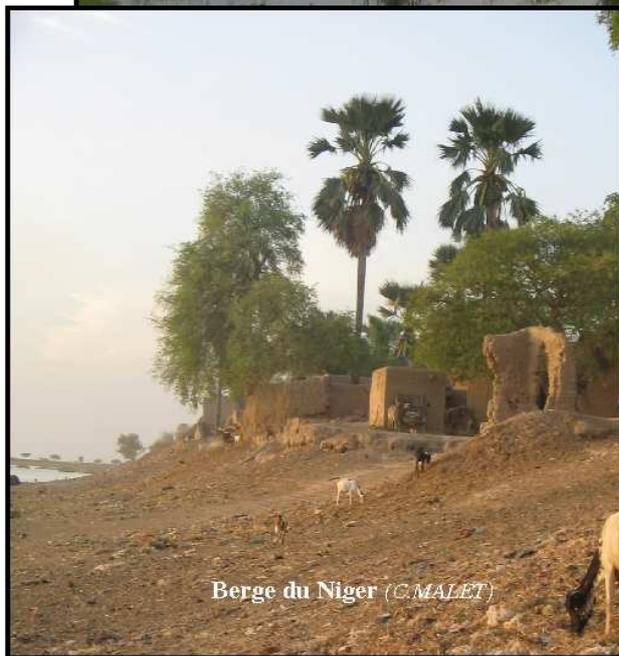


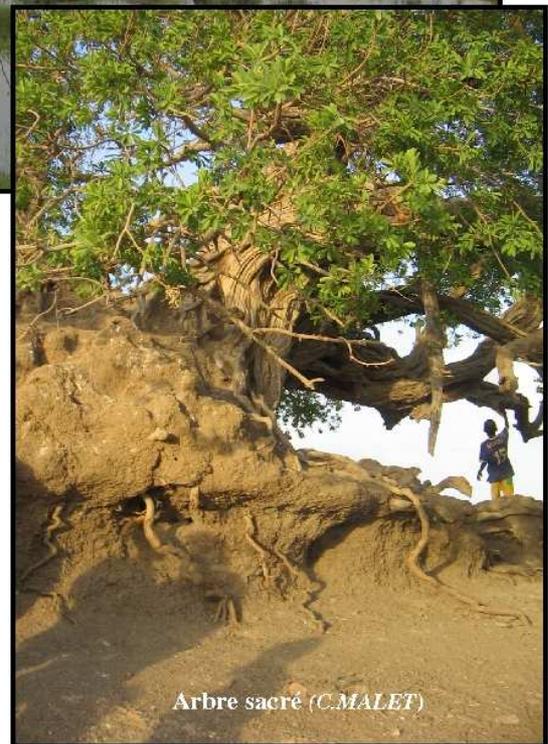
MEMOIRE TECHNIQUE
Diagnostic des berges
dans
le Delta Intérieur du Niger (Mali)
Rapport pour l'obtention du M2 pro IMACOF



Fleuve Niger (C.MALET)



Berge du Niger (C.MALET)



Arbre sacré (C.MALET)



MALET Céline
Année 2008



Tuteurs : M.BACCHI/M.ROTGE (France)
M.MAÏGA/M.TAPILY (Mali)
Jury: M.PIN/Mme.LARRUE/M.GILLET

REMERCIEMENTS

Je remercie l'ensemble de l'Institut International Fleuve et Patrimoine et plus particulièrement M.ROTGE qui m'a donné la chance de réaliser un stage très enrichissant.

Je remercie toute l'équipe du Master 2 IMACOF dont M.PIN, M.BERTON et Mme LARRUE pour tout ce qui concerne la logistique (hébergement, transport) ainsi que pour les contacts établis avant mon départ.

Je tiens à remercier M. Bandiougou DIAWARA, M.Youssef COULIBALY et M.Bani TOURE sans qui certains contacts n'auraient pu être possible.

Je remercie l'ensemble de l'Agence de Bassin Fleuve Niger pour m'avoir accueilli dans leurs locaux ainsi que l'Assemblée Régionale de Mopti.

Un grand merci à M.Mady BAGAYOCO (Chargé d'étude à la mairie de Mopti) et M.Badje COULIBALY (Chargé d'étude à l'Assemblée Régionale de Mopti) pour leur dévouement et leur dynamisme.

La réussite de mon intégration au Mali, tiens en partie à l'accueil chaleureux des volontaires du progrès plus particulièrement M. Xavier ORTIZ et Mlle. Claire-Marie COLIN que je tiens à remercier tout particulièrement.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
RESUME.....	3
ABSTRACT	3
INTRODUCTION.....	4
PARTIE A : LE MALI	5
I Le pays.....	5
II La région de Mopti.....	6
III Le fleuve Niger	6
IV Structures d'accueil.....	7
IV.1 Assemblée Régionale de Mopti	7
IV.2 Agence du Bassin Fleuve Niger	7
PARTIE B : LE FLEUVE NIGER.....	8
I Matériel et méthode.....	8
I.1 Matériel	8
I.2 Méthode	9
II Caractérisation générale.....	10
II.1 Hydrologie.....	10
II.2 Vitesses	12
II.3 Pluviométrie	12
III Evolution géomorphologique	13
IV Les causes des érosions	16
IV.1 Les causes naturelles	16
IV.2 Les causes anthropiques.....	17
PARTIE C : RESULTATS	18
I Typologie.....	18
I.1 Les berges B.....	18
I.2 La végétation V.....	19
I.3 Le sol S.....	20
I.4 Les Usages U.....	21
I.5 Enjeu E.....	22
I.6 Ripisylve R.....	24
II Morphologie des berges naturelle (BN).....	24
II.1 Dimensions	24
II.2 Impacts de l'érosion.....	25
II.3 Stratification	25
II.4 Atterrissement.....	26

III	Morphologie des berges artificialisées (BA)	26
III.1	Caractéristiques du linéaire	26
III.2	Les points de dégradation	27
IV	Avis d'expert.....	27
V	Mise en œuvre	28
V.1	Remarques générales	28
VI	Diagramme décisionnel.....	33
VI.1	Description	33
VII	Mise en œuvre.....	34
VIII	Résultats escomptés.....	37
IX	Les techniques	41
IX.1	Description des techniques.....	41
X	Contraintes	45
X.1	Contraintes liées au génie végétal (expérience ARM)	45
X.2	Coût	47
PARTIE D : DISCUSSION		48
I	Les données techniques	48
II	Les données sur la végétation	48
II.1	Connaissances de la végétation.....	48
II.2	Mesures compensatoires.....	52
III	Sensibilisation, formation (expérience ARM).....	52
CONCLUSION		53

RESUME

Le delta intérieur du Niger couvre 30 000 Km², dont les deux tiers sont recouverts par la crue du fleuve Niger et son principal affluent : le Bani. Le fleuve Niger : **source de vie** pour de nombreux pêcheurs, agriculteurs et éleveurs, n'en reste pas moins imprévisible. Sa puissance hydraulique, l'activité humaine, ses périodes de crues et décrues sont à l'origine d'importantes **érosions**. Certes, tout fleuve est amené à divaguer à l'intérieur de son lit majeur mais force est de constater que ses divagations vont jusqu'à détruire le goudron (route bitumée), emporter des quartiers entiers, dévaster des cimetières...

Notre objectif, pendant ce séjour au Mali, est de réaliser **un diagnostic des berges** aboutissant à une **typologie** adaptée au contexte malien. Cette typologie complétée d'un **diagramme décisionnel** servira de base aux futures études de maintien des berges. Une discussion sur les manques d'études, de moyens, de formation, de connaissance viendra compléter l'étude. Des termes de références concernant les prochaines études seront établis et viendront conclure ce rapport.

ABSTRACT

The Inner Niger Delta covers 30 000 sq. km, of which two thirds are covered by the flooding of the River Niger and its main tributary, the Bani. The Niger River: **source of life** for many fishermen, farmers and ranchers, nevertheless unpredictable. Its hydraulic power, human activity, these periods of flooding and dropped are causing significant **erosion**. Of course, any river is brought to rave inside his bed but major force to see that its will to destroy "tar" (paved road), take away entire neighbourhoods, devastate cemeteries... Our goal during this visit to Mali, is to achieve a **diagnosis of banks** leading to a **typology** adapted to the Malian context. This typology completed a **diagram decision** making serve as a basis for future studies keeping the banks. A discussion on the lack of studies, resources, training, and knowledge will complement the study. The terms of reference for next studies will be established and will conclude this report.

INTRODUCTION

Le fleuve Niger est un élément essentiel du Mali. Il est considéré comme un fleuve nourricier car se sont plus de 150 millions de riverains qui vivent de ses richesses. De nombreuses activités gravitent autour de ce dernier : la pêche, le maraîchage, la riziculture mais aussi la vaisselle, la lessive, le lavage-auto...

Le fleuve Niger peut être aussi la cause de problèmes majeurs : notamment lorsque sa puissance arrache des pans de berges pouvant atteindre jusqu'à 4 mètres. Aussi, en zone rurale, se sont des quartiers, des villages qui sont engloutis par le fleuve.

Notre travail va consister à réaliser un diagnostic de l'état des berges du delta intérieur du fleuve Niger, afin d'envisager la possibilité ou pas de mettre en place des techniques de génie végétal, minéral ou maçonné.

Afin d'élaborer ce diagnostic, notre étude sera découpée en trois temps. Dans un premier temps, nous caractériserons le fleuve Niger par rapport à différentes variables (hydrologie, géomorphologie...) afin de mieux comprendre ce système dans sa globalité. Dans un second temps, nous établirons une typologie des berges et un diagramme décisionnel. Ces deux outils nous permettront de faire le choix d'une technique préférentielle. Une discussion sur les manques d'études techniques pour aboutir à des termes de référence conclura notre étude.

Ce diagnostic pourra servir également de support à des acteurs de l'eau tel que l'Assemblée Régionale et l'Agence de Bassin Fleuve Niger. Ce dossier sera, nous l'espérons pour la Mission Val de Loire et le programme de coopération « Fleuve à Fleuve » le début d'une collaboration fructueuse entre la France et le Mali (Loire-Niger) pour échanger nos connaissances sur les grands fleuves.

PARTIE A : LE MALI

I Le pays

Situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest (Figure 1), le Mali a une superficie totale de 1 241 238 km² (soit 2,2 fois la France). La langue officielle est le français mais on compte plus de 15 ethnies avec chacune leur propre langue. C'est une démocratie présidentielle avec comme capitale Bamako. Du nord au sud, le Mali est découpé en 8 régions : la région de Kayes, de Koulikoro, de Sikasso, de Ségou, de Mopti, Gao, Kidal, Tombouctou.

Le Mali partage ses frontières, sur une longueur d'environ 7.000 km, avec sept autres pays : Algérie, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinée, Mauritanie, Niger, Sénégal.

Le Mali est constitué à 90% de vastes plaines et de bas plateaux dont l'altitude n'excède pas 300m. Il est traversé par les deux plus grands fleuves de l'Afrique de l'Ouest : le Niger et le Sénégal avec leurs nombreux affluents et confluents.

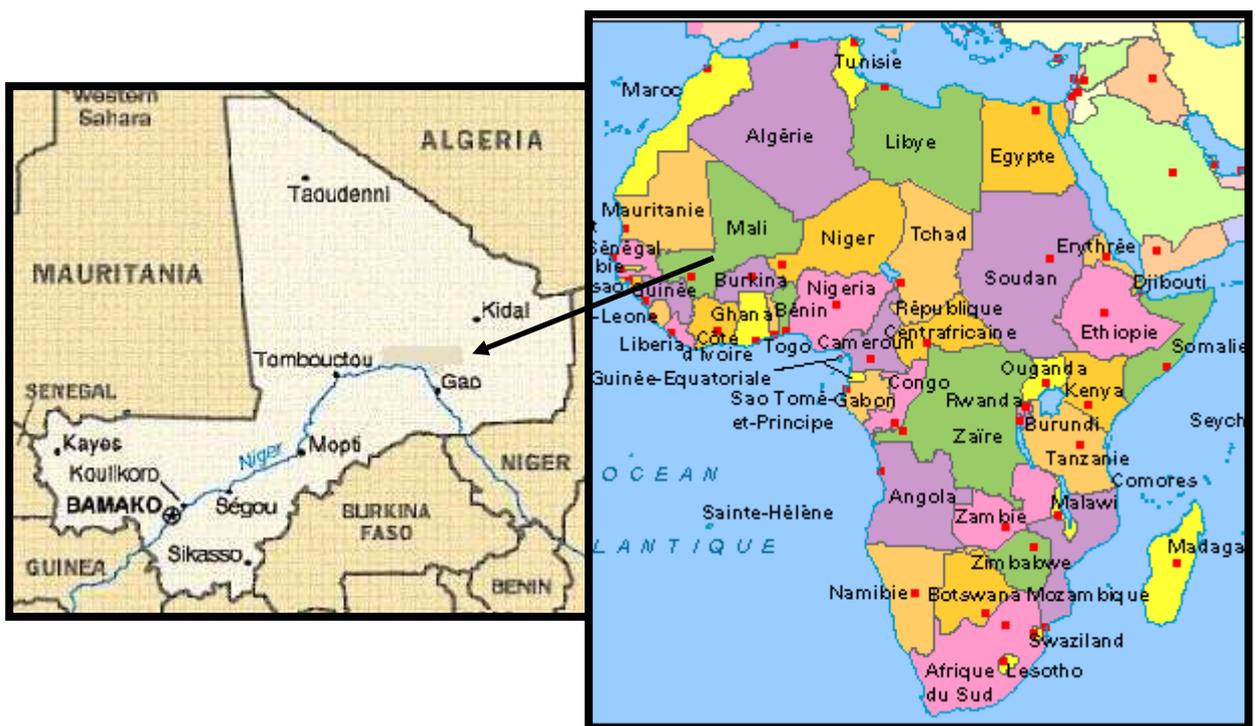


Figure 1: Situation du Mali en Afrique

(www.tifq.ulaval.ca et www.stage.alternative.ca)

II La région de Mopti

La région de Mopti (Figure 2) s'étale du côté ouest, sur le delta du Niger, vaste plaine inondée par le fleuve Niger et ses multiples bras ; et côté est, sur la région plus accidentée de la falaise de Bandiagara. La population de la région est de 1 735 340 habitants. Différentes ethnies vivent dans la région : Bozos, Sonrhais, Dogons et Peuls. La région est traversée par le fleuve Niger.

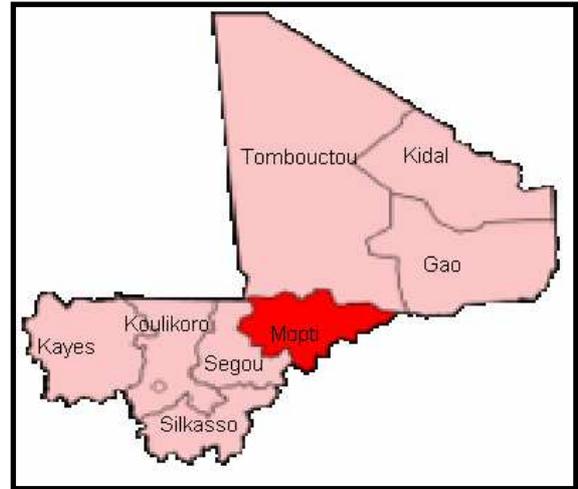


Figure 2: Les 8 régions du Mali (Wikipédia)

III Le fleuve Niger

Il prend sa source près des monts de Loma, à la frontière de la Sierra Leone et de la Guinée. D'amont en aval, il traverse 4 pays: la Guinée, le Mali, le Niger et le Nigeria et fait la frontière avec le Bénin. Après un périple de 4 184 Km, il termine sa course au Nigéria dans un delta marécageux pour rejoindre l'Atlantique à Port Hacourt (Figure 3). Le Niger a la particularité de posséder un delta intérieur situé dans la région de Mopti où le Bani, un de ses affluents, le rejoint au niveau de Mopti.

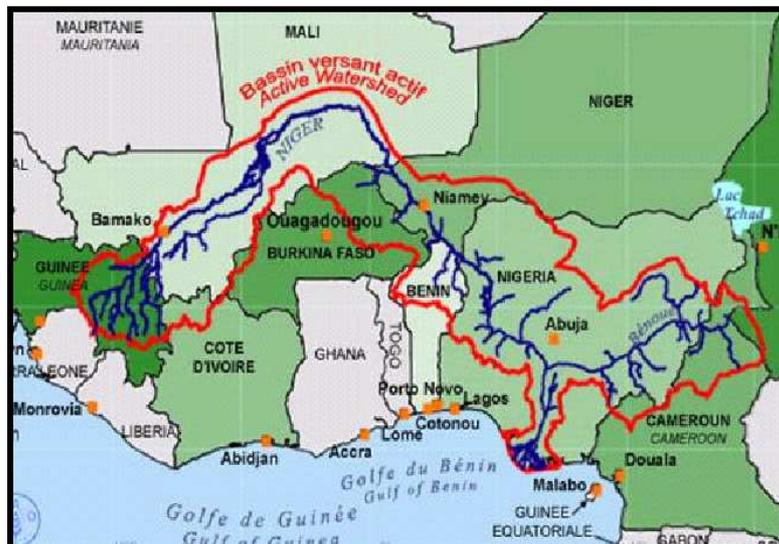


Figure 3: Bassin versant du Fleuve Niger (<http://www.whycos.org>)

IV Structures d'accueil

IV.1 Assemblée Régionale de Mopti

L'Assemblée Régionale est le partenaire direct de la Région Centre dans le cadre de la coopération décentralisée. Elle a été créée le 26 novembre 1999 et est constituée de 25 conseillers élus dans les huit conseils de cercle de la région. Le président (M.TAPILY) et ses deux vice-présidents forment le bureau de l'assemblée.

Le personnel administratif est constitué d'un secrétaire général, d'un régisseur, d'un comptable et d'un secrétaire.

Actuellement, 3 assistants techniques (Magalie MONS, Xavier ORTIZ et Claire-Marie COLIN) travaillent pour la coopération décentralisée Région Centre/Assemblée Régionale de Mopti. Ils travaillent respectivement sur la coopération, l'écotourisme et le reboisement, la culture et l'éducation.

IV.2 Agence du Bassin Fleuve Niger

L'antenne de Mopti a été créée en 2005 (Figure 4). Elle a pour mission de sensibiliser, d'informer et de coordonner les activités techniques liées à la gestion du fleuve. A ce jour, le bureau est composé de : M.GUINDO, chef de l'antenne de Mopti ; M. MAÏGA, chargé des dossiers. Cette structure actuellement se développe grâce à la coopération franco-allemande : GTZ Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. L'antenne de Mopti n'a pour l'instant que très peu d'activités mais envisage à l'avenir de faire un diagnostic complet du Delta Intérieur de Niger.

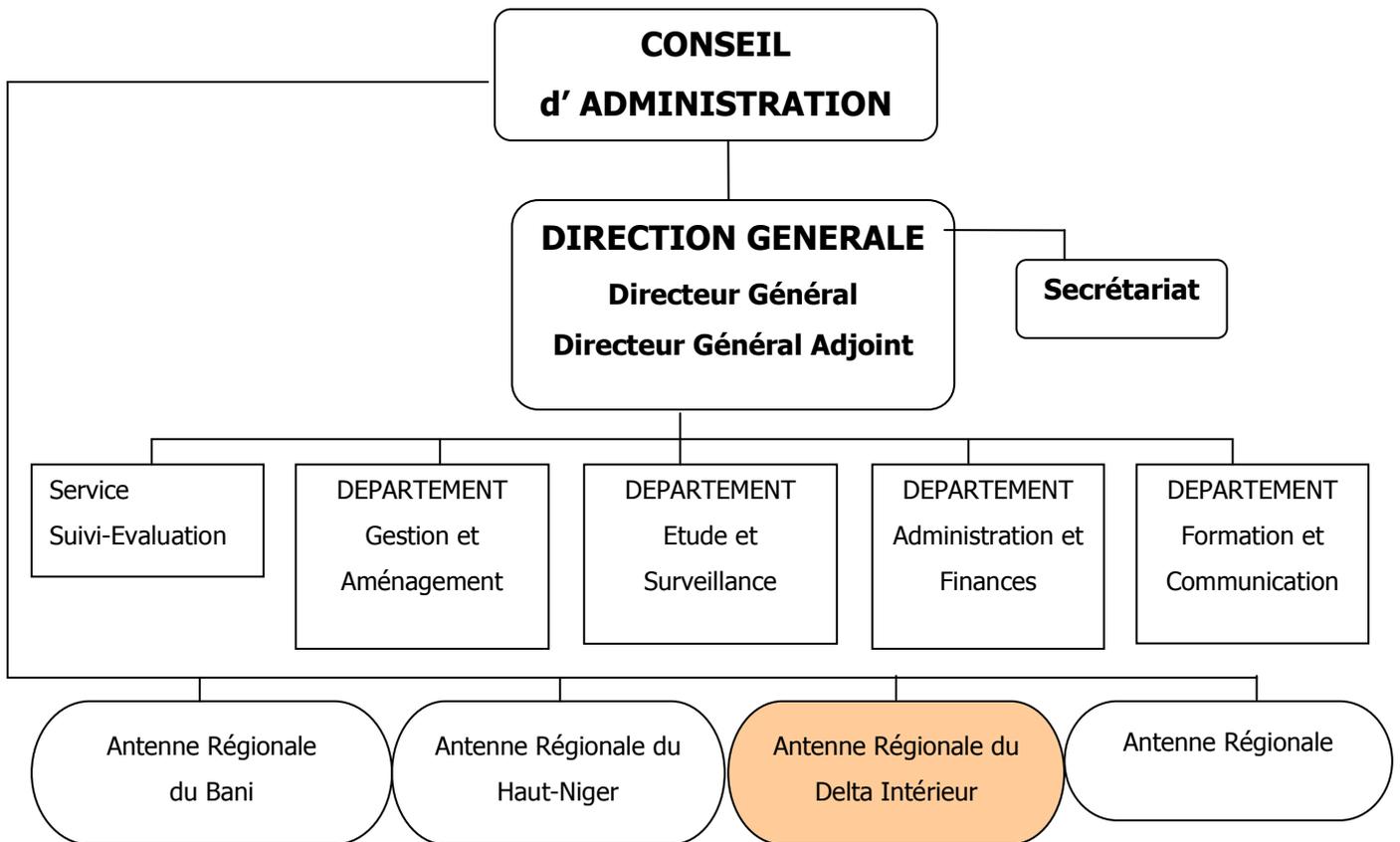


Figure 4 : Organigramme de l'Agence du Bassin Fleuve Niger (ABFN)

PARTIE B : LE FLEUVE NIGER

I Matériel et méthode

I.1 Matériel

Nous n'avons employé que très peu de matériel au cours du stage. Lors de nos sorties sur le terrain, nous étions équipés d'un GPS et d'un mètre ruban de 50m. Les véhicules 4X4 et les pinasses¹ utiles à nos déplacements ont été loués. Pour la réalisation des cartes, seul le logiciel Mapinfo 7.5 a été utilisé. Une base de données a été créée à partir du logiciel Access 2002.

¹pinasse : bateau de pêche à fond plat.

I.2 Méthode

I.2.a Recherche bibliographique :

Mon stage a nécessité une recherche bibliographique de trois semaines ayant pour but de rassembler un maximum de données. Mes recherches se sont déroulées principalement à la bibliothèque de l'UFR Science et Technique de Tours et à la bibliothèque IMACOF.

Une première partie s'est orientée vers l'obtention de documents techniques en génie végétal tel que le « Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales » de B.LACHAT ou encore « Restauration et Entretien du lit de la Loire et de ses affluents » réalisé entre autre par M.BACCHI et J.P.BERTON (Cf. Bibliographie).

Au cours de cette phase un contact avec M. BACCHI responsable du bureau d'étude RIVE, fut pris afin d'élaborer une trame de travail pour mon séjour au Mali.

Il n'existe cependant que très peu d'informations scientifiques sur les études menées au Mali. Seuls les sites Internet de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) et du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) mettent à disposition quelques données.

I.2.b Collecte des données :

Cette phase s'est déroulée entre Bamako et Mopti. Durant une semaine à Bamako (capitale du Mali) en compagnie de mon binôme malien, il m'a été permis de contacter l'Agence du Bassin Fleuve Niger, la Direction Nationale des Collectivités Territoriales...

Durant un mois, tous les acteurs de l'eau pouvant nous donner des informations en relation directe ou indirecte avec le maintien des berges ont été contactés. Un questionnaire identique pour chacun des acteurs a été établi en collaboration avec le binôme malien (cf. Annexe 1 et 2).

I.2.c Investigations sur le terrain :

Trois missions de terrains ont été effectuées dans différentes communes : Diondiori, Diafarabé et Mopti. Elles avaient pour objectif de répertorier différents types de berge et de relever leurs différentes caractéristiques (végétation, type de sol...). Nos observations, nous ont permis d'établir une typologie des berges, adaptée au contexte malien. A partir de ces données nous avons construit un diagramme décisionnel sur le choix des techniques à mettre en œuvre. Enfin, une seconde phase de terrain a été effectuée sur la commune de Mopti pour valider notre typologie et le diagramme décisionnel. Un exemple de base de données a été créé à partir de la typologie et de la morphologie des berges.

II Caractérisation générale

II.1 Hydrologie

Les données hydrauliques nous ont été fournies par l'Institut de Recherche et Développement. Elles correspondent aux enregistrements d'une station située, au niveau du port, dans la ville de Mopti. Cette station est représentative de l'ensemble du fleuve Niger dans la région de Mopti. Nous avons fait le choix d'exploiter ces données sur une période de 60 ans (1947-2007) afin d'analyser l'évolution des débits et des hauteurs d'eau.

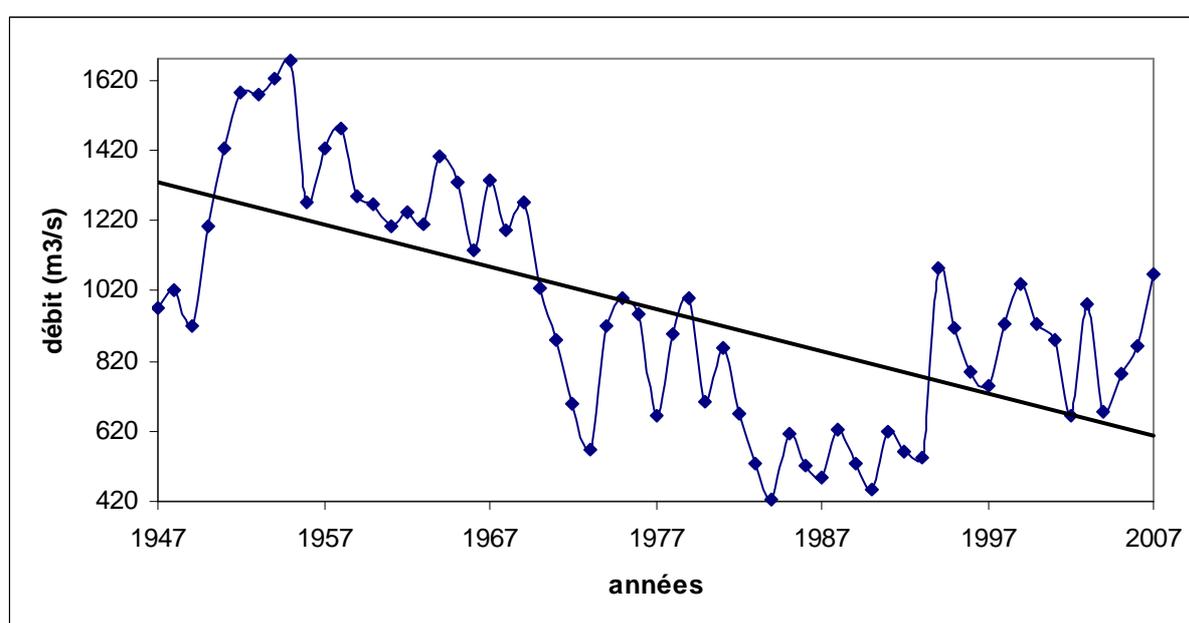


Figure 5 : Débits moyens annuels sur une période de 60 ans (C. MALET/IRD)

Sur la période de 1947 à 2007 nous pouvons constater une baisse générale du débit et une baisse significative du débit entre 1982 et 1993 (Figure 5). Par contre nous notons une légère augmentation du débit ces 10 dernières années. Cependant cette augmentation n'atteint pas les valeurs d'il y a 60 ans.

Les pluies provoquées au Mali peuvent peut-être expliquer, en partie, la légère augmentation du débit de ces dernières années.

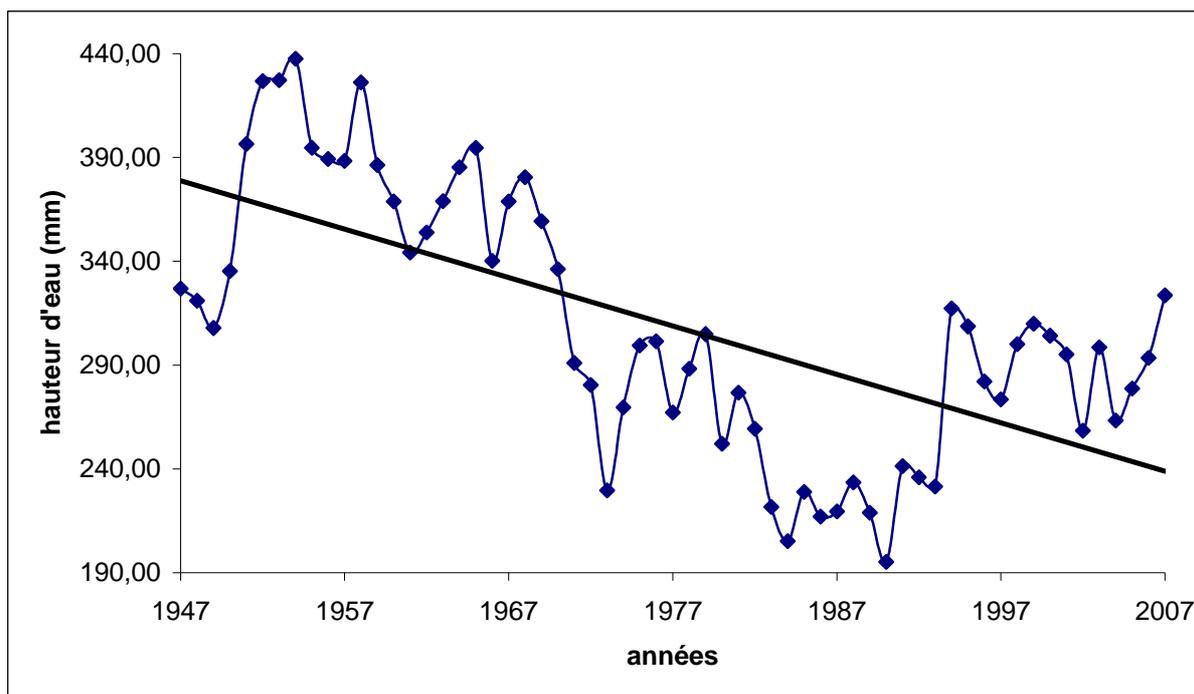


Figure 6 : Hauteur d'eau moyenne sur une période de 60 ans (C. MALET/IRD)

Le graphique des hauteurs d'eau (Figure 6) peut quasiment se superposer au graphique des débits moyens annuels. Les interprétations sont donc identiques. Les niveaux d'eau sont très bas de 1984 à 1993. On constate, de la même façon, des hauteurs d'eau qui ont tendance à remonter ces 10 dernières années sans pour autant atteindre les niveaux d'eau d'il y a 50 ans.

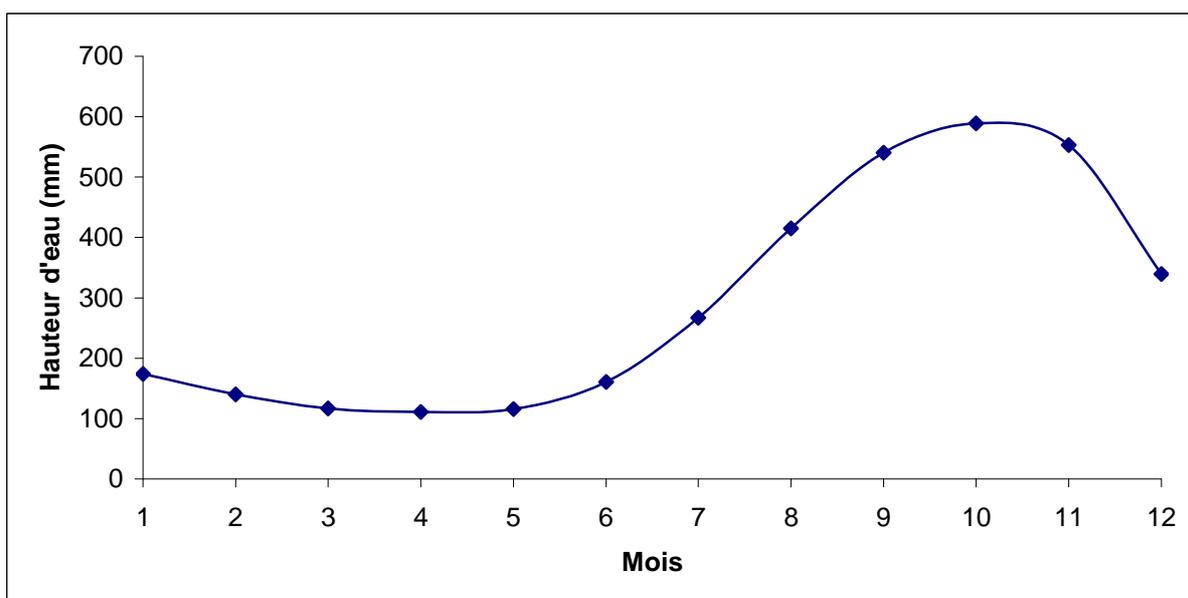


Figure 7 : Hauteur d'eau de l'année 2006. (C.MALET/IRD)

Il est nécessaire d'analyser l'hydrologie annuelle (Figure7) pour déterminer l'époque la plus propice à la réalisation des travaux. Nous constatons que les hauteurs d'eau augmentent à partir du mois de juin. Il est aussi très difficile d'accéder aux différents sites situés dans le delta intérieur du Niger à partir de mi-juin, le seul moyen de transport étant la pinasse.

Il est donc nécessaire de programmer les travaux entre le mois de janvier et le mois de mai. Les proportions de linéaire doivent correspondre à l'équivalent de 5 mois de travail.

II.2 Vitesses

Il m'a été difficile de trouver des données précises sur la vitesse du courant. Les vitesses sont très faibles que se soit à l'étiage ou en période de crue. Ces vitesses sont dues à une pente qui est elle-même très faible. Le lit du fleuve est particulièrement large au niveau du Delta Intérieur cela participe également à abaisser la vitesse d'écoulement. Ce n'est donc pas la vitesse du courant qui est la cause première d'érosion. Il y a très peu de trace d'érosion par arrachement.

II.3 Pluviométrie

Les données pluviométriques proviennent de la station située au niveau de l'aéroport, à Sévaré (Figure 8). Les relevés sont effectués toutes les heures et un compte rendu complet est réalisé toutes les 3 heures et envoyé au centre météorologique de Bamako. Les données entre 1947 et 1996 ont été fournies par l'IRD et les données entre 1998 et 2007 proviennent directement de la station météo de Sévaré.

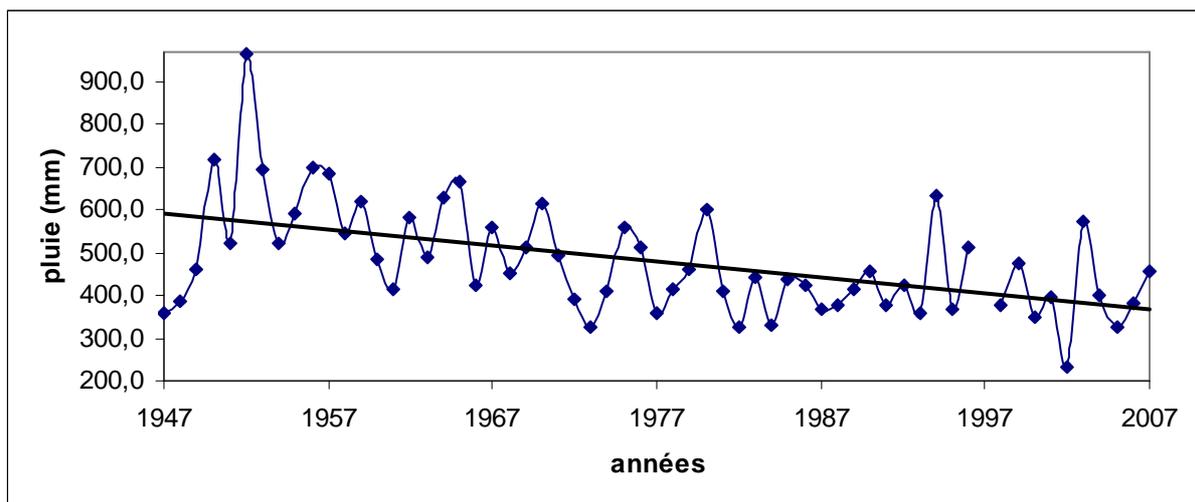


Figure 8 : Moyenne des pluies sur 60 ans. (C.MALET/IRD)

Nous constatons une baisse significative du niveau des pluies depuis 60 ans. Nous avons des valeurs maximales pouvant atteindre plus de 900 mm (963,6) les 30 premières années tandis que la valeur maximale les 30 dernières années n'atteint pas les 700 mm (635,4).

Les conclusions sur l'évolution du débit et sur l'évolution des pluies, sur une période de 60ans, se recourent. Cependant, un graphique pluie = f(débit) (cf. Annexe 3) nous permet d'affirmer qu'il n'y a pas de corrélation entre ces deux variables.

III Evolution géomorphologique

L'analyse de l'évolution du tracé (Figure 9) et de la position des bancs de sable (Figure 10) doit être faite avec précaution car nous ne connaissons pas le mois exact de la prise de vue de 1971. Suivant la période (sécheresse / pluie) les bancs de sable peuvent être plus ou moins visibles et le niveau d'eau plus ou moins important.

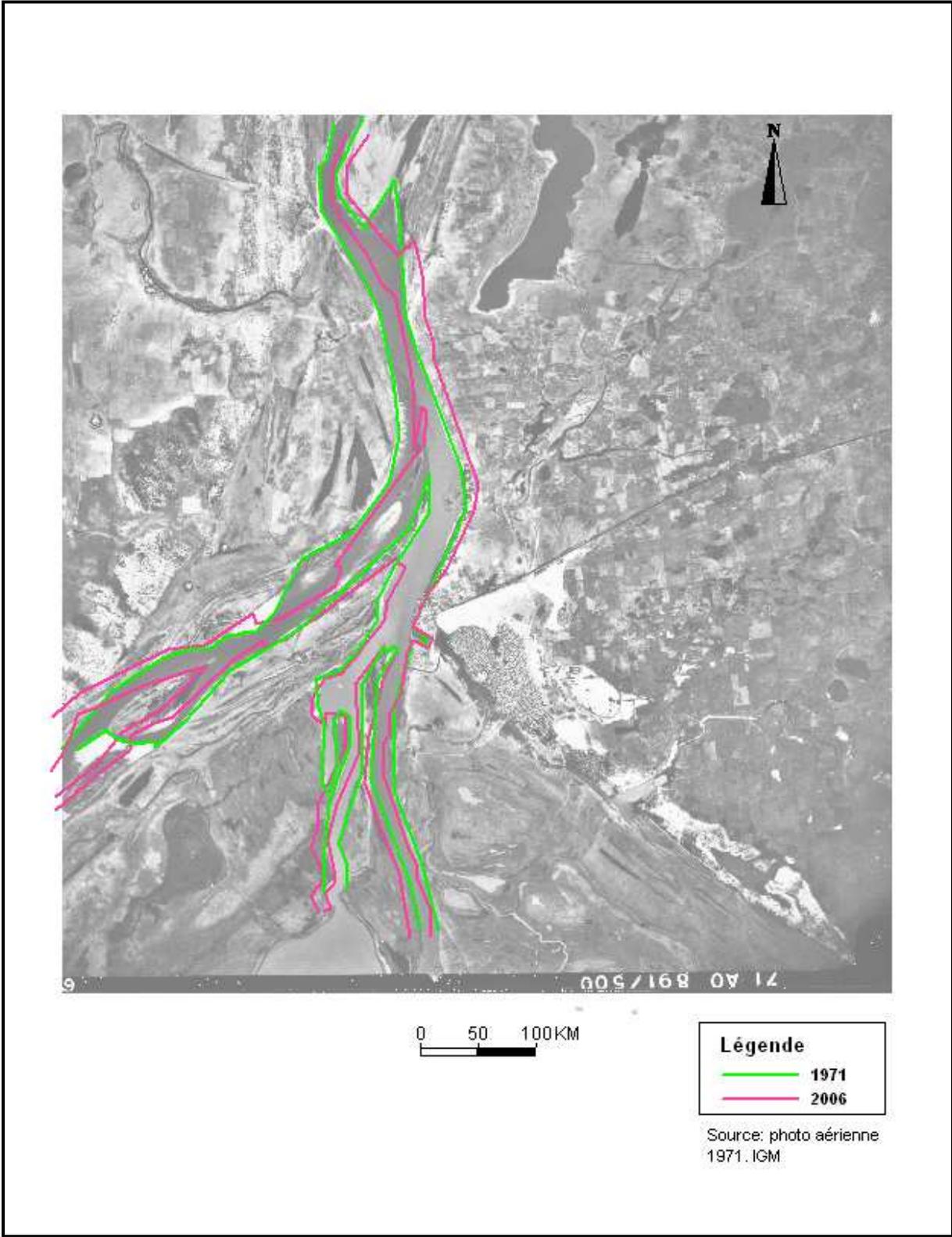


Figure 9 : Evolution du trace du fleuve Niger entre 1971 et 2006

En 35 ans (Figure9) le tracé du fleuve Niger a peu évolué. Ce changement de tracé peut-être dû en partie à des erreurs de calage entre la photo aérienne de 1971 et l'image de Google Earth de 2006. Ce faible décalage dans le tracé du cours d'eau, nous amène à dire que la divagation à l'intérieur du lit majeur n'est pas très importante. Les phénomènes d'érosions et de dépôts ne doivent donc pas être très conséquents.

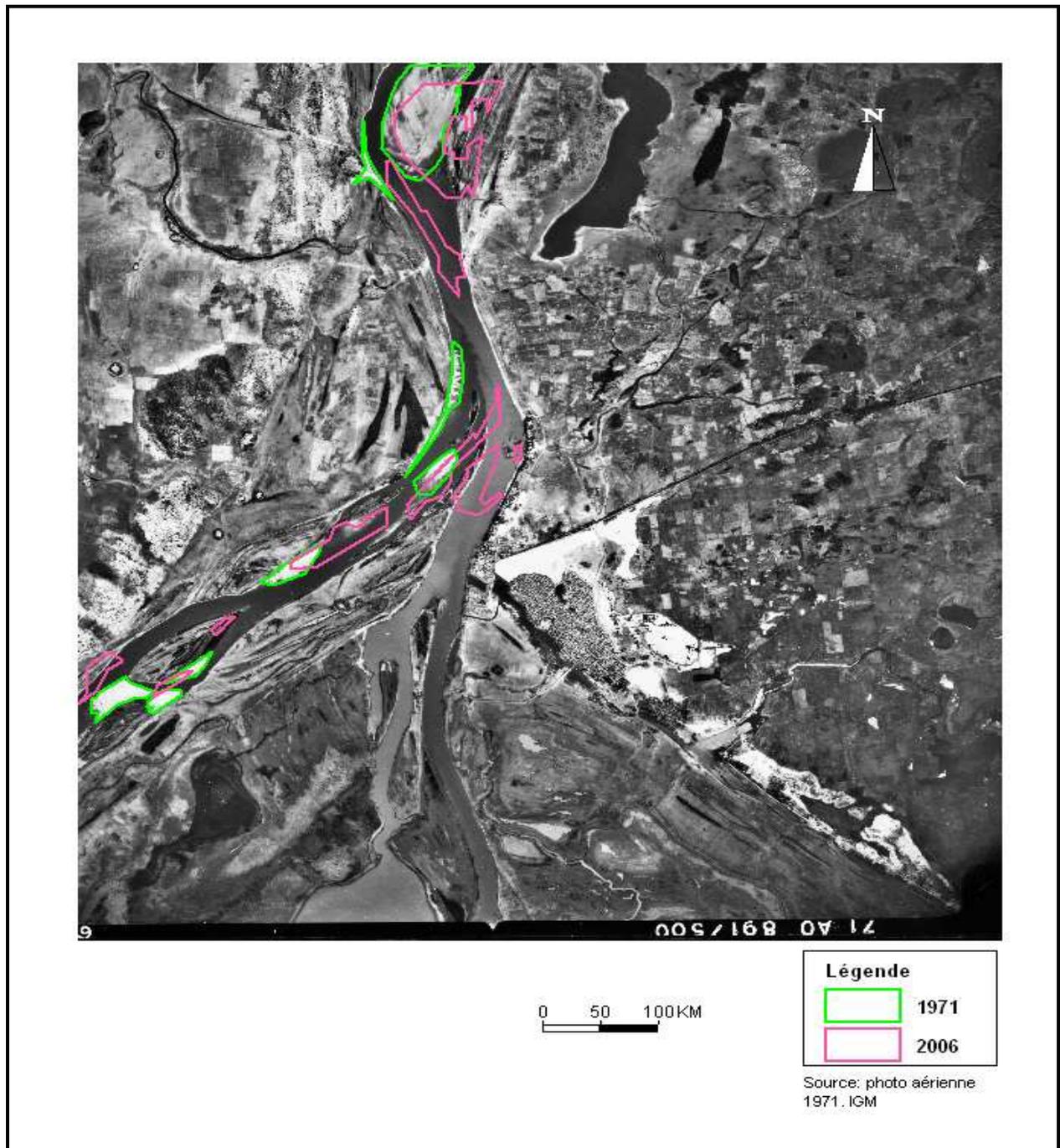


Figure 10 : Evolution des bancs de sable entre 1971 et 2006

Autant le tracé du fleuve Niger a peu évolué, autant les positions des bancs de sables sont différentes entre 1971 et 2006 (Figure 10). On remarque de façon assez significative que la

proportion des bancs de sable en 2006 est plus importante que celle présente en 1971. Etant donné les premières conclusions tirées de l'évolution du tracé du fleuve, on ne peut expliquer cette augmentation des bancs de sable que par la diminution du débit depuis 60 ans.

IV Les causes des érosions

IV.1 Les causes naturelles

- La cause majeure de dégradation des berges est le ruissellement des eaux de surface le long de la berge. On retrouve ces marques de ruissellement (Figure 11) plus ou moins sur tous les sites. Pour pallier à ce problème il faudrait créer des chemins préférentiels pour les eaux de pluies.



Figure 11 : Dégâts provoqués par le ruissellement (Kara/Diafarabé)

- Le phénomène de batillage est double. Il est à la fois dû aux vagues provoquées par les pinasses et aux vagues provoquées par le vent. Le batillage provoqué par les pinasses s'accroît en période touristique car le trafic fluvial est plus important. (S'ajoute aux pinasses et aux pirogues les bateaux touristiques de la COMANAV).

- L'érosion éolienne de surface est également une des causes de dégradation, bien qu'elle soit difficilement remarquable et quantifiable.

- La force hydraulique fait partie des causes d'érosion, cependant les vitesses de courant sur le fleuve Niger et sur le Bani restent faibles. Ce sont les affluents provenant des falaises du pays Dogon qui ont des vitesses de courant plus importantes (pente forte) et qui, par conséquent ont une force d'arrachement importante (exp. : le Yamé à Sofara).

- L'abondance des pluies entre juillet et décembre favorise la dégradation des berges par ruissellement.

IV.2 Les causes anthropiques

Les actions de l'homme accentuent le phénomène de dégradation à des degrés divers. Le piétinement humain ou animal participe à la fragilisation du sol en surface et nuit à la végétalisation des berges. Les dépôts d'ordures (Figure 12) rendent le sol stérile, ce qui empêche tout couvert végétal de s'implanter et de jouer le rôle de fixateur. Les eaux de pluie se déversant directement du toit sur les berges (Figure 13) et l'écoulement des eaux d'assainissement amplifient le phénomène d'érosion.



Figure 12 : Dépôt d'ordure (Bougoufè/Mopti)



Figure 13 : Déversement par les gouttières

La surexploitation de la forêt (bois combustible, feux de brousse, biomasse médicale) reste une des causes principale de l'érosion des berges. La végétation à un rôle important dans la protection des berges aussi bien à grande échelle (bassin-versant) qu'à petite échelle (ripisylve). Le bassin versant du Niger, au niveau du Delta Intérieur est quasiment dépourvu de toute végétation (Figure 14). Cette dernière ne peut donc pas jouer son rôle de protection que se soit au niveau du bassin versant ou au niveau des rives.



Figure 14 : Image du bassin versant nu de toute végétation.

PARTIE C : RESULTATS

I Typologie

La typologie des berges du Niger est indispensable à la détermination finale de la technique de maintien des berges. Elle permet de caractériser avec précision les berges et de pouvoir classer ces dernières suivant différentes catégories. La création de cette typologie a été pensée suivant différentes variables nécessaires à l'étude des érosions.

I.1 Les berges B.

Elles ont été divisées en deux grandes catégories :

- les berges naturelles (BN)
- les berges artificialisées (BA). Ces dernières supportent déjà des techniques de maintien des berges.

Parmi les berges naturelles on retrouve :

- les berges en pente douce (BN1) : Il s'agit des berges ayant une pente comprise entre 5/1 et 2/1 et ne possédant pas une dégradation marquée. Elles sont uniformes (lisses).
- les berges avec un processus d'érosion vertical (BN2): berges ayant une dégradation verticale marquée, généralement en haut de berge (Figure 15)
- les berges avec plusieurs processus d'érosion verticaux (BN3): Les dégradations verticales se retrouvent à différents niveau (Figure 16).



Figure 15 : Type BN2



Figure 16 : Type BN3

En ce qui concerne les berges artificialisées on distingue 3 types :

- les berges maçonnées (BA1) (Figure 17)
- les berges minérales (gabion) (BA2) (Figure 18)
- les berges avec des techniques locales (BA3) (Figure 19)



Figure 17 : Type BA1



Figure 18 : Type BA2



Figure 19 : Type BA3

I.2 La végétation V.

C'est un élément fondamental dans le maintien des berges. Plus la végétation est abondante et diversifiée (espèce/taille) et plus les berges seront stabilisées (Figure 20). Leur végétation se découpe en 5 sous-parties. Il faut estimer un pourcentage d'abondance par tronçon.

- berges nues (%) : aucune végétation n'est perceptible
- végétation herbacée (%)
- végétation arbustive (%) : végétaux possédant un tronc de taille < 2m. Les végétaux de type buissonnant sont compris dans cette catégorie.
- végétation arborescente (%)
- plantation : végétaux implantés par l'homme, le plus souvent alignés.



Figure 20 : 50% d'herbe 50% arbuste

Il faut également préciser l'hétérogénéité du recouvrement (Figure 21) sur le tronçon pour une même densité de végétaux.

-hétérogénéité faible : lorsque la végétation est ponctuelle et peu dispersée sur l'ensemble de la surface.

-hétérogénéité moyenne : lorsque la végétation recouvre la moitié de la surface de façon uniforme.

-hétérogénéité forte : lorsque la végétation est fortement dispersée sur l'ensemble de la surface.



Figure 21: Différents critères d'hétérogénéité (faible/moyen/fort)

La diversification des espèces est également un critère à prendre en compte. Nous considérerons que la diversification est :

- faible : de 1 à 3 espèces
- moyenne : de 4 à 9 espèces
- forte : > 10 espèces.

Nous avons retenu 3 impacts majeurs concernant la végétation :

- l'abrouissement
- le piétinement (humain ou / et animal)
- le défrichage.

I.3Le sol S.

De la composition du sol dépend l'enracinement des végétaux. Suivant la force de cohésion des matériaux constituant la berge, le phénomène d'érosion sera plus ou moins important.

La diversité des sols au niveau des berges au Mali est faible. Il peut y avoir la présence de différents matériaux dans des proportions différentes sur le même tronçon. Quatre types de sol ont été retenus :

- sols rocailleux (%) : cailloux de 2 à 5 cm de diamètre (Figure 22)
- sols argileux (%) (Figure 23)
- sols sablonneux (%) (Figure 24)
- remblais (%) : préciser la nature (gravats / ordures ménagères...)



Figure 22 : Sols rocailleux



Figure 23 : Sols argileux



Figure 24 : Sols sablonneux

I.4 Les Usages U.

Le fleuve sert à de nombreux usages dans la vie quotidienne des maliens. Il est important de tenir compte de ces pratiques avant la mise en place des techniques.

Hiérarchiser par ordre d'importance les différents usages (1 étant l'usage le plus important)

- piétinement du bétail : l'observation de points d'abreuvement ou l'observation de bétail (vaches, ânes, chèvre) sur la banquette en pied de berge suffit à notifier cet usage (Figure 25).
- piétinement humain : l'observation de travaux ménagers (lessive, vaisselle) sur la banquette en pied de berge et/ou d'accostage de pinasses suffit à indiquer cet usage (Figure 26).



Figure 25 : Abreuvement des vaches



Figure 26 : Activités de lessive et de vaisselle

- habitat temporaire : les Bozos (pêcheurs) et les Bellas (anciens esclaves touaregs) construisent, pendant la saison sèche, des huttes temporaires qu'ils détruiront à l'hivernage.
- maraîchage (m²): donner une valeur de surface (Figure 27)
- extraction de sable (m²): donner une valeur de surface
- assainissement
- accès aux véhicules



Figure 27 : Maraîchage

I.5 Enjeu E.

C'est ce pourquoi on décide ou non de protéger la berge. Pour déterminer l'enjeu, il suffit de regarder l'occupation du sol en haut de berge. Il est nécessaire d'évaluer à quelle distance se trouve l'enjeu par rapport à la rive. On comparera cette distance à la quantité de matériaux emporté par an. (exp : Si la quantité de matériaux emporté est de 0,50m/an et les habitations sont à 1m de la rive alors l'enjeu est fort. A contrario, si la quantité de matériaux emportés est de 0,50m/an alors que les habitations sont à 5 m de la rive : l'enjeu est faible)

Les autochtones ont souvent le souvenir de la situation du village à une date précise. Exp. : le village se situait entre 25 et 30 m en 1968 par rapport à la position actuelle du village. Le fleuve emporte donc en moyenne 0,5 à 0,75 m /an de sol.

Certains critères sont facilement visibles tel que :

- le village (Figure 28)
- les habitations isolées (Figure 29)
- la route
- la mosquée (Figure 30)
- le maraîchage/culture



Figure 28 : Village



Figure 29 : Habitats isolés



Figure 30 : Mosquée

Pour évaluer la présence d'enjeux tel que : cimetière (Figure 31) et arbres sacrés (Figure 32) il est indispensable de se faire accompagner par un autochtone.



Figure 31 : Cimetière en partie détruit

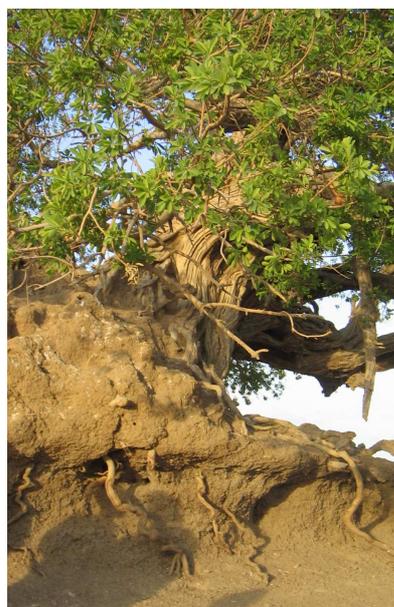


Figure 32 : Arbre sacré

I.6 Ripisylve R.

Elle a un rôle identique à celui de la végétation (sédimentation, protection contre le ruissellement...). Les catégories sont quasi-identiques à celle de la végétation et s'expriment en pourcentage de recouvrement : herbacé, arbustive, arborescente, plantation. L'absence de ripisylve doit être aussi notée. Le critère d'hétérogénéité n'est pas pris en compte. Il faut, cependant, essayer d'identifier les causes de disparition du cordon végétal (abroustissement, défrichage, habitations...)

II Morphologie des berges naturelle (BN)

La morphologie donne des indications précises sur la forme de la berge et sur la dégradation qu'elle subit.

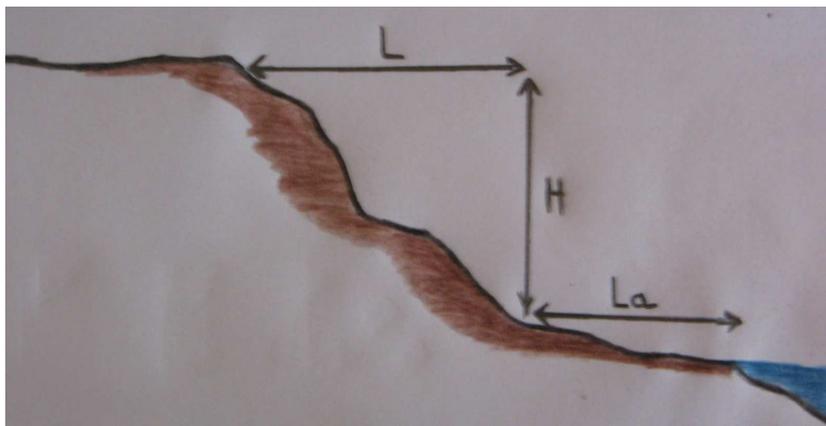


Figure 33 : Dimension de berge

II.1 Dimensions

Pour bien décrire une berge, il est indispensable de connaître certaines grandeurs telles que (Figure 33) :

- la longueur (m)
- la hauteur (m)

Ces deux dimensions permettent de déduire la pente de la berge. (exp.: Longueur : 10m ; Hauteur : 5m ; Pente : 5/1)

Il faut également connaître :

- la profondeur du fleuve à l'étiage
- si il existe ou pas une stabilisation du pied de berge. Si le pied de berge est érodé alors la structure de la berge est très instable.

II.2 Impacts de l'érosion

Dans le cas d'une typologie de berge de type BN3 (processus d'érosion à plusieurs éléments verticaux) il faut :

- déterminer le nombre de parties verticales : nous considérons une partie verticale lorsque l'angle est supérieur à 45°. Ce nombre de parties verticales est ramené à la hauteur de berge. (Exp. : 3 parties verticales/ 5m).
- localiser les parties verticales : haut de berge/mi-berge/pied de berge (Figure 34).



Figure 34 : Trois parties verticales en haut de berge/mi-berge/pied de berge.

II.3 Stratification

C'est la succession de différentes couches de matériaux. Il faut déterminer si celle-ci est :

- homogène : une seule couche
- hétérogène : plusieurs couches

La stratification prend en compte la cohésion des matériaux. Plus le matériau a un pouvoir de cohésion élevé et moins le fleuve aura d'emprise. Nous partons de la nature des matériaux pour déterminer la force de cohésion :

- sable : cohésion faible
- argile : cohésion moyenne
- roche : cohésion forte

II.4 Atterrissement

C'est le prolongement à pente très faible de la berge (Figure 35) toujours recouvert en période de crue. Lorsqu'un atterrissement est présent il est utile de le décrire en précisant :

- la nature de la végétation (herbacée, arbustive, arborescente) si elle existe.
- la nature des matériaux (sable, argile, cailloux)
- la longueur à l'étiage (m) (noté L_a sur la Figure 33).



Figure 35 : Atterrissement au niveau des berges de Mopti.

III Morphologie des berges artificialisées (BA)

III.1 Caractéristiques du linéaire

De la même façon que pour les berges naturelles, il est indispensable de décrire de façon technique les berges artificialisées. L'analyse doit se faire de façon linéaire tout en tenant compte des points de dégradation.

Pour ce qui est de l'observation linéaire, il faut noter :

- la longueur (L) : en mètre (m)
- la hauteur (H) : en mètre (m)
- le type de matériaux utilisé (béton, banco, blocs, pieux, nattes...)
- présence d'une banquette en pied de berge.

Il est indispensable d'analyser la « praticabilité » de l'ouvrage :

- nombre d'accès piétons par mètre linéaire (ml) (Figure 36)
- nombre d'ouvrages pour l'évacuation de l'eau par mètre linéaire (ml) (Figure 37)
- position des évacuateurs d'eau (sur la berge uniquement /se prolonge sur l'atterrissement)



Figure 36 : Accès piéton. Mopti.



Figure 37 : Evacuateur d'eau

III.2 Les points de dégradation

S'agissant des points de dégradation, il est nécessaire de déterminer les causes de dégâts. D'après les observations de terrain, nous avons retenu quatre origines de dégradation :

- ruissellement de surface
- infiltration en haut de berge
- sapement du pied de berge.
- défaut de construction : matériaux pas adaptés, pente trop abrupte, pas de socle en pied de berge...
- racines des arbres.

Il est nécessaire de compter le nombre de dégradations ponctuelles par mètre linéaire. Nous pouvons ramener cette valeur en pourcentage.

IV Avis d'expert

C'est l'avis général que donne l'expert d'après ses connaissances, son expérience du terrain et ses observations. Son avis porte généralement sur l'état général de la berge, sur son état de dégradation (faible/moyen/fort). Il se positionne sur l'urgence de l'intervention d'après les enjeux associés. Il peut également proposer un type de technique envisageable (végétale, minérale, maçonné).

V *Mise en œuvre*

Pour vérifier la validité de la typologie et de la morphologie, deux sites ont été choisis de manière aléatoire (site n°2 et 3) et deux autres de façon objective (site n°1 et 4).

La typologie a été testée exclusivement depuis une pinasse. Les sites n°1,2 et 3 sont situés sur le Niger et le site n°4 sur le Bani.

V.1 **Remarques générales**

Les critères de végétation sont bien adaptés. Estimer le pourcentage de végétation peut parfois s'avérer difficile (végétation et ripisylve) sur un long tronçon, auquel cas on peut calculer le nombre d'arbre pour 100m ou la longueur de bande herbacée sur l'ensemble du tronçon. Il faut garder à l'esprit que l'impact d'abrutissement et de piétinement se déduisent des activités en pied de berge.

En ce qui concerne les usages, il est préférable de quantifier le piétinement, les habitats temporaires. Exp. : très important +++/ important ++/moyen +/-faible--/très faible ---.

Les critères de morphologie sont faciles à évaluer à l'exception du critère « stratification ». Il faudrait visiter un plus grand nombre de sites pour pouvoir évaluer l'utilité de ce critère.

Les pinassiers peuvent connaître la hauteur d'eau à l'étiage ou l'observation des personnes se baignant peut nous renseigner.

L'avis d'expert est indispensable car il donne une appréciation globale de l'état des berges. Par ailleurs, cet avis est modéré suivant les différents critères de la typologie.

SITE N°1

Nom du fleuve: Niger (rive droite)

Situation : Sur le Niger au niveau du village de Bargodaga.

TYPOLOGIE

Type : Bn1

Végétation : Nue (80%) ; Arborescente (20%)

Hétérogénéité : moyenne **Diversité :** faible **Impact :** piétinement (+-)

Sol : Argile (100%)

Usage : piétinement humain (+-); piétinement animal (+-) (habitats temporaires (5-6), assainissement (+-), accès véhicule (+++) (bac de Mopti)

Enjeux : habitations isolées

Ripisylve : Absente

MORPHOLOGIE

L (m) : 10

H (m) : 5

pente : 2/1

Profondeur à l'étiage (m) : 1m

Stabilisation du pied de berge : non

Nombre d'éléments verticaux : aucun

Nombre de couche : 1 homogène **nature :** argile

Atterrissement : absent

AVIS D'EXPERT

Etat après modération : 

Etat de dégradation moyen. Urgence de l'intervention moyenne car il existe déjà des techniques locales (à améliorer)

SITE N°2

Nom du fleuve: Niger

Situation : En amont du site 1 entre le gouvernorat et le village de Bargodaga.

TYPOLOGIE

Type : BN1

Végétation : Nue (26%)/Herbacée (3-4%)/ Arbustive (70%)

Hétérogénéité : moyenne **Diversité :** faible **Impact :** piétinement

Sol : argile (80%), rocailleux (20%)

Usage : maraîchage accès véhicule (passage de moto)

Enjeux : Route

Ripisylve : Arbustive (20%)

MORPHOLOGIE

L (m) : 5

H (m) : 3

penne : 5/3

Profondeur à l'étiage (m) : 0,5-1

Stabilisation du pied de berge : non

Nombre d'éléments verticaux : aucun

Nombre de couche : 1 couche homogène **nature :** argile

Atterrissement : absent

AVIS D'EXPERT

Etat après modération : 

Pas de réelle dégradation. Pas d'enjeux réels donc l'urgence d'intervention est faible.

Il peut être proposé de ne pas agir ou de mettre en place une ripisylve passive, voir un engazonnement.

SITE N°3

Nom du fleuve: Niger (rive droite)

Situation : Sur le Niger à la confluence entre le Bani et le Niger.

TYPOLOGIE

Type : Bn3

Végétation : Nue (86%) ; Herbacée (10%) ; Arbustive (vétiver exclusivement 3-4%)

Hétérogénéité : faible **Diversité :** faible **Impact :** piétinement (+-)

Sol : Sable (100%)

Usage : piétinement humain (+-) ; piétinement animal (+-)

Enjeux : habitations isolées

Ripisylve : Absente

MORPHOLOGIE

L (m) : 1,50

H (m) : 3

pente : 1/2

Profondeur à l'étiage (m) : environ 2m

Stabilisation du pied de berge : non

Nombre d'éléments verticaux : 5 (haut/mi/pied)

Nombre de couche : 1 homogène **nature :** argile

Atterrissement : 10m herbacée (100%)

AVIS D'EXPERT

Etat après modération : 

Erosion abrupte a plusieurs éléments verticaux

Enjeux faibles/nul

SITE N°4

Nom du fleuve: Bani

Situation :

TYPOLOGIE

Type : BN1

Végétation : Nue

Hétérogénéité : **Diversité :** **Impact :** piétinement

Sol : argile (100%)

Usage : piétinement humain (+-) /habitats temporaire (5-6)

Enjeux : Village et mosquée

Ripisylve : absente

MORPHOLOGIE

L (m) : 8

H (m) : 3

pente : 4/1,5

Profondeur à l'étiage (m) : 1-1,5

Stabilisation du pied de berge : non

Nombre d'éléments verticaux : aucun

Nombre de couche : 4 couches homogènes **nature :** argile

Atterrissement : absent

AVIS D'EXPERT

Etat après modération : 

Erosion principalement de surface, ruissellement. Etat moyen de dégradation.

Enjeux importants car la mosquée se situe à moins d'1m de la bordure de berge.

Prévoir des rigoles ou passages préférentiels pour l'eau de pluie. Possibilité de plantation de la ripisylve.

VI Diagramme décisionnel

VI.1 Description

Le diagramme décisionnel (Figure 38) comme son nom l'indique sert à choisir la technique la plus adaptée dans un contexte bien défini. Ce diagramme s'appuie sur 4 critères fondamentaux qui sont : le contexte urbanisé, la contrainte hydraulique, les enjeux et la nature du sol.

Nous nous trouvons dans un contexte urbanisé fort lorsque le site est une ville (Mopti, Djenné, Sofara...). Les petites villes ou villages de brousse (Tienel, Bourey, MouhnPeulh...) font partie du contexte urbanisé faible. Dans tous les autres cas, ce dernier est nul.

Le contexte hydraulique est à évaluer sur le terrain suivant la force du courant, la trajectoire du cours d'eau...

Les enjeux sont décrits dans la typologie. Il faut évaluer à quelle distance l'enjeu se trouve de la bordure de berge afin de déterminer si il est faible ou fort. Des exemples seront donnés dans le paragraphe « Mise en œuvre ».

Les sols argileux ne nous permettent pas d'implanter des techniques de génie végétal c'est pourquoi nous avons retenu la présence ou non d'argile (critère : « nature du sol »).

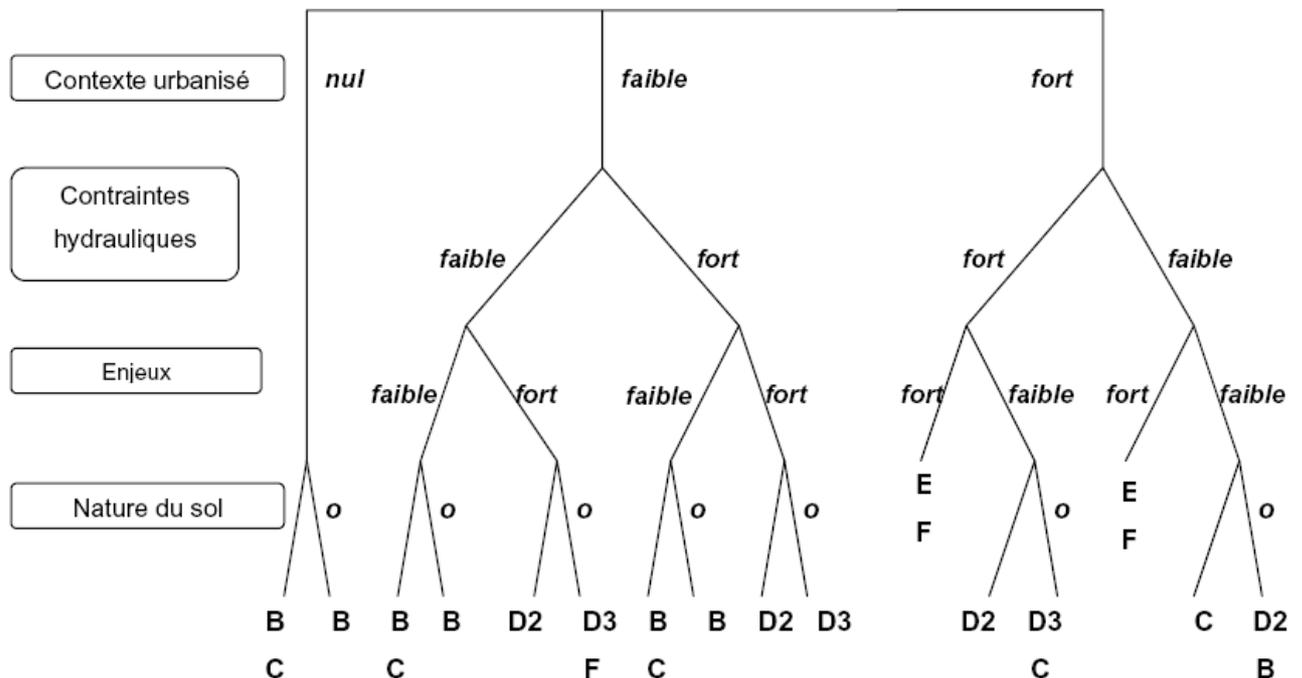


Figure 38 : Diagramme décisionnel

Remarque : La lettre « o » au niveau de la nature du sol indique un sol argileux

VII Mise en œuvre

Deux sites ont été retenus pour la validation du diagramme décisionnel. Le premier site de Sofara (60k en amont de Mopti) a déjà bénéficié d'une technique de protection de type « gabion ». L'objectif est de vérifier si la technique proposée par le diagramme décisionnel est en accord avec ce qui a été réalisé. Le second site de Boucary (cercle de Tenekou) ne bénéficie d'aucune protection, l'objectif est de trouver une protection adaptée en utilisant le diagramme décisionnel.

Le diagramme décisionnel n'est en aucun cas une fin d'expertise. C'est un outil qui sert à la prise de décision mais le choix de la technique la plus adaptée revient à l'expert. Quelque soit le technique proposée, elle doit être confrontée au contexte local et à la capacité de la population à mettre en place et à pérenniser de telles protections.

Sofara

Situation : Ville située à la confluence du Yamé et du Bani (Figure 39).

Contexte urbanisé : FORT

Contrainte hydraulique : FORTE. Lors de l'hivernage, le Yamé (à sec en période sèche) arrive des falaises du pays Dogon avec une vitesse (pente forte) et un débit très important.

Il vient ainsi arracher des pans entiers de berge au niveau de la ville de Sofara.

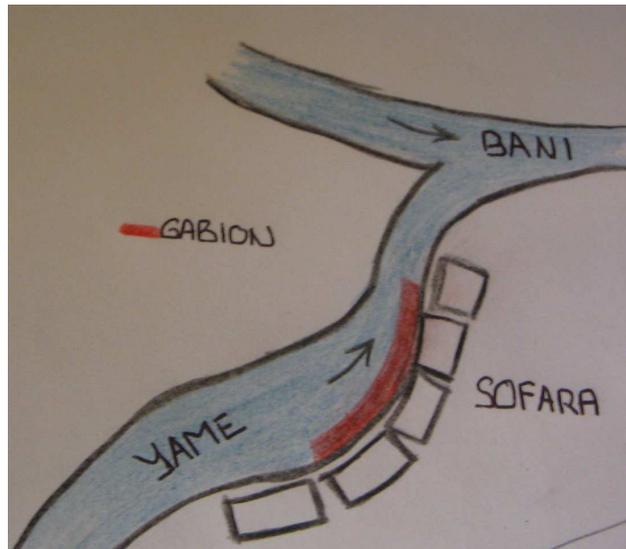


Figure 39 : Situation de Sofara.

Enjeux : FORT. Une partie de la ville de Sofara se trouve en bordure du Yamé (Figure 40).

Nature du sol : Dans ce cas précis, il n'est pas indispensable de connaître la nature du sol. Cependant les berges au niveau de Sofara sont argileuses



Figure 40 : Maisons en bordure du Yamé

Solution retenue d'après le diagramme décisionnel : Si l'on suit le cheminement du diagramme, les solutions proposées sont E (technique maçonnée) et F (technique de type minéral - gabion).

Le choix définitif de la technique entre la solution maçonnée et la solution minérale est fait suivant le coût et la disponibilité des matériaux.

Boucary

Situation : Village de brousse, situé sur la rive droite du Diaka, dans la commune rurale de Diondiori (Figure 41).

Contexte urbanisé : FAIBLE

Contrainte hydraulique : FAIBLE. Le Diaka au niveau de Boucary a une pente très faible, on en déduit donc une vitesse d'écoulement faible.

Enjeux : FORT. Un quart du village de Boucary est déjà parti dans le fleuve. On estime à 0,50m à 0,75m/an.

Nature du sol : Berges argileuses

Solution retenue d'après le diagramme décisionnel : Si on suit le cheminement du diagramme, les solutions proposées sont F (technique de type minéral -gabion) et D3.

En prenant en compte les contraintes liées à la mise en place du génie végétal, on aboutit à une solution de type D3-3 (hauteur d'eau à l'étiage >1m.)



Figure 41 : Aspect général des berges au niveau de Boucary

VIII Résultats escomptés

La typologie et le diagramme décisionnel ont pour finalité la création d'une carte. Ces cartographies du fleuve Niger ont pour but de montrer de façon rapide et explicite :

- l'état des berges
- les pressions
- les solutions

L'état des berges s'appuie principalement sur la typologie et l'avis d'expert.. Les pressions sont déterminées sur le terrain : les pressions anthropiques (piétinement...) ou naturelles (contraintes hydrauliques.). Les solutions sont déterminées à l'aide du diagramme décisionnel et peuvent être complétées de façon personnelle suivant les observations faites sur le terrain. Trois cartes (Figure 42, Figure 43, Figure 44) ont été réalisées sur des tronçons de berges au niveau de Mopti, pour donner une idée du rendu lors d'un futur diagnostic des berges.

En ce qui concerne la carte des pressions (Figure 43), la contrainte hydraulique n'a pas été prise en compte, étant donné que nous sommes en période d'étiage. Que se soit pour le Bani ou le Niger, les vitesses de courants sont faibles.

Les solutions ont été d'une part données d'après le diagramme décisionnel mais également d'après les observations de terrains (pose de rigoles pour l'eau de pluie, amélioration des techniques locales).

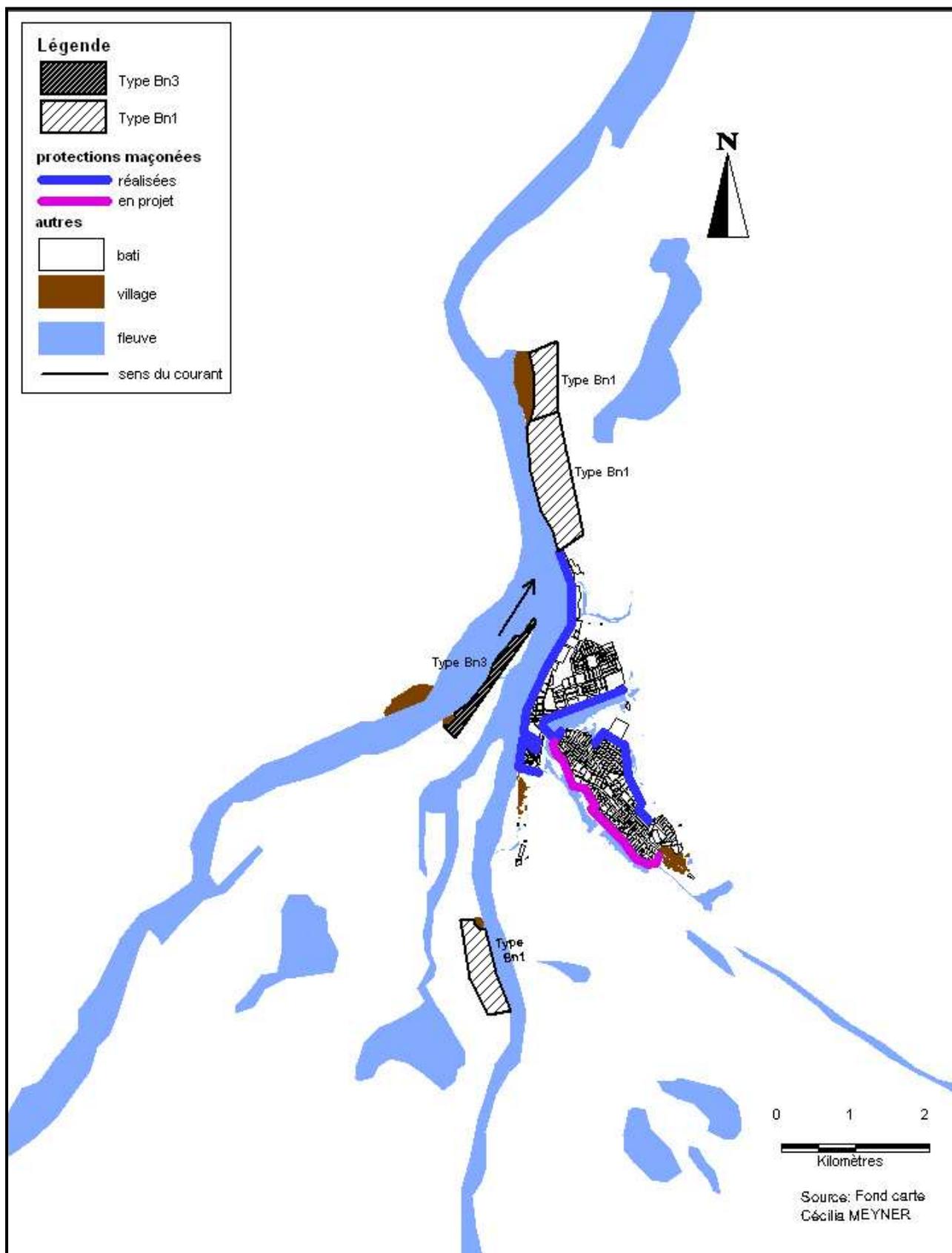


Figure 42 : Carte des états

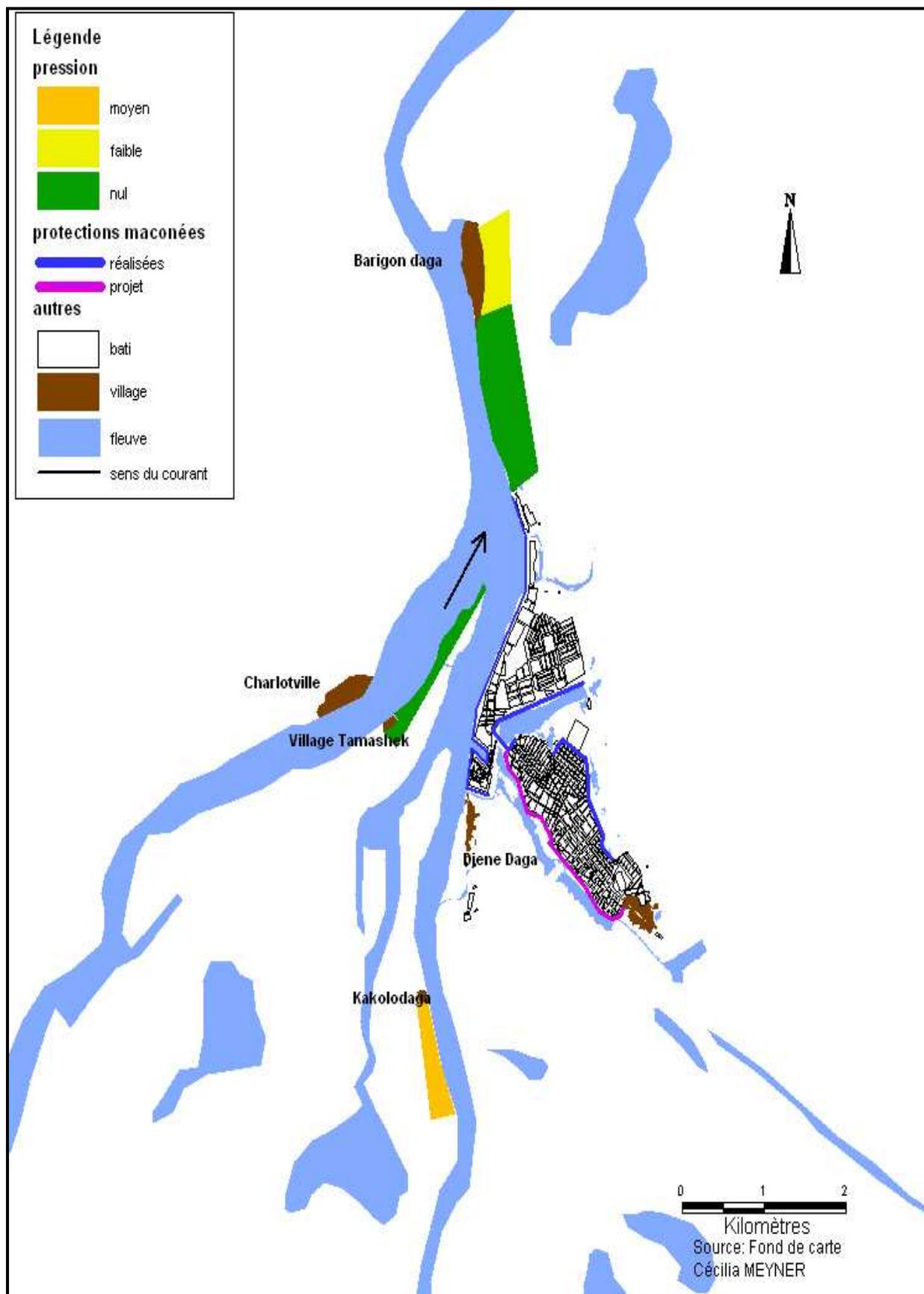


Figure 43: Carte des pressions

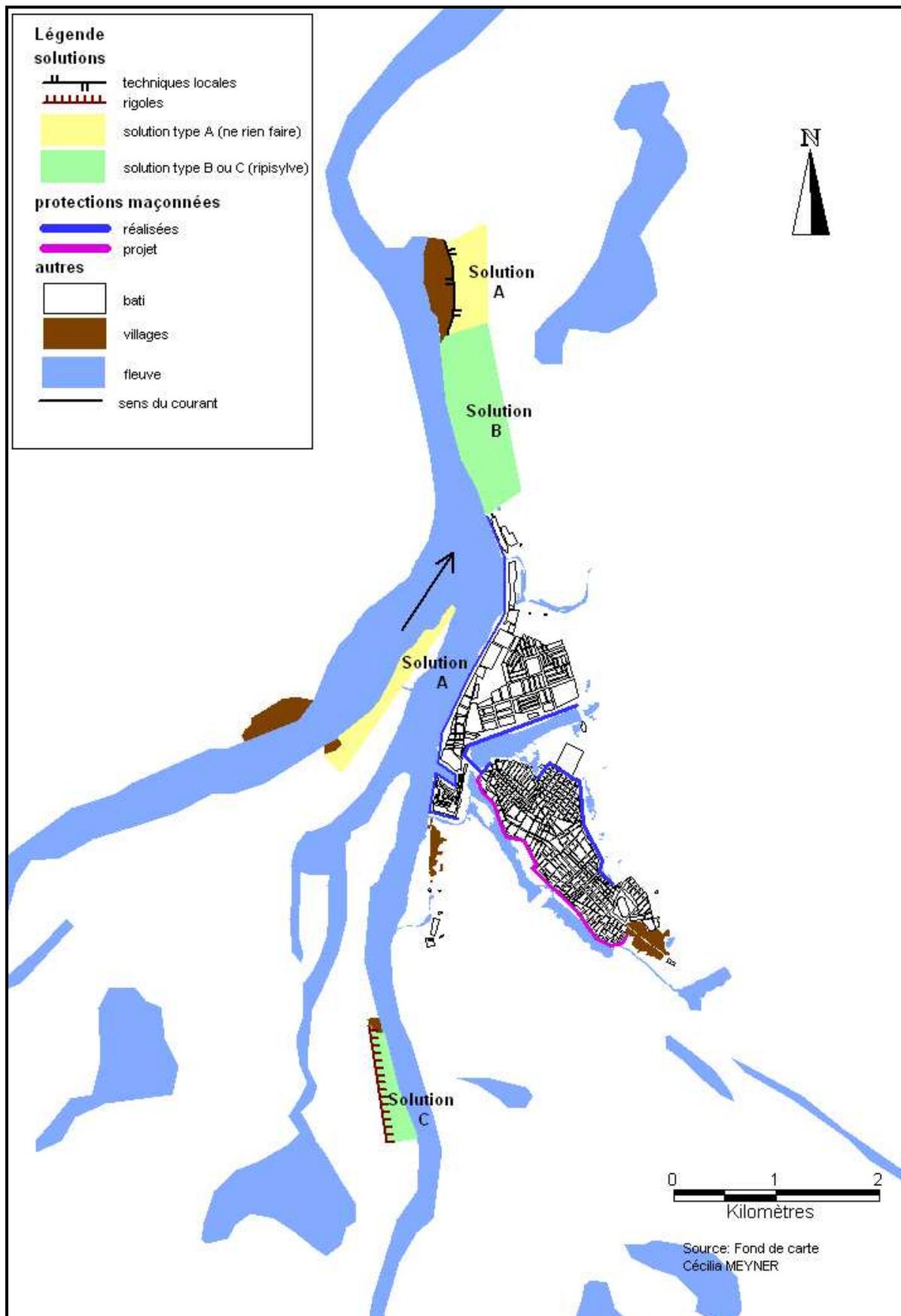


Figure 44: Carte des solutions

IX Les techniques

IX.1 Description des techniques

D'après nos observations terrain, nous avons dégagés 7 grandes classes de techniques (Tableau 1) pouvant être utilisées dans le contexte malien. A chacune d'elle, est rattachée une lettre correspondant aux lettres utilisées dans le diagramme décisionnel.

Tableau 1: Les différentes techniques proposées.

Classe	Technique
A	Ne rien faire
B	Ripisylve passive : laisser pousser spontanément les végétaux.
C	Plantation de la ripisylve : formée de plants provenant de pépinière.
D	Techniques de génie végétal D1/D2/D3 (cf. Tableau 2)
E	Les techniques maçonnées
F	Technique minérale de type gabion
G	Technique passive de type épis ou type déflecteurs.

IX.1.a Description des techniques en génie végétal

Les techniques de génie végétal sont au nombre de 7 et sont décrites comme suit :

D1-1 : Plantations sans fixation du pied de berge. La berge est recouverte uniquement de plants sans que le pied de berge soit consolidé (Figure 45).

D2-1 : Plantations avec fixation du pied en génie végétal. Le pied de berge est consolidé à l'aide d'herbacées en grande densité (Figure 46)



Figure 45: Plantations sans fixation du pied.



Figure 46: Plantation avec végétalisation en pied.

D2-2 : Plantations avec fixation du pied en peigne (Figure 47). Le pied de berge est consolidé avec un amas de branchage qui retiendra les sédiments.

D2-3 : Plantations avec fixation du pied en génie minéral (Figure 48). Il existe un soubassement en pied de berge en dur.

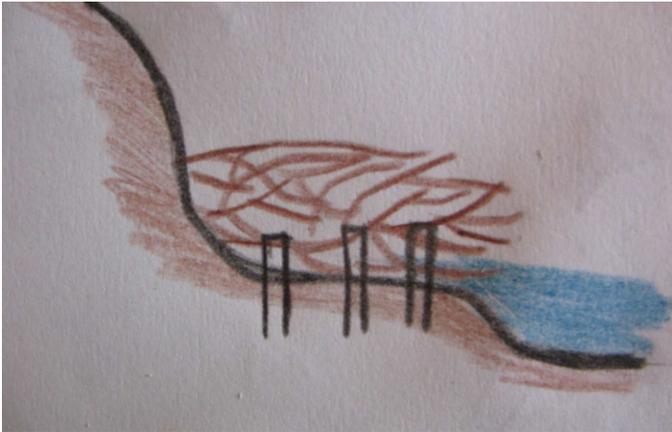


Figure 47: Pied de berge en peigne.

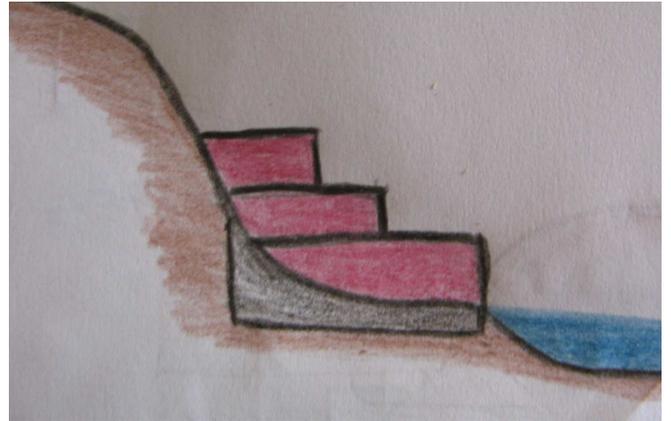


Figure 48: Pied de berge en génie minéral.



Figure 49: Plants et plançons avec pied végétalisé

D3-1 : Plantations en plants et plançons avec fixation du pied en génie végétal (Figure 49).

D3-2 : Plantations en plants et plançons avec fixation du pied en peigne.

D3-3 : Plantations en plants et plançons avec fixation du pied en génie minéral.

IX.1.b Description de la technique maçonnée : mur de soutènement

Cette technique est utilisée au niveau de la ville de Mopti du port jusqu'au gouvernorat. C'est la technique la plus recommandée dans les villages interrogés. La population voit dans cette technique une solution pérenne pour le maintien des berges : il s'agit de faire un remblai de blocs rocheux entouré de maçonnerie de moellons (Figure 50). Cette dernière reposant sur des pieux de 1 à 1,5m. Il existe en haut de berge un remblai en latérite pouvant mesurer de 3 à 30 m de long, sur lequel peut être planté des arbres. Le mur de soutènement est adapté à des pentes de 1/0,25 à 1/2.

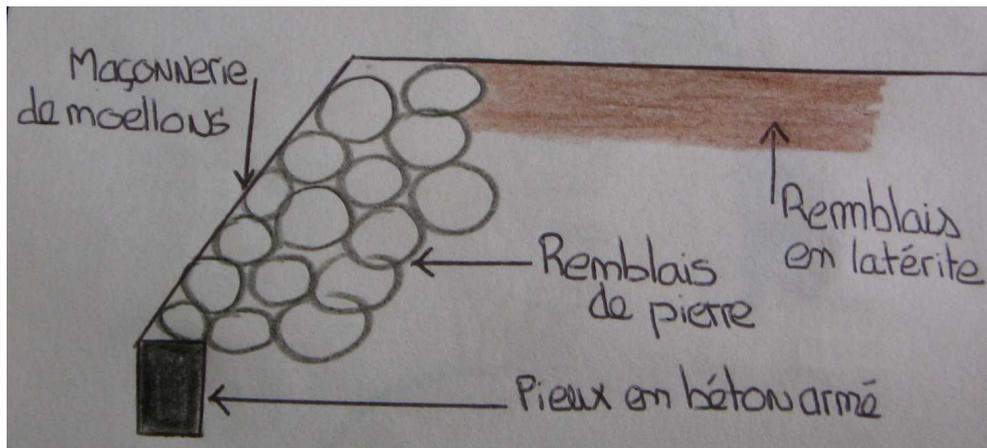


Figure 50 : Croquis de la technique du mur de soutènement

Cette technique n'est pas forcément bien adaptée dans le contexte malien, car le ciment qui sert de liant ne supporte pas la chaleur et se fissure. De plus, sur la plupart des ouvrages, il manque un soubassement.

IX.1.c Description de la technique minérale : Gabion

Cette technique est facilement adaptable au contexte malien. Ce sont des matériaux concassés compactés dans une structure rigide en métal (Figure 51). Le plus souvent ces caissons sont disposés en escalier du pied de berge en remontant vers le haut de berge.



Figure 51: Détail d'un gabionnage (Sofara)

Cette technique s'utilise de préférence sur des sites pourvus de matériaux fins. Elle est adaptée à des berges pouvant subir des déformations (berges argilo sableuses). Il est cependant conseillé de faire un soubassement en pied et de ne pas poser la structure à même le sol. Elle peut également servir pour la réalisation d'épis, de seuils artificiels, de digues. La mise en place de cette technique est relativement facile car les gabions peuvent être préfabriqués (kit).

IX.1.d Description de la technique locale : Tara

Cette technique est aussi bien utilisée dans le milieu urbain que dans le milieu rural. Elle est principalement implantée dans les zones où les hauteurs de berge sont importantes. C'est une technique non pérenne car elle est détruite en partie en période de crue. En période de sécheresse, ce sont les populations qui se servent des matériaux (bois, sac de banco²). Chaque année les populations reconstruisent le tara.

Cette technique consiste à entasser sur un matelas de buisson secs (feuilles, branchages, paille de riz...) des sacs remplis de banco ou de sable (Figure 52).

Les sacs de sable sont maintenus par des pieux en bois. Cette technique est parfois agrémentée de nattes de paille ou consolidée par des plaques de tôle. Une seconde technique locale consiste à faire uniquement un mur de sac de sable ou de banco (Figure 53)



Figure 52: Tara (Djennedaga/Mopti)



Figure 53: Mur de sac de banco (Bargodaga/Mopti)

² Mélange d'argile, de fumier, de terre et d'eau ; autrefois enrichi en beurre de karité.

X Contraintes

Toutes les techniques ont des contraintes d'implantation. Il faut prendre en compte ces dernières, dans le choix de la technique de maintien des berges.

X.1 Contraintes liées au génie végétal (expérience ARM)

Les contraintes d'ordre socio-culturelles et/ou techniques ont été recensées d'après l'expérience de l'Assemblée Régionale de Mopti (partenaire de la Région Centre). L'Assemblée Régionale a expérimenté différentes techniques de reforestation dans 4 « communes-test » (Diondiori, Deboye, Konna, Femaye). Leur expérience nous permet aujourd'hui de tirer des conclusions quant aux actions à mener ou à éviter. Les différents modes de reforestation (semis, poquet, repiquage) pourront être repris lors de la mise en place de la ripisylve.

X.1.a Les contraintes socio-culturelles

La contrainte socio-culturelle la plus importante vient du mode de vie nomade de certaines ethnies. De par leur forte mobilité, il est difficile de sensibiliser ces peuples aux travaux de reforestation. Les pêcheurs (Bozos) utilisent souvent les plants pour leurs propres besoins (cuisine, construction...) et les éleveurs (Peulhs) laissent divaguer leurs bêtes sur les parcelles cultivées. Pour éviter ces problèmes il est conseillé de clôturer les parcelles et d'organiser un gardiennage.

Dans la problématique des berges il faut songer à laisser libre l'accès au fleuve pour la population (activités ménagères) et le bétail (abreuvement) et trouver des solutions de substitution à la coupe de bois (fours solaire...).

X.1.b Les contraintes techniques

L'expérience de l'Assemblée régionale de Mopti montre que la végétation a des exigences d'implantation (durée d'ensoleillement, durée de submersion, nature du sol...). Il est donc nécessaire d'avoir une connaissance de l'écologie des espèces à planter. Les conditions de transport (approvisionnement) et la disponibilité des matériaux sont également des aspects à prendre en compte.

X.1.c Les contraintes spécifiques aux techniques proposées.

Deux contraintes majeures ont été retenues concernant les techniques en génie végétal : la hauteur d'eau et la nature du sol. Il faut se référer au Tableau 2 ci-dessous pour faire le choix de la technique :

Tableau 2: Contraintes spécifiques liées aux techniques en génie végétal.

Classe	Sous classe	Hauteur d'eau à l'étiage	Nature du sol
D1	D1-1		sable
D2	D2-1	< 50cm	sable
	D2-2	>50 cm et <1m	sable
	D2-3	>50 cm	sable
D3	D3-1	<50 cm	argile/remblais
	D3-2	>50 cm et <1m	argile/remblais
	D3-3	>50 cm	argile/remblais

X.1.d Contraintes liées à la techniques maçonnée ou minérale

Pour ces techniques, la contrainte principale est la disponibilité des matériaux sur le site. Il faut penser au coût du transport ainsi qu'au moyen d'acheminement de ces matériaux (camions, pinasses). Il existe également la contrainte paysagère. Il est important d'intégrer la structure au paysage environnant. . Pour la technique maçonnée, il est possible de faire des plantations en haut de berge et aménager une bande gazonnée en pied de berge (contexte urbain), tandis que pour la technique en gabion on peut recouvrir de banco ou le revégétaliser.

Remarque : Nous n'avons pas détaillé les techniques passives que sont les déflecteurs et les épis. Les contraintes liées à la mise en place de déflecteurs sont identiques à celle de la mise en place de gabion et les contraintes liées à la mise en place d'épis sont identiques à celle de la mise en place de technique en génie végétal. Dans les deux cas, la hauteur d'eau à l'étiage doit être inférieure à 50 cm.

X.2 Coût

Le coût a un rôle prépondérant dans le choix de la technique. La variabilité des coûts dépend principalement de la disponibilité des matériaux sur le site et par conséquent du prix de l'essence. Il est difficile de comparer les différentes méthodes, sans avoir un site bien défini car les unités ne sont pas les mêmes (Tableau 3). Pour des techniques locales ou du génie végétal on exprime les coûts en ml, tandis que pour les techniques maçonnées l'unité est le m² ou le m³.

Tableau 3: Coût approximatif des différentes techniques (ABFN)

Techniques	Travaux	Prix à l'unité (Fcfa)	TOTAL (Fcfa)	TOTAL (€)
GABION	ouverture du chantier gabion posé	350 000 40 000	390 000	595,42
MACONNERIE	ouverture travaux nettoyage déblais maçonnerie remblais nettoyage	350 000 1000/m² 7 500/m³ 30 000-35 000/ m³ 15 000 1000/m²	409 400	625
VEGETAL (exemple vétivert)	pépinière plantation gardiennage	2 400 000 /ha 5400/ ml 16 500/mois	2 421 900	3 697, 56
LOCALE	salaire	100/homme	100 000	152,67

Les prix sont donnés à titre indicatif, il n'a pas été pris en compte le prix des études préalables (relevés topographiques, étude hydraulique...) nécessaires à la réalisation des techniques maçonnées.

Pour exemple : la construction d'une digue de protection à Diafarabé pouvant s'apparenter à un mur de soutènement, a été estimée à 111 502 000 Fcfa (170 232€). D'autres exemples de devis concernant la mise en place de palplanches sont en Annexe 4.

PARTIE D : DISCUSSION

I Les données techniques

Il y a un manque réel de données techniques validées. Il serait important de mettre en place des indicateurs. Des stations de référence permettraient d'analyser la véracité des dires sur l'ensablement du fleuve Niger. Elles devraient faire l'objet de mesures régulières sur le même exemple que les échelles limnimétriques en France. Des cartographies précises des sites de dépôts et d'érosion, entre différentes années, faciliteraient la compréhension du système « fleuve Niger » (évolution, stabilisation...). Des jaugeages réguliers permettraient d'avoir une connaissance plus précise des débits et des vitesses de courant.

De telles mesures nous permettraient d'analyser avec précision le phénomène d'érosion. Il serait nécessaire de créer une base de données pouvant être accessible et consultable par toute personne travaillant sur cette thématique. Toutes les informations techniques seraient ainsi regroupées dans un même lieu afin de faciliter les recherches.

II Les données sur la végétation

II.1 Connaissances de la végétation.

La mise en place de techniques végétales ne peut se faire sans une connaissance approfondie des espèces floristiques. Pour cela nous proposons un tableau récapitulatif des différentes caractéristiques du végétal à prendre en compte lors des prochaines études. (cf. Annexe 5)

Une sélection des végétaux doit se faire en fonction de leurs usages :

- fonction de protection (maintien des berges) où la rentabilité n'est pas recherchée
- fonction de reboisement (ripisylve) dans ce cas les plantes doivent avoir un intérêt économique. Cette étude de la végétation peut-être réalisée par la Mission Val de Loire ou par un prestataire privé (exp. Wetlands...). La direction régionale de la conservation de la nature (DRCN) et le livre « *Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations* » de MAYDELL H.J. (Cf. Bibliographie) peuvent servir de base à la recherche d'information.

Nous proposons un type de fiches descriptives pouvant servir aux futures études. Elles servent d'exemple mais doivent être le plus exhaustive possible. Les critères les plus importants à prendre en compte sont : la multiplication, l'adaptation aux milieux secs et humides, le type de sol, la reproduction en pépinière.

Il serait également nécessaire de faire, suivant les sites, des coupes en travers des berges en représentant l'étagement des végétaux du pied de berge au sommet de berge. Il a déjà

été établi une typologie de la végétation (typologie de Quensiere/1994, basé sur Hiernaux 1982) qui découpe la végétation en 5 catégories :

- Eaux libres et bas-fonds vaso-sableux (le Niger et ses bras)
- Bourgoutière (lac Débo)
- Mares à nénuphars
- Orizeraies
- Vétivéraies

Il serait intéressant de reprendre ce concept, de l'approfondir et de l'adapter au contexte des berges et de la ripisylve.

TAMARINIER

Tamarindus indica L.

Catégorie : arbre (Figure 54)

Port : dense, étalé, très ramifié légèrement retombant.

Feuillage : persistant, larges feuilles (20-25 cm) alternes paripennées.

Croissance : lente.

Racines : profondes, fortement développées.

Hauteur : 20-25 m

Multiplication : semis / marcottage/ bouturage.

Sol : indifférent, pas adapté aux forêts humides, ne se développe pas sur les marécages et eaux stagnantes.

Site préférentiel : ensoleillé

Utilisation : usages multiples des fruits, des graines, des feuilles et fleurs, bois d'œuvre.

Remarque : Jeunes plants broutés, régénération sporadique.



Figure 54: Tamarinier (www.cariboudagoni.fr)

RÔNIER

Borassus aethipum Mart.



Figure 55 : Rônier (wikipédia)

Catégorie : palmier, arbre dioïque (Figure 55)

Port : érigé.

Feuillage : persistant, feuilles palmées à large éventails, pétioles épineux.

Croissance : lente

Hauteur : 15-18 m

Multiplication : semis de graines fraîches, levée de 2 à 4 semaines / ne prends pas en pépinière.

Sol : sablonneux, humide

Site préférentiel : plus de 800 mm de précipitation annuelle, région avec nappe d'eau haute, sites inondés et herbacés. Arbre héliophile.

Utilisation : construction, logement, clôture, alimentation, nattes...

II.2 Mesures compensatoires

L'expérience de la coopération décentralisée Région Centre/ Assemblée Régionale de Mopti nous a prouvé que des activités de reboisement ne pouvaient voir le jour sans mesures compensatoires. La plantation d'arbres ne pouvant être exploitée est un manque à gagner pour la population malienne.

Les mesures compensatoires peuvent provenir directement de la plantation d'arbres fruitiers (goyaviers, manguiers...) (Figure 56 et 57) ou d'arbres à fort rendement économique (henné).



Figure 56 : Goyavier



Figure 57 : Henné

Ces mesures peuvent compenser leur manque en bois de chauffe avec la mise en place de four solaire. Il peut être proposé des aides pour des minis-projets tel que le maraîchage à faible demande en eau ou bien encore l'élevage de volaille... Quelque soit les mesures compensatoires proposées, elles doivent être prises avec la population locale.

III *Sensibilisation, formation (expérience ARM)*

La communauté malienne est très sensible à la participation au projet. Des réunions d'informations doivent être réalisées dans chacun des villages. Des assemblées consultatives doivent être menées en amont du projet pour recenser les besoins et les attentes de la population. Des réunions de chantier sont indispensables pour, à la fois suivre le bon déroulement des travaux mais également expliquer l'avancée des travaux aux populations. Des stages de formation doivent être organisés pour mettre en place le gardiennage éventuel, pour l'entretien des plants et des pépinières (association de femmes...). L'expérience de la coopération décentralisée a prouvé que se sont les jardins privés et les pépinières entretenus par des femmes qui ont le plus important taux de réussite. De la même façon les principaux facteurs d'échec proviennent du manque de sensibilisation des populations nomades (peulhs et bozos).

CONCLUSION

Les objectifs principaux ont été atteints lors de ce stage, à savoir : la réalisation d'une typologie adaptée au contexte malien et la mise en œuvre d'un diagramme décisionnel. En plus de ce travail, un exemple de base de données a été réalisé. Au cours de nos recherches, nous avons cependant noté un manque de connaissance du fleuve Niger. Ces données scientifiques sont indispensables pour pouvoir établir un réel diagnostic des berges. Nous recommandons une étude approfondie du fleuve Niger dans la Région de Mopti. Ce document devra comporter :

- une étude hydraulique détaillée
- une étude sur l'équilibre sédimentaire
- une étude sur les courants.

et une typologie de la végétation devra être réalisée à partir des pistes données dans ce rapport. L'étude hydraulique doit prendre en compte les débits (débits de crue, de décrue, variations annuelles et interannuelles...), les vitesses de courant (période de crue et période d'étiage) mais également le phénomène de débordement du fleuve dans la partie inondée du Delta. L'équilibre sédimentaire désigne l'étude des zones de dépôts et de sédimentation ; le mouvement des bancs de sable mais aussi la charge de sédiment transporté.

Ce document, nous permettra d'adapter au mieux les solutions techniques proposées dans ce rapport méthodologique.

Il est indispensable de prendre en compte l'avis de la population avant la mise en place des techniques car ce sont eux les garants de la pérennité des travaux. Il ne faut pas non plus oublier que des protections locales existent et qu'il y a un intérêt certain à s'inspirer de ce qui a déjà été réalisé.

Dans un contexte tel que le Mali, où l'accessibilité des sites est difficile et les moyens (financier, matériel) sont faibles, il est parfois préférable de penser à des solutions plus simples que de réelles techniques de protection. Il suffit, dans certain cas de creuser des rigoles pour détourner les eaux de pluie ou de réorganiser les activités en bordure du fleuve....

Les hommes doivent apprendre à vivre avec les éléments naturels qui les entourent sans trop essayer de les contraindre. La nécessité d'intervention doit être bien évaluée. La double dimension : scientifique et culturelle a donné à ce stage toute son originalité.

BIBLIOGRAPHIE

GODARD, A. Juillet 2004. *Les Climats/ Mécanismes, variabilité, répartition*. TABEAUD Armand Colin Editeur, Paris. 211p.

AUZIAS, D. et LABOURDETTE J.P.2007. *Le Petit Futé Mali 2007-2008*.Nouvelles Editions de l'Université, Country Guide, Paris.328p.

LACHAT B. 1999. *Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales*. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, DIREN Rhone-Alpe. 1994 réédition 1999. 135p.

ADAM, P. DEBIAS, N. MALAVOIS, J.R. 2007. « *Manuel de Restauration Hydromorphologique des cours d'eau* ». Direction de l'eau, des milieux aquatiques et de l'agriculture, Nanterre. 64p.

BACHOC, A. GUILLOU, S. MAMAN, L. BACCHI,M. BERTON, J.P. FAUCONNIER, J.M. 2002. *Restauration et Entretien du lit de la Loire et de ses affluents*. 1^{ère} et 2^{ème} partie. Plan Loire Grandeur Nature Direction Régionale de l'Environnement Centre. Service de Bassin Loire-Bretagne.62p.

MORIN, E. B.Sc.2003. *Restauration des berges et sensibilisation de la population à de bonnes pratiques en milieu riverain* 2003. Bassin Versant St Maurice.50p

Ministère de l'administration territoriale et des collectivités locales. Direction Nationale des Collectivités Territoriales. Novembre 2003. *Lois et Décrets de la Décentralisation*. Nouvelle Imprimerie Bamakoise, Bamako.5^{ème} édition. 128p

Ministère de l'environnement et de l'assainissement. Agence du Bassin du Fleuve Niger (A.B.F.N.).GRACELI. *Vulgarisation de la technique du système vétiver, Cahier des Participants*.10 p

Ministère de l'environnement et de l'assainissement.2005. *Rapport National sur l'Etat de l'Environnement* .N'Golonina, Bamako. 2006.119p.

PICOUET C. 1999. *Géodynamique d'un écosystème tropical peu anthropisé - Le bassin supérieur du Niger et son delta intérieur*. Thèse de l'Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, 450 p.

ORANGE D., Arfi R., Kuper M., Morand P, Poncet Y. IRD (ou ORSTOM), 2002. *Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales*; Sémin. Int., Bamako, 20-23 juin 2000 ; IRD, Collection Colloques 998 p.

OLIVRY J.-C., Gourcy L., Touré M. /IRD (ou ORSTOM), CNRS (France), INSU (France), 1993. *Premiers résultats sur la mesure des flux de matière des apports du Niger au Sahel* in PEGI, colloque "Grands bassins fluviaux péri atlantiques : Congo, Niger, Amazone", Paris 22-24.novembre 1993, p.65.

OLIVRY J.-C. ,BM, ABN, 2002.*Synthèse des connaissances hydrologiques et potentiel en ressources en eau du fleuve Niger*.158 p.

MAYDELL H.J., 1983. *Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ),Eschborn. N°147, 531p.

WYMENGA E., KONE B., VAN DER KAMP J.,ZWARTS L., 2002. *Delta Intérieur de Fleuve Niger. Ecologie et gestion durable des ressources naturelles*. Mali-PIN Publication.2^{ème} édition. 240p.

SITES INTERNET

<http://www.qc.ec.gc.ca> (consulté le 11/03/08)

<http://region.segou.net>. (consulté le 5/03/08)

<http://www.agora21.org/grn-lcd/Mali/fichiers/Inloc/couvert-vetal.htm> (consulté le 11/03/08)

<http://www.tlfq.ulaval.ca> (consulté le 11/03/08)

<http://www.stage.alternative.ca> (consulté le 11/03/08)

<http://www.wikipédia.com> (consulté le 11/03/08)

<http://www.whycos.org> (consulté le 25/07/08)

<http://www.cariboudagoni.fr> (consulté le 11/03/08)

LISTE DES FIGURES

Remarque : Crédit photo de Céline MALET

Figure 1 : Situation du Mali en Afrique (www.tlfq.ulaval.ca et www.stage.alternative.ca)	5
Figure 2 : Les 8 régions du Mali (Wikipédia).....	6
Figure 3 : Bassin versant du Fleuve Niger (http://www.whycos.org)	6
Figure 4 : Organigramme de l'Agence du Bassin du Fleuve Niger (ABFN)	8
Figure 5 : Débits moyens annuels sur une période de 60 ans (MALET/IRD)	10
Figure 6 : Hauteur d'eau moyenne sur une période de 60 ans (MALET/IRD)	11
Figure 7 : Hauteur d'eau de l'année 2006. (MALET/IRD).....	11
Figure 8 : Moyenne des pluies sur 60 ans.	12
Figure 9 : Evolution du trace du fleuve Niger entre 1971 et 2006	14
Figure 10 : Evolution des bancs de sable entre 1971 et 2006.....	15
Figure 11 : Dégâts provoqués par le ruissellement (Kara/Diafarabé).....	16
Figure 12 : Dépôt d'ordure (Bougoufè/Mopti)	17
Figure 13 : Déversement par les gouttières.....	17
Figure 14 : Image du bassin versant nu de toute végétation.....	17
Figure 15 : Type BN2	18
Figure 16 : Type BN3	18
Figure 17 : Type BA1	19
Figure 18 : Type BA2	19
Figure 19 : Type BA3	19
Figure 20 : 50% d'herbe 50% arbuste	19
Figure 21 : Différents critères d'hétérogénéité (faible/moyen/fort).....	20
Figure 22 : Sols rocailleux	21
Figure 23 : Sols argileux	21
Figure 24 : Sols sablonneux.....	21
Figure 25 : Abreuvement des vaches	21
Figure 26 : Activités de lessive et de vaisselle.....	21
Figure 27 : Maraîchage	22
Figure 28 : Village	23
Figure 29 : Habitats isolés	23
Figure 30 : Mosquée	23
Figure 31 : Cimetière en partie détruit	23
Figure 32 : Arbre sacré.....	23

Figure 33 : Dimension de berge	24
Figure 34 : Trois parties verticales en haut de berge/mi-berge/pied de berge.....	25
Figure 35 : Atterrissement au niveau des berges de Mopti.	26
Figure 36 : Accès piéton. Mopti.	27
Figure 37 : Evacuateur d'eau.....	27
Figure 38 : Diagramme décisionnel	33
Figure 39 : Situation de Sofara.....	35
Figure 40 : Maison en bordure du Yamé.....	35
Figure 41 : Aspect général des berges au niveau de Boucary.....	36
Figure 42 : Carte des états.....	38
Figure 43 : Carte des pressions.....	39
Figure 44: Carte des solutions.....	40
Figure 45 : Plantations sans fixation du pied	41
Figure 46 : Plantation avec végétalisation en pied.....	41
Figure 47 : Pied de berge en peigne.	42
Figure 48 : Pied de berge en génie minéral.....	42
Figure 49 : Plants et plançons avec pied végétalisé	42
Figure 50 : Croquis de la technique du mur de soutènement.....	43
Figure 51 : Détail d'un gabionnage (Sofara)	43
Figure 52 : Tara (Djennedaga/Mopti)	44
Figure 53 : Mur de sac de banco (Bargodaga/Mopti).....	44
Figure 54 : Tamarinier (www.cariboudagoni.fr).....	50
Figure 55 : Rônier (wikipédia).....	51
Figure 56 : Goyavier.....	52
Figure 57 : Henné.....	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les différentes techniques proposées.....	41
Tableau 2: Contraintes spécifiques liées aux techniques en génie végétal.....	46
Tableau 3: Coût approximatif des différentes techniques (ABFN).....	47

ANNEXES

ANNEXE 1

Questionnaire pour les acteurs de l'eau

QUESTIONNAIRE

Nom :

Groupe d'acteur :

Fonction :

1. Pensez-vous que l'érosion des berges est un problème ? si oui ? Pourquoi. ?

.....

2. Avez-vous été impliqués dans la réalisation de techniques anti-érosions ?

.....

3. Connaissez-vous des types d'érosion ? si oui citez nous les causes?

.....

4. Quelles sont les solutions que vous proposez ?

.....

5. Dans le cas d'assistance technique allez-vous vous associer au projet ?

.....

6. Sous quelles conditions allez-vous accepter de financer un projet (partenaires financier) ?

.....

7. A quels niveaux intervenez-vous lorsque vous devez résoudre un tel problème ? (partenaire technique)

.....

8. Quels sont les appuis que vous apportez ?

.....

9. Dans quel cas voudriez-vous que des techniques de restaurations soient mises en place ?

.....

10. Y a-t-il des critères précis de dégradation avant l'intervention ?

.....

Remarques générales :

ANNEXES 2

Questionnaire pour la population villageoise

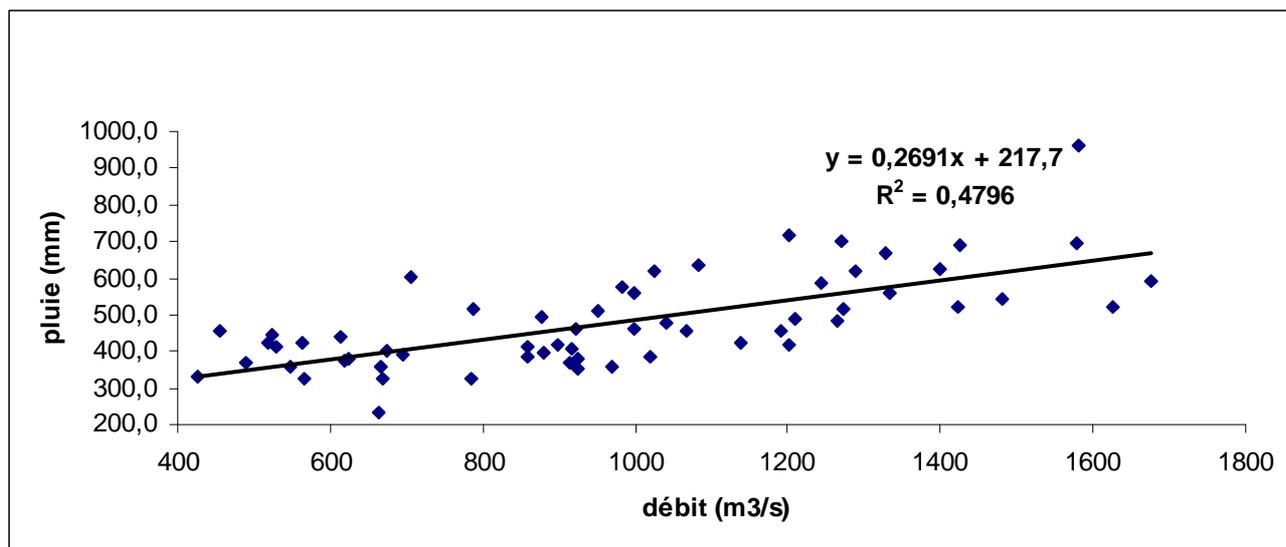
Guide d'entretien

- A partir de quand le phénomène d'érosion des berges est-il apparu au niveau du village ?
- Est-ce que ce phénomène s'accroît d'année en année ?
- A partir de quels indices percevez-vous la dégradation ?
- Comment expliquez-vous ce phénomène d'érosion ?
- ☞ Pensez-vous que vos activités ont un impact sur la dégradation des berges ?
- Pensez-vous que la dégradation des berges a un impact sur vos activités ?
- Menez-vous des actions de maintien ou de restauration des berges ?
- Quelles sont les solutions possibles de restauration ou de maintien ?
- Les actions de maintien ou de restauration des berges ont-elles toujours réussi ?
- ☞ Pensez-vous que la population riveraine au fleuve acceptera une éventuelle délocalisation ?
- ☞ Quels conseils donneriez-vous pour que les solutions techniques envisagées soient pérennes ?
- ☞ Combien de terre cultivable perdez-vous par an à cause du phénomène de dégradation ? (AGRICULTEURS)
- ☞ Quels sont les équipements emportés par le fleuve ? les quels sont d'importance culturelle ?
- ☞ Quelles sont les zones critiques de dégradation de berges dans le village et ses alentours ?
- ☞ Pensez-vous que les intrants utilisés dans les cultures contribuent à la dégradation des berges ? (AGRICULTEURS)
- ☞ Pensez-vous que la divagation des animaux contribue à la dégradation des berges ? (ELEVEURS)
- ☞ Pensez-vous que la dégradation des berges a un impact sur la faune et la flore aquatique ?
- ☞ Pensez-vous que les actions de l'homme sur les berges ont un impact plus important que le phénomène naturel ?

ANNEXE 3

Graphique pluie=f (débit)

Corrélation entre pluie et débit au niveau de Mopti sur 60 ans (1947-2007)



ANNEXE 4

Exemple de devis

PROTECTION PROFIL TYPE I - a : PALPLANCHES SANS TIRANTS

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	COUT TOTAL
I.	PROTECTION DES BERGES				
1,1	Déblais				
1.1-a	Déblais de berges hors d'eau	m ³	10 380	1 500	15 570 000
1.1-b	Déblais de berges dans d'eau	m ³	3 450	2 000	6 900 000
1,2	Remblais				
1.2-a	Remblais de terre sableuse	m ³	11 307	2 200	24 875 400
1.2-b	Remblais de terre argileuse compacté	m ³	-	3 500	-
1.2-c	Remblais drainant en tout venant	m ³	-	2 500	-
1,3	Fourniture et mise en place palplanches métalliques	m ²	12 783	180 000	2 300 940 000
1,4	Fourniture et mise en place palplanches métalliques avec tirants de fixation	m ²	-		
1,5	Confection et mise en place de blocs d'ancrage	U	-		
1,6	Fourniture et pose de balises, bordures de délimitation 1.00 X0.50X0.20	ml	533	20 000	10 660 000
1,7	Fourniture et pose de Dallettes auto- bloquantes de protection de talus (0.60X0.60X0.15) en béton ordinaire dosé a 250 Kg/m3	m ²	-	22 500	
1,8	Confection et pose de murets d'arrêt et de blocage des dalles de protection (4.00 X0.50X0.20)	ml	-	50 000	
1,9	Fourniture et pose de matelas RENO (2x1x 0.3)	U	-	25 000	
1,10	Fourniture et pose de Terramesh (remblais mi)	m ²	-		
1,11	Béton Armé pour de fin protection des berges	m ³	-	200 000	
	SOUS TOTAL				2 358 945 400

ANNEXE 5

Tableau de végétation

de l'espèce	Repiquage	Sol	Sensibilité au pâturage	Intérêt économique	Origine	Strate
Drageon	Oui					
	Non					
		Argille				
		Sable				
		Caillouteux				
	Oui					
	Non					
				Faible		
				Moyen		
				Fort		
					Autochtone	
					Indigène	
						Arborecent
						Arbustive
						Buissonante
						Herbacée

TABLE DES MATIERES DETAILLEE

SOMMAIRE	1
RESUME.....	3
ABSTRACT	3
INTRODUCTION.....	4
PARTIE A : LE MALI	5
I Le pays.....	5
II La région de Mopti.....	6
III Le fleuve Niger.....	6
IV Structures d'accueil.....	7
IV.1 Assemblée Régionale de Mopti	7
IV.2 Agence du Bassin Fleuve Niger	7
PARTIE B : LE FLEUVE NIGER.....	8
I Matériel et méthode	8
I.1 Matériel	8
I.2 Méthode	9
I.2.a Recherche bibliographique :.....	9
I.2.b Collecte des données :.....	9
I.2.c Investigations sur le terrain :	9
II Caractérisation générale.....	10
II.1 Hydrologie.....	10
II.2 Vitesses	12
II.3 Pluviométrie	12
III Evolution géomorphologique.....	13
IV Les causes des érosions.....	16
IV.1 Les causes naturelles	16
IV.2 Les causes anthropiques	17
PARTIE C : RESULTATS	18
I Typologie.....	18
I.1 Les berges B.....	18
I.2 La végétation V.....	19
I.3 Le sol S.....	20
I.4 Les Usages U.....	21
I.5 Enjeu E.....	22
I.6 Ripisylve R.....	24
II Morphologie des berges naturelle (BN).....	24

II.1	Dimensions	24
II.2	Impacts de l'érosion	25
II.3	Stratification	25
II.4	Atterrissement.....	26
III	Morphologie des berges artificialisées (BA)	26
III.1	Caractéristiques du linéaire	26
III.2	Les points de dégradation	27
IV	Avis d'expert	27
V	Mise en œuvre.....	28
V.1	Remarques générales	28
VI	Diagramme décisionnel.....	33
VI.1	Description	33
VII	Mise en œuvre.....	34
VIII	Résultats escomptés.....	37
IX	Les techniques.....	41
IX.1	Description des techniques.....	41
IX.1.a	<i>Description des techniques en génie végétal.....</i>	<i>41</i>
IX.1.b	<i>Description de la technique maçonnée : mur de soutènement.....</i>	<i>43</i>
IX.1.c	<i>Description de la technique minérale : Gabion</i>	<i>43</i>
IX.1.d	<i>Description de la technique locale : Tara</i>	<i>44</i>
X	Contraintes	45
X.1	Contraintes liées au génie végétal (expérience ARM)	45
X.1.a	<i>Les contraintes socio-culturelles</i>	<i>45</i>
X.1.b	<i>Les contraintes techniques.....</i>	<i>45</i>
X.1.c	<i>Les contraintes spécifiques aux techniques proposées.....</i>	<i>46</i>
X.1.d	<i>Contraintes liées à la techniques maçonnée ou minérale.....</i>	<i>46</i>
X.2	Coût	47
PARTIE D : DISCUSSION		48
I	Les données techniques	48
II	Les données sur la végétation	48
II.1	Connaissances de la végétation.....	48
II.2	Mesures compensatoires.....	52
III	Sensibilisation, formation (expérience ARM).....	52
CONCLUSION		53