estimation des pertes de terre sur le bassin versant

$$A = 2.24 R.K.L.S.C.P$$

- L'annexe VII qui donne une esquisse de la répartition de l'indice d'agressivité climatique annuel moyen (RUSA de Wischmeier) en Afrique de l'Ouest et du Centre nous permet de prendre R=400
- comme annoncé plus haut, il nous est difficile de déterminer K avec le plus de précision possible sans les paramètres suivants :

- La somme des pourcentages de limon et de sable fin ;
- Le pourcentage de sable ;
- La teneur en matière organique ;
- La structure du sol ;
- La perméabilité du sol.

Mais nous savons, d'après la description des paramètres ci-dessus menée, que K varie entre 0.01 et 0.30.

Nous prenons pour notre estimation $K=0.3$ parce que notre bassin se trouve dans une zone de très forte érosion (annexe VIII).

- les facteurs L et S sont déterminés à partir des relations établies par Wischmeier.

$$L = \left(\frac{l}{22.13} \right)^m \quad \text{et} \quad S = \frac{0.43 + 0.30 \times s + 0.043 \times s^2}{6.613}$$

L : facteur de longueur de pente

l : la longueur de la pente

m = 0.5 lorsque la pente < 10%

m = 0.6 lorsque la pente > 10%

S : facteur de pente

s : pente (%)

l = 1440 m longueur moyenne du bassin estimée à l'aide du logiciel Arcview

s = (25-10)/1440 ; 25 et 10 sont les côtes maximale et minimale sur le bassin aménageable par les levés topographiques effectués par ARCOP, par rapport à leur référentiel local.

S = 0.0104 ≈ 10%

m = 0.6

$$\text{d'où } L = \left(\frac{l}{22.13} \right)^m = \left(\frac{1440}{22.13} \right)^{0.6} = 12.25$$

$$S = \frac{0.43 + 0.30 \times s + 0.043 \times s^2}{6.613} = \frac{0.43 + 0.3 \times 10 + 0.043 \times 10^2}{6.613} = 0.12$$

Par conséquent l'indice topographique est $SL \approx 1.46$

- nous sommes dans une zone sahéenne qui connaît des feux de brousse et le surpâturage. D'après le tableau (a) de l'annexe IX on a C = 0.1

- tout le bassin n'étant pas couvert de champs nous prenons $P = 0.15$. cette valeur est une moyenne des valeurs prises par P en considérant que l'on pratique du billonnage isohypse cloisonné dans les champs. (Annexe IX, tableau b)

La perte de terre A sur le bassin est par conséquent estimée à

$$\begin{aligned} A &= 2.24 R. K. L. S.C.P \\ &= 2.24 \times 400 \times 0.3 \times 1.46 \times 0.1 \times 0.15 \\ &= 5.8867 \text{ tonnes/ha} \end{aligned}$$

$A \approx 6$ tonnes/ ha

Le bassin versant (≈ 92 ha) perd chaque année **541.6 tonnes de terre en moyenne.**

En conclusion partielle par rapport à notre étude, nous pouvons dire que les facteurs les plus importants sur lesquels nous pouvons intervenir pour limiter l'érosion et le ruissellement, sont avant tout le développement du couvert végétal et l'inclinaison de la pente.

IV.1.2 Principes de développement du couvert végétal

Pour atteindre ce but, quatre approches biologiques semblent possibles:

1° Intensification de l'agriculture sur les terres les meilleures et les moins pentues. Une attention particulière est due à la date, à la densité du semis, à la fertilisation et à l'usage des pailles et résidus des cultures à la surface du sol, à la préparation du lit de semence et à la gestion des matières organiques.

Le bassin versant étudié est relativement petit et exploité pour des cultures en majeure partie surtout du côté de la retenue.

2° Protection contre le feu et le surpâturage des zones les plus sensibles par une couverture permanente.

Pour la préparation du lit de semence ils rassemblent et brûlent les débris végétaux (vieilles tiges de mil gênantes, arbustes coupés et séchés). Selon les producteurs de Kokossin, les endroits où les débris ont été brûlés sont plus productifs.



Préparation d'un champ sur brûlis



Endroit surpâturé

Photo 2: Zones dénudées par la préparation des champs sur brûlis ou par le surpâturage

3° Aménagement des ravines et des exutoires en vue d'évacuer les excès d'eau temporaires avec un transport minimal de sédiments.

4° Aménagement définitif du cadre foncier au niveau du bassin versant à l'aide de bandes anti-érosives évoluant en talus et orientation approximative de tous les travaux culturaux perpendiculairement à la ligne de la plus grande pente.

Ces techniques semblent avoir été bien comprises par la population mais elles ne sont appliquées que par ceux qui possèdent des charrues et ont une main d'œuvre suffisante. Les moins nantis se contentent des semis en quinconce.



Bande anti-érosive dans un champ de mil semé en quinconce



Travail du champ perpendiculairement à la pente

Photo 3: Quelques techniques CES appliquées

Contrairement aux aménagements mécaniques qui coûtent cher, sont peu rentables et difficiles à entretenir, les méthodes biologiques proposées sont bien adaptées à notre milieu où l'herbe est abondante, où les pentes sont moyennes et où les moyens techniques et financiers sont rares. De même, si on se place du point de vue de la stabilisation du régime hydrique du sol et des cours d'eau, comme de l'augmentation de la production agricole, nul doute qu'il vaille mieux augmenter l'infiltration sur l'ensemble du terroir agricole par l'extension du couvert végétal plutôt que d'évacuer toutes les eaux excédentaires en surface.

IV.1.3 Diagnostic du bassin versant

Avant de proposer des techniques susceptibles de freiner les phénomènes de l'érosion ne sera-t-il pas intéressant d'examiner le bassin versant pour y déceler les problèmes dont il souffre et les facteurs responsables ? A ce prix nous comprendrons mieux les réalités du bassin versant et les différents choix opérés seront conséquents.

i. Type d'occupation du sol du bassin versant

La visite de terrain effectuée sur le site nous révèle plusieurs types d'occupation du sol.

Par ordre décroissant de densité de la végétation nous avons une savane arbustive, des formations herbacées, des champs et des sols nus.

- La savane arbustive se présente en deux endroits : le bois sacré du village, «*Gaankougri* », situé près de la retenue et au cœur du plateau.
- Les formations herbacées se remarquent sur toutes les zones non exploitées, dans les vallées, aux abords des passages d'eau.
- Les champs sont disséminés sur l'ensemble du bassin versant. Seuls certains monticules et les zones arides ne sont pas utilisés. Leurs exploitations intenses les dénudent d'année en année. Le résultat de cette surexploitation se constate par des champs presque sans arbres. Notons que beaucoup de champs sont situés près de la retenue et ce, certainement à cause de l'humidité plus durable de ces endroits et la fertilité des sols due à l'apport des matières organiques de tout le bassin versant par les eaux de ruissellement.
- Les sols nus sont représentés par les zones ayant subi une artificialisation ponctuelle (la grande cour de l'école, les cours d'habitation, les terrains de battage de mil) et les « zipellés » traduits par des poches de terres encroûtées dans les champs ou aux

abords. Notons qu'il y a des zones remarquables situées entre les bornes B22 et B27 sur une bande de 50 m et entre B2 et B3.

Comme annoncé plus haut, les champs d'arachides que nous avons visités sont totalement nus.

L'annexe X situe l'occupation du sol du bassin versant dans un ensemble plus grand : le terroir de Tensobetenga.

ii. Formes d'érosion présentes sur le bassin versant

Un parcours de tout le bassin versant nous a permis de constater les trois formes de l'érosion, à savoir :

- l'érosion en nappe ;
- l'érosion en griffe ou en rigole ;
- le ravinement.

L'érosion en nappe

Ce phénomène a pour siège la cour de l'école et ses environnants, les champs d'arachides, les champs situés sur le plateau et certaines parties de ce même plateau, soumises à un surpâturage. Il se produit aussi sur les poches de « zipellés » ci-dessus évoqués.

Les traitements préconisés pour lutter contre ce type d'érosion sont :

- La culture en bandes en courbe de niveau, isolées par des bandes d'arrêt enherbées ;
- Le billonnage en courbe de niveau ;
- La culture en courbe de niveau ;
- Les cordons pierreux ;
- Le zaï sur des sols encroûtés.

L'érosion en griffe ou en rigole

Là où il y a érosion en nappe se dessinent peu à peu les rigoles. Par conséquent les griffes s'observent dans les endroits ci-dessus cités mais se localisent en aval (aux sorties de ces terrains) par rapport au sens de l'écoulement.

Traitements préconisés

- La culture en courbe de niveau ;
- Le billonnage en courbe de niveau ;
- Les cordons pierreux ;
- Les haies vives ;
- Les digues en terre ou en pierre sèches ;
- Etc.

L'érosion en ravine

Résultats des concentrations des eaux provenant des rigoles, les ravines se situent sur les prolongements de ces dernières et sont accentuées par endroits. (Figure)

Selon la profondeur d'incision on a les traitements suivants :

- les haies vives ;
- les digue /Seuil filtrant ;
- les seuils en sacs plastiques ou en grillages ;
- les seuils en gabions ;
- le barrage de correction torrentiel ;
- Etc.

IV.2 Méthodes proposées

IV.2.1 Méthodes biologiques

- **Bandes végétatives**

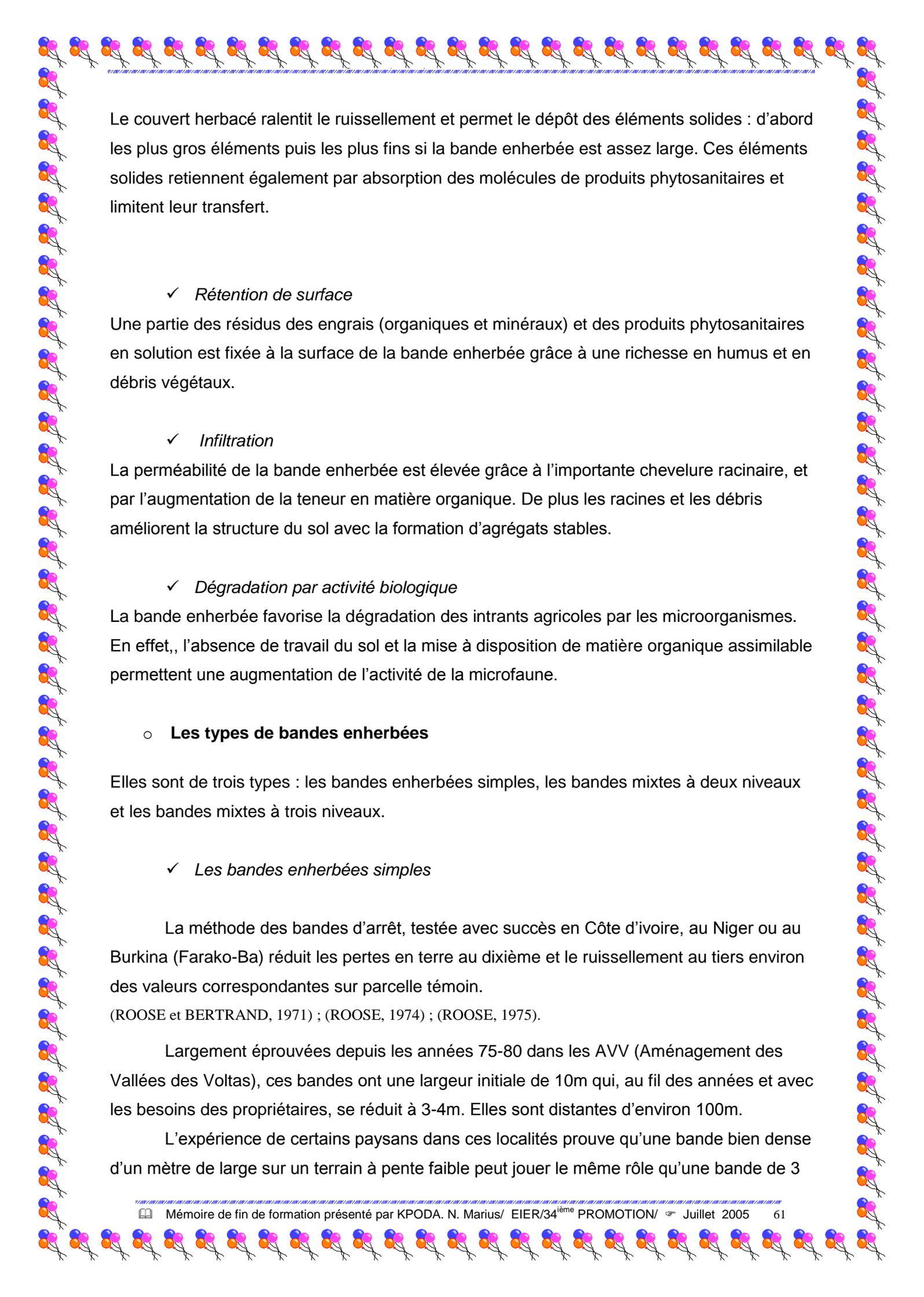
Malgré qu'elles étaient les moins attendues par les commanditaires de l'étude, elles occupent la meilleure place dans toutes les techniques ci-dessus citées

- **Le fonctionnement de la bande enherbée**

(<http://www.aube.chambagri.fr/data/outils/bandes%20enherbees.pdf>)

La bande enherbée agit de plusieurs façons :

- ✓ *Sédimentation et filtration*



Le couvert herbacé ralentit le ruissellement et permet le dépôt des éléments solides : d'abord les plus gros éléments puis les plus fins si la bande enherbée est assez large. Ces éléments solides retiennent également par absorption des molécules de produits phytosanitaires et limitent leur transfert.

✓ *Rétention de surface*

Une partie des résidus des engrais (organiques et minéraux) et des produits phytosanitaires en solution est fixée à la surface de la bande enherbée grâce à une richesse en humus et en débris végétaux.

✓ *Infiltration*

La perméabilité de la bande enherbée est élevée grâce à l'importante chevelure racinaire, et par l'augmentation de la teneur en matière organique. De plus les racines et les débris améliorent la structure du sol avec la formation d'agrégats stables.

✓ *Dégradation par activité biologique*

La bande enherbée favorise la dégradation des intrants agricoles par les microorganismes. En effet, l'absence de travail du sol et la mise à disposition de matière organique assimilable permettent une augmentation de l'activité de la microfaune.

○ **Les types de bandes enherbées**

Elles sont de trois types : les bandes enherbées simples, les bandes mixtes à deux niveaux et les bandes mixtes à trois niveaux.

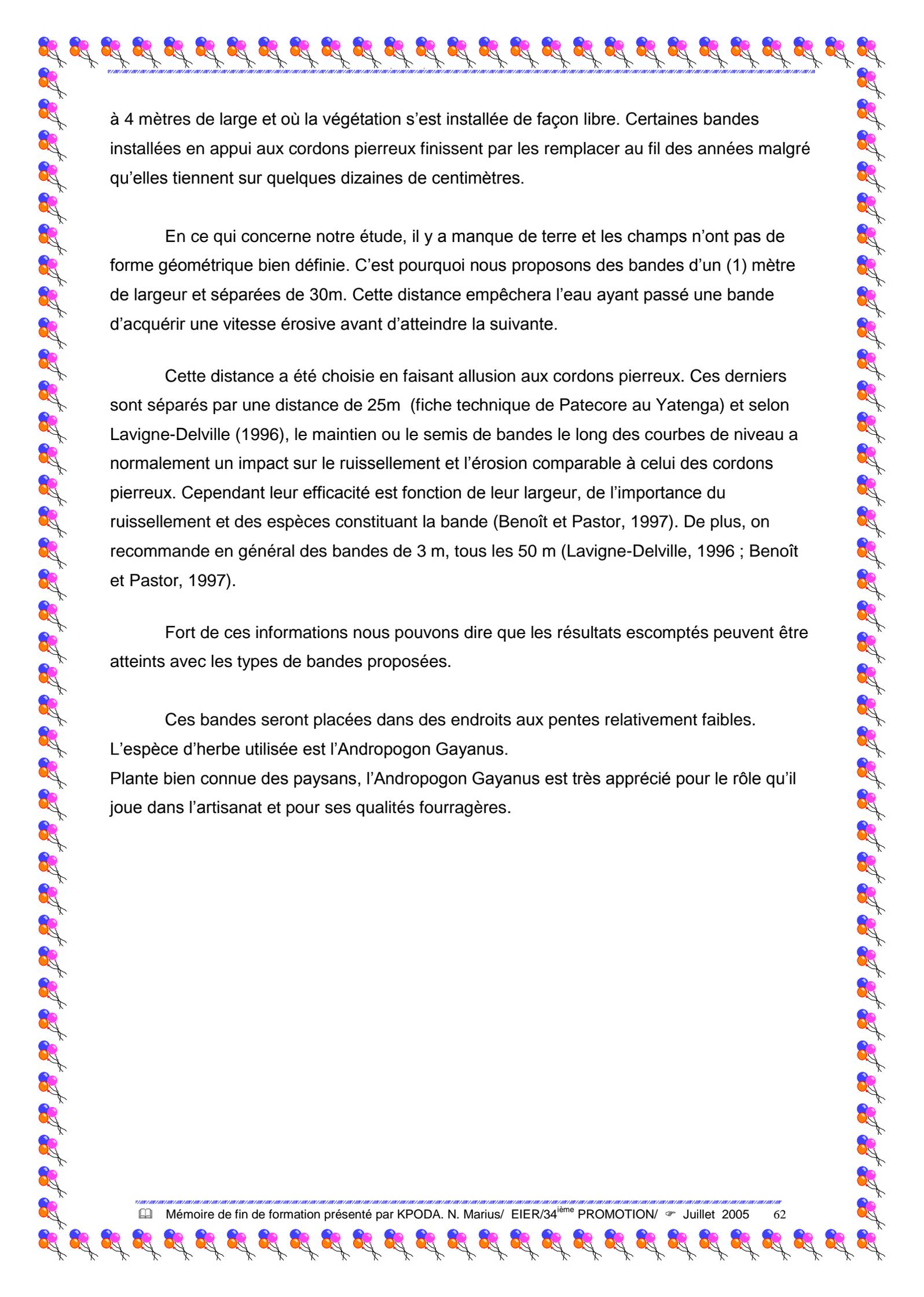
✓ *Les bandes enherbées simples*

La méthode des bandes d'arrêt, testée avec succès en Côte d'Ivoire, au Niger ou au Burkina (Farako-Ba) réduit les pertes en terre au dixième et le ruissellement au tiers environ des valeurs correspondantes sur parcelle témoin.

(ROOSE et BERTRAND, 1971) ; (ROOSE, 1974) ; (ROOSE, 1975).

Largement éprouvées depuis les années 75-80 dans les AVV (Aménagement des Vallées des Voltas), ces bandes ont une largeur initiale de 10m qui, au fil des années et avec les besoins des propriétaires, se réduit à 3-4m. Elles sont distantes d'environ 100m.

L'expérience de certains paysans dans ces localités prouve qu'une bande bien dense d'un mètre de large sur un terrain à pente faible peut jouer le même rôle qu'une bande de 3



à 4 mètres de large et où la végétation s'est installée de façon libre. Certaines bandes installées en appui aux cordons pierreux finissent par les remplacer au fil des années malgré qu'elles tiennent sur quelques dizaines de centimètres.

En ce qui concerne notre étude, il y a manque de terre et les champs n'ont pas de forme géométrique bien définie. C'est pourquoi nous proposons des bandes d'un (1) mètre de largeur et séparées de 30m. Cette distance empêchera l'eau ayant passé une bande d'acquérir une vitesse érosive avant d'atteindre la suivante.

Cette distance a été choisie en faisant allusion aux cordons pierreux. Ces derniers sont séparés par une distance de 25m (fiche technique de Patecore au Yatenga) et selon Lavigne-Delville (1996), le maintien ou le semis de bandes le long des courbes de niveau a normalement un impact sur le ruissellement et l'érosion comparable à celui des cordons pierreux. Cependant leur efficacité est fonction de leur largeur, de l'importance du ruissellement et des espèces constituant la bande (Benoît et Pastor, 1997). De plus, on recommande en général des bandes de 3 m, tous les 50 m (Lavigne-Delville, 1996 ; Benoît et Pastor, 1997).

Fort de ces informations nous pouvons dire que les résultats escomptés peuvent être atteints avec les types de bandes proposées.

Ces bandes seront placées dans des endroits aux pentes relativement faibles. L'espèce d'herbe utilisée est l'Andropogon Gayanus. Plante bien connue des paysans, l'Andropogon Gayanus est très apprécié pour le rôle qu'il joue dans l'artisanat et pour ses qualités fourragères.

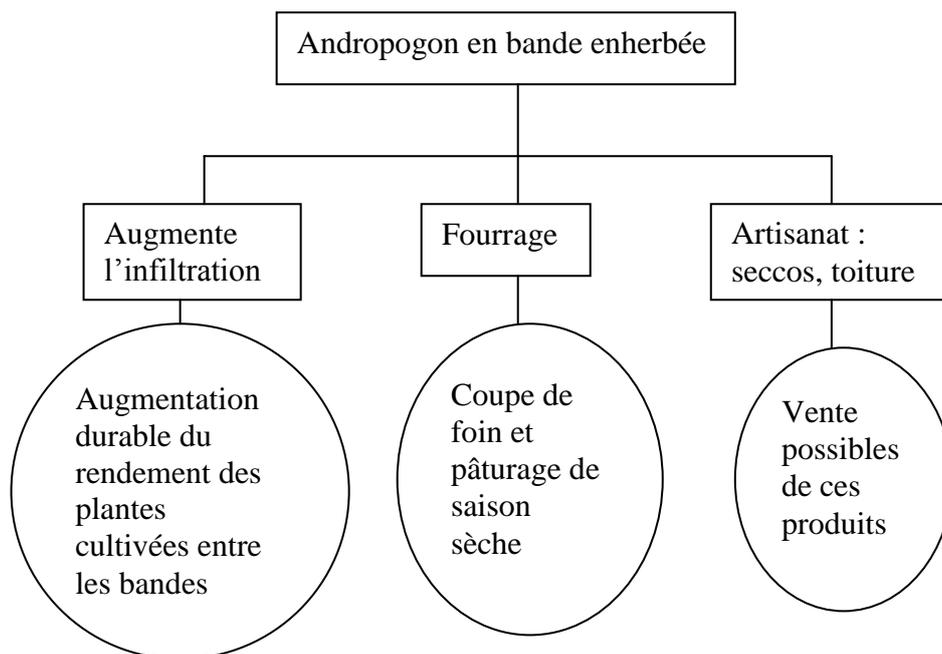


Figure 10: Utilité de l'andropogon Gayanus

✓ *Les bandes mixtes à deux niveaux*

Composées de deux bandes, l'une enherbée et l'autre faite d'arbustes, elles sont plus résistantes et plus efficaces que les premières. Elles seront construites dans les parties où la pente est prononcée et où l'eau commence à prendre une force importante. La bande enherbée a une largeur de 0.5m et les arbustes sont plantés sur un bourrelet de 10-15cm de base et de 15cm de haut.

✓ *Les bandes mixtes à trois niveaux*

Ces bandes ont la capacité de réduire excessivement la vitesse de l'eau de ruissellement et de lui retirer presque la totalité de sa charge. En effet, les petites particules qui auront franchi les deux barrières subiront un dernier essorage avec une eau dont la vitesse est beaucoup affaiblie.

Elles sont composées de deux bandes enherbées identiques de 0.5m chacune dont la structure est la même que celle des bandes simples. Ces deux bandes sont séparées par un bourrelet de 10-15cm de base et de 15cm de haut, sur lequel sont plantés les arbustes.

- Le jardin potager

L'école se trouve dans le bassin versant et, compte tenu du besoin d'espace pour la récréation des élèves, le terrain de foot et de gymnastique, cet endroit est désert et occasionne un fort ruissellement.

La zone de collecte des eaux de tout l'espace réservé à l'école et d'une autre vallée est propice pour le maraîchage de part sa verdure, la qualité de son sol et sa proximité au forage de l'école.

Un jardin, même s'il est une action ponctuelle, est remarquable en ce sens qu'il permettra non seulement de bloquer cette eau ou du moins de calmer son ardeur et de profiter de sa concentration avec les nutriments qu'elle transporte, mais aussi d'améliorer le régime alimentaire des élèves par l'apport de divers fruits et légumes. De plus ce jardin profitera à la population avec les divers produits qu'elle pourra y acheter. Enfin il procurera de l'argent à l'école.

- Un bosquet

A la suite du jardin, une zone sera consacrée à la plantation d'arbres fruitiers. Dans ce bosquet seront inscrits des arbres à but éducatif (manguiers, orangers, ...).

Ce bosquet permettra aux élèves d'avoir des notions en écologie.

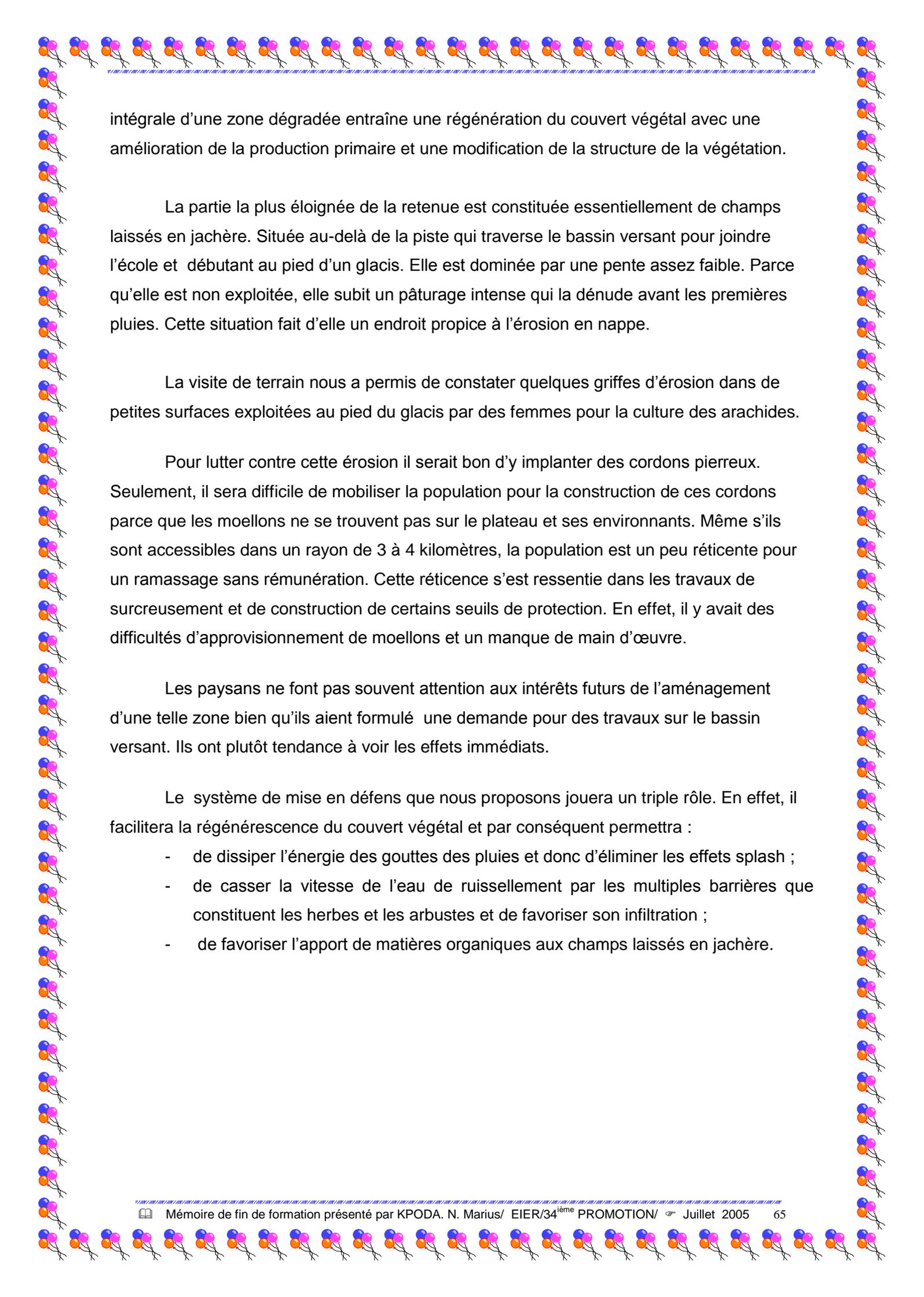
Il répondra aussi à un des objectifs poursuivis par le gouvernement à savoir « un village, un bosquet »

- La bananeraie

Au lieu de rassemblement de toutes les eaux du bassin versant avant de franchir la digue filtrante, une petite portion de terre sera réservée pour y planter des pieds de banane. (3-5 rangées). Cette bananeraie permettra de faire un avant dernier filtrage avant d'atteindre la retenue. A l'amont de la bananeraie il sera construit une haie vive.

- Le système de mise en défens

La mise en défens est la protection d'un terroir ou d'une parcelle contre l'homme et/ou les animaux domestiques. C'est donc une jachère protégée contre les formes de pressions liées aux activités humaines (pâture, feu de brousse, coupe de bois). La protection



intégrale d'une zone dégradée entraîne une régénération du couvert végétal avec une amélioration de la production primaire et une modification de la structure de la végétation.

La partie la plus éloignée de la retenue est constituée essentiellement de champs laissés en jachère. Située au-delà de la piste qui traverse le bassin versant pour joindre l'école et débutant au pied d'un glacis. Elle est dominée par une pente assez faible. Parce qu'elle est non exploitée, elle subit un pâturage intense qui la dénude avant les premières pluies. Cette situation fait d'elle un endroit propice à l'érosion en nappe.

La visite de terrain nous a permis de constater quelques griffes d'érosion dans de petites surfaces exploitées au pied du glacis par des femmes pour la culture des arachides.

Pour lutter contre cette érosion il serait bon d'y implanter des cordons pierreux. Seulement, il sera difficile de mobiliser la population pour la construction de ces cordons parce que les moellons ne se trouvent pas sur le plateau et ses environnants. Même s'ils sont accessibles dans un rayon de 3 à 4 kilomètres, la population est un peu réticente pour un ramassage sans rémunération. Cette réticence s'est ressentie dans les travaux de surcreusement et de construction de certains seuils de protection. En effet, il y avait des difficultés d'approvisionnement de moellons et un manque de main d'œuvre.

Les paysans ne font pas souvent attention aux intérêts futurs de l'aménagement d'une telle zone bien qu'ils aient formulé une demande pour des travaux sur le bassin versant. Ils ont plutôt tendance à voir les effets immédiats.

Le système de mise en défens que nous proposons jouera un triple rôle. En effet, il facilitera la régénérescence du couvert végétal et par conséquent permettra :

- de dissiper l'énergie des gouttes des pluies et donc d'éliminer les effets splash ;
- de casser la vitesse de l'eau de ruissellement par les multiples barrières que constituent les herbes et les arbustes et de favoriser son infiltration ;
- de favoriser l'apport de matières organiques aux champs laissés en jachère.



Photo 4: Zone à mettre en défens

Remarque :

Lors de la dernière visite de terrain nous avons vu que certains champs jadis laissés en jachère ont été mis en exploitation. Nous proposons donc un système en défens ouvert c'est-à-dire que seuls les feux de brousse, la coupe de bois dans les zones non exploitées et l'accès aux animaux sont interdits.

IV.2.2 Méthodes mécaniques

- Le zaï

A travers tout le bassin versant qui fait l'objet de cette étude, il apparaît par endroits des sols incultes. Pour récupérer ces sols appelés « Zipellé » en mooré, les paysans y déposent des débris végétaux en décomposition entassés aux pieds des arbustes ou de certaines barrières après quelques pluies. Ils y déposent aussi des fumiers récupérés dans les fosses fumières. Cette démarche, même si elle permet de fertiliser le sol n'atteindra son but qu'après plusieurs années. En effet, la dureté du sol empêche l'infiltration de l'eau et par conséquent celle des éléments organiques. De plus le ruissellement étant accru à ces endroits à cause de l'effet de battance, une partie des ordures est emportée par l'eau.

La technique de zaï permettra d'exploiter ces endroits chaque année.

Elle correspond à une trouaison de 30 cm de diamètre sur 20 cm de profondeur. Les trous, distants de 0,9 m, sont creusés en saison sèche.

Un ou deux mois avant le début de la saison des pluies, les paysans mettent 300 grammes de fumier dans chaque trou qui est recouvert ensuite d'une mince couche de terre.

Aux premières pluies, l'eau se concentre dans les cuvettes que forme le Zaï.

Celles-ci sont ensemencées dès qu'elles ont reçu assez d'eau.

L'humectation du sol par les premières pluies et les matières organiques favorise la prolifération des termites qui vont creuser des trous dans le sol et donc améliorer l'infiltration des pluies et l'enracinement des cultures. (Annexe XI)



Photo 5: Zone d'application du Zaï

- Demi-lune

Aux abords de certains champs on distingue des endroits dénudés et donc abandonnés. La sécheresse et le surpâturage emportent peu à peu le reste du couvert végétal, accélérant ainsi les effets de battance et par conséquent le ruissellement. L'eau provenant de ces terrains arrivent dans les champs avec une vitesse érosive et est difficilement maîtrisable par les paysans.

Les demi-lunes se présentent comme un moyen non seulement pour freiner immédiatement le ruissellement, mais aussi pour reverdir le lieu par les plantes qu'on y cultive ou les arbustes (ou les arbres) qu'on y plante.

Les demi-lunes piègent le ruissellement, améliorent l'alimentation hydrique de la plante et favorisent son développement végétatif et son rendement. L'amélioration du couvert végétal empêche ainsi la reconstitution des croûtes d'érosion.

Cette technique est adaptée aux zones sahéliennes et soudano-sahéliennes et ne nécessite que de la main d'œuvre pour sa réalisation ; elle empêche la mécanisation des cultures et est propice au reboisement. Bien que les rendements agricoles obtenus avec cette technique soient souvent faibles, des sols resteraient inexploités et se dégraderaient de plus en plus sans elle.

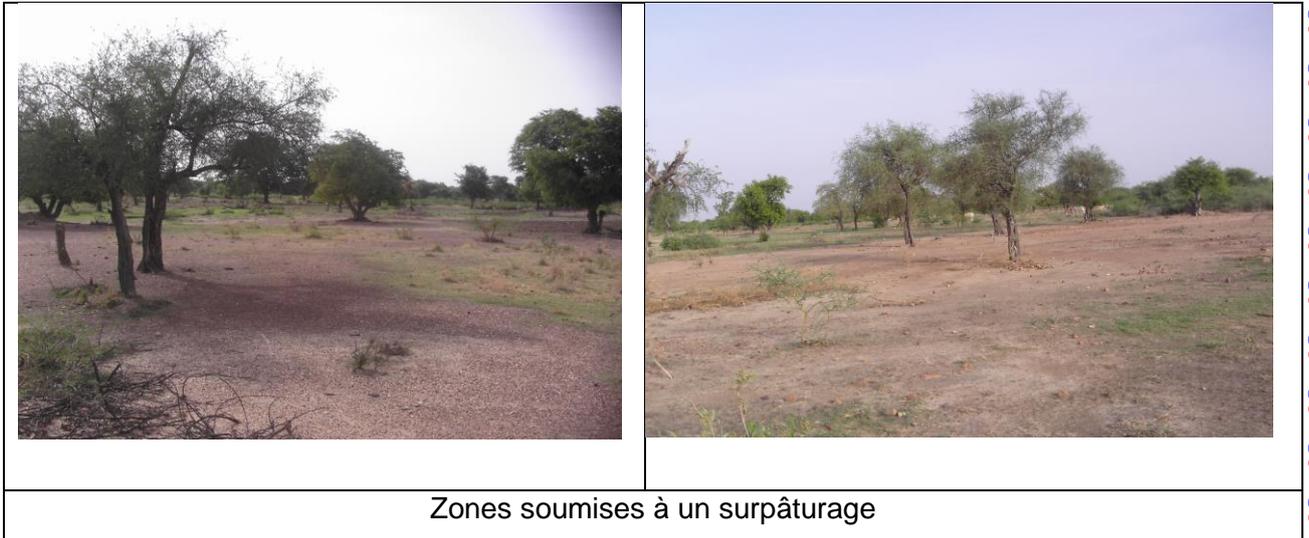


Photo 6: Zones d'application des demi-lunes

- Le traitement des ravines

Sur le bassin versant en amont de la retenue, les ravines ne sont pas marquées. Les seuls endroits où elles commencent à se dessiner sont situés entre les bornes 3 et 4, 11 et 12, sur l'axe rejoignant les bornes 30 et 4 et en bordure de la piste joignant l'école au quartier tandaghin sur l'axe central du bassin versant.

L'état de ses poches de ravine est tel que les techniques biologiques proposées plus haut suffisent pour les enrayer.

Quant aux ravines situées à l'aval du seuil de vidange, il est impératif qu'on leur accorde une attention particulière à cause de leur taille et leur vitesse d'action. En effet, elles sont suffisamment dégradées de sorte que les barrages biologiques seront inefficaces. Par ailleurs, le stade de ravinement torrentiel n'est pas encore atteint. C'est pourquoi il serait judicieux de construire plusieurs seuils successivement. Ces seuils permettront de fixer les fonds mais la stabilité des ravines ne sera obtenue que par une intervention biologique.



Ramification de la plus grande des ravines



Tête de la plus grande ravine

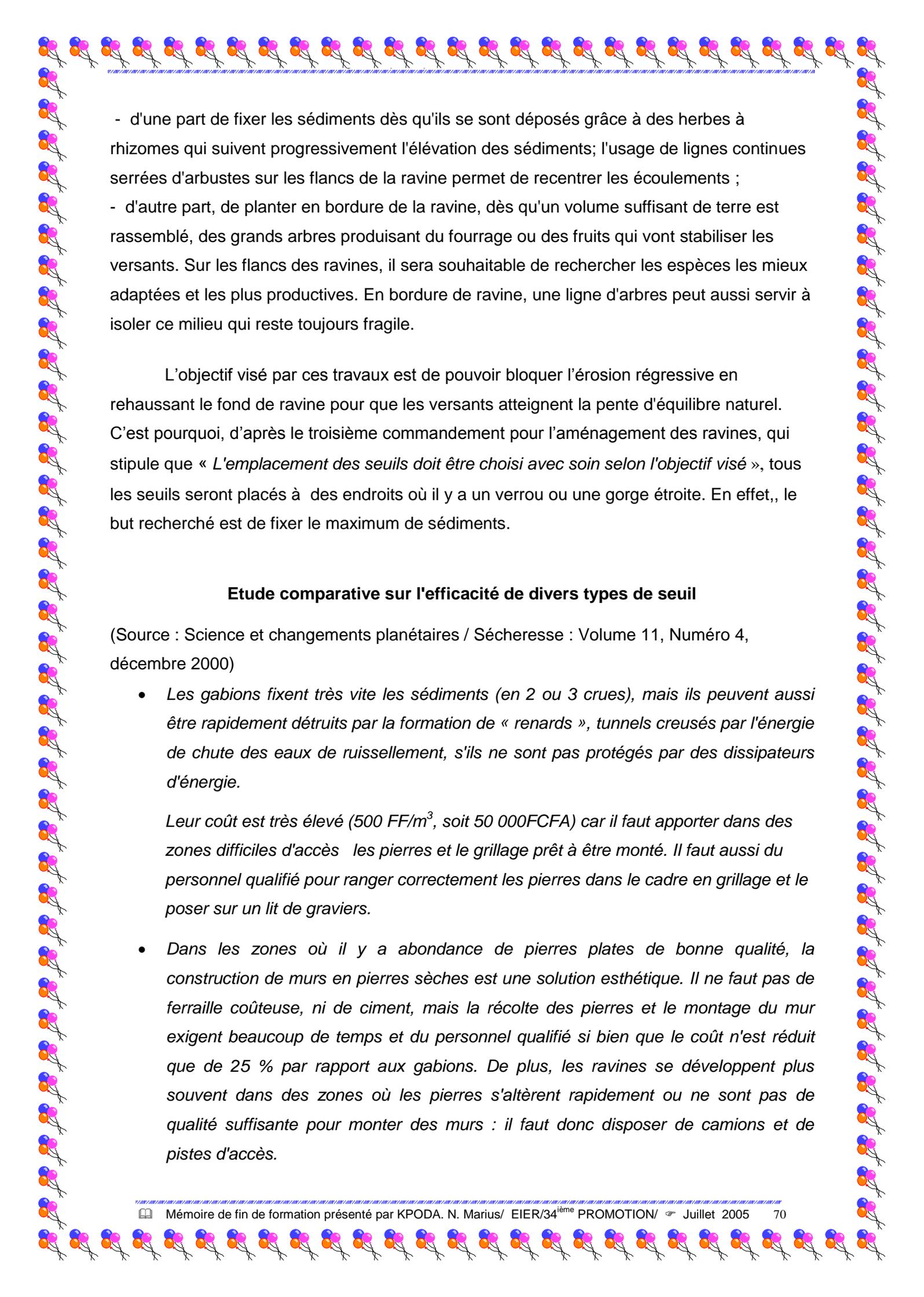
Photo 7: Ramifications de la ravine principale

Quel que soit le type de seuils à construire, sa durée de vie est limitée. Les endroits où se trouvent ces ravines ont un sol argilo-sableux. Les moellons sont donc difficiles à trouver. De plus les travaux de surcreusement et de construction des seuils de protection ont révélé des difficultés dans l'approvisionnement en moellons.

La population ne pense pas aux intérêts futurs de l'aménagement bien qu'étant à l'origine de ces travaux ; elle pense plutôt à la modique somme que l'on propose pour le ramassage des moellons. Certains vont jusqu'à arracher des moellons qu'ils avaient utilisés pour barrer l'eau dans leur champs. Les endroits où ils arrivent à rassembler assez de moellons sont loin du site et par conséquent le transport nécessite un camion. De plus, les camions utilisés dans ce genre de travaux sont généralement amortis et ont beaucoup de difficultés de fonctionnement. On déplore aussi l'inexistence de pistes carrossables dans le village.

En considérant tous ces facteurs nous pensons qu'il est plus économique de remplacer les seuils en pierres sèches et les seuils en gabion par des seuils en grillage métallique et par des seuils en sacs plastiques. En effet, les seuils en gabion sont trop chers de part les matériaux, les matériels et le personnel utilisés, tandis que dont le coût des seuils en grillage de fer est généralement trois fois plus faible que celui des gabions. Quant aux seuils en sacs plastiques ils ne nécessitent que 15% des moyens financiers qu'on aurait investis pour la mise en place d'un seuil en gabion. (Voir étude comparative)

Pour l'utilisation de la végétation dans la stabilisation finale de ces ravines, Il s'agira :

- 
- d'une part de fixer les sédiments dès qu'ils se sont déposés grâce à des herbes à rhizomes qui suivent progressivement l'élévation des sédiments; l'usage de lignes continues serrées d'arbustes sur les flancs de la ravine permet de recentrer les écoulements ;
 - d'autre part, de planter en bordure de la ravine, dès qu'un volume suffisant de terre est rassemblé, des grands arbres produisant du fourrage ou des fruits qui vont stabiliser les versants. Sur les flancs des ravines, il sera souhaitable de rechercher les espèces les mieux adaptées et les plus productives. En bordure de ravine, une ligne d'arbres peut aussi servir à isoler ce milieu qui reste toujours fragile.

L'objectif visé par ces travaux est de pouvoir bloquer l'érosion régressive en rehaussant le fond de ravine pour que les versants atteignent la pente d'équilibre naturel. C'est pourquoi, d'après le troisième commandement pour l'aménagement des ravines, qui stipule que « *L'emplacement des seuils doit être choisi avec soin selon l'objectif visé* », tous les seuils seront placés à des endroits où il y a un verrou ou une gorge étroite. En effet,, le but recherché est de fixer le maximum de sédiments.

Etude comparative sur l'efficacité de divers types de seuil

(Source : Science et changements planétaires / Sécheresse : Volume 11, Numéro 4, décembre 2000)

- *Les gabions fixent très vite les sédiments (en 2 ou 3 crues), mais ils peuvent aussi être rapidement détruits par la formation de « renards », tunnels creusés par l'énergie de chute des eaux de ruissellement, s'ils ne sont pas protégés par des dissipateurs d'énergie.*

Leur coût est très élevé (500 FF/m³, soit 50 000FCFA) car il faut apporter dans des zones difficiles d'accès les pierres et le grillage prêt à être monté. Il faut aussi du personnel qualifié pour ranger correctement les pierres dans le cadre en grillage et le poser sur un lit de graviers.

- *Dans les zones où il y a abondance de pierres plates de bonne qualité, la construction de murs en pierres sèches est une solution esthétique. Il ne faut pas de ferraille coûteuse, ni de ciment, mais la récolte des pierres et le montage du mur exigent beaucoup de temps et du personnel qualifié si bien que le coût n'est réduit que de 25 % par rapport aux gabions. De plus, les ravines se développent plus souvent dans des zones où les pierres s'altèrent rapidement ou ne sont pas de qualité suffisante pour monter des murs : il faut donc disposer de camions et de pistes d'accès.*

- Les seuils en grillage métallique (mailles de 1 à 3 cm) fixé sur des pieux en fer cornière de 50 mm de côté et de deux mètres de haut, plantés dans l'altérite tous les 80 cm et reliés par du fil de fer galvanisé de 3 mm, semblaient à l'origine un bricolage peu coûteux mais fragile. En réalité, ces microbarrages perméables se sont révélés très bien adaptés aux conditions des ravines moyennes sur marnes et schistes tendres. Ces seuils sont à la fois très souples face aux pressions des ravines en crue, faciles à transporter et à monter, efficaces même pour piéger les altérites de roches argileuses. Ils ont été les dispositifs les plus résistants durant les crues des averses de fréquence rare. Leur pose est rapide en milieu d'altérites tendres et leur coût ne dépasse pas le quart de celui des gabions. (voir tableau 8 et 9)

Tableau 9: Prix de réalisation des divers types de seuils en Algérie

Prix pour seuil de 4 m ³	2200 dinars	100%	en gabion
(matériel + main d'oeuvre + transport)	1848	84 %	en pierres sèches
à 90 dinars par jour	748	34 %	en grillage de fer
	462	21 %	en toile brise-vent plastique
	440	20 %	en pneus récupérés
	330	(15 %)	en sacs plastiques
1 dinar = 0,25 FF en juin 1992			en France = 500 FF/m ³ de gabion

Source : « bulletin pédagogique de la FAO n°70 »

(http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T1765F/t1765f0t.htm)

En franc CFA et pour les seuils en gabion on a 50 000FCFA/ m³ en France et 13750 FCFA/ m³ en Algérie ; en appliquant les taux ci-dessus on a 4675 FCFA en grillage de fer, 2063 FCFA en sac plastiques.

Au Burkina le m³ de gabion coûte environ 25 000 FCFA

Outre le coût de réalisation les seuils en grillage se révèlent encore aussi rapide qu'un seuil en pierres sèches mais plus durable et plus facile à entretenir que les deux autres (tableau 9)

Tableau 10: efficacité de trois types de seuils sur le ravinement

Type de seuil	En gabion	En pierres sèches	En grillage
Capture de sédiments	Très rapide	Rapide	Rapide
Durabilité	fragile	fragile	Plus durable
Coût	500 000 FCFA/m ³	400 000 FCFA/m ³ (soit 75%)	125 000 FCFA/m ³ (soit 25%)

(Source : Science et changements planétaires / Sécheresse : Volume 11, Numér 4,317-26, Décembre 2000)

Forts de toutes ses informations, nous préconisons d'adopter pour le traitement des ravines deux types de seuils qui sont :

- Les seuils en grillage métallique
- Les seuils en sacs plastiques

Chapitre V: Fiche technique

Ce document a pour but d'aider les paysans et dans la moindre mesure les techniciens pour la mise en place des différentes techniques proposées pour l'exécution des travaux d'aménagement du bassin versant de la retenue de Kokossin Tandaga.

En rappel, disons que pour ces travaux nous avons proposé des bandes enherbées simples et mixtes, des seuils en grillage de fer et des seuils en sacs plastiques.

Pour l'exécution de ces techniques nous tenterons de décrire tous les éléments composants et leur mode d'action.

V.1 Bandes végétatives

Ces bandes sont larges de 1 à 2 mètres et sont labourées ou scarifiées à la houe ou à la daba selon les courbes de niveau.

Pour la mise en place des courbes de niveau l'utilisation d'un niveau à eau s'avère nécessaire.

V.1.1 Utilisation du Niveau à Eau (NAE)

Très simple à utiliser par les paysans et peu coûteux, le NAE est un instrument qui sert à mesurer la pente et par conséquent à installer les courbes de niveau pour la mise en place de plusieurs techniques (*bandes enherbées, digues et diguettes, cordons pierreux, etc.*)

i. Description

Le NAE est constitué de :

- deux (2) jalons en bois de 1.70 m
- un repère et une règle graduée à l'extrémité de chaque jalon
- un (1) tuyau transparent flexible solidaire des deux (2) jalons (5 mm de diamètre et 10 à 15 m de long)
- le niveau doit reposer bien verticalement sur le sol pour faire les mesures.

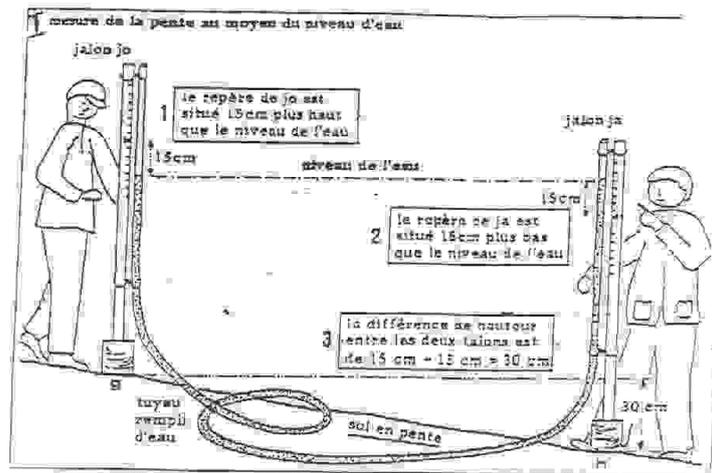


Figure 13 Mesure de la pente au moyen du niveau à eau

Figure 11: Mesure de la pente au moyen d'un niveau à eau

ii. Préparation du NAE

-Mise en eau :

Pour remplir facilement le tuyau il faut utiliser la technique du siphonage. Cette technique consiste à aspirer l'eau par un bout du tuyau, l'autre étant trempé dans l'eau. Lorsque le siphonage est amorcé, il faut baisser le bout d'aspiration pour accélérer le processus.

Laisser couler un peu l'eau au bout par lequel on aspire pour s'assurer que toutes les bulles d'air se sont échappées avant d'arrêter le siphonage.

-Réglage :

- * Disposer perpendiculairement les jalons sur un sol horizontal ;
- * régler les repères en face du niveau atteint par l'eau (*0 de la règle graduée sur le niveau atteint par l'eau*).

-Utilisation du NAE

Lorsque les deux étapes précédentes sont respectées le NAE est prêt à être utilisé et fournit de bons résultats. Les différentes actions à mener à cet effet sont décrites dans ce qui suit.

iii. Tracé de la courbe de niveau (CN)

La courbe de niveau est la ligne qui passe par des points situés à la même hauteur. Le NAE permettra donc de repérer certains de ces points distants de 5 m environ. Pour arriver à cette fin, les démarches suivantes sont à suivre :

- ❖ Se placer à une extrémité de la CN et vérifier l'instrument (quantité suffisante d'eau, clarté du repère).
- ❖ Le jalon 1 étant maintenu à l'extrémité de la CN, le jalon 2 est déplacé d'environ 5 mètres tout en gardant soigneusement les bouts du tuyau bien coller à la règle graduée et le niveau d'eau ajusté à un même repère sur ces règles. Les points du sol que touchera le jalon 2 dans ces conditions sont des points à la même hauteur que le point du jalon 1.
- ❖ On plante un piquet ou l'on pose une grosse pierre à la place du jalon 1, puis l'on déplace ce dernier de la même manière et dans la même direction que le jalon. Cette opération est répétée sur toute la longueur du champ ou la largeur du bas fond. Les différents piquets ou les pierres placées sont reliées par une ligne tracée à la daba.
- ❖ Lisser la CN ainsi obtenue afin de faciliter l'installation des bandes et certaines pratiques culturales telles que les semis en lignes parallèles aux CN, le sarclage mécanique, etc.

iv. Détermination de l'écart entre les bandes.

L'écart entre deux bandes enherbées varie entre 30 et 40 m. Pendant la mise en place des CN, une observation du terrain sera nécessaire. Dans les endroits où il y a un fort ruissellement, il faut rapprocher les bandes de sorte à éviter que l'eau franchissant une bande n'acquière une force érosive.

Pour l'installation de la CN suivante, il faut mesurer la distance adoptée (30 à 40 m) à partir de l'extrémité de la CN précédente. Le point obtenu est l'extrémité de la nouvelle CN.

NB : il faut songer à boucher les deux sorties du tuyau pendant le déplacement de l'instrument pour éviter des pertes d'eau.

V.1.2 Mise en œuvre des bandes enherbées (annexe XII)

i. Récolte des semences (cas de l'andropogon gayanus)

Au mois d'octobre les épillets portent des semences qui tombent au cours de la saison sèche. Il suffira donc de balayer ces semences et de les mettre en sacs pendant la période de novembre à février. Ces épillets peuvent être fauchés avec les herbes pour des travaux domestiques. Ils y seront donc récoltés.

ii. Mise en place d'une bande enherbée

Pour augmenter le pouvoir germinatif des semences d'Andropogon il faut les scarifier en les frottant dans du sable humide avant de les semer.

Dans un champ

- Trouver la première courbe de niveau très proche du côté amont du champ.
- délimiter une bande d'un (1) mètre (en raison de 0.5m sur chaque côté de la courbe de niveau.)
- labourer (à la daba ou à la charrue) cette bande sur une profondeur de 10-15 cm
- faire un sillon sur la courbe de niveau et y mettre le mélange (semences+sable) de sorte à obtenir des plants serrés à la germination.
- semer à la volée sur le reste de la bande.
- la bande doit prendre toute la largeur du champ. (Prendre soins d'ajouter 2 m à chacun de ses bouts hors du champ.)
- La bande sera délimitée par des bourrelets de bois morts issus de la préparation des champs pour les semis. Cela éviterait au paysan de planter ou de sarcler dans la zone. Les semis se feront dès les premières pluies.
- construire la bande suivante avec la même procédure et à distance de 30 à 40m.

Sur les passages d'eau dans les zones non exploitées

La procédure est identique à celle appliquée dans les champs. Seulement,

- la première bande doit passer sur le point de départ du cours d'eau pour éviter l'incision régressive du sol par les eaux de ruissellement.
- Les bandes doivent être construites sur toute la concavité de la vallée du cours d'eau avec une extension de 2m sur chaque côté.

La période propice pour leur mise en œuvre

Le matérialisation des courbes de niveau et les labours des bandes peuvent être exécutés dans les mois de mars et d'avril (15 mars-15 avril). Les plantations par semis des graines d'herbe sont faisables dès les premières pluies. Mais la période la plus indiquée est début juillet. Les repiquages quant à eux réussissent mieux en Août.

NB : 30 litres de semences scarifiées serviront à semer à la volée 50 mètres de bande d'un mètre de largeur et ce pendant un quart (1/4) d'heure. Ces semences sont recouvertes pendant l'opération à l'aide du bout du pied.

V.1.3 Les arbustes

Il s'agit du *Piliostigma reticulatum* (bangâana en mooré).



Photo 8: Piliostigma Reticulatum

i. Description et utilité

Arbuste en général au Burkina Faso, c'est un arbre de 8 à 9 m de haut avec une cime touffue et ronde, un tronc tortueux, une écorce grise foncée à brune, fibreuse et liégeuse à tranche rouge.

Le *Piliostigma reticulatum* est considéré comme un grand médicament de la pharmacopée sénégalaise. Les guérisseurs utilisent les feuilles contre les rhumes, les ophtalmies, la toux, les bronchites, les céphalées, les névralgies dentaires et les oreillons.

Les écorces sont prescrites contre la diarrhée, la dysenterie, les maux de dents, les rhumatismes et les ulcères sous forme de décocté aqueux. En usage externe, les feuilles et les écorces sont généralement utilisée comme hémostatique, antiseptique, cicatrisant sur les plaies, blessures, chancres syphilitiques, coupures et lépromes. Pour cela, on l'associe à l'écorce de *Tamarindus indica* (Tamarinier) et à des gousses de *Acacia nilotica*.

Les jeunes bourgeons et les toutes jeunes feuilles seraient utilisés comme apéritifs. En effet,, leur macéré est fréquemment recommandé par les guérisseurs diola et toucouleur

contre le rachitisme, le kwashiorkor et l'anorexie des bébés. En association avec d'autres plantes, elle est utilisée pour les affections générales.

Au Burkina Faso, le Père DE LA PRADILLA prescrit en lavements la tige feuillée du *Piliostigma reticulatum* en association avec le *Cissus gracilis*, le *Tapinanthus bangwensis* et le *Guiera senegalensis* pour traiter les accès palustres.

Comme antidiarrhéiques, les écorces, les tiges et racines de *Piliostigma reticulatum* sont utilisées.

ii. Récolte des semences

Il suffit de cueillir les fruits et de les faire sécher. Ces fruits secs sont pilés doucement pour obtenir une farine ou du son sans casser les graines. Ce son obtenu appelé son cubé est très riche pour l'alimentation du bétail.

iii. Mise en place des plants sur la diguette

Pour faciliter la germination, il suffit de mettre les graines dans de l'eau bouillante (90°C). Après refroidissement de cette eau, il faut retirer les graines et les semer ou les envoyer directement dans les poquets. La plantation des pieds poussés dans les poquets est de 70-90 jours après la mise en poquet.

Les graines d'arbustes seront semées sur une diguette en terre de 10-15 cm de haut et de 15cm de largeur à la base. Cette diguette sera construite sur la courbe de niveau et à l'aval de la bande enherbée. (Annexe XII : figure c)

Dans le cas de la bande mixte à trois niveaux, cette diguette se place au milieu des deux bandes enherbées. (Annexe XII : figure d)

V.2 La mise en défens

Cette technique concerne la zone située au delà de la piste qui traverse le bassin versant pour joindre l'école et débutant au pied d'un glacis. Elle consiste à interdire l'accès de cette zone à tout animal (qu'il soit gardé ou divagant), à la culture et tout autre type d'exploitation (coupe de bois, feu de brousse pour la chasse, etc.). Cette mise en défens aura une durée de 5 ans et permettra à la végétation naturelle de repousser sans être ni broutée par les animaux, ni coupée par les hommes, ni brûlée par les feux de brousse.

- Cette zone sera délimitée au vu et au su de toute la population.

- Des pancartes seront placées à tous les endroits stratégiques (coins de la zone en bordure des chemins) de sorte à informer tous les passants et les prévenir des éventuelles sanctions.
- Ces sanctions seront arrêtées et acceptées par la population en concertation avec IDP
- Au bout des 5 ans, des règles de réutilisation de la zone seront fixées. Les points saillants de ces règles sont :
 - ⇒ Protéger obligatoirement ces nouveaux champs par la mise en place des bandes enherbées ;
 - ⇒ Travailler le sol (labour, billonnage, semis,...) de façon perpendiculaire à la pente de la plus grande ligne du terrain ;
 - ⇒ Pratiquer si possible des cultures associées (sorgho+haricot, maïs+haricot+ coton,...)

V.3 Jardin potager

De 30 m de large et de x m de long, il sera entièrement clos par du grillage de 1.5 m de haut soutenu par des poteaux métalliques espacés de 5 m.

Les deux côtés les plus proches du forage seront renforcés par une bande enherbée d'un mètre de large. Cette bande est identique à celles mise en place dans tout le bassin versant.

A l'intérieur du jardin l'on plantera des pieds de bananier séparés d'un mètre.

La mise en place du jardin sera assurée par les parents d'élèves sous la supervision du directeur de l'école.

V.4 Bosquet

La largeur du bosquet correspondra la longueur du jardin. Sa longueur minimale sera définie par le nombre d'élèves inscrits. Les arbres seront des arbres fruitiers. Deux arbres consécutifs seront distants de 5 m.

Le creusement de ces trous sera assuré par les élèves. A une date fixée par le directeur, la jeunesse du village à travers son association aidera les élèves à planter les arbres.

V.5 Le zaï

La technique du zaï consiste à creuser des trous de 15 à 50 cm de diamètre sur 5 à 20 cm de profondeur sur un terrain colmaté pour y recueillir et faire s'infiltrer les eaux de ruissellement. Les trous, distants de 0,9 m, sont creusés en saison sèche. (Annexe XIII) Un ou deux mois avant le début de la saison des pluies, les paysans mettent 300 grammes de fumier dans chaque trou recouvert ensuite d'une mince couche de terre. (Voir annexe XI)

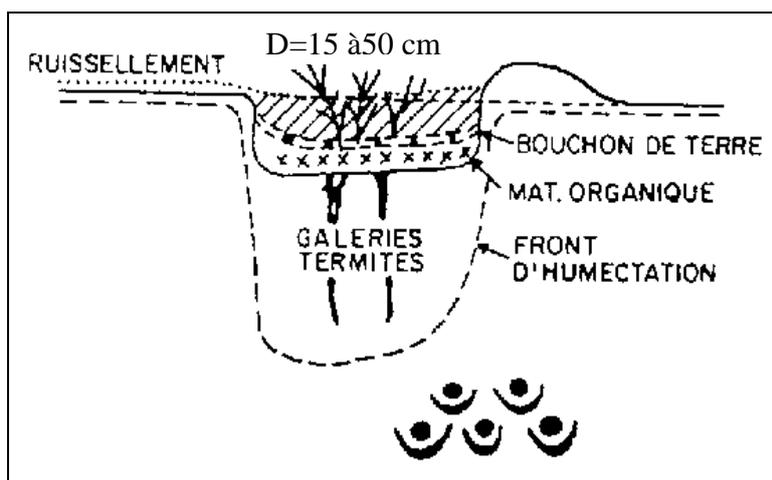


Figure 12: Fonctionnement du Zaï

V.6 Les demi-lunes

La technique de la demi-lune est une variante de la méthode des zaï sauf que les trous ont un diamètre variant entre 1 à 2.5 m et que la terre excavée est sur 0.2 m. Les déblais du trou ou de la contre-pente creusée donnent le remblai arqué ouvert à l'amont appuyé sur les courbes de niveau. Ce remblai arqué est placé à l'aval du trou. (Annexe XIV)

La demi-lune piège le ruissellement, améliore l'alimentation hydrique de la plante et favorise son développement végétatif et son rendement. Son meilleur couvert végétal empêche ainsi la reconstitution des croûtes d'érosion.

Les demi-lunes sont réalisées sur des terrains en pente, où la terre excavée des trous peu profonds est disposée autour de ces derniers jusqu'à former des diguettes.

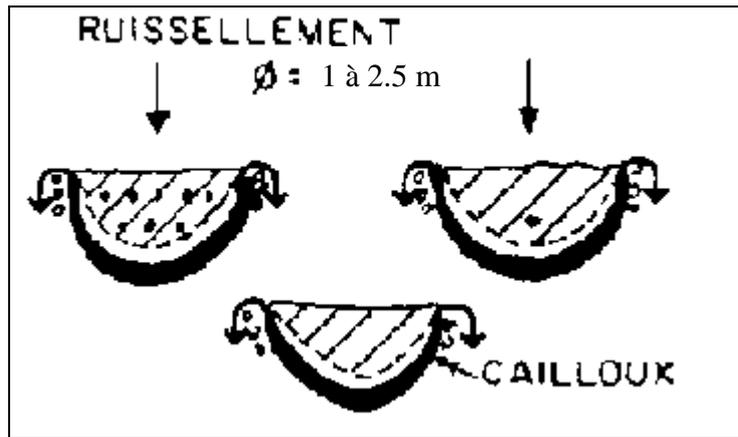


Figure 13: Structure de demi-lune

V.7 Le traitement des ravines

Les deux techniques à utiliser pour le traitement des ravines sont les suivantes :

- Les seuils en grillage métallique
- Les seuils en sacs plastiques

i. Les seuils en grillage métallique

Le grillage avec des mailles de 1 à 3 cm est fixé sur des pieux en fer cornière de 50 mm de côté et de deux mètres de haut, plantés dans l'altérite tous les 80 cm et reliés par du fil de fer galvanisé de 3 mm.

Les étapes à suivre pour la réalisation de ce seuil sont les suivantes :

- l'excavation
- la fixation des pieux et leur stabilisation par les fils de fer galvanisés
- la fixation du grillage

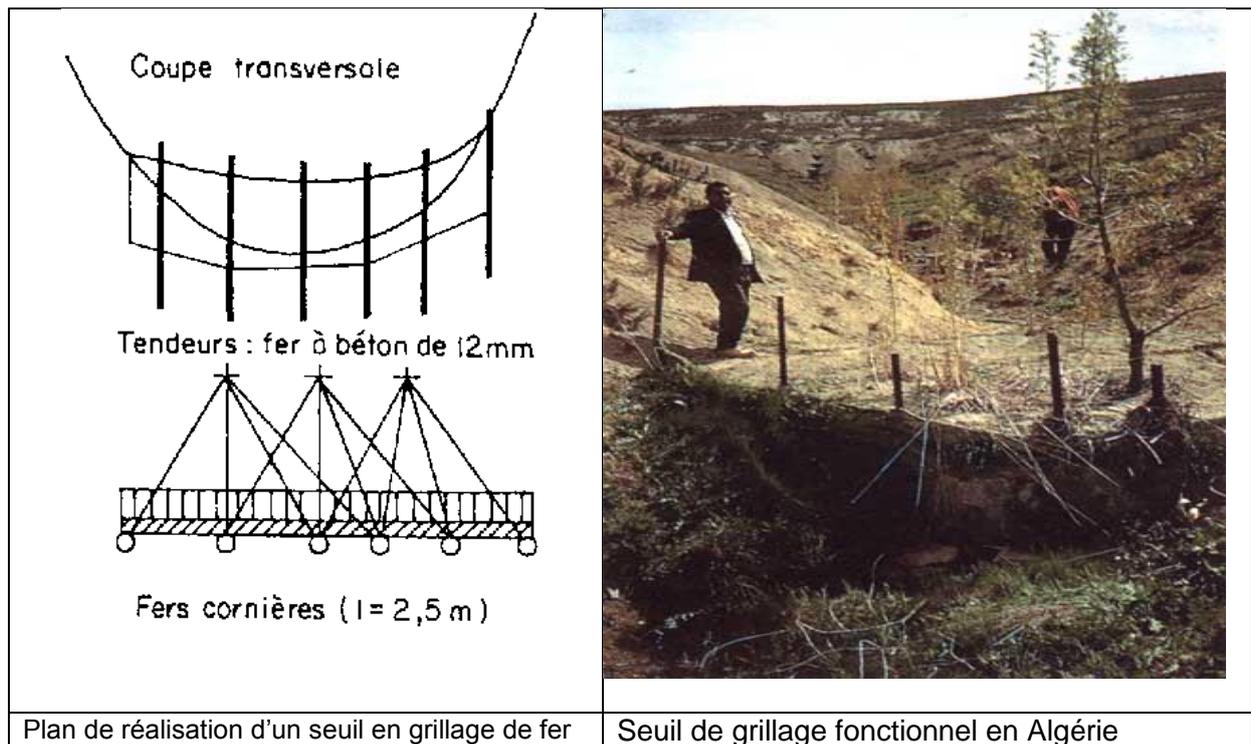


Figure 14: Seuil en grillage de fer

Tableau 11 : Coordonnées des différents seuils en grillage de fer prises au GPS (geko301).

N° de seuil	Rive gauche	Rive droite
1	N 12°01'19.0'' W 00°13'17.1''	N 12°01'19.6'' W 00°13'16.9''
2	N 12°01'23.4'' W 00°13'17.3''	N 12°01'24.4'' W 00°13'17.6''
3	N 12°01'24.5'' W 00°13'18.1''	N 12°01'24.5'' W 00°13'18.0''

ii. Seuil en sacs plastiques

Essentiellement constitués de sacs d'un mètre de long, de 60 cm de large et d'un cm d'épaisseur, ils ont une structure semblable à celle des seuils en gabions. (Figure 5)

La hauteur de Leurs déversoirs par rapport au fond de la ravine doit être inférieur à 0.5 m. Au delà de cette valeur, le seuil nécessitera pour sa stabilité d'une base plus large. Cela demandera par conséquent plus de sacs, plus de temps et d'argent pour leur mise en

œuvre.

Pour construire un seuil de ce type il faut :

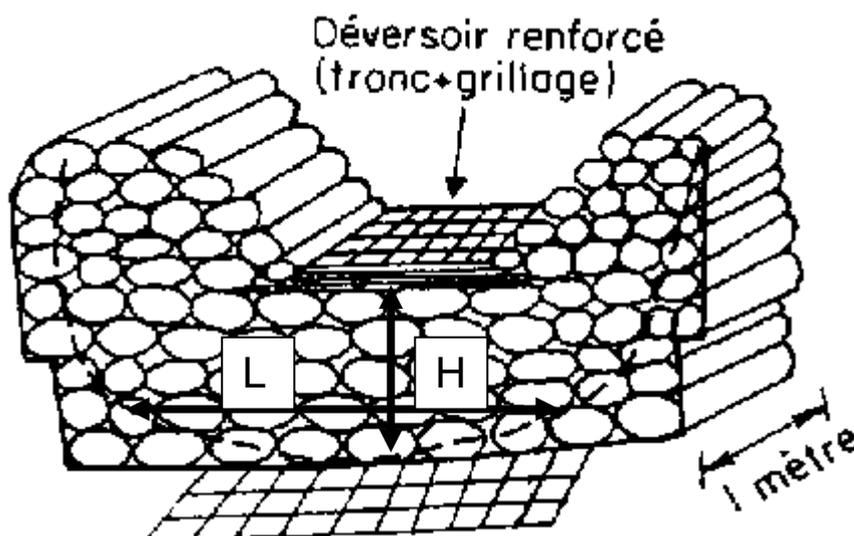
- Le redressement des pentes des berges et le nivellement du fond de la ravine
- le transport et la mise en sac de la terre locale
- la pose des sacs remplis de terre.

Un grillage en fer ($d=8\text{mm}$) est attaché sur le déversoir sur toute sa largeur et sa longueur. Ce grillage assure la stabilité des sacs supérieurs du déversoir.

Les différents seuils sont repérés sur le terrain par les coordonnées suivantes prises au GPS.

Tableau 12 : repérage des seuils en sacs plastiques

N° de seuil	Rive gauche	Rive droite
1	N 12°01'20.8'' W 00°13'18.1''	N 12°01'20.8'' W 00°13'17.9''
2	N 12°01'20.8'' W 00°13'17.9''	N 12°01'20.8'' W 00°13'17.6''



L largeur de la ravine

H hauteur du déversoir par rapport au fond de la ravine

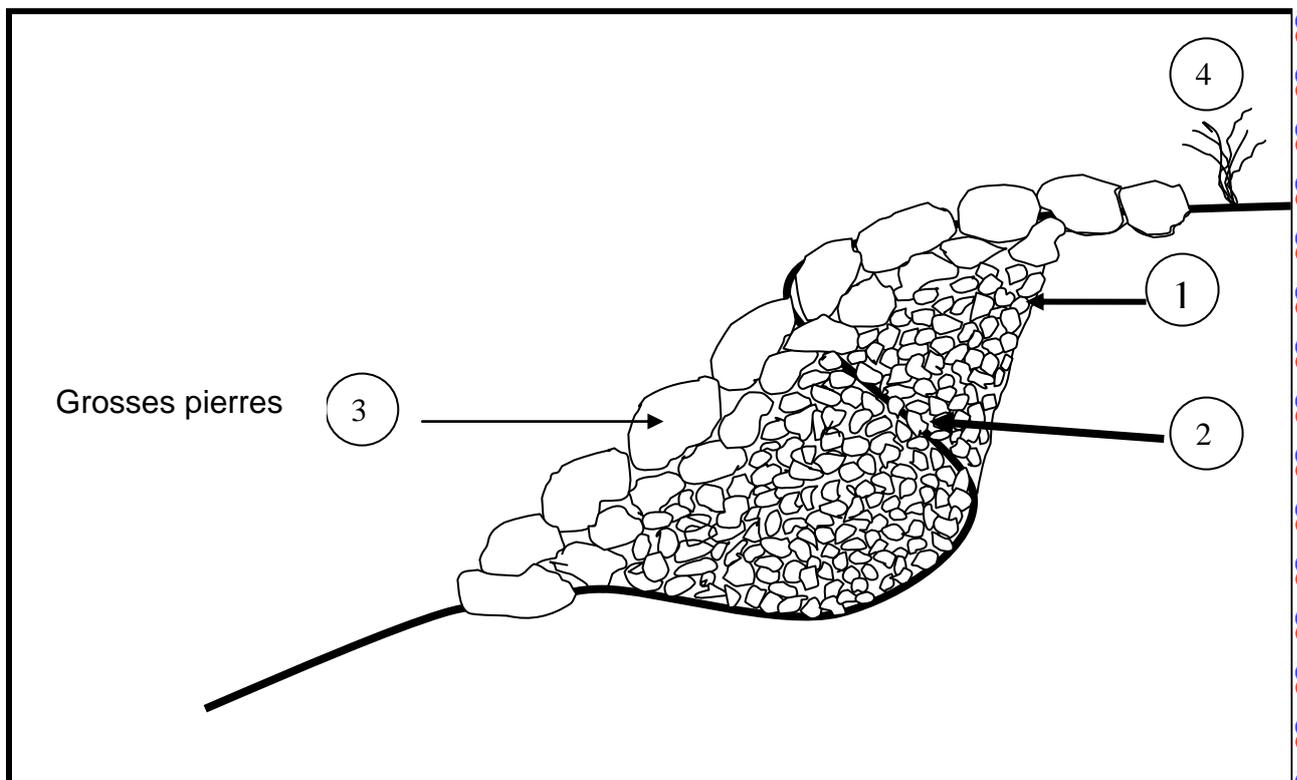
Figure 15 : Seuil en sacs plastiques

iii. Le traitement des têtes des ravines.

La lutte contre le ravinement doit passer d'abord par le traitement des têtes des différentes ravines. Ces têtes sont généralement des griffes diffuses.

Pour ce faire les aspects techniques suivants doivent être suivis :

- Reprofilage des berges en tête de ravine
- Revêtement des parties reprofilées avec des blocs de moellons plats
- Etablir la jonction entre les blocs de moellons et les parties reprofilées par des graviers.



— Ancienne berge de la ravine

1. Tailler les berges pour avoir une pente modérée
2. Mise en place d'une couche filtrante : petits cailloux et gravier
3. Mise en place des grosses pierres
4. Plantation des herbes pérennes et défense de cultiver au bord de la ravine

Figure 16 : Traitement de tête de ravine

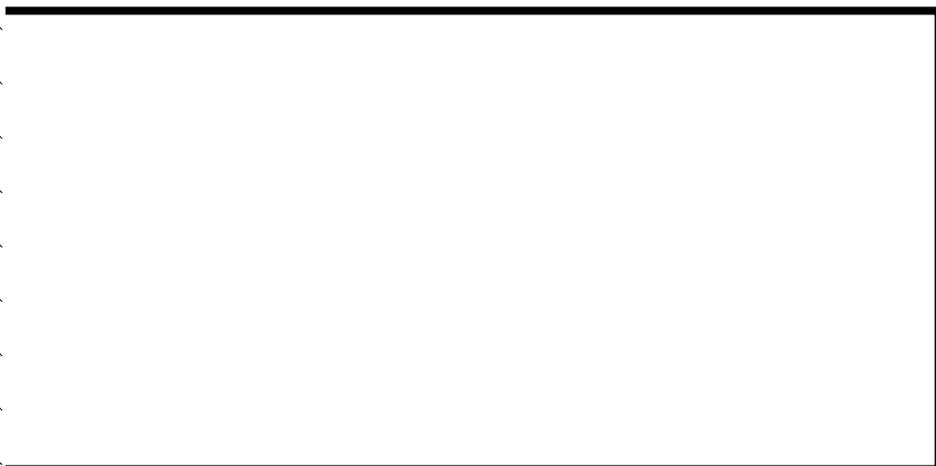
Chapitre VI: MANUEL D'ENTRETIEN

Cette partie a pour but de fournir aux bénéficiaires des travaux d'aménagement des règles à observer pour profiter des bienfaits de ces ouvrages et techniques CES mis en place.

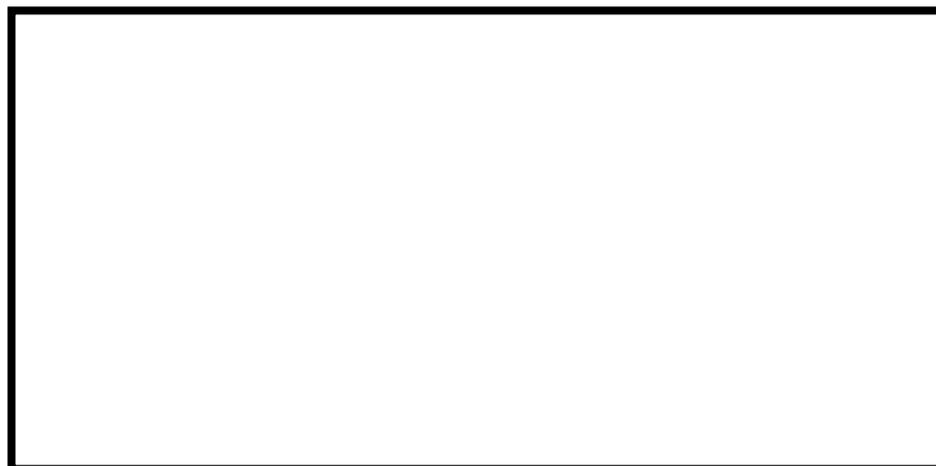
Loin de fournir tous les conseils possibles pour l'entretien des ouvrages, il a pour vocation d'en donner le maximum, surtout les points essentiels

Pour une plus grande efficacité de ce manuel il serait souhaitable que les recommandations formulées en bas de chaque cadre soient traduites en mooré. En effet, le village est beaucoup alphabétisé et il serait dommage que pour une question de lecture il soit amené à faire appel à d'autres personnes.

Bandes végétatives



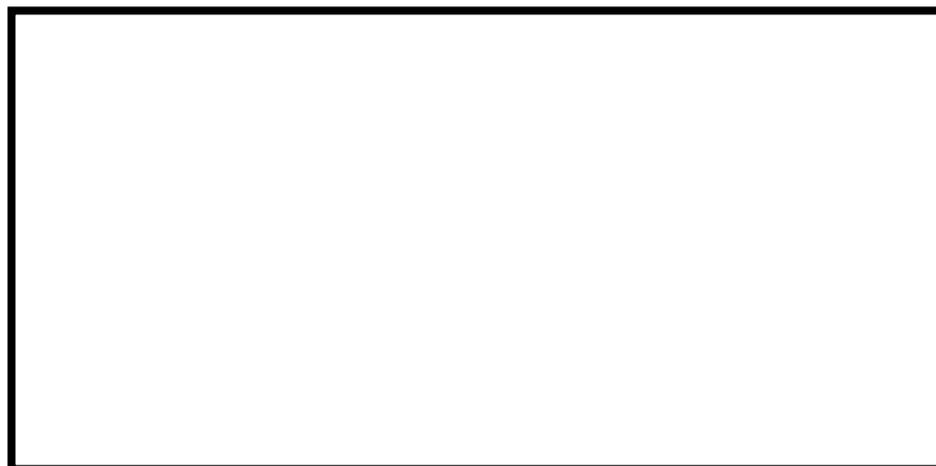
Observer toutes les bandes après les deux premières semaines de pousse



Remuer les parties vides et ressemer les graines d'herbes (avant deux mois)



Après deux mois repiquer les herbes dans les parties vides



Empêcher les animaux de brouter les bandes

Bandes végétatives

Ne pas faire de chemins à travers les bandes

Repiquer des herbes sur les voies créées par l'eau puis faire un bourrelet aux extrémités

Avant le développement des bandes, faire des diguettes de bois morts à l'amont des parties vulnérables

Ne pas couper les herbes des bandes pour nourrir les animaux

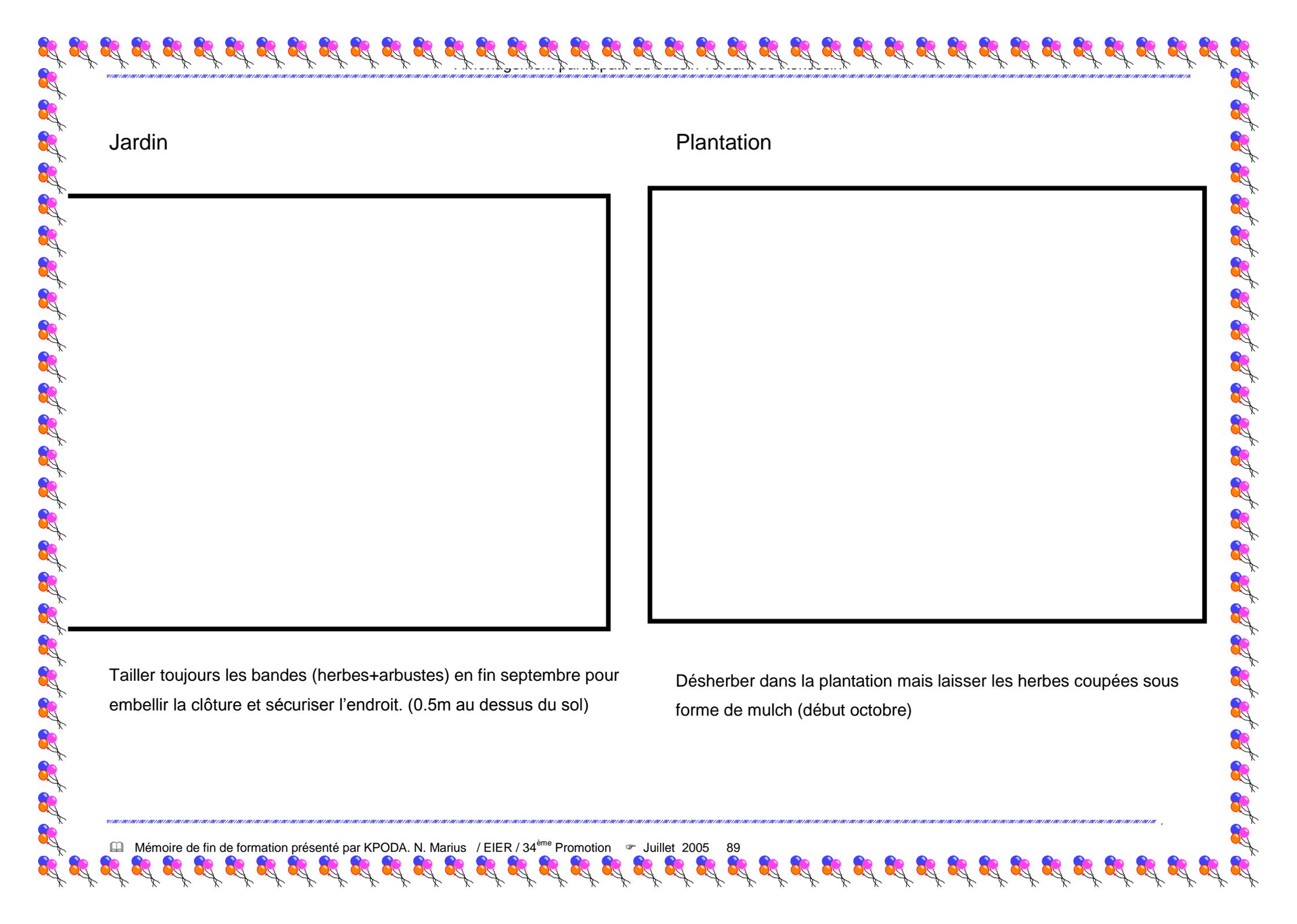
Bandes végétatives

A la fin des saisons de pluie (novembre_Décembre), faucher les herbes à 0.5m du sol

Ne jamais couper en dessous de 20cm au dessus du sol.

Remplacer les arbustes morts par d'autres plants et protéger ces derniers par des diguettes de bois morts.

Ne jamais couper les arbustes

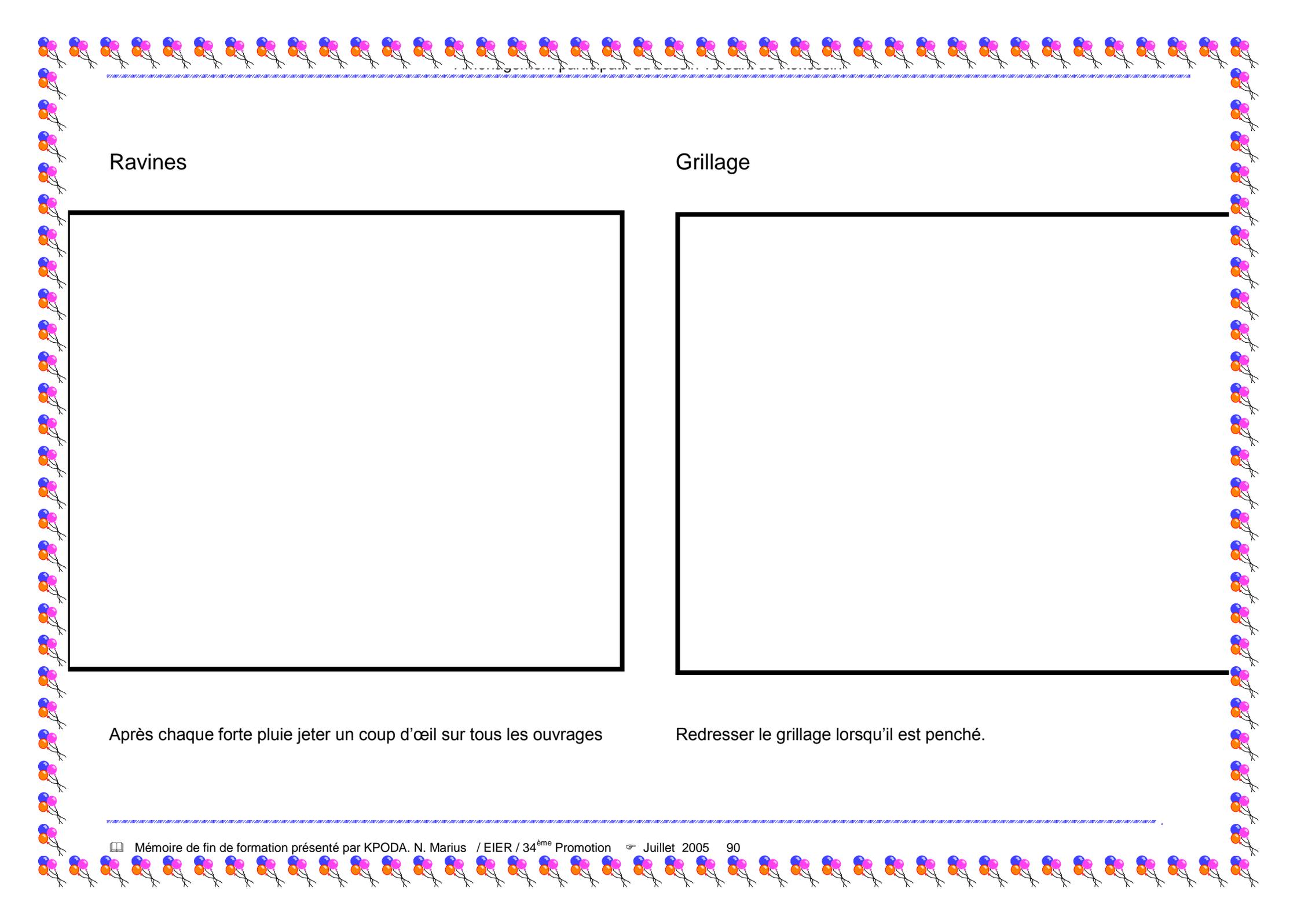


Jardin

Plantation

Tailler toujours les bandes (herbes+arbustes) en fin septembre pour embellir la clôture et sécuriser l'endroit. (0.5m au dessus du sol)

Désherber dans la plantation mais laisser les herbes coupées sous forme de mulch (début octobre)



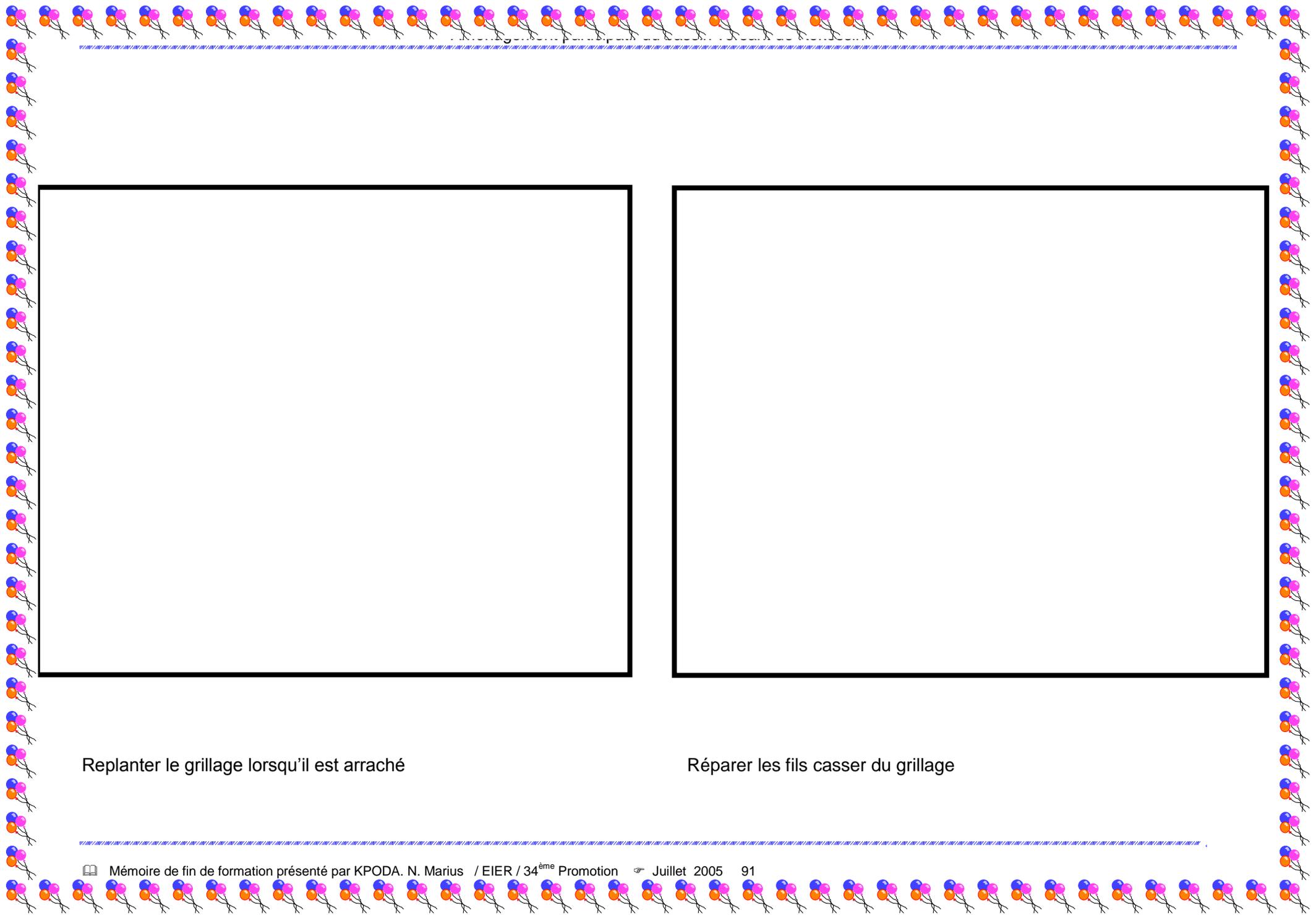
Ravines

Grillage



Après chaque forte pluie jeter un coup d'œil sur tous les ouvrages

Redresser le grillage lorsqu'il est penché.



Replanter le grillage lorsqu'il est arraché

Réparer les fils cassés du grillage

Sacs en plastique

- Le chef du village doit imposer des sanctions contre les éventuels voleurs des grillages et des sacs utilisés pour la construction des seuils.
- Faire recours à une main d'œuvre qualifier lorsque les dégâts dépassent les compétences villageoises.

Remettre les sacs à leur place lorsqu'ils bougent.

Quelques ajouts pour l'entretien des seuils.

Réparer des points faibles du seuil par une plantation complémentaire,

- ajouter un filtre en résidus végétaux,
- prévenir le contournement de l'ouvrage en installant une végétation protectrice le long des berges renforcées si besoin est, par la mise en place de branchages,
- prévenir l'affouillement à l'aval en limitant la hauteur (en cas de reprise) de l'ouvrage et en installant certaines espèces à son pied: agaves et espèces fourragères à fort développement

NB : en ce qui concerne le jardin potager et le bosquet voici quelques idées qui pourraient aider le directeur de l'école à gérer ses ouvrages.

Tout élève qui passera outre cette décision sera contraint d'arroser soit le jardin soit des arbres pendant une période raisonnable que le directeur aura la liberté de fixer.

Les boîtes d'huile vides provenant de la cantine doivent être rassemblées et partagées proportionnellement au nombre d'élèves par classe. Ces boîtes serviront d'arrosiers pour l'entretien du

bosquet. Une organisation de la classe pour la gestion de ces boîtes sera nécessaire.

En cas d'insuffisance de boîtes, tout élève qui trouvera qu'il ne peut pas attendre son tour pour rentrer en possession de la boîte pour arroser son arbre peut se doter d'un bidon de 4 litres pour le faire.

Tout élève qui refusera d'arroser son arbre ou qui laissera son arbre mourir sera puni. (Privation de la cantine jusqu'au remplacement du pied d'arbre)

Les meilleurs élèves pour un travail demandé seront récompensés par certains fruits du jardin. Ceci permettra à qui voudra manger un fruit de mieux travailler en classe.

L'argent obtenu par la vente des produits du jardin pourra servir à faire des colonies de vacances pour aller découvrir des écoles qui ont aussi cet esprit écologiste.

Des remises de prix de meilleurs élèves peuvent être organisés en fin d'année avec les résultats de ces travaux d'aménagement.

Ces actions peuvent être des sources de financement extérieurs par des organismes ou associations pro-écologiste

Chapitre VII: PLAN D'AMENAGEMENT DU BASSIN VERSANT

Les phénomènes d'érosion ne sont pas maîtrisables de façon ponctuelle. Il faut une analyse participative à l'échelle de tout le bassin versant. Cette analyse ayant été faite, il ressort que la plus grande partie des eaux qui se déversent dans les ravines et par conséquent dans la retenue proviennent du plateau en particulier et des zones de battance en général.

Les champs situés dans le bas-fond (aux abords de la retenue), subissent de temps en temps des inondations ou des ravages de leurs plants par l'eau. Mais une action ponctuelle pour maîtriser l'eau serait difficile parce que l'eau provient des flancs de la vallée d'où elle ruisselle.

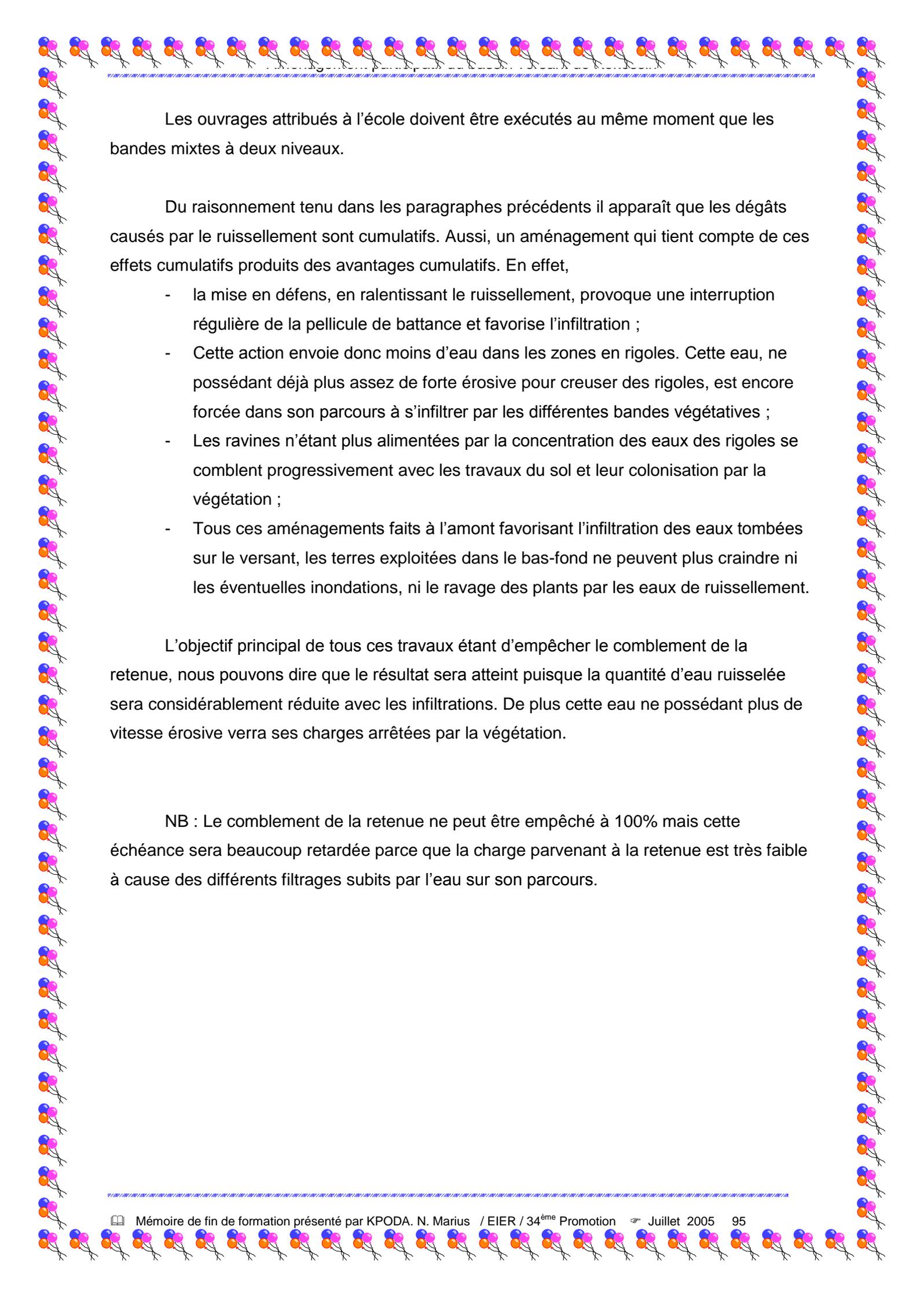
Les terrains sur lesquels les ravines se sont dessinées et se développent, voient leurs eaux dévaler après chaque pluie. Il est cependant difficile de contrôler cette eau à cause de la forte vitesse de ruissellement. Une quelconque solution de maîtrise des ruissellements dans la zone passe par celle des zones situées à l'amont.

Les terres juste à l'amont connaissent elles aussi la formation des rigoles évoluant vers les ravines. Ces griffes naissent et se développent parce que l'eau provenant des zones de battance possède une vitesse importante.

A cause de cette interdépendance des zones exploitées, l'aménagement de tout le bassin versant connaîtra un succès si les travaux se font d'amont en aval.

Dans cet ordre et selon les ouvrages et techniques proposés, nous souhaitons que soit d'abord mis en place le système en défens, puis les bandes enherbées simples et les bandes mixtes à deux niveaux et enfin les bandes mixtes à trois niveaux.

Le traitement des ravines pour lutter contre l'érosion régressive est fait indépendamment de l'aménagement du bassin versant. En effet, les ravines traitées n'ont pas d'influence directe sur le bassin étudié.



Les ouvrages attribués à l'école doivent être exécutés au même moment que les bandes mixtes à deux niveaux.

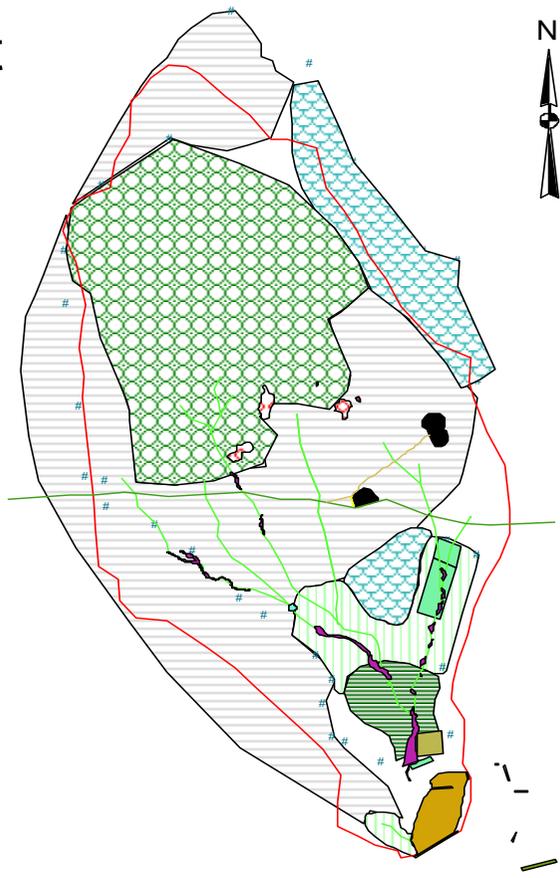
Du raisonnement tenu dans les paragraphes précédents il apparaît que les dégâts causés par le ruissellement sont cumulatifs. Aussi, un aménagement qui tient compte de ces effets cumulatifs produits des avantages cumulatifs. En effet,

- la mise en défens, en ralentissant le ruissellement, provoque une interruption régulière de la pellicule de battance et favorise l'infiltration ;
- Cette action envoie donc moins d'eau dans les zones en rigoles. Cette eau, ne possédant déjà plus assez de force érosive pour creuser des rigoles, est encore forcée dans son parcours à s'infiltrer par les différentes bandes végétatives ;
- Les ravines n'étant plus alimentées par la concentration des eaux des rigoles se comblent progressivement avec les travaux du sol et leur colonisation par la végétation ;
- Tous ces aménagements faits à l'amont favorisant l'infiltration des eaux tombées sur le versant, les terres exploitées dans le bas-fond ne peuvent plus craindre ni les éventuelles inondations, ni le ravage des plants par les eaux de ruissellement.

L'objectif principal de tous ces travaux étant d'empêcher le comblement de la retenue, nous pouvons dire que le résultat sera atteint puisque la quantité d'eau ruisselée sera considérablement réduite avec les infiltrations. De plus cette eau ne possédant plus de vitesse érosive verra ses charges arrêtées par la végétation.

NB : Le comblement de la retenue ne peut être empêché à 100% mais cette échéance sera beaucoup retardée parce que la charge parvenant à la retenue est très faible à cause des différents filtrages subits par l'eau sur son parcours.

Plan d'aménagement du bassin versant de Kokossin



-  Zipellés
-  Verger
-  Ravines
-  Puits perdu
-  Piste
-  Piste principale
-  Fossés
-  Concessions
-  Affleurements rocheux
-  Seuils en sacs
-  Seuils en grillage
-  Retenue d'eau
-  réseau hydrographique
-  Ouvrages réalisés.shp
-  Ouvrages attribués à l'école
-  Limite du bassin versant
-  Système à defens
-  Demi-lunes
-  Borne
-  Bandes mixtes à 3 niveaux
-  Bandes mixtes à 2 niveaux
-  Bandes simples

Réalisation :
KPODA N Marius

<Barre d'échelle vide>

Figure 17: Plan d'aménagement du bassin de Kokossin

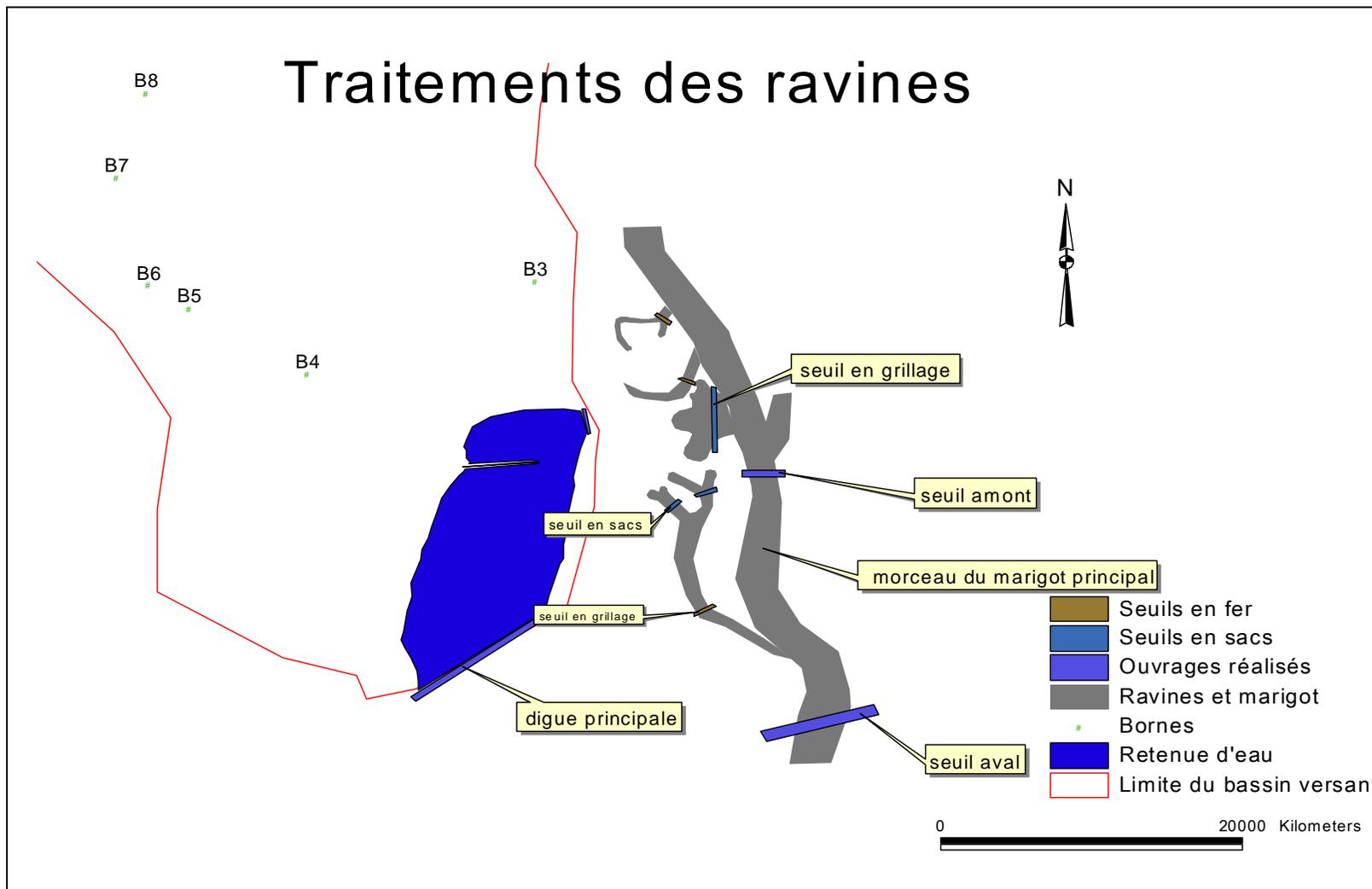


Figure 18: Types de seuils sur les ravines

Chapitre VIII: Participation de la population

VIII.1 Planning général

Se basant sur l'expérience acquise dans la construction de l'école achevée en 2003 et de la retenue dont les travaux sont toujours en cours, la population est consciente que les futurs travaux d'aménagement qui se feront sont d'intérêt commun et à la portée de tous les villageois. C'est pourquoi elle s'avoue prête à s'impliquer à tous les niveaux, sous les instructions de leur RAV, pour la réussite de cet aménagement.

Dans l'optique de mieux se consacrer à ces travaux, elle a voulu se débarrasser d'abord de tout ce qui entrent dans les travaux champêtres avant de se lancer dans la première phase qui regroupe les différents apports (matériaux et semence)

C'est ainsi qu'individuellement, chaque personne enquêtée a proposé un planning qu'il désirera suivre pour apporter un soutien efficace à la réalisation des travaux.

La synthèse de tous ces plannings a donné ce qui suit :

Tableau : planning de la participation de la population

mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Activités							
Récolte des grains d'herbe							
Ramassage des moellons							
Récolte des grains de « bagâanna »							
Exécution des différentes techniques							

Avant que les travaux d'aménagement ne commencent une assemblée du village doit être faite. Au cours de cette assemblée un comité de pilotage des activités doit être mis en place. Ce comité sera composé

- d'un président du comité de pilotage

- d'un responsable de collecte des grains de « bagâanna »
- d'un responsable de collecte des grains de « mon-poaka »
- d'un responsable du ramassage de moellons.

VIII.2 Collecte des grains d'herbe (mon-poaka)

Ces herbes sont fauchées à leur maturité par certains paysans pour la confection de seccos pour les clôtures et les toitures des maisons. La collecte de ses grains ne sera donc pas une activité de plus mais elle vient donner plutôt du tonus à la première en ce sens qu'elle raccourcit leur tâche et leur procure plus d'argent. En effet, les épis de ces herbes étaient jetés dans les fosses fumières pour ceux qui en ont ou utilisés pour faire du feu.

Pour encourager cette collecte il sera proposé, après une discussion avec la population, une certaine somme en fonction de la quantité de graines récoltée.

Le responsable à cette activité sera chargé de rassembler les graines qu'apportera la population et les mettra à la disposition des travailleurs au moment opportun.

VIII.3 Collecte des grains de « bagâanna »

Ces arbustes, très rependus dans le village, sont en réalité des arbres. Mais, à cause de leur qualité fibreuse, ils sont beaucoup sollicités dans la construction des clôtures, surtout des toitures et dans d'autres activités artisanales. Leur croissance est alors très difficile.



La collecte des grains de ces arbres n'est pas une chose nouvelle. En effet, les fruits étaient récoltés et pilés pour nourrir les animaux, les grains étant ainsi consommés ou jetés dans la nature. Cette nouvelle donne va permettre de récompenser les efforts des femmes qui menaient cette activité.

Le responsable élu à cet effet s'occupera de l'assemblage et de la gestion des grains.

Cette collecte de graines sera aussi récompensée à un prix fixé par le commanditaire après une concertation avec les paysans.

VIII.4 Ramassage des moellons

La quantité de moellons à fournir est celle nécessaire au traitement des têtes de ravines. En ce qui concerne les réalisations passées ou toujours en cours, il était demandé à chaque famille de fournir des gens pour le ramassage des moellons. Cette expérience n'ayant pas trouvé d'obstacles, les chefs de famille enquêtés et les responsables des groupements pensent suivre la même méthode. Néanmoins ils sollicitent une aide alimentaire pour accompagner les efforts des participants aux travaux.

Le responsable pour les moellons sera chargé de trouver un endroit assez accessible par un camion et non loin du lieu de ramassage. Il sera aussi chargé de la surveillance des tas et du suivi du transport jusqu'aux sites.

Un prix d'encouragement sera proposé aux ramasseurs.

VIII.5 Exécution des travaux

VIII.5.1 Bandes enherbées

Comme décrit dans la fiche technique, les bandes enherbées ont besoin pour leur réalisation :

- du traçage des courbes niveau sur lesquelles elles seront installées ;
- du labour des bandes ;
- des semis.

La mise en place des courbes de niveau sera assurée par deux groupes de cinq personnes. Chaque groupe sera organisé comme suit :

- deux personnes seront chargées de tenir les jalons ;
- deux personnes feront le traçage ;
- une personne se chargera du fixage des piquets.

L'installation des bandes proprement dite est faite par le labour par la charrue ou la daba. Pour l'exécution de cette phase, nous proposons que ceux qui possèdent des bœufs et des ânes se concertent pour asseoir un programme de sorte qu'à chaque jour on ait un nombre de bœufs et d'ânes suffisant pour la bonne marche des travaux. Ceux qui n'en ont pas doivent se munir de pioches ou de daba pour corriger les erreurs de labour et pour niveler la surface de la bande.

30 litres de semences scarifiées servent à semer à la volée 50 mètres de bande d'un mètre et ce pendant un quart (1/4) d'heure. Pour semer toutes les bandes en une journée, il faudra 20 personnes travaillant pendant 6 heures temps. (annexe XI, tableau f)

VIII.5.2 Jardin potager

Les travaux du jardin se structurent comme suit :

- Délimitation de la surface à aménager
- Fixation des supports du grillage
- Mise en place de la clôture
- Mise en place de la bande végétative

Ce jardin sera certes une propriété de l'école, mais celle-ci sera avantageusement aidée dans les travaux de construction par les bénéficiaires indirects que sont les parents d'élèves. Leur organisation doit prendre en charge la fixation de la clôture et de la bande végétative à mettre tout autour. L'équipement du jardin sera à la charge de l'école. Néanmoins, elle pourra être aidée par les commanditaires de l'étude.

VIII.5.3 Bosquet

L'un des objectifs visés par la mise en place de ce bosquet est de donner des notions d'écologies aux élèves. Un arbre sera alors confié à chaque élève.

Pour une harmonie dans les travaux, ces derniers seront dirigés par le directeur de l'école. Même si l'implantation des trous des arbres est assurée par les élèves, la plantation des arbres doit être faite avec l'aide de la jeunesse du village à une date fixée par le directeur.

La superficie nécessaire à l'installation du bosquet sera fonction du nombre d'élèves. Les nombres d'arbres sera compléter de sorte à obtenir un bosquet rectangulaire.

VIII.5.4 Bananeraie

Cette bananeraie vise les mêmes objectifs que le jardin et le bosquet. Cependant elle ne nécessite pas les mêmes efforts de travail.

Vu sa taille (5mx20m), ses travaux peuvent être facilement exécutés par les élèves.

L'organisation et le suivi de ces travaux seront laissés à la charge du directeur de l'école. La bananeraie devra être installée avant la fin du programme d'aménagement du bassin.

A l'amont de la bananeraie sera implantée une haie vive faite de *piliostigma reticulatum*.

VIII.5.5 Seuils en grillage de fer

Les étapes à suivre pour la réalisation de ce seuil sont les suivantes :

- l'excavation ;
- la fixation des pieux et leur stabilisation par les fils de fer galvanisés ;
- la fixation du grillage.

La longueur moyenne de ces seuils est de 5m. Par conséquent nous jugeons que chaque seuil est faisable en une journée.

La mise en place des seuils nécessite la présence d'un menuisier pour juger de la stabilité des pieux. Ce dernier s'adjoindra quatre personnes.

Trois personnes au moins du village doivent participer à la fixation de sorte qu'en cas de chute du grillage il y ait des personnes pour le replanter.

VIII.5.6 Seuil en sacs plastiques

Pour construire ce seuil il faut :

- Le redressement des pentes des berges et le nivellement du fond de la ravine ;
- le transport et la mise sac de la terre locale ;
- la pose des sacs remplis de terre.

Le transport des terres pour remplir les sacs doit être assuré par la population avec des brouettes et des charrettes. Ce matériel doit être fourni par le commanditaire des travaux.

Le marigot principal regorge de sable de bonne qualité et en quantité suffisante. Ce sable sera utilisé pour remplir les sacs.

Pour diriger les travaux nous proposons un maçon expérimenté. Les autres étapes (excavation du fond de la ravine et le redressement des berges) seront assurées par les paysans.

VIII.5.7 Traitement des têtes de ravines

La réalisation doit être prise en charge par la population après une formation et une démonstration. L'animateur désigné pour ces travaux doit être sur les lieux à toutes les étapes. Il doit insister sur la formation parce que cette dernière doit permettre aux différents participants de pouvoir traiter les têtes des ravines dans leurs champs.

Cette formation portera sur :

- le respect de la taille des concassés et des moellons ;
- l'ordre dans lequel ils sont placés ;
- l'obtention de la stabilité et du minimum d'étanchéité de l'ouvrage ;
- les actions accompagnant cet ouvrage (plantation d'arbres et d'herbes).

Le transport des moellons doit être assuré par un camion vu la distance entre le lieu de ramassage et le site. Ce camion doit être fourni par le commanditaire des travaux.

VIII.6 Mesures d'accompagnement

La population de Kokossin a toujours manifesté son désir de participer à tous les travaux allant dans le sens du développement du village. Seulement « ventre creux n'a point d'oreilles ». Nous avons souligné plus haut que toutes les familles enquêtées connaissent des problèmes alimentaires. Leurs mois de soudure sont compris dans la période que la population elle-même a réservée pour les travaux d'aménagement. C'est pourquoi elle sollicite une aide alimentaire pour l'accomplissement des différentes tâches qui leur seront allouées.

Nous proposons donc que leur ration de la journée soit prise en charge.

CALENDRIER ET DEVIS PREVISIONNELS

Les tableaux ci-dessous présentent :

- d'abord le calendrier prévisionnel des travaux d'aménagement du bassin et de construction des seuils pour lutter contre l'érosion régressive en provenance du marigot principal.

Pour permettre une meilleure compréhension nous avons repris ce planning sous forme d'un tableau qui intègre les détails de déroulement de certains travaux.

(Annexe XIV tableaux a et b).

- ensuite le devis estimatif des différents travaux pour la réalisation de tout le projet.

Les détails des devis quantitatifs des éléments entrant dans l'évaluation du devis estimatif sont faits en Annexe XIV.

Nous avons procédé par type de travaux et les résultats obtenus sont résumés dans des tableaux.(Annexe XIV, tableaux c, d, e, f et g)

Calendrier prévisionnel

Activités	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
Assemblée générale du village : constitution du comité de pilotage des travaux d'aménagement.	■	■																							
Dotation des responsables élus de leurs matériels de travail (sacs vides et somme de compensation)		■	■																						
Récolte des graines « d'Andropogon Gayanus »			■	■	■	■																			
Ramassage de moellons				■	■	■	■																		
Récolte des graines du « piliostigma reticulatum »					■	■	■	■																	
Construction des différents seuils en grillage de fer et en sacs plastiques (2 jours/seuil)						■	■																		
Réception de tous les travaux de construction de seuils							■	■																	
Mise en place de la clôture du jardin potager							■	■																	
Délimitation de la zone de mise en défens et plantation des pancartes + réunion pour le mode d'organisation des travaux de mise en place des bandes végétatives.							■	■																	
Recherche des courbes de niveau et labour des bandes végétatives (travail d'un jour sur deux)								■	■	■	■														
Les travaux de zaï.									■	■															
Trouaison pour le bosquet										■	■														
Traitement des têtes de ravines											■	■													
Semis des herbes et des arbustes Mise en place d'une pépinière											■	■													
Repiquage des herbes et des arbustes dans les endroits vides												■	■												
Plantations d'herbes à l'aval et à l'amont des seuils.													■	■											

Devis estimatif

Dénomination	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Montant (FCFA)
Seuils en grillage de fer				
grillage (maille 3 cm; 1 m de haut)	rouleau	35750	2	71.500
fer à béton (d=12 mm)	barre	4400	2	8.800
cornière (0,5 mx16m)	barre	11900	18	214.200
transport du matériel+main d'œuvre	ff			200.000
fil galvanisé (3 mm)	rouleau	3750	4	15.000
Total partiel				509.500
Seuils en sacs plastiques				
sacs (0,6 mx1 m)	U	250	123	30.750
grillage(maille 10 cmx10 cm)	barre de d=8 mm	2000	37	74.000
Total partiel				104.750
Traitement des têtes des ravines				
transport du moellon	voyage	20000	35	700.000
main d'œuvre	hj	10000	10	100.000
Total partiel				800.000
Jardin potager (40 mx35 m)				
grillage(maille 5 cm)	rouleau	33500	6	201.000
cornière lourd (40 mmx3 m)	U	6550	30	196.500
arrosoires	ff			50.000
Total partiel				447.500
Bosquet				
Arbres	U	2000	130	260.000
Total final				2.121.750
Impévision			5%	106.088
Total général				2.227.838

RECOMMANDATIONS

- ☞ L'objectif principal de l'étude étant de lutter contre le comblement précoce de la retenue, un accent particulier doit être mis sur le calcul des pertes de terre sur le bassin versant. Nous recommandons donc qu'une étude minutieuse soit faite dans ce sens avant l'exécution des travaux. Un autre calcul doit être fait en supposant le plan totalement exécuté pour évaluer l'influence de l'aménagement sur le transport solide.

NB : pour ce dernier calcul on supposera que

- 62 à 88% du volume ruisselé est absorbé et 84 à 99% des matières en suspension emportées par ruissellement sont retenues

Source : <http://www.enseeiht.fr/hmf/travaux/CD0001/travaux/optsee/bei/1/g11/bandes.htm>

- les bandes densément enherbées de 0,5 à 4 m de large, sont capables de réduire les pertes en terre au dixième, et le ruissellement au tiers environ des valeurs correspondant au témoin (Roose, Bertrand, 1971; Delwaille, 1973).

Source : http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T1765F/t1765f0o.htm

- ☞ Lors de la dernière visite nous n'avons pas rencontré beaucoup de paysans pour valider toutes les propositions faites à leur égard. Il serait donc souhaitable qu'une forte sensibilisation de la population soit faite avant l'exécution des travaux.
- ☞ L'un des derniers souhaits des commanditaires de l'étude est la mise en place d'un verger pour le village. L'emplacement de ce verger a été trouvé (plan d'aménagement). Mais cette idée mérite d'être débattue avec la population pour vérifier la nécessité de ce verger, étudier sa faisabilité et arrêter le mode de gestion à adopter à cet effet.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que ces travaux d'aménagement sont vraiment nécessaires pour le village. En effet, ils permettront à la population de bénéficier le plus longtemps possible du fruit de son dynamisme et aux exploitants du bassin versant d'améliorer leurs rendements agricoles à travers une conservation plus ou moins longue de la fertilité de leurs sols et une humidité accrue.

Cette étude nous a permis, après avoir fait la situation des phénomènes d'érosion sur le bassin versant, et examiné les conditions dans lesquelles vit la population, de porter des choix éclairés sur les ouvrages qui, en dépit de leur faisabilité techniques, tiennent compte des moyens humains et financiers des paysans.

Le comblement de la retenue contre lequel nous luttons est inévitable à long terme. Cependant il pourra être retardé considérablement grâce aux différentes techniques choisies, puisque les bandes densément enherbées de 0,5 à 4 m de large, sont capables de réduire les pertes en terre au dixième, et le ruissellement au tiers.

Nous osons affirmer que cette étude a été riche en expérience dans ce sens qu'elle nous a mis dans les conditions où les plus grandes décisions nous revenaient en tant qu'ingénieur. Aussi a-t-elle apporté un plus dans nos connaissances par la découverte de nouvelles techniques facilement applicables et peu coûteuses.

Elle a été enfin l'occasion d'élargir nos relations au sein des personnes travaillant dans le domaine du développement durable et de nous rendre compte de certaines difficultés que peut rencontrer l'ingénieur dans l'exercice de sa fonction et que nous avons jusqu'alors ignorées.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

Cours de Conservation des Eaux et Sols

Hamma YACOUBA

Version provisoire (Avril 1999)

Etude d'avant projet sommaire d'aménagement d'une retenue d'eau à vocation pastorale dans le village de Kokossin Tandaga , département de Tensobentenga, province du Kouritenga, Burkina Faso

SHER Ingénieur conseils s.a

(Juillet 2004)

Aménagement du bassin versant de Kokossin

ARCOP

Etude d'avant projet détaillé d'aménagement d'une retenue d'eau à vocation pastorale dans le village de Kokossin Tandaga , département de Tensobentenga, province du Kouritenga, Burkina Faso

SHER Ingénieur conseils s.a

(Novembre 2004)

Etude préliminaire de la faisabilité sociale de l'aménagement d'un point d'eau pastoral à Kokossin Tandaga (IDP)

HOSFORD Nigel , KABORE Issouf

(Janvier 2004)

Techniques de conservation des eaux et des sols au sahel

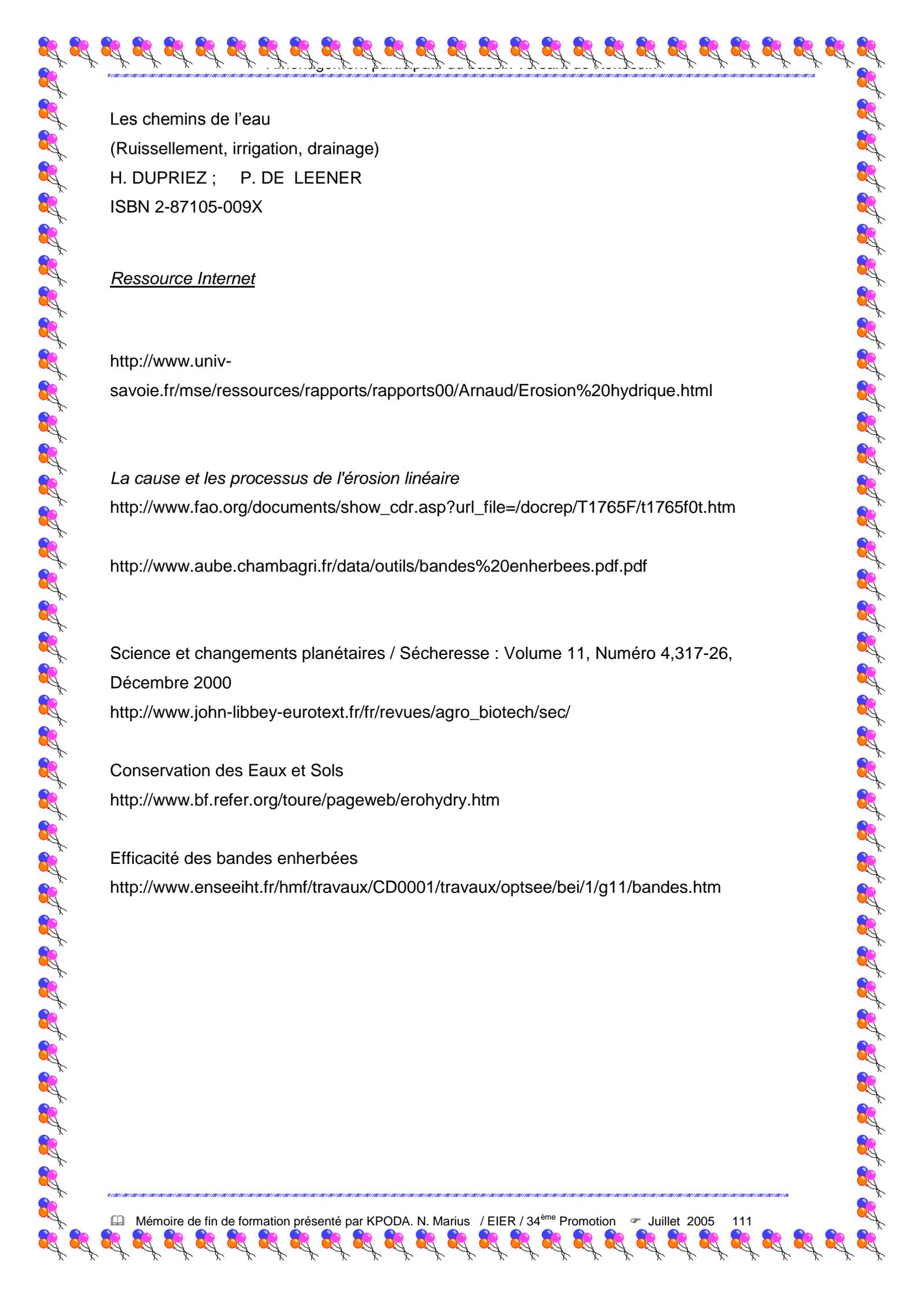
Bulletin du CIEH n°94, octobre1993 p29-48

J.C.J. VLAAR

Notes de TD de SIG, FI3

TP_SIG complet (PDF) (p13-64) (version 2005)

Y. S. Corentin SOME



Les chemins de l'eau
(Ruissellement, irrigation, drainage)
H. DUPRIEZ ; P. DE LEENER
ISBN 2-87105-009X

Ressource Internet

<http://www.univ-savoie.fr/mse/ressources/rapports/rapports00/Arnaud/Erosion%20hydrique.html>

La cause et les processus de l'érosion linéaire

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T1765F/t1765f0t.htm

<http://www.aube.chambagri.fr/data/outils/bandes%20enherbees.pdf>

Science et changements planétaires / Sécheresse : Volume 11, Numéro 4,317-26,
Décembre 2000

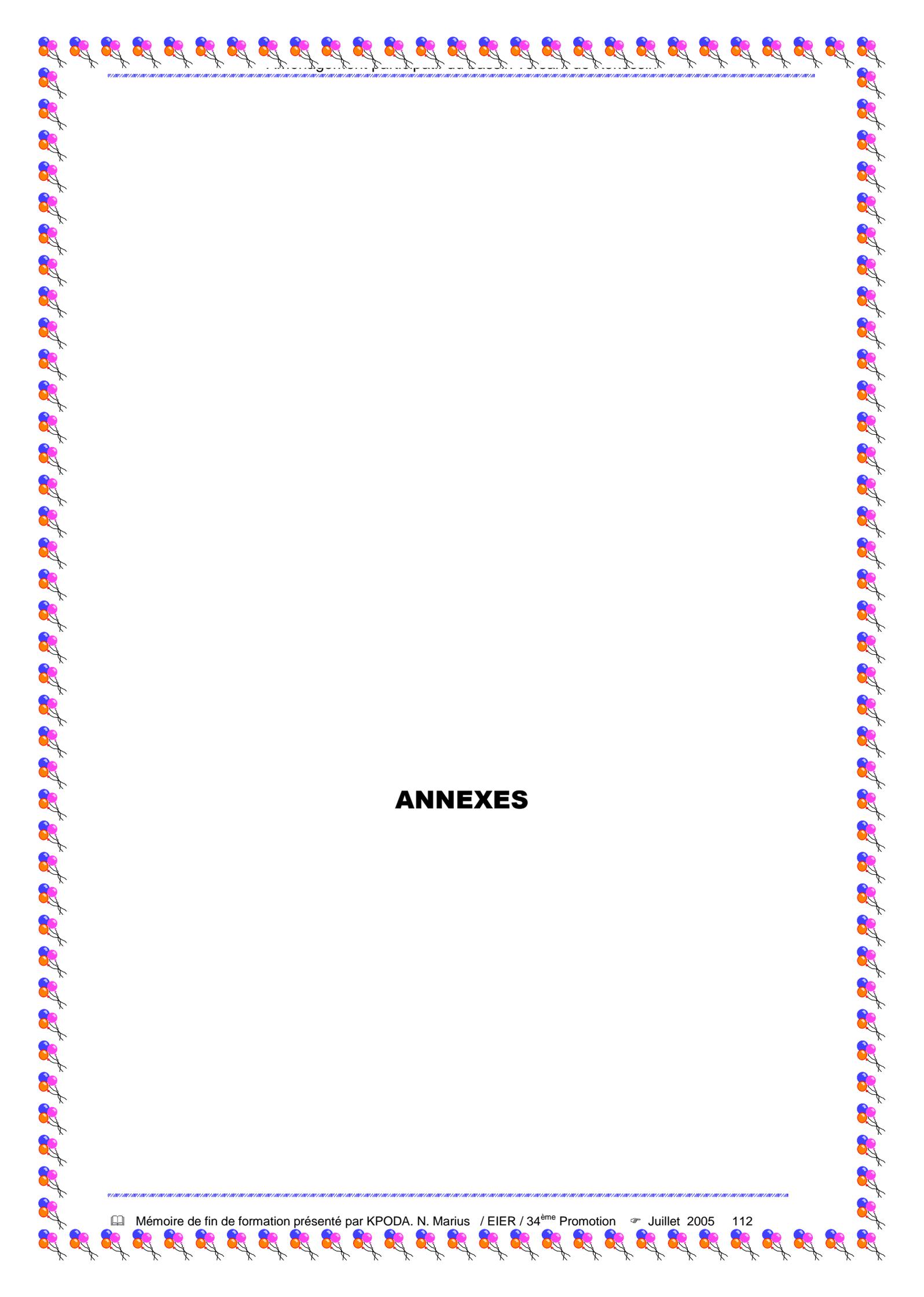
http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/

Conservation des Eaux et Sols

<http://www.bf.refer.org/toure/pageweb/erohydry.htm>

Efficacité des bandes enherbées

<http://www.enseiht.fr/hmf/travaux/CD0001/travaux/optsee/bei/1/g11/bandes.htm>



ANNEXES