

Groupement d'Intérêt Public/

Agence de l'Eau du Nakanbé

Comité de Bassin

Conseil d'Administration

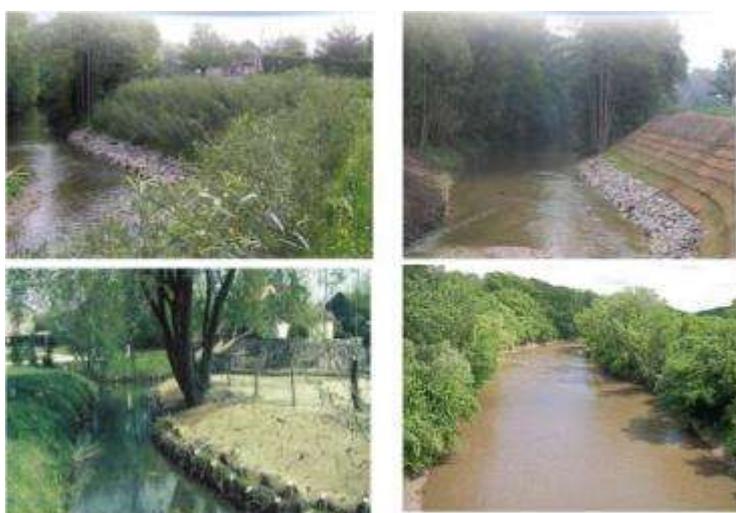
Direction Générale de l'Agence de l'Eau
du Nakanbé



Burkina Faso

Unité – Progrès – Justice

NORMES ET TECHNIQUES DE PROTECTION DES BERGES DU NAKANBE



Rapport final

Financement : Union Européenne
Appui à l'opérationnalisation de l'Agence de l'Eau du Nakanbé FED/2011/278-874



Cabinet Conseil pour le Développement
10 BP 13 978 Ouagadougou 10, Ouagadougou,
Secteur 20, Avenue du Yatenga
Tél: (00226) 50 41 41 89 /78 90 35 61
E-mail: ccd5bf@yahoo.fr

Juillet 2015

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	4
LISTE DES PHOTOS	4
RESUME.....	5
INTRODUCTION.....	6
PREMIERE PARTIE : ASPECTS THEORIQUES	7
CHAPITRE I : DEFINITIONS DES TERMES UTILISES.....	7
CHAPITRE II. PROCESSUS CONDUISANT A LA DEGRADATION DES BERGES	9
DEUXIEME PARTIE : DEMARCHE POUR LA PROTECTION DES BERGES DU BASSIN DU NAKANBE	14
CHAPITRE III : AXE D’INTERVENTION I : ENTRETIEN DES COURS D’EAU.....	14
3.1. Lutter contre les plantes envahissantes.....	14
3.2. Gérer les embâcles.....	15
3.3. Les actions à éviter au niveau du cours d’eau	17
CHAPITRE IV : AXE II : RESTAURER LA BANDE RIVERAINE	18
4.1. ROLES ET FONCTIONS DE LA BANDE RIVERAINE	19
4.1.1. Les rôles et fonctions hydrologiques	19
4.1.2. Les rôles et fonctions physico-chimiques.....	19
4.1.3. Les rôles et fonctions écologiques.....	20
4.1.4. Les fonctions paysagères et repères culturels.....	21
4.1.5. Les fonctions socioéconomiques	22
4.2. LES CRITERES D’EFFICACITE DE LA BANDE RIVERAINE	22
4.3. NORMES MINIMALES D’INTERVENTION SUR LES BANDES RIVERAINES.....	22
4.4. COMMENT CARACTERISER LA BANDE RIVERAINE	23
4.4.1. Mesurer la largeur des rives	23
4.4.2. Définir la ligne des hautes eaux.....	24
4.4.3. Calculer la pente	24
4.4.4. Délimiter la largeur de la bande riveraine a aménager.....	24
4.4.5. Vérifier la stabilité de la rive	24
4.4.6. Identifier les types de sol.....	24
4.4.7. Inventorier les éléments naturels existants	25
4.4.8. Définir les objectifs du projet.....	25
4.4.9. Déterminer les végétaux qui sont à conserver et ceux à éliminer.....	25
4.4.10. Sélectionner les végétaux	26
4.4.11. Il faut aussi jouer la diversité.....	27
4.4.12. Faire attention aux plantes envahissantes.....	27

4.5. LA PLANTATION ET L'ENSEMENCEMENT DES PLANTES HERBACEES ET LIGNEUSES	27
4.5.1. La plantation de la bande riveraine	27
4.5.2. L'ensemencement.....	27
CHAPITRE V : AXE III : RECUPERER LES SOLS DEGRADEES ET PROTEGER LES VERSANTS CONTRE L'EROSION HYDRIQUE	28
5.1. LES TECHNIQUES DE RECUPERATION DES SOLS DEGRADEES.....	28
5.1.1. Technique des demi-lunes manuelles	29
5.1.2. Technique des demi lunes à la charrue « Delphino »	30
5.2. LES TECHNIQUES DE LUTTE ANTI-EROSIVE	31
5.2.1. Les cordons pierreux	31
<i>Les différents types de cordons pierreux</i>	31
5.2.2. Les digues filtrantes.....	32
TROISIEME PARTIE : IMPACTS DU PLAN DE PROTECTION DES BERGES ET SUIVI-EVALUATION.....	35
CHAPITRE VI : IMPACTS DU PLAN DE PROTECTION DES BERGES.....	35
6.1. <i>IMPACTS POSITIFS DES BERGES PROTEGES</i>	35
6.2. <i>IMPACTS NEGATIFS DU PLAN DE PROTECTION DES BERGES ET MESURES D'ATTENUATION</i>	37
conclusion.....	37
CHAPITRE VII : SUIVI ET EVALUATION DU PLAN DE DE PROTECTION DES BERGES .	38
7.1. DEFINITION DE QUELQUES CONCEPTS RELATIFS AU SUIVI-EVALUATION	38
7.1.1. Concept de suivi et évaluation.....	38
7.1.2. Indicateurs	39
7.1.3. Principes directeurs du suivi-évaluation au sein de l'AEN	39
7.2. IDENTIFICATION DES UTILISATEURS ET BESOINS EN INFORMATION.....	40
7.3. LES INDICATEURS A SUIVRE.....	42
7.4. LES CAPACITÉS HUMAINES POUR ACCOMPAGNER L'OPÉRATIONNALISATION DU SYSTÈME DE SUIVI ÉVALUATION	43
7.5. COORDINATION DU SYSTEME DE SUIVI-EVALUATION ET OUTILS DE SUIVI	44
CHAPITRE VIII : MODULES POUR LE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DES DIFFÉRENTS ACTEURS	45
CONCLUSION	46
ANNEXE 1 : ESPECES RENCONTREES SUR LES BERGES DU NAKANBE.....	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	52

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Représentation d'un lit majeur, d'un lit mineur, d'une rive et d'une berge	8
Figure 2 : Schéma d'un cours d'eau et les écosystèmes aquatiques	8
Figure 3 : Processus d'érosion des berges rencontré en sol peu cohésif lorsque la vitesse de l'eau est importante	11
Figure 4 : Processus d'érosion des berges rencontré en sol cohésif lorsque la vitesse de l'eau est importante.	12
Figure 5 : Phénomène de rupture de berge en cercle	13
Figure 6 : Position du premier axe d'intervention.....	14
Figure 7 : Position du deuxième axe d'intervention	19
Figure 8 : Longueur de la bande en fonction de la pente	23
Figure 9 : Répartition des végétaux sur la toposéquence	26
Figure 10 : Position du troisième axe d'intervention	28

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : <i>Problèmes posés par les embâcles (photo kambiré, 2014, Bagré)</i>	15
Photo 2 : Tronc d'arbre retenu par un pont. Photo d'un pont dans le village de Boussouma dans la province du Boulgou (kambire SH, 2014)	16
Photo 3 : abreuvement des animaux sur un barrage (phot kambire SH, 2014).....	17
Photo 4 : Prélèvement de sable à Boussouma (Kambire, 2014)	18
Photo 5 : Production de briques près du barrage de Bagré (photo kambiré SH, 2015)	23
Photo 6 : Photo satellite montrant les plages de sol dénudé le long du Nakanbé près du village de Yilou sur l'axe Ouaga-Kongoussi	29
Photo 7 : photo satellite montrant les sols dénudés (à gauche) et photo au sol (à droite).....	29
Photo 8 : demi-lunes (photo kambiré S H).....	30
Photo 9 : traitement du sol à la charrue delphino (Photo Kambiré SH, village de Gagara 1, mars, 2007).....	30
Photo 10 : cordons pierreux	32
Photo 11 : Digue filtrante	33
Photo 12 : Confection d'une Digue (<i>Source: SOS Sahel International, 2008</i>).....	34

RESUME

Les berges assurent d'importantes fonctions écologiques. Elles constituent le support de la végétation herbacée et ligneuse, un habitat pour la faune et la flore et un secteur d'échanges entre le lit mineur et le lit majeur. L'érosion est un phénomène naturel qui fait partie intégrante de la vie du cours d'eau. Maintenir les berges consiste à agir sur les causes de l'érosion. Les berges de la plupart des cours d'eau du Nakanbé présentent des phénomènes de dégradation avancée du fait de l'agriculture pratiquée le long des berges, la faible couverture végétale des berges, l'augmentation des événements climatiques extrêmes ayant favorisé l'augmentation des débits de pointe et des vitesses d'écoulement, la présence d'obstacles dans le lit du cours d'eau, la nature des sols. Ce document s'adresse aux techniciens et aux acteurs impliqués dans la protection des berges des cours d'eau et des plans d'eau naturels et artificiels au Burkina Faso. Il rappelle certaines généralités sur les berges, propose une approche d'interventions en matière de protection des berges, des normes et des techniques de protection des berges. Il décrit les problèmes d'érosion des berges fréquemment observés et recommande des aménagements pour corriger les différentes situations. Le document aborde également les impacts environnementaux et sociaux potentiels de la mise en œuvre d'un plan de protection des berges ainsi que les mesures d'atténuation des impacts négatifs. La démarche d'intervention doit être globale et s'articuler autour de trois axes principaux : entretenir les cours d'eau (axe I), restaurer, protéger et entretenir les bandes riveraines végétales dégradées (Axe II), récupérer les sols dénudés omniprésents le long des cours d'eau et lutter contre l'érosion hydrique des versants (Axe III). Il faut privilégier des techniques de génie végétal qui présentent l'intérêt d'être respectueuses des milieux aquatiques et des paysages. Les différentes interventions doivent s'appuyer sur une forte implication et une responsabilisation des populations locales riveraines des différents cours d'eau.

INTRODUCTION

Les berges assurent d'importantes fonctions écologiques. Elles constituent le support de la végétation herbacée et ligneuse, un habitat pour la faune et la flore et un secteur d'échanges entre le lit mineur et le lit majeur. L'érosion est un phénomène naturel qui fait partie intégrante de la vie du cours d'eau. Maintenir les berges consiste à agir sur les causes de l'érosion. Les berges de la plupart des cours d'eau du Nakanbé présentent des phénomènes de dégradation accélérée du fait de l'agriculture pratiquée le long des berges, l'augmentation des événements climatiques extrêmes ayant favorisé l'augmentation des débits de pointe et des vitesses d'écoulement, la pente du lit, la présence d'obstacles dans le lit du cours d'eau, la forme des talus, la couverture végétale et la résistance du sol en rive. Ce document s'adresse aux techniciens et aux acteurs impliqués dans la protection des berges des cours d'eau et des plans d'eau naturels et artificiels au Burkina Faso. Il rappelle certaines généralités sur les berges, propose une approche d'interventions en matière de protection des berges, des normes et des techniques de protection des berges. Il décrit les problèmes d'érosion des berges fréquemment observés et recommande des aménagements pour corriger chaque situation. Le document aborde également les impacts environnementaux et sociaux potentiels de la mise en œuvre d'un éventuel plan de protection des berges ainsi que les mesures d'atténuation des impacts négatifs.

PREMIERE PARTIE : ASPECTS THEORIQUES

CHAPITRE I : DEFINITIONS DES TERMES UTILISES

Le lit mineur est l'espace occupé par l'écoulement pour des crues courantes. Il est toujours constitué d'un ou plusieurs chenaux bien marqués.

Le lit majeur est la plaine inondable. Il est limité par les plus hautes eaux. Les parties extrêmes du lit majeur ne sont mises en eau que pour les crues extrêmes avec une hauteur d'eau assez faible. Les vitesses d'écoulement y sont faibles et les particules les plus fines (limons, argiles) se déposent par sédimentation. Ces zones sont généralement extrêmement plates et les limites précises du lit majeur ne sont pas faciles à délimiter dans les grandes plaines alluviales.

La berge est le talus incliné qui sépare le lit mineur du lit majeur (figure1). Elle constitue la limite entre le milieu aquatique et le milieu terrestre d'un cours d'eau ou du point d'eau. Les berges peuvent être de forme étroite, concave, convexe. C'est un écosystème particulier qui constitue une zone de transition entre les milieux aquatiques et les milieux terrestres.

La rive est le milieu géographique qui sépare les milieux aquatique et terrestre. Elle démarre au sommet de la berge et constitue une partie plate plus ou moins étendue qui reste sous l'influence du milieu aquatique. Certains auteurs définissent la rive comme la « bande de terre qui borde les lacs, les cours d'eau et le fleuve, et qui s'étend vers l'intérieur des terres à partir de la ligne des hautes eaux ». Selon la pente et la hauteur du talus, la rive a un minimum de 10 à 15 mètres de largeur. Quelle que soit sa largeur, c'est la zone de transition entre le milieu terrestre et le milieu aquatique. Elle subit des pressions anthropiques (destruction de sa végétation, etc.) qui peuvent mener à sa déstabilisation (érosion), celle-ci pouvant être plus ou moins importante l'utilisation. Le moyen le plus efficace d'assurer la stabilité de la rive est d'y maintenir, ou de mettre en place en cas de dégradation, **une bande de végétation riveraine** comme le fait la nature elle-même. Parce qu'elle fait la jonction entre ces deux milieux très différents et qu'elle subit de nombreuses perturbations naturelles, la rive est particulièrement dynamique et diversifiée tant du point de vue faunique que floristique. Cette grande pluralité s'explique :

- par la juxtaposition des écosystèmes aquatiques, riverains et terrestres sur une superficie relativement restreinte ;
- par la présence d'eau, de nourriture et d'un couvert protecteur ;
- par la diversité végétale ;
- par l'importance de l'effet de corridor écologique que crée cette zone de transition écologique.

Toutefois, pour jouer ses rôles, la rive doit être suffisamment large et comporter idéalement trois strates de végétation (herbacée, arbustive et arborescente) composées d'espèces indigènes et de cultivars issus d'espèces indigènes. La rive représente tout à la fois un habitat pour la faune et la flore, un écran face au réchauffement excessif de l'eau, une zone d'ombre pour la faune aquatique, une barrière contre les apports de sédiments aux plans d'eau, un rempart contre l'érosion des sols et des talus, un régulateur du cycle hydrologique, un filtre contre la pollution de l'eau et un brise-vent naturel. C'est aussi un des éléments déterminants du paysage.

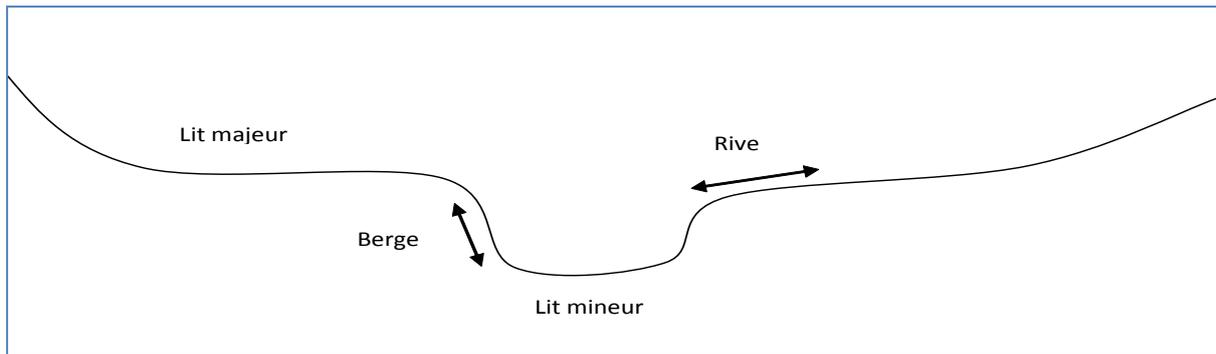


Figure 1: Représentation d'un lit majeur, d'un lit mineur, d'une rive et d'une berge

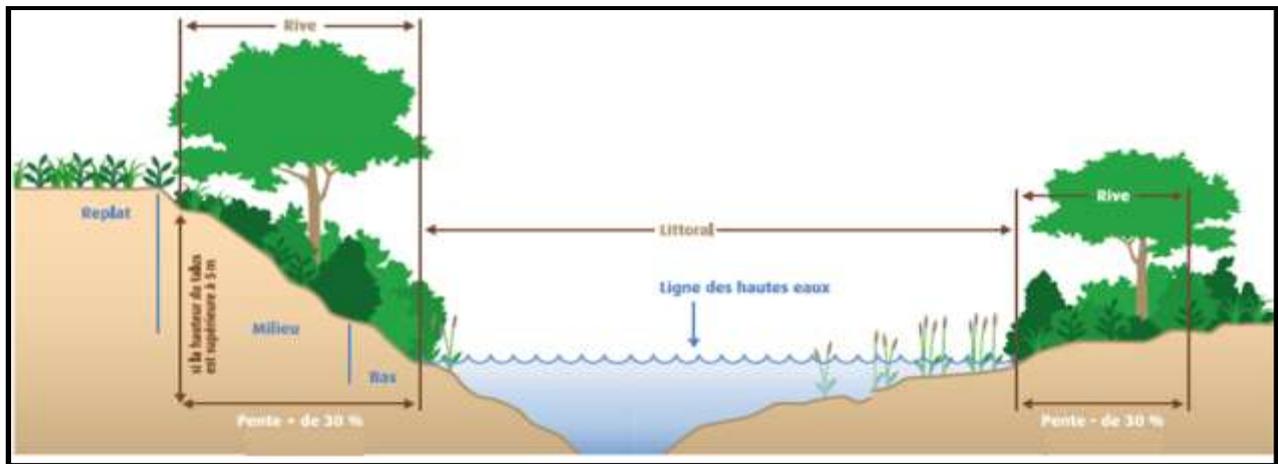


Figure 2 : Schéma d'un cours d'eau et les écosystèmes aquatiques

Bande riveraine

Elle désigne une lisière végétale permanente composée d'un mélange de plantes herbacées, d'arbustes et d'arbres qui longe les cours d'eau, entoure un lac ou borde le fleuve. Sa largeur varie selon la pente et la réglementation en vigueur. Au Burkina Faso, elle est de 100m. C'est un milieu inféodé au cours d'eau, particulièrement riche en termes de diversité floristique. Il comporte des strates herbacées souvent très diversifiées et des strates arbustives et arborescentes composées d'un nombre restreint d'espèces. La bande riveraine joue plusieurs rôles importants :

- sur la faune et la flore ;
- sur le paysage ;
- sur la température de l'eau ;
- sur l'épuration des eaux ;
- sur l'écoulement des crues ;
- sur la tenue des berges.

Mais il faut aussi être conscient des inconvénients qu'elle peut présenter, en particulier pour les riverains :

- forte consommation d'espace pour une valeur économique assez faible (sauf si elle est limitée à un simple cordon) ;
- alimentation de la rivière en bois arrachés par les crues, susceptibles de créer des embâcles, d'obstruer les ponts et d'aggraver les crues localement ;
- apport de matière organique dû à la décomposition des feuilles ;
- accessibilité difficile pour les pêcheurs.

Ligne des hautes eaux (LHE)

Ligne délimitant le littoral et la rive, située à l'endroit où l'on passe d'une prédominance de plantes aquatiques à une prédominance de plantes terrestres ou, s'il n'y a pas de plantes aquatiques, à l'endroit où les plantes terrestres s'arrêtent en direction du plan d'eau. En milieu maritime, on applique cette définition de la même façon.

Végétalisation

Activité qui vise la reconstitution du couvert végétal d'un terrain dénudé par l'action de l'homme ou par l'effet de catastrophes naturelles.

Restauration

On entend par restauration l'opération visant à remettre dans un état proche de son état d'origine un écosystème terrestre ou aquatique, altéré ou détruit, généralement, par l'action de l'homme.

CHAPITRE II. PROCESSUS CONDUISANT A LA DEGRADATION DES BERGES

La dégradation des berges se produit généralement selon un processus qui combine à la fois le pouvoir érosif de l'eau et l'effet gravitaire. Les matériaux constitutifs des berges de cours d'eau sont généralement moins homogènes que ceux du fond. Ils peuvent comporter des matériaux fins (argile, limons) qui confèrent aux berges une certaine cohésion. La végétation lorsqu'elle est présente joue bien entendu un rôle sur la tenue des berges. Les mécanismes d'évolution des berges peuvent être fondamentalement différents et les techniques de protection sont aussi fort différentes. L'ignorance de cette règle a conduit trop souvent à des échecs ou à des travaux inutiles. D'une manière générale, l'érosion désigne tout un ensemble de mécanismes dus aux divers agents atmosphériques et qui se manifestent dans tout le bassin versant et pas seulement dans le lit. Pour ce qui concerne les rivières, l'érosion par le courant peut concerner les berges et leur pied. Elle concerne aussi le fond : érosion régressive et progressive. Les berges de cours d'eau peuvent se déformer selon trois processus principaux :

- l'érosion due au courant ;
- le glissement en masse ;
- l'éboulement.

L'érosion des berges est l'enlèvement de grains de matériaux constitutifs de la berge par l'eau de la rivière. Cet enlèvement de particules est possible lorsque la vitesse du courant et sa turbulence sont capables de vaincre le poids des particules et leur cohésion éventuelle. En fait le phénomène est analogue à un choc qui arrache des grains à la berge et les entraîne plus en aval où ils peuvent se déposer. Il est plus brutal lorsque la direction du courant fait un angle avec la berge.

C'est un phénomène affectant principalement les berges concaves des courbes mais se produisant aussi dès qu'un obstacle perturbe les filets liquides. Ainsi un arbre abattu peut provoquer l'érosion de la berge opposée d'une petite rivière, par courant réfléchi. Le tourbillon provoqué par le tronc d'un arbre en place peut éroder la berge. A l'aval d'un seuil, les tourbillons tendent à éroder les deux berges aval. Un rétrécissement créé par une souche crée un courant de retour qui peut amorcer une encoche d'érosion

Par contre, l'étude du **glissement des berges** relève de la mécanique des sols. Ce mécanisme concerne aussi tous les talus de remblai ou déblai et les versants naturels.

L'éboulement (ou effondrement) est un mécanisme de rupture d'un volume de berges cohérentes qui se trouve en surplomb par suite d'un affouillement au pied.



Photo 1 : Décrochement de la berge (village de Boussouma, province du Boulgou) (Kambire SH, 2014)

L'affouillement est aussi de l'érosion, mais on utilise ce vocable lorsque l'érosion se produit à la base d'une berge ou d'un ouvrage. Nous considérons que l'affouillement n'est qu'un cas particulier de l'érosion des berges.

D'autres mécanismes de déformation des berges existent :

- L'érosion due au ruissellement ;
- Le passage de personnes ou de bétail ;
- Le creusement de terriers ;
- Les fentes de retrait sous les climats chauds.

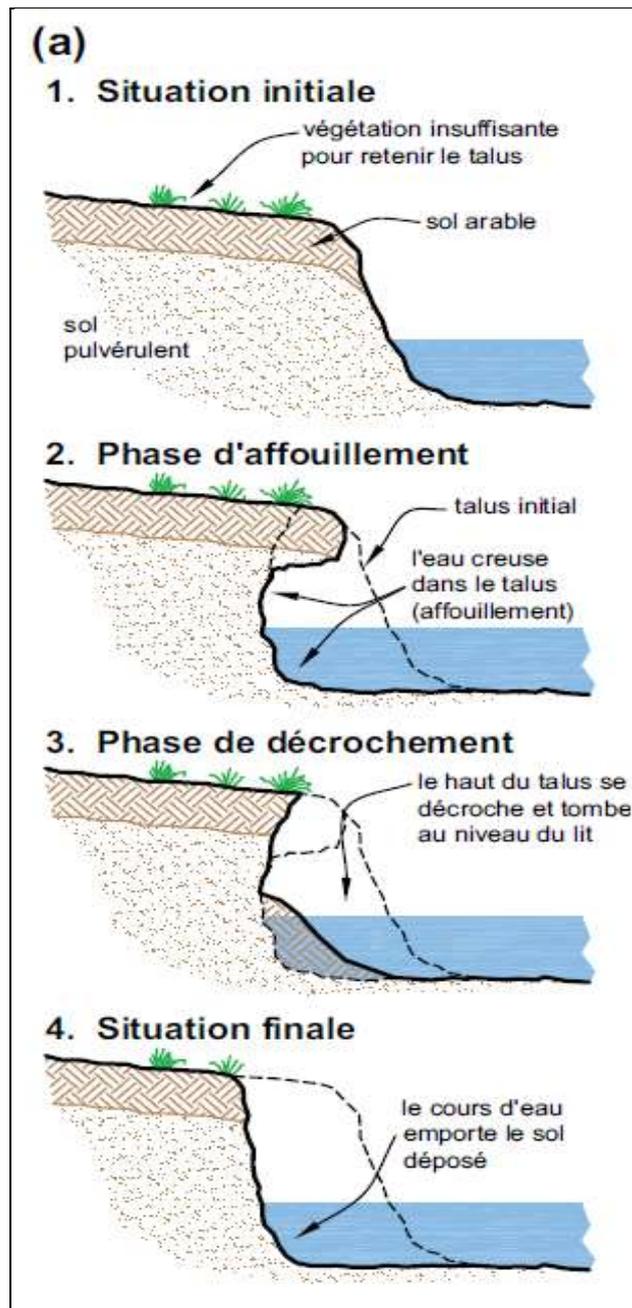


Figure 3 : Processus d'érosion des berges rencontré en sol peu cohésif lorsque la vitesse de l'eau est importante

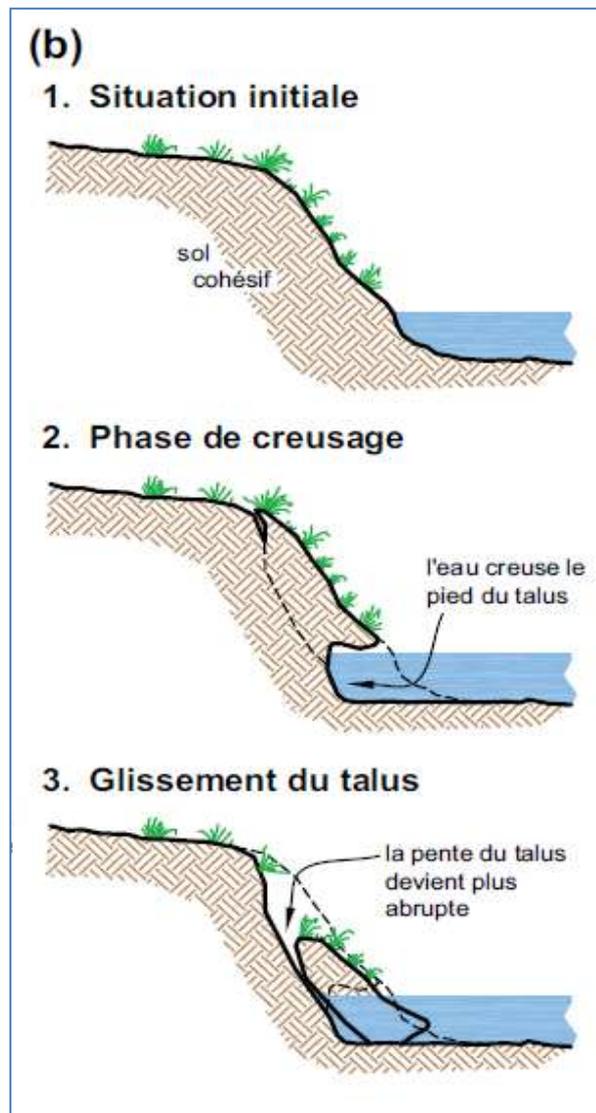


Figure 4 : Processus d'érosion des berges rencontré en sol cohésif lorsque la vitesse de l'eau est importante.

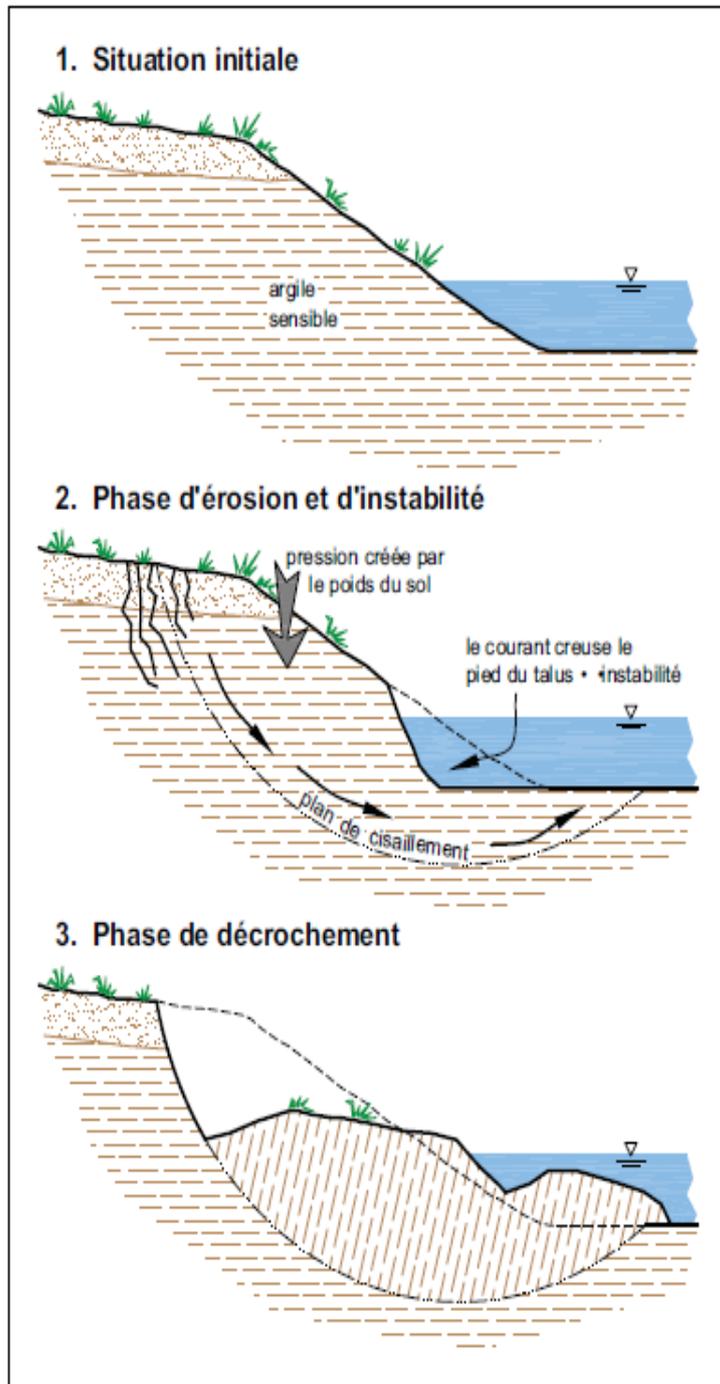


Figure 5 : Phénomène de rupture de berge en cercle

DEUXIEME PARTIE : DEMARCHE POUR LA PROTECTION DES BERGES DU BASSIN DU NAKANBE

L'analyse de la situation des berges du Nakanbé a révélé une situation générale de dégradation avancée sur l'ensemble du bassin versant. La démarche générale pour la restauration et la protection des berges s'articule autour de trois axes : l'entretien des cours d'eau, la restauration de la bande riveraine de protection, la récupération des sols dégradés et la lutte contre l'érosion des versants.

CHAPITRE III : AXE D'INTERVENTION I : ENTRETENIR LES COURS D'EAU

L'entretien des cours d'eau comprend des opérations très diverses telles que la lutte contre les plantes envahissantes, l'évacuation d'embâcles, le curage d'entretien, etc.

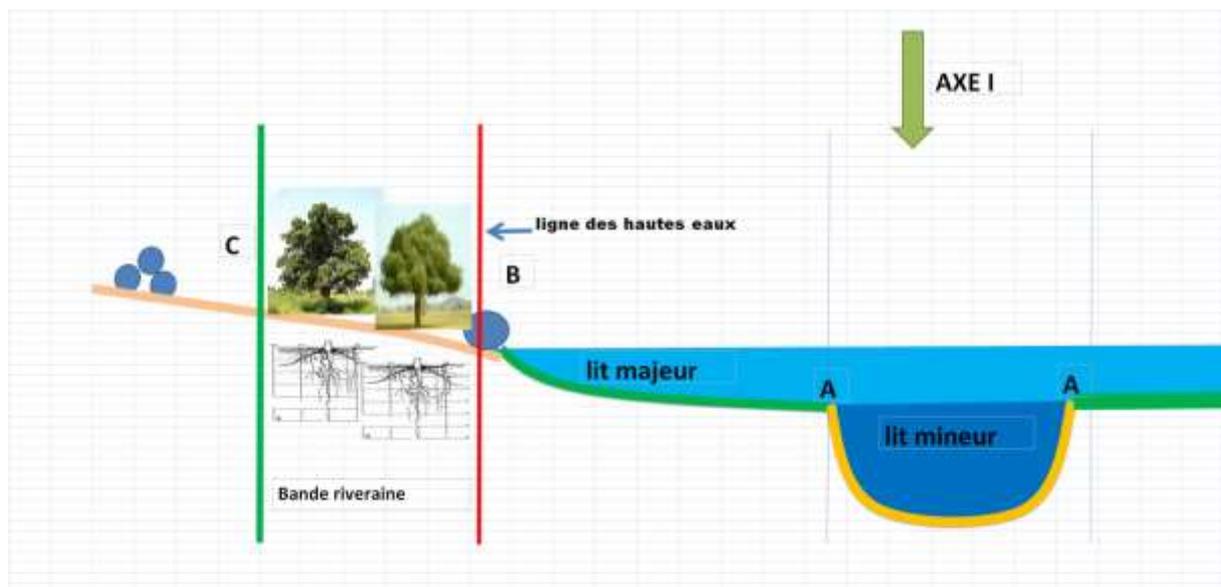


Figure 6 : Position du premier axe d'intervention

3.1. Lutter contre les plantes envahissantes

Ces plantes, souvent importées pour des raisons décoratives ont des capacités de développement telles qu'elles envahissent des secteurs à la place d'espèces naturellement présentes sur nos cours d'eau. Ces espèces peuvent avoir des conséquences dommageables : asphyxie du milieu, perte de diversité, modifications chimiques des sols, enjeux sanitaires. Il est indispensable de lutter contre ces espèces envahissantes. Certaines interventions peuvent aggraver leur dissémination. Au Burkina Faso trois (3) plantes envahissantes dans les milieux aquatiques ont été repertoriées : *Mimosa pigra*, *Eichhornia crassipes* et *Typha domingensis* ou *T. australis*.

Eichhornia crassipes peut être contrôlé par des méthodes mécaniques (arrachage), biologiques (lâchers d'insectes : *Neochetina eachhorniae* Warner ou *Neochetina bruchi* Hutch.) ou chimiques (utilisation de l'acide 2,4-Dichlorophénoxyacétique ou 2,4D sel Amine ou 2,4 D ou du Glyphosate ou Roundup)

3.2. Gérer les embâcles

Les embâcles résultent de l'accumulation de bois ou autres débris flottant retenus par un obstacle en lit mineur tels qu'une souche, un arbre tombé, etc.. Ils présentent de nombreux effets bénéfiques sur le fonctionnement du milieu aquatique comme la stabilisation du lit, la diversification des habitats et des écoulements ou bien encore la production de nourriture pour les poissons. Néanmoins, dans certains cas, la présence d'un embâcle peut induire des perturbations nécessitant d'intervenir. Enlever un embâcle ne doit donc pas être systématique.



Photo 1 : *Problèmes posés par les embâcles (photo kambiré, 2014, Bagré)*

Certains embâcles peuvent parfois être source de certaines perturbations pour le cours d'eau, en termes de fonctionnement hydraulique, et pour certains usages. En voici quelques exemples.

- **L'aggravation du risque d'inondation** : les embâcles formant des verrous augmentent le niveau de la ligne d'eau et donc l'inondation en amont. Cela est surtout vrai pour les petites crues. L'incidence des embâcles pour des crues importantes est peu significative. Ces embâcles «verrous» perturbent par ailleurs la circulation de la faune aquatique.

- **Une menace pour la stabilité des ouvrages** : les embâcles, selon leur nature et leur importance, peuvent constituer une menace pour la bonne tenue d'ouvrages (pont, barrage, seuil, etc.). En obstruant l'ouvrage, ils sont à l'origine de fortes poussées qui remettent en cause sa stabilité.



Photo 2 : Tronc d'arbre retenu par un pont. Photo d'un pont dans le village de Boussouma dans la province du Boulgou (kambiré SH, 2014)

- **L'aggravation de l'érosion des berges** : Les embâcles peuvent être à l'origine de l'érosion des berges : l'eau cherchant à les contourner, dévie sur la berge opposée et provoque une anse d'érosion.

Un embâcle doit en premier lieu être considéré comme un habitat nouveau et privilégié pour la faune aquatique et la faune fréquentant les zones humides. Le choix de retirer ou de conserver un embâcle fait partie de la gestion raisonnée du cours d'eau. Il devra être évalué si le retrait de l'embâcle présente plus d'avantages sur le plan hydromorphologique que de le conserver. Dans le cas où le choix du retrait est retenu, il pourra être total ou partiel.

Comment faire pour retirer un embâcle ?

Retirer un embâcle peut s'avérer difficile et nécessiter le recours aux techniques de treuillage. Pour que le retrait s'opère dans les meilleures conditions, il faut :

- Intervenir avant que l'embâcle ne devienne trop important.
- Protéger au maximum la végétation en place.
- Préserver les éléments bien ancrés dans le lit.
- Pour les gros embâcles, enlever les arbres un à un. Il peut être nécessaire de les débiter en plusieurs tronçons avant de les treuiller.

3.3. Les actions à éviter au niveau du cours d'eau

3.3.1. Le piétinement du bétail

En milieu rural, la divagation du bétail dans le cours d'eau peut être la cause de diverses perturbations : disparition ou appauvrissement de la végétation ripicole par broutage ou piétinement des animaux, colmatage du fond du lit par la mise en suspension de matériaux de berge, surcharge fertilisante des eaux en particulier sur les petits cours d'eau, etc. Pour ces différentes raisons, il est nécessaire de mettre en place des aménagements spécifiques tels que des clôtures de protection, des abreuvoirs à nez, etc., qui permettent de protéger le milieu naturel tout en garantissant pour le bétail un abreuvement adéquat.

Pour le milieu aquatique, le piétinement du bétail provoque un élargissement du lit qui contribue, sur les petits cours d'eau, à la dégradation des habitats piscicoles et au réchauffement des eaux. De plus, il concourt également au colmatage des fonds par la mise en suspension des matériaux des berges, dégradant l'habitat des invertébrés aquatiques. Il peut aussi être à l'origine de la disparition ou de la diminution de la végétation protectrice par le broutement et le piétinement répété des animaux. Enfin, la divagation du bétail dans le cours d'eau cause la dégradation de sa qualité physico-chimique (mise en suspension des matériaux des berges) et de sa qualité bactériologique (déjections). En effet les concentrations en *Escherichia coli* (bactéries intestinales) sont souvent plus importantes en aval d'un abreuvoir sauvage qu'à la normale. La conséquence est une augmentation du risque de pathologie par la consommation d'une eau contaminée (gastro-entérites, mammites, douves, etc.). L'aménagement des abreuvoirs permet l'abreuvement des animaux tout en préservant le cours d'eau.



Photo 3 : abreuvement des animaux sur un barrage (photo kambiré SH, 2014)

3.3.2. Les prélèvements de sable et de gravier sur la rive et le littoral.

Ils ont pour cause une modification de l'écosystème fragile qu'est ce milieu



Photo 4 : Prélèvement de sable à Boussouma (Kambiré, 2014)

3.3.3. Planter des espèces ornementales dans la bande riveraine.

Une méconnaissance des végétaux peut entraîner l'implantation de plantes envahissantes.

CHAPITRE IV : AXE II : RESTAURER LA BANDE RIVERAINE

Un deuxième axe d'intervention pour la protection des cours d'eau est la restauration et l'entretien de la bande riveraine. La bande riveraine désigne une lisière végétale permanente composée d'un mélange de plantes herbacées, d'arbustes et d'arbres qui longe les cours d'eau, entoure un lac ou borde le fleuve. Au niveau du bassin du Nakanbé, cette bande riveraine est pour la plupart des cas très dégradée.

La largeur de la bande riveraine varie selon la pente et la réglementation en vigueur. Selon la réglementation du Burkina Faso, la bande riveraine est de 100m.

La restauration est une opération visant à remettre dans un état proche de son état d'origine un écosystème terrestre ou aquatique, altéré ou détruit, généralement par l'action de l'homme.

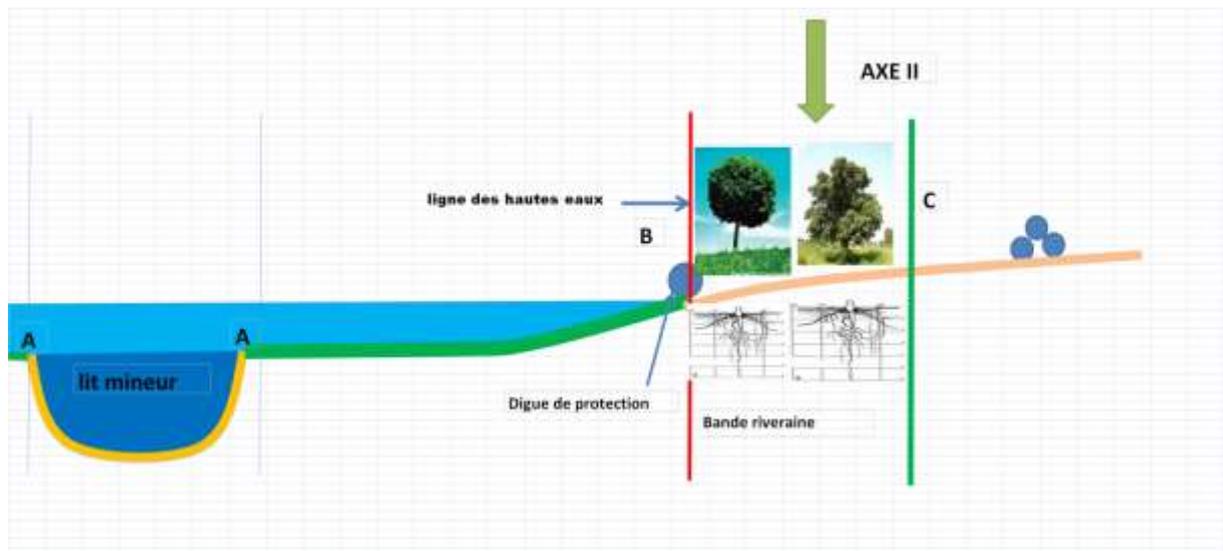


Figure 7 : Position du deuxième axe d'intervention

4.1. ROLES ET FONCTIONS DE LA BANDE RIVERAINE

En plus de leurs trois fonctions naturelles, hydrologiques, physico-chimiques et écologiques, les bandes riveraines végétalisées ont aussi un rôle paysager et socioéconomique.

4.1.1. Les rôles et fonctions hydrologiques

Un des rôles principaux d'une bande riveraine végétalisée est de stabiliser la rive. Cela se fait grâce aux racines des végétaux, mais aussi par les tiges, les branches et des troncs qui ralentissent l'eau qui pourrait causer de l'érosion. La combinaison de plantes herbacées, d'arbustes et d'arbres forme une trame diversifiée de racines, de tiges et de feuillage qui immobilise la rive et oppose une résistance aux effets du vent, de la pluie, des vagues et des glaces. En général les arbres et les arbustes offrent une meilleure protection pour la stabilisation des rives que les graminées, d'où l'importance de diversifier la sélection de plantes lors de la végétalisation. Une bande riveraine est aussi un régulateur du cycle hydrologique. Elle protège des vagues et des grands vents, ce qui peut prévenir des inondations. De plus, elle ralentit l'arrivée de l'eau dans les lacs, notamment en augmentant le coefficient de rugosité des rives. Elle permet aussi qu'une partie de l'eau s'infilte dans le sol (ce qui concourt à l'alimentation des nappes phréatiques) et soit évaporée dans l'atmosphère, notamment par le phénomène de l'évapotranspiration.

4.1.2. Les rôles et fonctions physico-chimiques

Les bandes riveraines jouent un très important rôle de filtre contre la pollution. Une bande riveraine efficace retiendra :

- une partie des fertilisants agricoles et urbains (émis par les populations, les municipalités, les entreprises, les commerces, etc.) ;
- les matières organiques ;
- la pollution diffuse industrielle (chimie, agroalimentaire, etc.) ;
- les polluants routiers (essence, huiles, graisses, abrasifs, etc.) ;
- les sédiments.

Il a été démontré qu'une bande riveraine boisée peut prélever entre 10 et 45 kg/ha d'**azote** par année selon que les conditions sont plus ou moins propices (Peterjohn et Correll en 1984). Des bandes riveraines de 19 mètres ont permis d'éliminer jusqu'à 58 % du **phosphore dissous** et jusqu'à 73,7 % du phosphore total. **Les pesticides** qui sont liés à des particules de sol sont interceptés par l'effet de sédimentation. Il faut toutefois savoir que la végétation qui compose les bandes riveraines pourrait être affectée par la présence de ces produits. Une réduction à la source, notamment par la lutte intégrée (une démarche de planification et de gestion qui utilise une variété de méthodes de réduction des populations d'organismes nuisibles à des niveaux acceptables), est donc toujours souhaitable.

Les matières organiques, notamment celles qui proviennent des terres cultivées et les sédiments en suspension dans l'eau, sont aussi retenues partiellement par la bande riveraine.

Les polluants contenus dans les sédiments, les fertilisants ou les pesticides sont en partie fixés par la bande riveraine. Une partie de ces polluants est aussi réduite, dégradée ou immobilisée par les plantes elles-mêmes. Ce processus de filtration est important, car l'apport en grandes quantités de nutriments dans l'eau du lac est responsable du phénomène accéléré d'eutrophisation.

En diminuant les nutriments dans l'eau du lac, on limite aussi le surdéveloppement de la végétation aquatique, particulièrement des algues.

De plus, une forte présence de végétation, tout comme de matières organiques, en se dégradant, consomme de l'oxygène, ce qui appauvrit le milieu aquatique en oxygène dissous. Or, en absence d'oxygène, le phosphore des sédiments peut être libéré dans l'eau, alors qu'en présence d'oxygène, la majeure partie demeure liée aux sédiments. Selon les conditions d'oxydoréduction, le phosphore peut redevenir disponible pour la croissance des algues, créant ainsi un cercle vicieux.

En réduisant l'écoulement d'eau chargée de sédiments, de matières organiques ou de particules en suspension vers le lac, la bande riveraine diminue de manière importante l'ensablement, la formation de fonds vaseux.

Les végétaux des bandes riveraines, tout comme les autres végétaux, séquestrent des gaz à effets de serre, et plus particulièrement le CO₂, ce qui aide à contrer les effets néfastes des changements climatiques.

Les bandes riveraines, surtout si elles ont une strate arborescente, font office de brise-vent naturel. En ralentissant le vent, elles réduisent l'érosion des sols.

4.1.3. Les rôles et fonctions écologiques

Point de jonction entre l'écosystème terrestre et l'écosystème aquatique, la bande riveraine est à la fois un milieu écologique très diversifié et très fragile. Sa productivité est reconnue comme très élevée. Les observations ont démontré une belle qualité d'eau, une bonne disponibilité de nutriments, un recyclage rapide des matières organiques dans les zones bordées de bandes riveraines.

Une bande riveraine, si elle est composée principalement d'arbres de bonnes dimensions, fait office d'écran solaire qui prévient le réchauffement excessif de l'eau en bordure du littoral. En effet, une température trop élevée de l'eau accentue la vitesse de croissance des plantes, et notamment des algues bleu vert, ce qui diminue l'oxygène dissous disponible à la survie des microorganismes et des poissons. La végétation riveraine permet aussi de maintenir une humidité ambiante élevée et une température fraîche, notamment au-dessus des zones littorales peu profondes des lacs. Dans le cas des cours d'eau, la taille, la profondeur et le débit influencent les changements de température.

La hauteur, la densité et l'orientation de la végétation sont plus importantes que la largeur occupée par les arbres dans la bande riveraine pour maintenir la température d'eau basse.

La végétation naturelle d'une bande riveraine peut être d'une grande diversité. Cette diversité biologique est indispensable à la pluralité faunique. La végétation d'une bande riveraine présente un milieu propice à une faune variée et à une grande richesse biologique.

Des bandes riveraines et le littoral adjacent où on observe une bonne biodiversité en termes de plantes offrent une variété de microclimats pour de nombreux représentants de la faune : Les bandes riveraines doivent aussi être vues comme des corridors fauniques qui, en assurant les liens entre différents habitats, permettent le déplacement d'animaux et de plantes (par l'eau, les animaux et les oiseaux notamment). Ces mouvements sont bénéfiques pour la biodiversité, donc la diversité génétique. De plus, ces trames vertes assurent une continuité et une gamme variée de paysages.

Les bandes riveraines peuvent aussi servir d'écran antibruit et apporter de l'intimité, notamment en cachant la vue depuis le lac, dans certains cas.

La grande diversité végétale de la bande riveraine fait que cet écosystème est riche en pluralité faunique :

- les invertébrés y trouvent une mosaïque de micro habitats, des apports exogènes de nourriture ainsi qu'un lieu de ponte ;
- les poissons y sont à l'abri, y puisent leur nourriture et y installent potentiellement leurs frayères ;
- les amphibiens en font leur lieu de reproduction et de ponte tout en y trouvant un lieu de développement ;
- les oiseaux y trouvent alimentation, lieu de nidification, abri et corridor dans le cas des migrateurs ;
- les mammifères y puisent leur alimentation et y construisent leur habitat ;
- les insectes bénéfiques ou pollinisateurs y dénichent nourriture, abri et lieu de reproduction.

4.1.4. Les fonctions paysagères et repères culturels

La végétation riveraine apporte une diversité visuelle dans le paysage (couleurs, formes, hauteurs, etc.). Elle concourt à la préservation des paysages naturels. Leur possible utilisation comme lieu de promenade et de pique-nique (en périphérie), de baignade ou encore de pêche (dans l'accès autorisé) contribue à améliorer la qualité de vie. La beauté qu'elle procure n'est pas non plus négligeable, les services culturels (ex. : bénéfices esthétiques, spirituels, etc.).

4.1.5. Les fonctions socioéconomiques

En milieu agricole, en réduisant les pertes de sol engendrées par l'érosion hydrique, on diminue les coûts de production. Les unités d'engrais exportées vers les lacs, les cours d'eau et le fleuve sont aussi payées par l'agriculteur en pure perte.

4.2. LES CRITERES D'EFFICACITE DE LA BANDE RIVERAINE

L'efficacité de la bande riveraine est liée à plusieurs critères : en améliorant l'un ou l'autre de ces éléments, idéalement tous, on augmente l'efficacité de la bande riveraine :

- sa largeur ;
- la composition du sol (texture, structure, rugosité, etc.) ;
- la longueur de la pente ;
- l'inclinaison ;
- les propriétés hydrologiques des sols ;
- le type de végétation, son niveau de développement.

Dans une bande riveraine naturelle, on observe trois grands types de plantes : les plantes herbacées, les arbustes et les arbres. Elles filtrent et absorbent bien les éléments nutritifs, car leurs systèmes racinaires sont superficiels et bien développés. Leurs tiges et leurs systèmes racinaires de surface ralentissent le ruissellement de l'eau. Les principaux avantages des arbres c'est qu'ils peuvent absorber de grandes quantités de phosphore et fournir de l'ombrage. Selon les conditions écologiques du site et la végétation déjà en place, la bande riveraine ne comporte pas toujours les trois strates de végétation. C'est le cas en particulier des milieux présentant un mauvais drainage, un sol très argileux ou un espace subissant des inondations périodiques prolongées. Ces conditions sont souvent plus propices à certaines espèces herbacées et arbustives, et peu propices aux arbres.

4.3. NORMES MINIMALES D'INTERVENTION SUR LES BANDES RIVERAINES

Il est interdit, entre autres, de :

- construire ou d'effectuer des travaux qui sont susceptibles de détruire ou de modifier la couverture végétale des rives ;
- remblayer, creuser ou prélever du gravier dans le littoral et la rive d'un lac ou un cours d'eau, ainsi qu'en plaine inondable ;
- couper des arbres et des arbustes existants ;
- utiliser des pesticides les trois premiers mètres de rive à partir de la ligne des hautes eaux ;
- canaliser ou modifier le tracé d'un cours d'eau ;
- construire des barrages ou des digues à des fins privées ou agricoles ;
- recouvrir l'accès aux lacs ou cours d'eau avec des matériaux imperméabilisants tels le béton, l'asphalte, etc. ;



Photo 5 : Production de briques près du barrage de Bagré (photo kambiré SH, 2015)

4.4. COMMENT CARACTERISER LA BANDE RIVERAINE

4.4.1. Mesurer la largeur des rives

Les deux facteurs qui déterminent la largeur de la rive sont la hauteur et la pente.

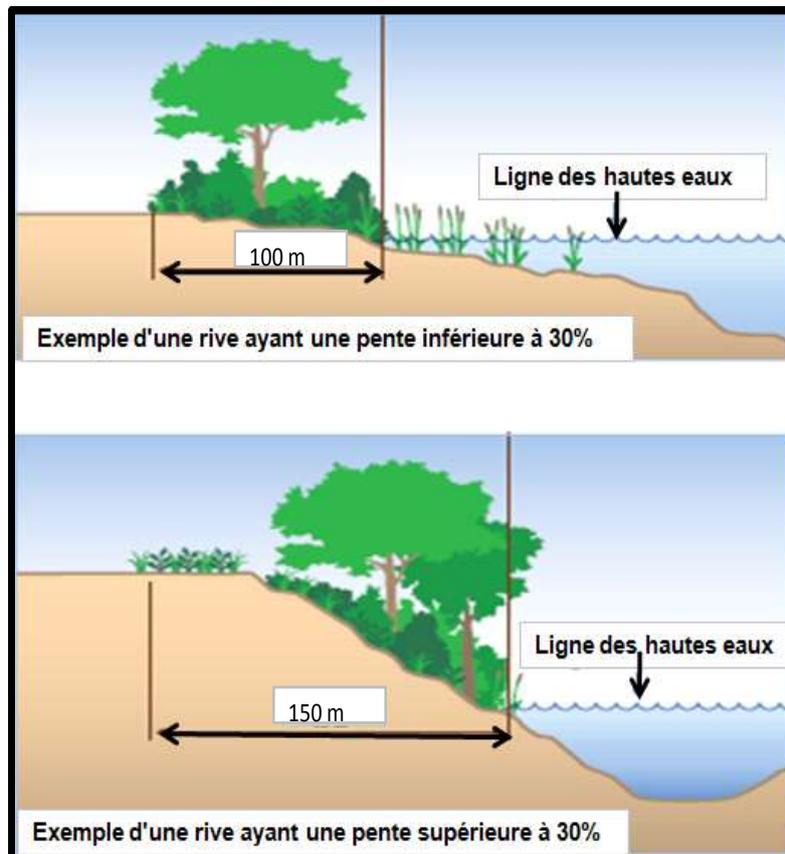


Figure 8 : Longueur de la bande en fonction de la pente

4.4.2. Définir la ligne des hautes eaux

Définir adéquatement la ligne des hautes eaux est essentiel, car c'est à partir de celle-ci que toutes les distances relatives à la réglementation sont calculées. Nous évoquerons **la méthode botanique** basée sur l'utilisation de critères floristiques. La LHE correspond à la zone qui passe d'une prédominance de plantes aquatiques à une prédominance de plantes terrestres. Deux techniques permettent d'identifier la LHE :

- **La méthode botanique simplifiée**, s'appuie sur la présence de végétaux indicateurs et de repères physiques ;
- **La méthode botanique experte**, est réservée aux cas nécessitant une grande précision dans la délimitation. Elle est basée sur la notion de prédominance d'espèces aquatiques et permet d'établir l'endroit où le nombre d'espèces des milieux humides est supérieur à 50 % du nombre total d'espèces recensées.

4.4.3. Calculer la pente

Connaître le degré d'inclinaison de la pente de la rive est un important élément à plusieurs égards. Cette information permet :

- de définir la largeur de la bande riveraine afin qu'elle respecte la réglementation municipale ;
- de prévoir le type de travaux que l'on aura à exécuter. Pour calculer le degré d'inclinaison, on doit disposer de deux informations :
- de définir la largeur du talus, la partie la plus basse étant la LHE et la partie la plus haute le début du replat du talus ;
- de définir la hauteur du talus calculée depuis la LHE.

4.4.4. Délimiter la largeur de la bande riveraine à aménager

Une fois que l'on connaît la ligne des hautes eaux et la pente de la rive, il est possible d'établir la largeur de la bande riveraine.

4.4.5. Vérifier la stabilité de la rive

Les observations suivantes permettent d'identifier si un processus d'érosion est en cours :

- présence de rigoles ou de ravines ;
- déracinement de plantes ;
- décrochement de sections du terrain ou pertes répétées de terrain sur la rive ;
- éboulement de roches d'un enrochement ou effondrement de la rive ;

4.4.6. Identifier les types de sol

Dans le cas des bandes riveraines, pour identifier le type de sol, on se limite le plus souvent à la texture. Les sols peuvent être :

- argileux : sols composés majoritairement de particules très fines d'argile.
- limoneux : sols composés majoritairement de particules fines de limons. Ils ont une texture onctueuse. Quand on les roule, ils ne forment pas une boule plastique collante qui tache les doigts ;
- sableux : sols composés majoritairement de grains fins de sable ;
- graveleux : sols composés majoritairement de particules grossières.

4.4.7. Inventorier les éléments naturels existants

Afin d'évaluer la pertinence de les conserver, d'intervenir ou de les supprimer, on doit à la fois identifier et évaluer les végétaux présents dans la bande riveraine. Les informations pertinentes sont les suivantes :

- position ;
- type : herbacé, arbustif, arboricole ;
- genre et espèce : dans le cas d'une plante d'origine horticole, on doit aussi identifier le cultivar ;
- dimensions : hauteur et largeur ;
- état de santé : évaluer si la plante est malade ou saine, si elle souffre d'attaques d'insectes ou de maladies endémiques, etc. On identifie aussi les arbres morts ou ceux tombés dans le lac ou le lit du cours d'eau ;
- envahissants : il est important d'identifier ce type de végétaux, car ils nécessiteront des interventions avant plantation ;
- stabilité des arbres présents : on vérifie si les arbres sont stables et qu'ils ne menacent pas de tomber sur le terrain ou dans l'eau ;
- espèces menacées ou vulnérables.

4.4.8. Définir les objectifs du projet

Les objectifs par rapport aux réglementations :

On peut se contenter d'appliquer à la lettre les différentes réglementations. Toutefois, il est possible de dépasser celles-ci et de réaliser un projet qui tienne davantage compte des facteurs physiques et environnementaux spécifiques au site.

Les objectifs par rapport aux fonctions que l'on veut donner à la bande riveraine

On sait qu'une bande riveraine joue des rôles et des fonctions (hydrologique, physico-chimique, écologique, paysagère et de repères culturels, ainsi que socioéconomique). Au moment de la conception, on peut décider que certaines fonctions seront mises de l'avant par rapport à d'autres.

4.4.9. Déterminer les végétaux qui sont à conserver et ceux à éliminer

Les plantes bien positionnées et en bonne santé seront conservées, dans la mesure du possible. Certaines plantes peuvent être en bonne santé, mais s'être implantées à un endroit non souhaitable. Bien entendu on développe tous les efforts nécessaires pour conserver les **espèces menacées ou vulnérables**, quel que soit leur état de santé.

Concernant les plantes envahissantes il faut mettre en place un protocole pour s'en débarrasser. Comme l'utilisation d'herbicide est interdite à proximité des lacs et cours d'eau, il faut envisager des solutions mécaniques comme l'arrachage.

Si un arbre est instable, il faut évaluer la possibilité, soit de le faire tomber et de le conserver, ou encore de l'abattre et de s'en débarrasser, tout en respectant la réglementation. Dans tous les cas, la décision doit être prise afin d'assurer la stabilité de la rive.

4.4.10. Sélectionner les végétaux

Les plantes locales sont recommandées parce qu'elles sont généralement bien adaptées aux conditions particulières de l'environnement que présente une bande riveraine. Afin de bien sélectionner les végétaux, on peut utiliser **la toposéquence** qui définit une succession des sols résultant du relief. On doit tenir compte le plus possible de la présence des végétaux associés à la toposéquence. Les choix peuvent être faits en tenant compte des principes de répartition végétale suivants :

- ✓ **Du bas au milieu du talus :** Si la pente est douce (0 à 5 %), on sélectionne en majorité des plantes herbacées, mais on n'oublie pas les arbustes et arbres hydrophiles, car ils aident à maintenir la stabilité de la rive ;
- ✓ **Du milieu jusqu'en haut du talus :** On sélectionne principalement des arbustes, tout en respectant l'architecture naturelle de la pente. En fait, on tente d'utiliser les plantes représentatives de la toposéquence ;
- ✓ **Le replat du talus :** C'est l'endroit privilégié pour implanter les espèces arborescentes, notamment celles de grandes dimensions. Leur enracinement stabilise la rive.

Il faut toutefois les planter à bonne distance du lac ou du cours d'eau (généralement plus de 3 m du replat du talus) pour éviter qu'elles chutent dans l'eau (grand vent, vieillissement, etc.). À cause de leur poids important, on ne doit pas utiliser les arbres sur les pentes fortes, les sols instables ou minces, ou encore sur du roc ou du remblai.

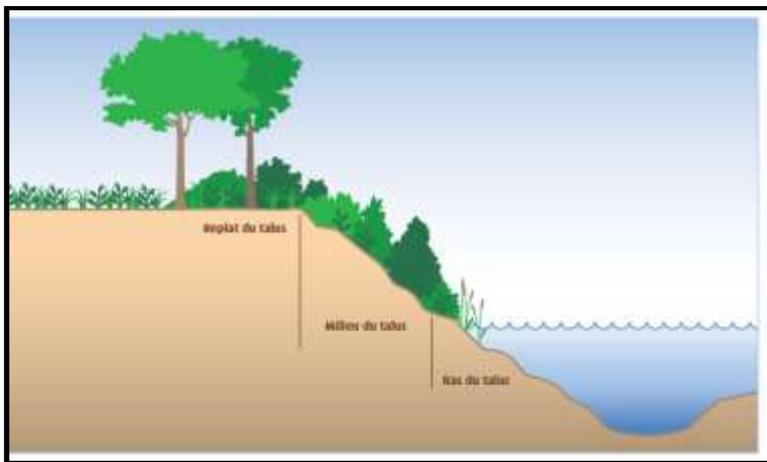


Figure 9 : Répartition des végétaux sur la toposéquence

On peut multiplier les critères : les végétaux sont sélectionnés par rapport à des critères écologiques :

- zone climatique ;
- type de sol ; niveaux d'humidité du sol ;
- niveaux d'ensoleillement ;
- résistance aux insectes et aux maladies ;
- appartenance à un type écologique.

D'autres éléments peuvent aussi être pris en compte afin de répondre aux caractéristiques particulières d'un site :

- capacité à résister aux contraintes du milieu (inondations, etc.) ;
- vitesse de croissance ;
- importance de son système racinaire et notamment sa capacité à produire des drageons ou des rhizomes ;
- type d'enracinement. Un système racinaire superficiel convient bien à certains endroits alors qu'un enracinement plus profond est plus efficace dans d'autres cas ;
- capacité de régénération ;
- etc.

4.4.11. Il faut aussi jouer la diversité

Pour une bonne gestion à long terme de la végétation riveraine, trois principes fondamentaux, basés sur la diversité, doivent être suivis :

- diversité des strates : en sélectionnant et en maintenant des strates représentatives de toutes hauteurs, on s'assure que la végétation riveraine remplit l'ensemble de ses fonctions et de ses rôles aussi bien dans l'espace que dans le temps ;
- diversité des espèces : en choisissant et en conservant en place une pluralité d'espèces, on favorise la complémentarité de leurs fonctions et de leurs rôles ;
- diversité des âges : lors de l'entretien on prend soin, de conserver des individus d'une même espèce à différents stades, afin de permettre un renouvellement continu de la végétation.

4.4.12. Faire attention aux plantes envahissantes

Il faut à tout prix éviter de les implanter dans une bande riveraine.

4.5. LA PLANTATION ET L'ENSEMENCEMENT DES PLANTES HERBACEES ET LIGNEUSES

4.5.1. La plantation de la bande riveraine

Elle consiste à sélectionner des végétaux adaptés aux conditions du site, aux objectifs fixés et aux attentes afin de les mettre en terre. Généralement la sélection permet d'implanter simultanément les trois strates (herbacée, arbustive et arborescente).

Les avantages :

- processus relativement rapide à donner des résultats ;
- possibilité d'implantation de végétaux bien adaptés ;
- permet de gérer l'aspect esthétique et l'organisation des différentes strates de végétaux désirées.

Les inconvénients :

- peut s'avérer coûteuse sur de grandes superficies et si on a recours à des végétaux de grand calibre ;
- demande un minimum d'entretien les premières années.

4.5.2. L'ensemencement

Il consiste à étendre sur un sol meuble et dénudé, en totalité ou partiellement, des **graines** de plantes herbacées, arbustives ou arborescentes afin que celles-ci germent et créent des strates.

Les inconvénients :

- processus rapide pour la strate herbacée, mais plus lent pour les strates arbustives et arborées ;
- doit être accompagné d'une phase de plantation afin de mettre en place les strates arbustives et arborescentes ;
- possibilité d'envahissement de la bande riveraine par des plantes envahissantes ;
- demande un minimum d'entretien les premières années.

CHAPITRE V : AXE III : RECUPERER LES SOLS DEGRADEES ET PROTEGER LES VERSANTS CONTRE L'EROSION HYDRIQUE

La restauration des berges doit être associée à la conservation des eaux et des sols des versants. Il s'agit de faire appel à l'ensemble des technologies de récupération des sols dégradés et de lutte contre l'érosion hydrique.

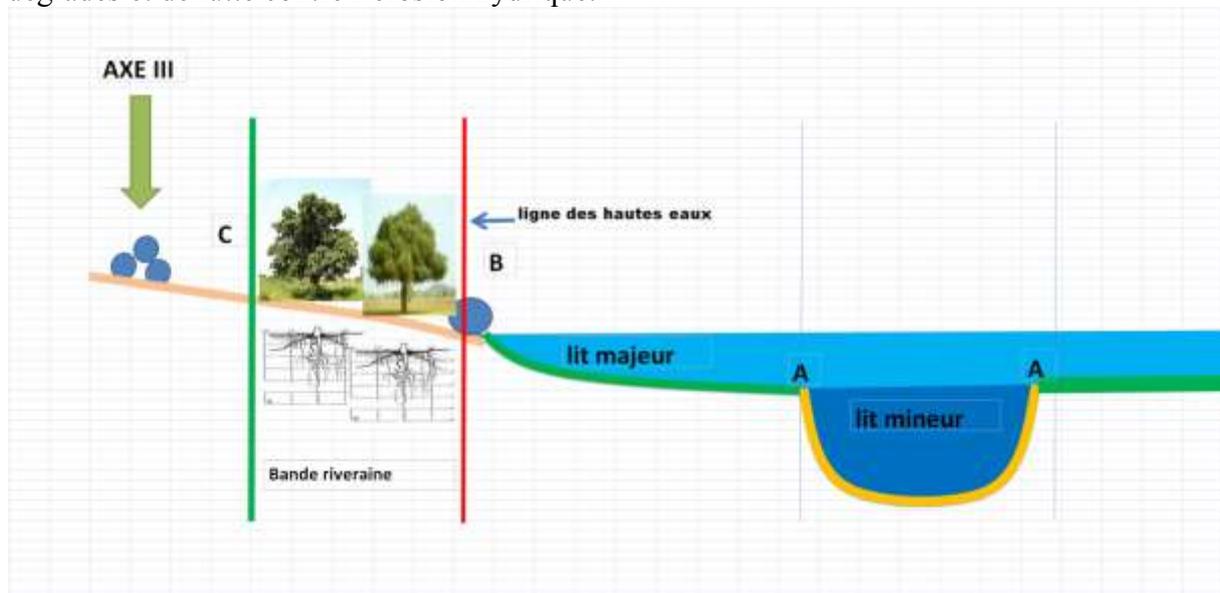


Figure 10 : Position du troisième axe d'intervention

5.1. LES TECHNIQUES DE RECUPERATION DES SOLS DEGRADEES

Une grande partie des cours d'eau du bassin du Nakanbé est occupée par des surfaces dénudées jouxtant le réseau hydrographique comme le montre la figure ci-dessous.

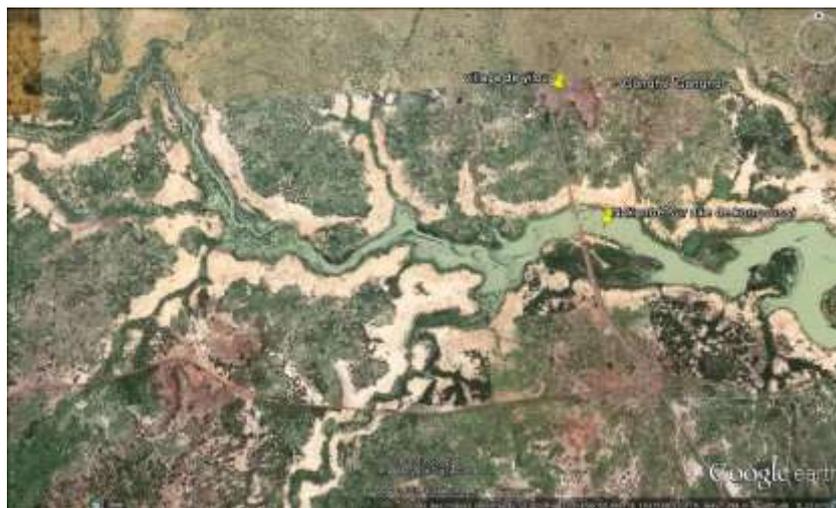


Photo 6 : Photo satellite montrant les plages de sol dénudé le long du Nakanbé près du village de Yilou sur l'axe Ouaga-Kongoussi



Photo satellite : plages de sol dénudé le long d'un affluent du Nakanbé près du village de Niessega (photo satellite de 27/10/2008)

Photo de terrain : sol dénudé près du village de Niessega (photo kambire SH, 2014)

Photo 7 : photo satellite montrant les sols dénudés (à gauche) et photo au sol (à droite)

La récupération de ces surfaces dégradées peut faire appel à deux techniques : la technique de la demi-lune manuelle pour une valorisation agricole et la technique de la demi-lune ou des micro-bassins à la charrue Delphino pour un objectif écologique.

5.1.1. Technique des demi-lunes manuelles

La demi-lune est une cuvette de la forme d'un demi-cercle ouverte à l'aide de pic, pioche et pelle. Son diamètre est de 4 m et sa profondeur: 0,15 à 0,25 m. Son implantation se fait par pivotement à l'aide d'un compas de 2 m de rayon. La terre de déblais est déposée sur le demi-cercle en un bourrelet semi-circulaire au sommet aplati. Les demi-lunes doivent être disposées géométriquement sur les courbes de niveau. Chaque demi-lune occupe une surface théorique de 32 m². La combinaison demi-lune et fumier donne une production variant entre 1,2 à 1,6 t/ha de grains de sorgho local. La demi-lune seule sans aucune fumure donne une production inférieure à 0,1 t/ha de grains. Il ne faut jamais cultiver les espaces inter demi-lunes (impluvium) qui jouent le rôle très important de collecteurs du ruissellement au profit des cuvettes de demi-lune.



Photo 8 : demi-lunes (photo kambiré S H)

La combinaison demi-lune et compost entraîne un accroissement de rendement par rapport à la demi-lune sans apport de fertilisant. Les apports d'amendements organiques non encore décomposés (paille) associés au Burkina Phosphate fournissent des productions moyennes de l'ordre de 0,6 t/ha de grain de sorgho local.

5.1.2. Technique des demi lunes à la charrue « Delphino »

La charrue « Delphino » permet de creuser mécaniquement des micro-bassins sous forme de demi-lunes. C'est une charrue monosoc non réversible équipée notamment d'un décrottoir, d'une sous-soleuse, de lames antérieures, d'un couteau, d'une pompe hydraulique et d'un dispositif de soulèvement. Le travail du sol comporte un sous-solage en profondeur. Les caractéristiques techniques des demi-lunes réalisées avec la charrue Delphino sont les suivantes :

- longueur : 4,5 à 5m ;
- profondeur : 40-60 cm ;
- largeur (partie remuée) : 0,8-1m ;
- sous-solage en deçà de 0,8-1m ;
- distance entre deux demi-lunes : 2 m sur la ligne ;
- superficie moyenne d'une demi-lune : 1,34 m².



Photo 9 : traitement du sol à la charrue delphino (Photo Kambiré SH, village de Gagara 1, mars, 2007)

5.2. LES TECHNIQUES DE LUTTE ANTI-EROSIVE

On distingue principalement la technique des cordons pierreux et la technique des digues filtrantes.

5.2.1. Les cordons pierreux

Les cordons pierreux sont des ouvrages mécaniques qui, réduisent le ruissellement de l'eau et favorisent son infiltration dans le sol. La réalisation d'un cordon pierreux commence par la détermination d'une courbe de niveau à l'aide du niveau à eau, du triangle à sol ou par un levé topographique. L'on procède ensuite au traçage (matérialisation) des courbes de niveau à l'aide d'une daba, d'un pic, d'une pioche, d'une dent IR12 en traction bovine, d'un tracteur, etc. Les écartements entre les cordons varient en fonction de la pente du terrain. En moyenne, trois (3) voyages de camions de 6m³ de moellons sont nécessaires pour aménager un hectare. Il consiste à ouvrir un sillon d'ancrage de 10 à 15 cm de profondeur et de 15 à 20 cm de largeur sur la ligne tracée. On dépose une ligne de grosses pierres et on renforce en aval avec une autre ligne de petites pierres. On ramène la terre du sillon pour consolider l'assise du cordon pierreux. On peut végétaliser le cordon en plantant des espèces herbacées ou arbustives (*Andropogon sp.*, *Vetiveria zizanioides*, *Acacia nilotica*, *Ziziphus mauritiana*, *Bauhinia rufescens*, *Piliostigma reticulatum*, etc.).

L'on peut renforcer l'efficacité du cordon sur l'amélioration des rendements avec l'apport de fumier ou de compost à la dose minimale de 2,5 t/ha/an. Le travail du sol (labour, sarclage, buttage, etc.) doit toujours se faire parallèlement au cordon. Il faut également prévoir un traitement spécial des pistes et des déversoirs quand le cordon est long (>100 m). Il faut entretenir les cordons pierreux avant chaque hivernage en remplaçant les pierres déplacées. Les diguettes en cordons pierreux sont de nos jours fréquemment utilisées en climat nord-soudanien et sahélien. Mais ils peuvent s'utiliser partout dans le pays pour lutter contre l'érosion hydrique et la dégradation des sols.

Les différents types de cordons pierreux

Il existe trois variantes de cordons pierreux :

Le système « ***pierres alignées*** », le système « ***trois pierres*** » mis au point et vulgarisé par le Fonds de l'Eau et de l'Équipement Rural (FEER) et le système « ***pierres dressées sur sous-solage (PDS)*** » mis au point et vulgarisé par le Programme Spécial de Conservation des Eaux et des Sols (PS/CES-AGF) dans le Plateau Central.

Le système « ***pierres alignées*** » est la technique la plus simple et la moins coûteuse car il suffit d'aligner (sur une seule ligne) les moellons suivant les courbes de niveau. Toutefois, il est aussi le moins efficace sur le plan technique car les cordons freinent moins la vitesse des eaux de ruissellement et les ouvrages sont moins durables (dispersion des moellons avec la divagation des animaux).

Le système « ***trois pierres*** » et le système « ***pierres dressées sur sous-solage (PDS)*** » ou « ***trois pierres améliorées*** » sont similaires car ces techniques consistent à aligner côte à côte et suivant les courbes de niveau deux (2) rangées de moellons de petite taille et de placer au-

dessus et au milieu des moellons de plus grande taille ; cela permet de renforcer l'efficacité du dispositif antiérosif. Toutefois, la particularité du système PDS porte sur le fait que des sillons d'ancrage sont ouverts à la charrue bovine ou au tracteur avant l'installation des deux rangées de moellons à la base. Ainsi, le dispositif est ancré dans le sol, ce qui renforce la stabilité et la durabilité des ouvrages.

Il convient cependant de relever que ces deux systèmes sont plus coûteux car nécessitant plus de moellons, plus de main-d'œuvre et plus de temps d'exécution des travaux.



photo 10 : cordons pierreux

5.2.2. Les digues filtrantes

La digue filtrante est un dispositif en pierres libres (non maçonnées donc sans liants) applicable essentiellement aux bas-fonds et aux ravins dont l'objectif est de freiner les ondes de crue et arrêter l'érosion par ravinement aux abords immédiats de la digue. Ce sont des ouvrages anti - érosifs positionnés perpendiculairement aux axes de ravinement plus ou moins ancrés dans le sol, et munis ou non de déversoir. Elles sont généralement disposées «en cascade» et espacées de manière à favoriser la sédimentation progressive de la ravine et le lissage de son profil en long. Les digues sont construites en pierres sèches avec, selon les cas, absence ou présence partielle ou totale de cages de gabions (de dimensions 2m x 2m x 1m ou 2m x 1m x 0,5m disposés en fondation). Dans l'axe de ravinement, les digues filtrantes présentent couramment une largeur à la base de 100 à 200 cm et une hauteur de 50 à 100 cm. Les principales étapes de réalisation d'une digue filtrante sont :

1. déterminer une courbe de niveau ;
2. tendre une ficelle en travers de la ravine à l'emplacement choisi et sur une rive, choisir un point pour déterminer la hauteur de la digue ;
3. piqueter tout au long de la ficelle à partir de la rive tous les 3 ou 4 m ; les piquets de la partie profonde doivent émerger de la ravine ;
4. un premier opérateur place les supports du niveau à eau à la base du premier piquet sur la rive et note le niveau de l'eau ; celui-ci garde un des supports au premier piquet ;

5. le deuxième opérateur déplace le support 2 au piquet suivant ; faire glisser le support le long du piquet pour rechercher le point où l'eau sera au même repère de base que sur le support 1 ; une fois le niveau trouvé, faire une encoche sur le piquet juste au niveau de la base du support ; Le premier opérateur se place ensuite au troisième piquet et exécute l'opération comme précédemment ; le même scénario se répète jusqu'au dernier piquet sur l'autre rive ;
6. tendre une ficelle au niveau des encoches des piquets ; en principe les encoches doivent être alignés ; c'est la hauteur de la crête de la digue ;
7. nettoyer toute la surface délimitée sur le sol ; puis creuser 20 cm de sol pour racler la terre et ainsi créer une fondation ;
8. remplir de gravier le déblai sur une épaisseur de 10 cm environ;
9. disposer les pierres : les moyennes, ensuite les grosses en respectant une pente douce de l'amont vers l'aval ;
10. le montage des pierres se fait aux dimensions suivantes : hauteur : est fonction de la profondeur de la ravine (se référer au point 8; largeur : 2 à 3 fois la hauteur de l'amont vers l'aval. Les pierres sont disposées de sorte à avoir une pente douce pour le déversement des eaux de ruissellement.

Les contraintes majeures pour la mise en œuvre de la technologie sont :

- besoin d'une main d'œuvre importante pour le transport et la réalisation des digues filtrantes (120 hommes jour/ha).
- nécessité de moyens de transport appropriés (camions, charrettes, brouettes) pour la mobilisation des moellons.



photo 11 : Digue filtrante



Photo 12 : Confection d'une Digue (*Source: SOS Sahel International, 2008*)

TROISIEME PARTIE : IMPACTS DU PLAN DE PROTECTION DES BERGES ET SUIVI-EVALUATION

CHAPITRE VI : IMPACTS DU PLAN DE PROTECTION DES BERGES

On distinguera les impacts positifs, les impacts négatifs potentiels et les mesures d'atténuation des impacts négatifs.

6.1. IMPACTS POSITIFS DES BERGES PROTEGES

La restauration des berges dégradées dans le bassin du Nakanbé aura de nombreux impacts positifs. Ce sont :

- une réduction globale de la dégradation des terres ;
- une augmentation du taux de couverture végétale des berges ;
- une augmentation de la biodiversité des berges (faune et flore) : Les bandes riveraines constituent un habitat pour la faune et la flore, En raison de la présence de l'eau, la faune de la rive présente une extraordinaire diversité par comparaison avec celle des milieux strictement terrestres. Par exemple, la rive abrite pratiquement toutes les espèces de petits mammifères présents dans les habitats voisins, mais l'inverse n'est pas vrai. Les oiseaux y trouvent un meilleur couvert de nidification, d'abri et de nourriture, tout comme les autres représentants de la petite faune en général. La faune terrestre utilise la bande riveraine comme corridor de déplacement et de fuite. La perte de bande riveraine limite l'accès sécuritaire des animaux à l'eau et met donc en péril la survie de plusieurs espèces. La végétation riveraine sert aussi d'habitat de reproduction à certaines espèces de poissons, en plus de fournir à la faune aquatique de la nourriture et des zones d'abri contre les prédateurs. Les plantes aquatiques, les racines, les souches, les troncs tombés à l'eau et l'ombrage créé par la végétation dissimulent la faune, assurent des zones de repos et d'abri, tant aux poissons qu'aux tortues, aux salamandres et aux insectes aquatiques. Les feuilles procurent de la nourriture aux insectes aquatiques, qui sont à la base de la chaîne alimentaire des poissons et des autres animaux. En créant de l'ombrage au-dessus des plans d'eau, la végétation riveraine diminue l'impact du rayonnement solaire et prévient le réchauffement excessif de l'eau. Ce rôle de la végétation riveraine devient plus important encore pour les petits cours d'eau, vu leur masse thermique plus faible. La chaleur emmagasinée dans les petits cours d'eau est ensuite transportée vers les rivières situées en aval et celles-ci sont touchées à leur tour. Parce qu'il entraîne un réchauffement des lacs et des cours d'eau, l'enlèvement du couvert végétal des rives a aussi des effets importants sur leur équilibre écologique ;
- une augmentation des ressources en eaux superficielles et souterraines dans le bassin du Nakanbé ;
- une amélioration de la qualité de l'eau dans les cours d'eau et les barrages, notamment une réduction de la turbidité de l'eau. En effet les bandes riveraines bien constituées freinent le ruissellement de l'eau en augmentant la rugosité de la surface du sol. Cela

force l'eau chargée de sédiments et d'autres contaminants, dont les éléments nutritifs (azote et phosphore), les pesticides et les microorganismes pathogènes, à s'infiltrer dans le sol. La végétation riveraine joue ainsi le rôle d'une barrière contre l'apport excessif de sédiments, en assurant leur rétention en milieu terrestre. Les sédiments, le phosphore et l'azote associé à la matière organique ont tendance à se déposer sur la bande riveraine alors que les contaminants solubles dans l'eau ont tendance à s'infiltrer dans le sol, sous la bande riveraine. Avec le temps, une partie des nitrates est assimilée par la végétation de la bande riveraine, une autre partie est dénitrifiée et perdue dans l'atmosphère alors que le reste est entraîné vers les rivières ou vers la nappe phréatique. De la même façon que pour les nitrates, une partie du phosphore est assimilée par la végétation de la bande riveraine. Cependant, selon la composition du sol, l'autre partie peut se fixer sur les sites d'adsorption du phosphore, ce qui provoque à long terme l'accumulation de phosphore sous la bande riveraine, suivie d'une désorption. La désorption du phosphore diminue l'efficacité de la bande riveraine, car elle provoque l'augmentation de la concentration de phosphore dans l'eau de ruissellement ;

- une réduction de la pollution des eaux de surface et des eaux profondes du fait de la restauration des bandes riveraines ;
- une réduction du taux de comblement des cours d'eau et des barrages situés dans le bassin du Nakanbé ;
- un rempart contre l'érosion des sols et des rives. Grâce à son réseau de racines, la végétation riveraine augmente la capacité de la rive à résister aux forces de cisaillement et d'arrachement produites par le courant. En formant un coussin végétal, elle protège aussi la rive en amortissant l'impact mécanique des pluies, en freinant l'eau de ruissellement issue des terrains voisins. Toutefois, pour être pleinement efficace, la bande riveraine doit comporter trois strates de végétation, diversifiées en âges et en espèces et constituées par les herbacées, les arbustes et les arbres. Les herbacées protègent surtout la surface du sol, alors que les arbres et les arbustes assurent une protection plus étendue et plus en profondeur. Les parties aériennes des végétaux sont en effet très efficaces pour diminuer la vitesse du courant et la puissance érosive de l'eau lors des crues. Par ailleurs, la flexibilité des espèces arbustives riveraines leur permet de survivre dans des conditions difficiles, notamment en s'ajustant aux dommages causés par les matériaux charriés par l'eau. L'activité humaine peut accélérer ou amplifier ces phénomènes d'érosion ou encore créer des foyers d'érosion là où ils n'auraient pas existé naturellement. Aussi, il est important de contrôler de tels phénomènes en raison de leur incidence sur le milieu aquatique, notamment sur le colmatage des frayères ;
- une amélioration de la fertilité des sols des bassins versants cultivés en raison des actions sur les systèmes de production ;
- une amélioration de la production agricole du fait de l'amélioration de la fertilité des sols ;
- une amélioration des revenus des populations vivant dans l'espace de gestion du Nakanbé du fait de l'amélioration des productions ;
- une amélioration de la santé des sols et de la population du fait de la qualité de la production agricole.

6.2. IMPACTS NEGATIFS DU PLAN DE PROTECTION DES BERGES ET MESURES D'ATTENUATION

1. Les impacts négatifs du projet d'aménagement

Les actions d'aménagement et de restauration des berges du Nakanbé conformément aux normes proposées dans ce document vont entraîner un certain nombre d'impacts négatifs que sont :

- **La perte définitive des terres agricoles**

L'activité de protection des berges peut être perçue par les producteurs comme une soustraction de terres fertiles dans la conduite des activités agricoles et pastorales (maraîchage, vergers, bananeraies, pâturages...). La forte occupation actuelle des berges pour les activités agricoles va entraîner des conflits entre l'AEN et la population qui doit abandonner une partie de ces bonnes terres pour les besoins d'aménagement.

- **La perte d'activités maraîchères en saison sèche et pertes de revenus:**

La perte des terres pour les cultures pluviales et maraîchères, va entraîner des pertes de revenus tirés des cultures maraîchères ainsi que des pertes de productions agricoles.

- **La perte de productions de céréales en saison pluviale**

Ces terres qui sont les meilleures terres agricoles contribuent significativement à la production vivrière totale mais aussi aux revenus des ménages compte tenu des activités maraîchères que ces zones abritent en saison sèche.

- **Les pertes pour l'activité d'élevage**

On va observer une restriction d'accès à l'eau d'abreuvement pour le bétail et aux ressources halieutiques pour les pêcheurs. Il s'agit également des pertes pour l'activité d'élevage compte tenu du rôle joué par ces espaces pour l'élevage (pâturage).

1. les mesures d'atténuation des impacts négatifs ;
2. un certain nombre de mesures sont à envisager en vue d'atténuer les impacts négatifs lors de la mise en œuvre d'un plan de protection des berges. Il faut notamment ;
3. réaliser pour chaque site à aménager une Notice d'impact environnemental et social à partir de termes de référence validés par le Bureau National des Evaluations Environnementales ;
4. afin d'éviter des conflits graves avec les propriétaires des terres et des usagers des zones à aménager, il faut procéder à une évaluation complète des biens et des investissements présents sur les zones à aménager et prévoir des ressources financières suffisantes pour l'indemnisation des personnes affectées. Pour ce faire il faut une véritable campagne de communication auprès des communautés locales ;
5. appuyer les exploitants maraîchers dont les champs sont situés dans la zone à aménager à poursuivre leurs activités en dehors de la zone de protection notamment en aménageant des périmètres maraîchers et de points d'eau pour l'irrigation ;
6. responsabiliser chaque village riverain dans la protection de ses berges notamment les comités villageois de développement (CVD) ;
7. assurer une formation des habitants des villages riverains des cours d'eau sur l'entretien des berges aménagées ;
8. aménager des abreuvoirs pour les animaux afin d'éviter la dégradation des berges par piétinement.

Conclusion

L'analyse des impacts environnementaux et sociaux d'un plan d'actions de protection des berges de l'espace de gestion du Nakanbé a montré que c'est surtout les pertes de terres et d'activités agricoles qui vont constituer les impacts négatifs les plus importants. Ceci va exiger des mesures d'atténuation. Ces mesures d'atténuation sont très importantes à considérer et vont déterminer l'adhésion des populations au plan d'actions.

CHAPITRE VII : SUIVI ET EVALUATION DU PLAN DE DE PROTECTION DES BERGES

Le Suivi/évaluation est destiné à mesurer et évaluer les impacts des actions de protection des berges sur le milieu biophysique et humain. Il repose donc sur des *indicateurs environnementaux et sociaux*. Le SES permettra en particulier de mesurer aussi bien les impacts positifs mais aussi les impacts négatifs de la mise en œuvre des actions de protection des berges. Dans le cas où les impacts négatifs résiduels sont importants, des mesures correctives ou compensatoires seront préconisées. Les indicateurs qui seront retenus doivent tenir compte :

- des disponibilités financières : système léger avec peu d'indicateurs dont les données sont disponibles à moindre coût et sur une petite échelle ;
- de l'existant : le cadre organisationnel et le système national de SES en place (PNGT II et INSD) dans lesquels s'intègrent ceux du projet.

Le présent document décrit un dispositif de suivi/évaluation simple qui sera mis en place pour le suivi/évaluation d'un programme de protection des berges du Nakanbé.

7.1. DEFINITION DE QUELQUES CONCEPTS RELATIFS AU SUIVI-EVALUATION

Il s'agit dans cette partie de donner quelques définitions consensuelles des concepts clés utilisés dans le présent manuel.

7.1.1. Concept de suivi et évaluation

Le suivi et l'évaluation sont deux termes distincts, complémentaires qui s'alimentent mutuellement.

Le suivi est un processus continu de collecte, de traitement et d'analyse des données et informations pour une bonne exécution du projet/programme. C'est une activité interne au Service de Suivi-Évaluation et fait partie intégrante de sa gestion quotidienne. Il convient de noter que le suivi intervient généralement en cours d'exécution d'un projet. En effet, au cours de la période de réalisation d'un projet, il est important de savoir à tout moment où en est l'exécution, afin de conduire le projet de manière effective et efficace, en tenant compte des évolutions de l'environnement global. Le suivi a surtout trait aux intrants, aux activités, aux produits/extrants et aux résultats (effets à court et moyen terme).

L'évaluation est un exercice de durée limitée, plus complet et en profondeur, qui vise à porter un regard critique sur la pertinence, l'efficacité, l'efficience, les effets et l'impact d'un projet en cours ou achevé. L'évaluation se réalise à des moments précis (exemples : évaluation à mi-parcours, évaluation annuelle, évaluation en fin d'exécution du projet, évaluation avant l'exécution du projet. De ce point de vue, l'évaluation apparaît comme une photo, un diagnostic, une appréciation et une aide à la décision à un moment donné.

Le suivi et l'évaluation sont des processus interdépendants formant le suivi/évaluation. Tous les deux sont des processus qui analysent les données et les informations nécessaires à une bonne gestion du projet. L'évaluation tire parti des informations fournies par le suivi, pour aider à expliquer les tendances principales relatives par exemple aux effets et à l'impact du projet.

7.1.2. Indicateurs

Un indicateur est *un signe objectivement vérifiable, que l'on peut mesurer ou observer pour comparer les objectifs aux réalisations effectives à divers niveaux*. Il doit être :

- *fiable* : mesure et interprétation identiques pour tous les utilisateurs ;
- *spécifique* et indépendant des autres : une seule chose mesurée à la fois ;
- *mesurable* et disponible à des coûts et délais acceptables ;
- *valable* : c'est à dire mesurer effectivement ce qu'il est censé mesurer ;
- *pertinent* : se rapporter aux objectifs du projet et le couvrir (temps, espace, contenu).

Une fois conçus, régulièrement renseignés et analysés, les indicateurs permettent de mesurer la performance du projet (quels résultats ou changements découlent de l'activité mise en œuvre) et doivent pouvoir évoluer en fonction de ce dernier et de son contexte. A chaque période, et analysés dans le temps, ils sont utiles pour communiquer à d'autres interlocuteurs ce que le projet a permis de réaliser en fonction des objectifs d'origine, en utilisant telle démarche et tels moyens. Ils favorisent la transparence, les échanges d'information et la valorisation sur une action donnée.

7.1.3. Principes directeurs du suivi-évaluation au sein de l'AEN

Trois éléments fondamentaux guident le système de suivi évaluation de l'AEN : léger, concerté et ciblé.

- *léger* : il ne doit pas exiger trop de temps ou d'investissement (financier ou humain) ;
- *concerté* : il doit être conduit avec la participation de tous. Parmi les informations, seules celles qui seront reconnues comme pertinentes par l'ensemble des acteurs seront retenues ;
- *ciblé* : il s'agira de choisir très clairement les informations qu'il faut connaître et suivre et de déterminer les indicateurs significatifs dont le nombre sera volontairement limité.

Dans le cas présent, il s'agira de doter l'AEN d'un outil de suivi interne, simple et participatif capable d'aider les acteurs de l'Institution à anticiper sur les goulots d'étranglement et les dérives éventuelles pouvant impacter négativement sur les résultats. Ensuite, les outils proposés devraient être légers et accessibles à tous, chacun à son niveau. Enfin, la circulation de l'information à l'intérieur (entre les acteurs aux différents niveaux) du dispositif doit être fluide. Le dispositif de suivi-évaluation vise trois objectifs majeurs :

- rendre compte des réalisations ou résultats opérationnels des actions de protection des berges ;
- apprécier les effets en terme d'appropriation des réalisations (utilisation, entretien) indispensable à la durabilité des investissements ;
- apprécier les retombées ou principaux changements inhérents aux différentes réalisations en termes d'impact environnemental et social.

7.2. IDENTIFICATION DES UTILISATEURS ET BESOINS EN INFORMATION

Le Service Suivi/Évaluation est chargé de produire, consolider, stoker, analyser et servir ceux qui demandent l'information. L'analyse de la documentation et les différents échanges réalisés au cours de cette étude ont permis d'identifier les utilisateurs potentiels de l'information qui sera générée dans le cadre de ce Programme de protection des berges. Ce sont :

✓ La Direction Générale de l'AEN

Un acteur clé de cette direction est le Service Suivi Évaluation. En sa qualité de maître d'œuvre du système de suivi-évaluation de l'AEN, les besoins en information de l'AEN couvrent tous les aspects de l'exécution du programme de protection des berges, en particulier les informations relatives au suivi d'exécution (état d'avancement et de réalisations des différentes activités de protection des berges) et suivi des impacts (changements induits par les résultats du programme). Ces informations permettront à la Direction Générale de l'AEN: i) de mieux apprécier le niveau d'avancement du programme, en vue de prendre au besoin les mesures correctives ii) de rendre compte de l'état d'exécution du programme aux instances nationales d'orientation et de tutelle et aux partenaires techniques et financiers. Par ailleurs, les informations générées par le Service de Suivi-Évaluation serviront de base d'information/communication avec les populations locales, les Collectivités territoriales et les services techniques de la zone.

✓ Le Comité de bassin

Le Comité de bassin (composé des membres représentant trois collèges que sont l'Etat, les usagers et les collectivités locales) est l'organe paritaire de concertation et de décision en matière de gestion de l'eau dans le bassin. Les besoins d'informations sur le suivi/évaluation concerneront le taux de réalisation physique et financière ; l'impact sur les conditions de vie des populations.

✓ Le Comité Local de l'Eau (CLE)

Trois familles d'acteurs composent les CLE. Il s'agit notamment

- (i) des administrations de l'Etat au niveau local qui ont pour mission de veiller à l'intérêt général dans le domaine de l'eau ;
- (ii) des collectivités locales en l'occurrence les communes et les comités villageois de développement ;
- (iii) les usagers et les organisations de la société civile qui sont attentifs à leurs intérêts individuels ou spécifiques dans le domaine de l'eau. Le besoin en information des CLE concerne essentiellement le taux de réalisation physique et financière des activités programmées et les changements intervenus au sein des populations notamment le degré de satisfaction vis à vis de l'évolution des revenus générés, l'état de la sécurité alimentaire, l'évolution des ressources naturelles, etc.

✓ Partenaires Techniques et Financiers

A l'instar de la tutelle technique et financière de l'AEN, les partenaires techniques et financiers ont besoin d'informations sur les résultats opérationnels et les impacts environnementaux et sociaux des programmes financés, afin d'apprécier si l'utilisation des ressources par l'AEN a des retombées positives sur les bénéficiaires et sur la zone d'intervention.

✓ **Les populations locales**

Leurs besoins en information concernent essentiellement le niveau d'exécution des activités (taux de réalisation physique et financière des activités programmées) et les principaux changements intervenus en leur sein et dans le milieu (leur degré de satisfaction vis à vis de l'évolution des revenus générés grâce à l'intervention de l'AEN, l'état de la sécurité alimentaire, l'évolution des ressources naturelles, etc.).

✓ **Les Collectivités territoriales (Communes et Régions)**

Les Collectivités Territoriales ici sont composées essentiellement des communes concernées par le champ d'intervention de l'AEN, des Régions couvert par l'AEN. Les besoins en information des Collectivités territoriales concernent notamment le niveau d'exécution des activités et le degré de satisfaction des communes et Régions vis-à-vis des services fournis.

✓ **Les Services Techniques déconcentrés : Les Directions Régionales des ministères concernés (Eau, Environnement, Agriculture et Ressources Animales)**

Chaque Direction Régionale doit pouvoir présenter un programme sectoriel de protection des berges conformément au programme de protection des berges de l'AEN. Les besoins en information des services techniques vont varier en fonction de leurs domaines spécifiques d'intervention. L'AEN sera chargé de coordonner les actions et capitaliser les acquis de ces appuis conseil en les reversant au système de suivi/ évaluation.

✓ **Administration Centrale (Secrétariat Général des ministères sectoriels concernés)**

Les besoins en information de l'Administration Centrale couvrent tous les aspects de la mise en œuvre du Programme : suivi d'exécution (état d'avancement et de réalisations des différentes activités) et suivi des impacts en vue d'un compte rendu au Gouvernement. Les informations sectorielles émanant de l'AEN sont envoyées aux Directions des Études et de la Planification des ministères sectoriels (Environnement, Agriculture, Ressources Animales) pour contribuer à documenter les indicateurs clés desdits secteurs.

✓ **Le Conseil National de l'Eau**

Le Conseil National de l'Eau (CNE) est un organe consultatif créé auprès du ministère chargé de l'eau. Sa mission est de donner des avis pour une meilleure définition des objectifs généraux et sur les orientations de la politique nationale tendant à réaliser une gestion durable de l'eau. Les besoins en informations concernent l'impact sur les ressources en eau du bassin.

✓ **Le Comité Technique de l'Eau**

Le Comité Technique de l'Eau (CTE) a été institué par la loi portant Réorganisation Agraire et Foncière au Burkina Faso. Le CTE est un organe de coordination administrative et d'harmonisation des politiques en matière d'eau des différents départements ministériels. Il est chargé de proposer au gouvernement, les options fondamentales d'aménagement pour une gestion durable des ressources. Les besoins en information concernent les taux de réalisations physique et financière et les impacts environnementaux et sociaux.

✓ **Les Méthodes et outils**

L'appréhension des impacts fait toujours l'objet d'études confiées à des spécialistes (bureaux d'études, consultants indépendants, universitaires, etc.) sur la base de termes de références (TDRs) qui seront validés par l'AEN avec l'implication des acteurs clés du système de suivi-évaluation. Les TDRs invitent les prestataires à proposer une méthodologie scientifique pour conduire les évaluations d'impact avec indication expresse des pas d'observation (fréquence pour élaborer les évaluations d'impact). Il faut pour ce faire, adjoindre les indicateurs clés de suivi des impacts aux TDRs. La démarche consiste aux étapes suivantes :

- élaboration des méthodologies validées (référentiel) pour le suivi de chaque domaine d'impact;
- élaboration du rapport de base pour servir de référence dans lequel les données de références des indicateurs de chaque domaine d'impact sont documentées;
- conduite de la première évaluation d'impact après au moins trois années de mise en œuvre des projets concernés;
- documentation du tableau de bord de suivi des impacts suivi d'une analyse comparative qui renseigne sur les acquis, les leçons et les domaines à améliorer. Enfin, soumettre les rapports des études d'impact à la validation d'un **Comité de suivi** qui aura été préalablement mis en place à cet effet et comprenant des universitaires, des experts confirmés du domaine d'impact concerné et bien entendu des cadres de l'AEN sous la coordination du SSE.

7.3. LES INDICATEURS A SUIVRE

Le suivi pourra concerner les effets et les impacts des actions de protection des berges et pourraient viser les thèmes figurant dans le tableau ci-dessous. Ils couvrent l'impact environnemental (dynamique milieu physique) et l'impact socio-économique (Conditions de vie, pauvreté et revenus des ménages). Pour les différents thèmes, il s'agira de définir de façon participative les indicateurs de suivi :

- tenue des berges ;
- sédimentation des barrages ;
- comblement des barrages ;
- qualité physique de l'eau
- qualité chimique de l'eau ;
- qualité biologique de l'eau ;
- diversité de la faune aquatique ;
- diversité de la faune des berges ;
- taux de couverture végétale des berges ;
- biodiversité végétale des berges ;
- revenu des populations riveraines.

7.4. LES CAPACITÉS HUMAINES POUR ACCOMPAGNER L'OPÉRATIONNALISATION DU SYSTÈME DE SUIVI ÉVALUATION

La capacité est définie comme l'habilité à obtenir des performances pour des tâches données, et ce, de façon efficace, efficiente et durable. La capacité met l'accent sur trois dimensions et/ou niveaux interdépendant ci-dessous.

Capacité du système

Il s'agit ici de l'habilité d'un système à atteindre les buts et objectifs d'un processus et ainsi contribuer à l'atteinte des objectifs d'une institution. Dans le contexte d'un système, la capacité se définit comme un ensemble d'entités qui opèrent pour atteindre un objectif commun selon des règles et un processus bien définis. Cette définition implique que la capacité soit un processus continu donc dynamique, pour lequel les ressources humaines sont au centre (noyau) du développement des capacités.

Capacité organisationnelle

Il s'agit ici de la capacité de l'institution et de ses processus à atteindre ses buts et les objectifs de développement. Sur le plan organisationnel, l'AEN présente une assez bonne capacité à mettre en œuvre le système de suivi évaluation.

Capacité individuelle

Il s'agit enfin de l'habilité des individus à atteindre des performances de façon efficace, efficiente et durable. Le développement des capacités devra être fait pour accompagner la mise en route du système de suivi-évaluation. Pour cela, il est nécessaire d'évaluer les capacités actuelles des cadres des différents acteurs du système de suivi-évaluation de l'AEN pour poser un diagnostic précis sur les compétences en place (existantes actuellement au sein de l'AEN), les besoins en compétences supplémentaires et surtout le type de renforcement des capacités qu'il faut entreprendre pour s'assurer que le système sera adéquatement pris en charge. Le risque majeur qui pourrait nuire à une bonne prise en charge du système de suivi-évaluation de l'AEN viendra de la faible capacité et même de l'absence de capacité en suivi-évaluation de certains acteurs au niveau de certains maillons de la chaîne de collecte et de remontée des données.

7.5. COORDINATION DU SYSTEME DE SUIVI-EVALUATION ET OUTILS DE SUIVI

La Direction Générale de l'AEN est chargée de coordonner l'ensemble des activités de suivi-évaluation. Le suivi/évaluation sera assuré par le personnel responsable du suivi-évaluation de sein de l'AEN et par les Comité Locaux de l'Eau (CLE). L'AEN établira une base de données et sélectionnera une institution spécialisée pour procéder à des évaluations périodiques. L'AEN mettra en place et gèrera un système participatif de suivi/évaluation qui assure :

- la fixation de résultats mutuellement acceptés, réalistes et clairs;
- la mobilisation des acteurs par le partage d'informations sur les progrès accomplis, les leçons apprises et les améliorations induites ;
- la proposition de mesures correctives et de solutions alternatives.

Suivi par le ministère de tutelle

Le Ministère de l'Eau, en tant que Ministère de tutelle est responsable du suivi des actions pour le compte du Gouvernement. Il assure la supervision générale à travers un Comité National de Pilotage. Le Comité de pilotage peut effectuer des visites sur le terrain pour se rendre compte de l'état d'avancement du programme dans les régions.

Supervisions conjointes

Les partenaires financiers et le Gouvernement du Burkina Faso effectueront régulièrement des supervisions conjointes du programme. L'AEN est responsable de préparer les informations nécessaires à la tenue de ces supervisions qui auront lieu chaque semestre. Les supervisions consistent à vérifier périodiquement, mais régulièrement, l'état d'avancement du programme aux niveaux technique, administratif et financier (efficience et efficacité). Les documents nécessaires pour les supervisions conjointes sont les suivants :

- programmes annuels d'activités et de budgets ;
- rapports annuels d'activités ;
- rapports du suivi-évaluation ;
- rapport de suivi-évaluation réalisé par des ressources externes ;
- tout autre rapport technique nécessaire ou demandé par la mission.

Rapports de suivi-évaluation

On peut distinguer les rapports suivants :

- les Rapports trimestriels qui portent essentiellement sur le suivi de la mise en œuvre et le suivi des résultats ;
- les Rapports semestriels afin d'alimenter la production des rapports d'activités semestriels et les missions de supervision.
- les Rapports annuels qui font le point sur les réalisations de l'année, la mise en œuvre du plan de travail, du budget, la progression du projet vers l'atteinte des objectifs visés. Il attire l'attention sur les éléments susceptibles d'avoir un impact sur la réalisation, ou non, de certains objectifs.

Les rapports de suivi de la mise en œuvre sont destinés à l'AEN et aux partenaires impliqués dans le financement du programme. Ce sont des outils de gestion interne destinés à améliorer l'efficacité globale de la gestion du Programme.

Les rapports de suivi des impacts sont diffusés le plus largement possible car ils s'adressent à tous les acteurs impliqués dans la protection des berges, la gestion des ressources en eau.

CHAPITRE VIII : MODULES POUR LE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DES DIFFÉRENTS ACTEURS

La capacité est l'aptitude des personnes et des organisations à **exercer des fonctions de façon efficace, efficiente et durable**. L'aptitude regroupe à la fois les connaissances et les compétences nécessaires à l'accomplissement d'une tâche donnée.

Les modules de formation proposés dans ce document visent à renforcer les capacités des acteurs matière de protection des berges. Compte tenu du caractère intégré de cette protection, les modules de formation seront variés et s'adressent aussi bien aux acteurs à la base (populations locales) ainsi qu'aux services techniques de l'administration publique et de l'AEN, aux collectivités territoriales et aux Comités locaux de l'Eau

Module 1 : Techniques de conservation des eaux et des sols pour la protection des bassins versants

- Les Processus d'érosion hydrique des terres des bassins versants ;
- Technique de Réalisation des cordons pierreux ;
- Technique de Végétalisation des cordons pierreux ;
- Technique de Réalisation de la technique du zaï ;
- Technique de Réalisation des bandes enherbées.

Module 2 : Récupération des terres fortement dégradées des versants pour limiter l'érosion des berges

- Technique de Traitement des ravines ;
- Technique de Réalisation des demi-lunes manuelles ;
- Technique de Réalisation des demi-lunes à la charrue Delphino ;
- Technique de Réalisation des digues filtrantes ;
- Technique de Végétalisation des digues filtrantes.

Module 3 : Aménagement et restauration des berges des cours d'eau et des plans d'eau

- Rôles et fonction des bandes riveraines des cours d'eau (permanents et intermittents) : hydrologiques, écologiques, socio-économiques ;
- Facteurs d'efficacité de la bande riveraine ;
- Techniques de restauration des bandes riveraines des cours d'eau dans le bassin versant ;
- Technique d'identification de la ligne des hautes eaux ;
- Les actions interdites et les actions autorisées sur les bandes riveraines ;
- la méthode botanique simplifiée de délimitation de la ligne des hautes eaux ;
- la méthode botanique experte de délimitation de la ligne des hautes eaux ;
- Méthode de calcul de la pente d'un talus ou d'une rive ;
- Diagnostic des pressions (naturelles et anthropiques) exercées sur une bande riveraine ;
- Choix des espèces à planter sur les bandes riveraines ;
- Techniques de plantation ;
- Les espèces végétales menacées ou vulnérables.

Module 4 : la réglementation relative à la protection des berges

Module 5 : suivi –évaluation

- Importance du suivi évaluation ;
- Les outils de suivi évaluation ;
- Les indicateurs ;
- Les acteurs du suivi/évaluation ;
- La diffusion des informations du suivi/évaluation.

Outils de sensibilisation des usagers

- Emissions Radios (français et langues locales) ;
- Spot radio (français et langues locales) ;
- Spot télé (français et langues locales) ;
- Communiqués radio (français et langues locales) ;
- Communiqués dans les marchés villageois ;
- Théâtre forums ;
- Conception et production d'affiches en français et en langues locales.

Thèmes de sensibilisation

- Rôles de la végétation de la bande riveraine dans la préservation des ressources en eau
- Techniques de reboisement des bandes riveraines.

CONCLUSION

Les berges du Bassin du Nakanbé sont fortement dégradées du fait de la pression agricole. La démarche d'intervention doit être globale et s'articuler autour de trois axes principaux : entretenir les cours d'eau (axe I), restaurer, protéger et entretenir les bandes riveraines végétales dégradées (Axe II), récupérer les sols dénudés le long des cours d'eau et lutter contre l'érosion hydrique des versants (Axe III). Il faut privilégier des techniques de génie végétal qui présentent l'intérêt d'être respectueuses des milieux aquatiques et des paysages. A contrario, les enrochements, ont tendance à déplacer le problème vers l'aval et à rediriger les forces d'arrachement vers un autre secteur. Les différentes interventions doivent s'appuyer sur la participation des populations locales riveraines des cours d'eau

ANNEXE 1 : ESPECES RENCONTREES SUR LES BERGES DU NAKANBE

Liste des espèces rencontrées sur les berges du Nakanbé

Strate	espèces	Famille
L	<i>Acacia hockii</i>	Fabaceae-Mimosoideae
L	<i>Acacia polyacantha</i>	Fabaceae-Mimosoideae
L	<i>Acacia seyal</i>	Fabaceae-Mimosoideae
L	<i>Acacia sibberiana</i>	Fabaceae-Mimosoideae
H	<i>Acanthospermum hispidum</i>	Asteraceae
H	<i>Achyrentes aspera</i>	Amaranthaceae
H	<i>Albuca nigritana</i>	Asparagaceae
H	<i>Aloe butyneri</i>	Aloaceae
H	<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Alysicarpus rugosus</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Amorphophallus aphyllus</i>	Araceae
H	<i>Ampelocissus leonensis</i>	Vitaceae
L	<i>Andira inermis</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Andropogon gayanus</i>	Poaceae
H	<i>Aneilema setiferum</i>	Commelinaceae
L	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	Combretaceae
H	<i>Asparagus africanus</i>	Asparagaceae
H	<i>Aspilia bussei</i>	Asteraceae
H	<i>Aspilia helianthoides</i>	Asteraceae
H	<i>Aspilia rudis</i>	Asteraceae
L	<i>Balanites aegyptiaca</i>	Balanitaceae
H	<i>Bidens engleri</i>	Asteraceae
H	<i>Boerhavia difusa</i>	Nycatagynaceae
H	<i>Boerhavia erecta</i>	Nycatagynaceae
H	<i>Brachiaria discotiphylla</i>	Poaceae
H	<i>Brachiaria lata</i>	Poaceae
H	<i>Bulbostylis abortiva</i>	Cyperaceae
L	<i>Calotropis procera</i>	Apocynaceae
L	<i>Capparis corymbosa</i>	Capparaceae
H	<i>Cassia absus</i>	Fabaceae-Caesalpinioideae
H	<i>Cassia mimosoides</i>	Fabaceae-Caesalpinioideae

H	<i>Cassia nigricans</i>	Fabaceae-Caesalpinioideae
H	<i>Cassia tora</i>	Fabaceae-Caesalpinioideae
H	<i>Ceratotheca sesamoides</i>	Pedaliaceae
H	<i>Chlorophytum orchidastrum</i>	Anthericaceae
H	<i>Chrysanthellum indicum</i>	Asteraceae
H	<i>Chrysopogon nigritanus</i>	Poaceae
H	<i>Cissus populnea</i>	Vitaceae
H	<i>Cissus rufescens</i>	Vitaceae
H	<i>Citrullus colocynthis</i>	Cucurbitaceae
H	<i>Cleome viscosa</i>	Capparaceae
H	<i>Cochlospermum planchonii</i>	Bixaceae
L	<i>Combretum paniculatum</i>	Combretaceae
H	<i>Commelina bengalensis</i>	Commelinaceae
H	<i>Commelina erecta</i>	Commelinaceae
H	<i>Commelina forskalei</i>	Commelinaceae
H	<i>Corchorus fascicularis</i>	Malvaceae
H	<i>Corchorus olitorius</i>	Malvaceae
H	<i>Corchorus tridens</i>	Malvaceae
H	<i>Crinum ornatum</i>	Amaryllidaceae
H	<i>Crotalaria goreensis</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Crotalaria macrocalyx</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Crotalaria naragutensis</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Crotalaria retusa</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Cucumis maderaspatanus</i>	Cucurbitaceae
H	<i>Cucumis melo</i>	Cucurbitaceae
H	<i>Curculigo pilosa</i>	Xypoxidaceae
H	<i>Cyanotis lanata</i>	Commelinaceae
H	<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae
H	<i>Cyperus esculentus</i>	Cyperaceae
H	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Poaceae
H	<i>Datura innoxia</i>	Solanaceae
H	<i>Desmodium gangeticum</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Desmodium velutinum</i>	Fabaceae-Faboideae
L	<i>Dichrostachys cineria</i>	Fabaceae-Mimosoideae

H	<i>Dicliptera paniculata</i>	Acanthaceae
H	<i>Digitaria horizontalis</i>	Poaceae
L	<i>Diospyros mespiliformis</i>	Ebenaceae
H	<i>Eleusine indica</i>	Poaceae
H	<i>Eragrostis ciliaris</i>	Poaceae
L	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae
H	<i>Euphorbia convolvuloides</i>	Euphorbiaceae
H	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae
H	<i>Euphorbia polycnemoides</i>	Euphorbiaceae
H	<i>Evolvulus alsinoides</i>	Convolvulaceae
L	<i>Feretia apodanthera</i>	Rubiaceae
L	<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	Moraceae
L	<i>Ficus sur</i>	Moraceae
L	<i>Flugea virosa</i>	Phyllanthaceae
L	<i>Gardenia erubescens</i>	Rubiaceae
H	<i>Grangea maderaspatana</i>	Asteraceae
H	<i>Heteropogon contorsus</i>	Poaceae
H	<i>Hoslundia opposita</i>	Lamiaceae
H	<i>Hyptis spicigera</i>	Lamiaceae
H	<i>Hyptis suaveolens</i>	Lamiaceae
H	<i>Indigofera bracteoloata</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Indigofera dendroides</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Indigofera hirsuta</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Indigofera secundiflora</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Indigofera tinctoria</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Ipomoea asarifolia</i>	Convolvulaceae
H	<i>Ipomoea barbata</i>	Convolvulaceae
H	<i>Ipomoea eriocarpa</i>	Convolvulaceae
L	<i>Khaya senegalensis</i>	Meliaceae
L	<i>Lannea microcarpa</i>	Anacardiaceae
H	<i>Lepidagathis anobrya</i>	Acanthaceae
H	<i>Leptadenia hastata</i>	Asclepiadaceae
L	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae
L	<i>Maytenus senegalensis</i>	Celastraceae

H	<i>Mitracarpus scaber</i>	Rubiaceae
L	<i>Mitragyna inermis</i>	Rubiaceae
H	<i>Mogania faginea</i>	Asclepiadaceae
H	<i>Mollugo nudicaulis</i>	Molluginaceae
H	<i>Monechma ciliatum</i>	Acanthaceae
H	<i>Ocimum americanum</i>	Lamiaceae
H	<i>Oldenlandia corymbosa</i>	Rubiaceae
H	<i>Pandiaka angustifolia</i>	Amaranthaceae
L	<i>Parkia biglobosa</i>	Fabaceae-Mimosoideae
H	<i>Phyllanthus amarus</i>	Phyllanthaceae
H	<i>Physalis angulata</i>	Solanaceae
L	<i>Piliostigma thonningii</i>	Fabaceae-Caesalpiinoideae
H	<i>Polygala capillaris</i>	Polygalaceae
H	<i>Portulaca quadrifida</i>	Portulacaceae
L	<i>Pseudocedrela kotschii</i>	Meliaceae
L	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Rhamphicarpa fistulosa</i>	Orobanchaceae
H	<i>Rinchosia minima</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Schoenefeldia gracilis</i>	Poaceae
H	<i>Schwenckia americana</i>	Solanaceae
L	<i>Sclerocarya birrea</i>	Anacardiaceae
H	<i>Scoparia dulcis</i>	Plantaginaceae
H	<i>Sesbania sesban</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Setaria barbata</i>	Poaceae
H	<i>Setaria pallide-fusca</i>	Poaceae
H	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae
H	<i>Sida alba</i>	Malvaceae
H	<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae
H	<i>Siphonochilus aethiopicus</i>	Zingiberaceae
H	<i>Solanum cerasiferum</i>	Solanaceae
H	<i>Spermacoce filifolia</i>	Rubiaceae
H	<i>Spermacoce radiata</i>	Rubiaceae
H	<i>Spermacoce ruelliae</i>	Rubiaceae
H	<i>Spermacoce stachydea</i>	Rubiaceae

H	<i>Sporobolus festivus</i>	Poaceae
H	<i>Sporobolus microprotus</i>	Poaceae
H	<i>Sporobolus pyramidalis</i>	Poaceae
L	<i>Sterculia setigera</i>	Malvaceae
L	<i>Stereospermum khunthianum</i>	Bignoniaceae
H	<i>Striga hermonthica</i>	Orobanchaceae
H	<i>Stylochyton hypogaeus</i>	Stylochaeton hypogaeus
H	<i>Stylochyton lancifolius</i>	Stylochaeton lancifolius
H	<i>Stylosanthes erecta</i>	Fabaceae-Faboideae
L	<i>Tamarindus indica</i>	Fabaceae-Caesalpiinoideae
H	<i>Tephrosia bracteolata</i>	Fabaceae-Faboideae
H	<i>Tephrosia pedicellata</i>	Fabaceae-Faboideae
L	<i>Terminalia avicenoides</i>	Combretaceae
L	<i>Terminalia macroptera</i>	Combretaceae
H	<i>Tribulus terrestris</i>	Zygophyllaceae
H	<i>Tridax procumbens</i>	Asteraceae
H	<i>Triumfetta pentandra</i>	Malvaceae
H	<i>Triumfetta rhomboidea</i>	Malvaceae
H	<i>Uraria picta</i>	Fabaceae-Faboideae
L	<i>Vitellaria paradoxa</i>	Sapotaceae
L	<i>Vitex donania</i>	Lamiaceae
H	<i>Waltheria indica</i>	Malvaceae
H	<i>Wissadula rostrata</i>	Malvaceae
L	<i>Ximenia americana</i>	Ximeniaceae
L	<i>Ziziphus mucronata</i>	Rhamnaceae
H	<i>Zornia glochidiata</i>	Fabaceae-Faboideae

L= ligneux ; H= herbacées

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERNIER et al : « Guide de bonnes pratiques. Aménagement et techniques de restauration des bandes riveraines ». Édition Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec.

GAGNON E. et GANGBAZO G. : Efficacité des bandes riveraines : analyse de la documentation scientifique et perspectives.

Brown, M. T., J. M. Schaefer et K. H. Brandt (1990). *Buffer Zones for Water, Wetlands, and Wildlife*, CFW Pub. No 89-0, Florida Agricultural Experiment Stations Journal Series No T-00061, East Central Florida Regional Planning Council, FL, USA.

Budd, W.W., P. L. Cohen, P. R. Saunders et F. R. Steiner (1987). « Stream Corridor Management in the Pacific Northwest: Determination of Stream Corridor Widths », *Environmental Management*, vol. 11, no 5, p. 587-597.

Castelle, A. J., A. W. Johnson, et C. Conolly (1994). « Wetland and Stream Buffer Requirement in Forest Operations: A Review », *Journal of Environmental Quality*, vol. 23, no 5, p. 878-882.

Daniels, R. B., et J. W. Gilliam (1996). « Sediment and Chemical Load Reduction by Grass and Riparian Filters », *Soil Science Society of America Journal*, vol. 60, no 1, p. 246-251.

Dillaha, T. A., J. H. Sherrard, D. Lee, S. Mostaghimi et V. O. Shanholtz (1988). « Evaluation of Vegetative Filter Strips as a Best Management Practice for Feed Lots », *Journal of the Water Pollution Control Federation*, vol. 60, no 7, p. 1231-1238.

Dillaha, T. A., R. B. Reneau, S. Mostaghimi et D. Lee (1989). « Vegetative Filter Strips for Agricultural Nonpoint Source Pollution Control », *Transactions of the ASAE*, vol. 32, no 2, p. 513-519.

Dosskey, M. G., M. Helmers, D. E. Eisenhauer, T. G. Franti et K. D. Hoagland (2002). « Assessment of Concentrated Flow through Riparian Buffers », *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 57, no 6, p. 336-343.

Duchemin, M., P. Lafrance et C. Bernard (2002). *Les bandes enherbées : une pratique de conservation efficace pour réduire la pollution diffuse*, Fiche technique No FT040905Fb, Québec, Institut de recherche et développement en agroenvironnement, Éditeur officiel du Québec (2005).

Gangbazo, G., Y. Richard et L. Pelletier (2006a). *L'analyse de bassin versant*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN-13 : 978-2-550-48424-0, ISBN-10 : 2-550-48424-X

Gangbazo, G., P Vallée, C. Émond, J. Roy, R. Beaulieu et E. Gagnon (2006b). *Contrôle de la pollution diffuse d'origine agricole : quelques réflexions basées sur la modélisation de scénarios de pratiques agricoles pour atteindre le critère du phosphore pour la prévention de l'eutrophisation dans la rivière aux Brochets*, Québec, ministère du Développement durable,

de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN-13 : 978-2-550-48209-3, ISBN-10 : 2-550-48209-3,

Gangbazo, G. (2006). *Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau : sommaire*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN-13 : 978-2-550-47821-8, ISBN-10 : 2-550-47821-5,

McKergow, L. A., D. M. Weaver, I. P. Prosser, R. B. Grayson et A. E. G. Reed (2003). « Before and After Riparian Management: Sediment and Nutrient Exports from a Small Agricultural Catchment, Western Australia », *Journal of Hydrology*, vol. 270, no 3-4, p. 253-272.

Sager, M. (2004). *Enquête sur l'application de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables par les municipalités*, Québec, ministère de l'Environnement (Direction des politiques de l'eau) et ministère des Affaires municipales, du Sport et du Loisir, 30 pages.

Swift, L. W. Jr (1986). « Filter Strips Width for Forest Roads in the Southern Appalachians », *Southern Journal of Applied Forestry*, vol. 10, no 1, p. 27-34.

Vermont Agency of Natural Resources (2005). *Riparian Buffers and Corridors: Technical Papers*, Waterbury, VT, USA,

Wenger, S. (1999). *A Review of the Scientific Literature on Riparian Buffer Width, Extent and Vegetation*, Institute of Ecology, University of Georgia, Athens, Georgia, USA,