



P.A.C.E.D.E.L. NIORO/ DIEMA
Programme d'Appui aux Communes et aux Développement Local
ESSONNE SAHEL/ CORENS/ KARED

Agence KARED
Siège Social : Nioro du Sahel
BP : 34 Tel/Fax : (223) 252 22 06
CCC Tel : (223) 253 13 66
E-mail : kared@afribone.ml.net

Représentation à Diéma:
Tel/Fax : (223) 253 13 64

Représentation à Bamako :
Hamdallaye ACI 2 000 Avenue Cheick Zayed
BP.E : 4832 . Tel/Fax : (223) 229 15 18/Cell. 671 14 88
E-mail : akared@spider.toonet.org

**ETUDES D'AVANT PROJET DETAILLE DU PROJET
DE CONSTRUCTION D'UNE DIGUE-ROUTE A SIMBI
(Commune Rurale de SIMBI)**

(Version définitive)

Maître d'ouvrage : Assemblée Régionale de Kayes

Maître d'ouvrage délégué : Agence KARED

Bénéficiaires : Communautés locales

Financement : Banque Mondiale (sur Budget National
d'Investissement Spécial/PPTÉ)/PACEDEL

Coûts du projet : 73 000 000F (soixante treize millions de francs) CFA.

Mars 2004

SOMMAIRE

Avants propos 3

Première Partie: MONOGRAHPIE DU VILLAGE DE SIMBI 5

I-	PRESENTATION GENERALE DU VILLAGE DE SIMBI.....	6
1)	Aperçu bref sur l'historique du village.....	6
2)	Traits physiques du village.....	6
2-1	Situation géographique	6
2-2	Climat	6
2-3	Végétation et sols	7
2-4	Relief	7
2-5	Réseau hydrographique	7
3)	Traits humains.....	7
4)	Phénomène migratoire.....	7
5)	Organisation sociale.....	8
6)	Le foncier.....	8
7)	Dynamique villageoise.....	8
II-	Les systèmes de production.....	9
1)	L'agriculture.....	9
2)	L'élevage.....	9
3)	Le commerce.....	10

Deuxième Partie: DIAGNOSTIC VILLAGEOIS ET ANALYSE SOCIO-ECONOMIQUE 11

I-	Etat des lieux des infrastructures et équipements dans le village.....	12
II-	Diagnostic des problèmes du village et proposition de solution.....	13
III-	Les priorités de développement du village.....	15

Troisième Partie: ETUDES TECHNIQUES 16

1)	ÉTUDES PRÉLIMINAIRES.....	17
a)	Étude Topographique	17
b)	Étude Géotechnique	17
c)	Étude Hydrologique	17
2)	MÉMOIRE TECHNIQUE.....	17
a)	Localisation et accès au site	17
b)	Données de bases	17
c)	Estimation des apports et des débits de crues	18
d)	Evaluation des besoins en eau	22
e)	Evaluation des pertes en eau dans la cuvette	23
f)	Dimensionnement hydraulique de l'ouvrage et capacité de la retenue	23
3)	ANALYSE FINANCIERE DU PROJET.....	28
a)	Coûts du projet	28
b)	Production prévisionnelle sur l'aménagement	28
c)	Les emplois prévisionnelles sur l'exploitation de l'aménagement	29
d)	Compte d'exploitation prévisionnelle de l'aménagement	30
e)	Conclusions sur la rentabilité de l'aménagement	30

Quatrième Partie: GESTION DU PROJET 31

Cinquième Partie: ANNEXES 34

1)	Annexe 1 : Tableau N°26 du devis estimatif des travaux.....	35
4)	Annexe 4 : Tableau N°27 des précipitations annuelles enregistrées à la Station de Nioro (1940 à 2000).....	38

Sixième Partie: PLANS ET PROFILS 40

Bibliographie 41

Avants propos

Par lettre de commande N° 2024/KARED/PACEDEL du 26 décembre 2000, le BICRA¹ SARL², a reçu mandat de l'Agence KARED, l'exécution de l'étude d'actualisation sur la construction de la digue/route de Simbi. Il avait aussi mandat d'en préparer le Dossier d'Appel d'Offres.

Après l'élaboration d'un dossier provisoire qui avait fait l'objet des réserves de la part de la cellule PACEDEL de Nioro, notamment sur la détermination de la crue du projet, l'étude géotechnique, et la conception de certaines parties de l'ouvrage, le BICRA a demandé et obtenu du PACEDEL la délégation à la SAED³, la levée des réserves et la finalisation du dossier. C'est ainsi qu'un avenant a été introduit et signé avec la SAED, par rapport à la partie géotechnique de l'étude.

Si la version fournie en décembre 2002 par la SAED avait fourni les résultats des études géotechniques, elle n'avait pas intégré toutes les réserves faites sur la version fournie par le BICRA, en ce qui concerne la détermination de la crue du projet et l'élaboration du dossier d'appel d'offre.

C'est pourquoi la cellule a été amenée à apporter le complément d'informations et reprendre la détermination de la crue du projet sur la base des hypothèses de départ du bureau d'études. La conception de l'ouvrage n'a donc pas fondamentalement changé par rapport à la version fournie par la SAED. La cellule a aussi élaboré le dossier d'appel d'offres et réalisé la partie socio-économique de l'étude ainsi que les parties concernant la gestion environnementale et post aménagement du projet.

Les objectifs recherchés à travers la réalisation du projet se résument entre autres :

- ⇒ au désenclavement intérieur et extérieur de la commune de Simbi : franchissement du cours d'eau pendant l'hivernage et accès au chef lieu de cercle, aux champs de cultures, aux villages de la commune et autres communes voisines, etc.
- ⇒ à la recharge de la nappe : amélioration de la productivité des puits et forages et résorption du problème d'eau ;
- ⇒ au développement des activités agricoles et sylvicoles : culture du riz de bas-fond, maraîchage, cultures fruitières ;
- ⇒ et à l'abreuvement du cheptel.

L'ouvrage projeté est une « DIGUE-ROUTE » constitué d'une partie en béton d'une longueur totale de 93,00m et une partie en terre dont les longueurs cumulées font 784,38m.

- ⇒ La partie en béton est un radier semi submersible muni de quatre ouvertures de passe de 2,00m de large et 2,00m de hauteur. Ces ouvertures sont munies de batardeaux métalliques permettant la régulation du plan d'eau en amont pour les besoins agricoles. Elle constitue le seuil évacuateur de crue pour la retenue sur une largeur de 4,60m et se termine à l'aval par un bassin de dissipation de 4,00m.
- ⇒ La partie en terre est constituée d'une digue en terres latéritique compacté à l'optimum Proctor et protégée en amont par un muret en maçonnerie de béton cyclopéen et en aval par un revêtement en blocs de moellon sèche. Le talus aval de la digue est de 2,00.

¹ BICRA :

² SARL : Société Anonyme à Responsabilité Limitée

³ SAED : Société Africaine d'Etudes de Développement

Le volume de la retenue est de 63 092m³ avec une superficie totale inondable de près de 24,80 hectares. La durée annuelle d'utilisation prévisionnelle est de 09mois (juillet à février).

Le coût du projet s'élève à : 72 992 520F (soixante douze millions, neuf cent quatre vingt douze mille, cinq cent vingt francs) CFA hors taxes et hors douanes. Il comprend les coûts pour les études de faisabilité technique, de réalisation et de surveillance technique des travaux.

L'analyse financière dégage un coût d'aménagement de 940 600F (neuf cent quarante mille, six cent francs) CFA à l'hectare et une production annuelle brute dont la valeur est estimée à 36 896 675F (trente six millions, huit cent quatre vingt seize mille, six cent soixante quinze francs) CFA. Le taux de rentabilité interne du projet est estimé à 14% pour une durée prévisionnelle de récupération des investissements au bout de quatre (04) ans. Cette analyse financière a été effectuée sur une période de dix (10) ans avec un taux d'actualisation de 10%.

L'étude sur la gestion post aménagement du projet devra être compléter plus tard par :

- ⇒ l'élaboration et la signature des conventions entre le village, l'Assemblée Régionale de Kayes et la mairie de Simbi d'une part pour les modalités de gestions et d'entretien de l'ouvrage, et d'autres part, entre les propriétaires terriens et les exploitants pour la cession des terres de la zone d'influence de l'ouvrage ;*
- ⇒ le parcellaire de la zone d'influence de l'ouvrage et sa répartition équitable selon les modalités de gestion définies avec l'Assemblée Régionale de Kayes et la mairie de Simbi ;*
- ⇒ la mise en place par le village, d'un comité de gestion et d'exploitation de l'ouvrage en définissant son mandat selon les modalités de gestion convenues avec l'Assemblée Régionale de Kayes et la mairie de Simbi.*

Première Partie

MONOGRAHPIE DU VILLAGE DE SIMBI

I- PRESENTATION GENERALE DU VILLAGE DE SIMBI

1) Aperçu bref sur l'historique du village

Le village de Simbi est le chef lieu de la commune rurale de Simbi. Son histoire remonte jusqu'aux années 1796, date en laquelle l'explorateur anglais Mungo Park y a séjourné. Il serait fondé par deux (02) frères DIALLO : Billaly DIALLO et Hamoi DIALLO avec Billaly DIALLO comme premier chef de village. Le 17^{ème} et actuel chef de village est M. Balla COULIBALY.

Après le jaillissement d'une source miraculeuse par El Hadj Omar pour servir son armée qui avait soif, le village de Simbi a connu la soumission au Marabout Toucouleur, de plusieurs chefs notamment, ceux du : Kaarta, Kingui, et du Bakounou.

Après l'indépendance du Mali, la loi N° 65-20/AN-RM du 1^{er} avril 1965 portant création et aménagement d'arrondissement a vu la création de l'arrondissement de Simbi avec le village de Simbi comme chef lieu d'Arrondissement.

Par la loi N° 96-059 du 04 novembre 1996, portant création des communes en république du Mali, la commune rurale de Simbi a été créée et le village de Simbi est devenu chef lieu de commune.

Parmi les autres évènements qui ont marqué son histoire les populations ont en mémoire :

- ≡ La famine de 1984 ;
- ≡ L'épidémie de méningite de 1996 ;
- ≡ Le conflit inter communautaire de 1997-1998 ;
- ≡ La grande sécheresse de 2002-2003.

2) Traits physiques du village

2-1 Situation géographique

Le village de Simbi se situe au cœur du Sahel occidental dans le cercle de Nioro du Sahel, région de Kayes en république du Mali et dans la commune rurale de Simbi dont il est le chef lieu de commune. Il est limité au Nord par le village de Tourida (CR de Gavinané), au sud par celui de Windébobal, à l'Ouest par Diaminankaré Siaro, et à l'Est par le village de Moromoro.

Sur le système de référence géodésique, le village se situe à la 14°18'...'' de la latitude Nord, à la 09°24'...'' de la longitude Ouest et à l'altitude moyenne de 245,00m.

Il est accessible à partir de Nioro du Sahel (chef lieu de cercle) sur une distance de 45,00Km.

Le bassin versant de l'ouvrage projeté se situe entre les 09°24' et 09°80' de la latitude Nord, les 14°30' et 14°16' de la longitude Ouest et à l'altitude moyenne de 242,00m.

2-2 Climat

Le climat est du type sahélien avec une alternance de deux saisons :

- ≡ Une saison pluvieuse de juillet à septembre
- ≡ Une saison sèche d'octobre à juin, au cour de laquelle souffle harmattan chaud et sec.

La température varie entre 17°C en période froide et 41° en période chaude. La période froide s'étend du mois de novembre au mois de février.

Les précipitations moyennes annuelles varient entre les 250mm (année sèche) à 650mm (en année humide). Le village se situe entre les isohyètes inters annuels de 500 et 600 mm.

2-3 Végétation et sols

La végétation est composée essentiellement d'acacias et de la steppe arbustive épineuse. Le tapis herbacé et la végétation de culture sont présents pendant la saison hivernale. Les espèces généralement rencontrées sont :

- ⇒ **Sur les plateaux et glacis d'érosion** : *Acacia nilotica* var. *adansonii*, *Adansonia digitata* (baobab), *Balanites aegyptiaca* (balanites), *Guiera senegalensis*, *Tamarindus indica* (tamarin), *Ziziphus mauritiana*, etc.
- ⇒ **Dans les bas-fonds** : *Anogeissus leiocarpus*, *Borassus aethiopum* (ronier), *Mitragyna inermis*, *Piliostigma thonningii*, etc.

La géomorphologie de l'espace occupé par le village est caractérisée par des formations sédimentaires de plaines et de glacis d'épandage dans les grès tendres avec quelques rares cas, des plateaux de grès durs, et souvent des formations doléritiques du précambrien supérieur et paléozoïque.

Les sols sont constitués en grande partie de sable et d'argile, soumis à des phénomènes d'érosion fluviale et éolienne dans les zones de glacis et sur les escarpements des collines. Les sols sableux se rencontrent dans les zones de glacis tandis que les sédiments d'argiles et de limons sont localisés dans les zones de bas-fond.

2-4 Relief

Le relief est constitué essentiellement de plaines et de quelques formations collinaires.

2-5 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est constitué de quelques marigots et mares qui tarissent précocement.

Le principal cours d'eau qui arrose le village est le « Térokolé » sur lequel l'ouvrage est projeté. Il prend sa source de très loin et forme une succession de mares notamment à : Koungo (CR de Bema), Dioba (CR de Fassou Dèbè), Diongoï (CR de Simbi) avant d'atteindre le village de Simbi où il forme une zone marécageuse pendant la saison hivernale. Cette succession de mares se poursuit le long de son trajet où il rencontre d'autre cours d'eau avant de se jeter dans le « Baoulé ». La période d'écoulement de « Térokolé » dans le village de Simbi, s'étale entre le mois d'août et le mois de septembre.

3) Traits humains

Le village de Simbi comptait en 2002, une population de 2 385 habitants constituée essentiellement de Soninké (majoritaire), de Bambara et de Peuhl avec quelques Maures. Cette population est répartie entre 146 familles. Le nombre d'actifs dénombré par le village est de 1 500 personnes dont 720 hommes et 880 femmes. On y dénombre 47 alphabétisés.

Le Sarakolé, le Bambara et le Peuhl sont les principales langues parlées dans le village.

L'Islam reste la principale religion et est pratiquée par presque toute la population du village.

4) Phénomène migratoire

Dans une zone en proie aux aléas climatiques dont les conséquences (sécheresse prolongée, appauvrissement des sols de cultures et baisses de leurs productivités, enclavement de la zone, insuffisance chronique des ressources disponibles en eau, etc.) restent fatales aux populations, la migration semble être le seul issu de recours leur permettant de résorber le déficit

alimentaire et de satisfaire leurs besoins monétaires. Elle est de tous les phénomènes, le plus perceptible et le plus connu et intéresse surtout la couche sociale la plus jeune du village.

En plus des grandes villes du Mali et des pays d'Afrique, certains pays de l'Europe et des USA reçoivent des flux de la migration.

5) Organisation sociale

Le village possède un hameau permanent situé à 2,5km (Makambougou) et trois (03) quartiers, tous rattachés au chef de village. Par gérontocratie, l'ainée du village est désigné comme chef de village. Il compte 146 familles qui n'échappent pas au phénomène d'éclatement fréquent. Les raisons évoquées sont surtout d'ordre économique.

6) Le foncier⁴

Chaque famille a ses terres qu'elle gère à sa guise. L'attribution des terres se fait donc par négociation avec les familles propriétaires de la partie concernée. Les terres du bas-fond situé dans la zone d'influence de l'ouvrage appartiendraient à M. Niozon Coulibaly qui promet une cession en cas de travaux d'aménagement. Mais cette promesse doit être formalisée par un protocole d'accord de cession entre les propriétaires terriens et le village. Actuellement, ce bas-fond est exploité non seulement par les populations du village de Simbi, mais aussi par celles des villages voisins tels que : Moromoro, Diaminankaré, et Kofoulabé. La culture du riz de bas-fond et les cultures maraîchères y sont pratiquées.

7) Dynamique villageoise

Le village possède beaucoup d'associations structurées dont l'action collective a permis avec les différents partenaires du village, la mise en œuvre de certains micro projets à impacts économiques non négligeable : le maraîchage, l'arboriculture, les banques de céréales, la pharmacie locale, des puits et forages, etc.

Le tableau qui suit spécifie les associations dénombrées et précise les activités qu'elles mènent dans le village.

Tableau N°1 : Liste des associations fonctionnelles et les activités qu'elles mènent

Désignation des associations	Nombre et identification des adhérents	Activités menées
Association des ressortissants de Simbi (KAPISIRE)	Tous les jeunes du village âgés de 18 à 50 ans	Interviennent dans toutes les activités qui ont un lien avec le développement
Le groupement de la jeunesse	Tous les jeunes du village	Travaux collectifs
Le conseil du village	Chef de village et ses conseillers	police sociale
L'association des femmes de Simbi	320	maraîchage, teinture
Association embouche paysanne de Simbi	17	Embouche et vente du bétail, activités diverses, élevage
Association des planteurs de Simbi		Arboriculture et maraîchage
Association des chasseurs de Simbi	60	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Protection des populations et de leurs biens ⇒ Protection de l'environnement.
Association des aviculteurs de Simbi	15	Aviculture

Le dynamisme de ces associations a été apprécié à travers les activités qu'elles mènent.

⁴ Cette partie de l'étude sera approfondie dans la partie consacrée à la valorisation du bas-fond.

II- Les systèmes de production

Les populations de Simbi oeuvrent à travers plusieurs activités afin d'assurer leur survie et améliorer leur condition de vie. Il s'agit entre autre de : l'agriculture, l'élevage, le commerce, l'artisanat, la pêche et la cueillette. Cependant, les activités les plus exercées restent l'agriculture, l'élevage, et le commerce.

1) L'agriculture

L'agriculture est la principale activité économique du village et reste dominée par les cultures céréalières (sorgho, mil, maïs, riz de bas-fond, etc.) et des cultures de rente (arachide), auxquelles s'ajoutent les cultures maraîchères et fruitières (oignon, aubergine, tomate, courges, pastèque, etc.). Ces cultures sont destinées à l'autoconsommation et à la vente pour les besoins monétaires.

Le sorgho occupe presque la moitié des superficies emblavées pour l'ensemble des cultures.

Le maraîchage est pratiqué par les deux sexes tandis que l'arboriculture est une activité pratiquée principalement par les hommes.

Cette activité souffre des contraintes liées à :

- ⇒ La faible pluviométrie dont l'intensité et la fréquence restent très variable ;
- ⇒ L'appauvrissement des sols qui est la conséquence des actions abusives de l'homme, le surpâturage, les phénomènes naturels (effets des eaux de ruissellement et du vent) ;
- ⇒ La diminution des terres cultivable qui est la conséquence des techniques culturales inadaptées et de la dégradation des sols ;
- ⇒ L'invasion des parasites et ennemies des cultures ;
- ⇒ Le faible niveau d'équipement des producteurs ;
- ⇒ L'enclavement de la zone qui rend son accès difficile pour les structures d'encadrement et son approvisionnement en vivres et intrants agricoles ;

2) L'élevage

Après l'agriculture, l'élevage reste la deuxième activité économique du village. C'est cette activité qui permet de répondre à des besoins monétaires importants. Elle concerne principalement les espèces suivantes : les bovins, les caprins, les ovins, les asins, les équins, auxquelles s'ajoute la volaille. Le tableau suivant permet d'apprécier sans une grande précision, la taille du cheptel du village.

Tableau N°2: la taille du cheptel (cf. recensement communal de 2001)

Espèces	bovins	Ovins/caprins	Asins	Equins
Taille	2 200	2 980	170	75

Cette activité souffre des contraintes suivantes :

- ⇒ Le surpâturage provoqué en grande partie par l'arrivée des éleveurs transhumants. Ce phénomène provoque un déséquilibre considérable entre la taille du cheptel et les ressources fourragères disponibles ;
- ⇒ L'insuffisance criarde des ressources disponibles en eau ;
- ⇒ La pratique de l'élevage extensive malgré l'insuffisance des fourrages et des ressources en eau ;
- ⇒ L'insuffisance des structures sanitaires de proximité ;

- ⇒ La pratique courante d'installation des feux de brousse, ayant pour conséquence la diminution des fourrages.

3) Le commerce

Le village de Simbi dispose de la foire hebdomadaire la plus importante de la commune. Elle est approvisionnée en produits divers par les populations de Simbi et celles des villages voisins. Les produits principalement rencontrés sont : les céréales, les produits maraîchers, les produits d'élevage et les produits artisanaux. La commune possède d'autres foires notamment, celles de : Diabidiala, Lewa-Diarisso et Guemou-Malinké. Ces foires forment avec celles de Simbi, un circuit de commercialisation hebdomadaire au niveau de la commune.

Ce secteur souffre des problèmes suivants :

- ⇒ L'enclavement de la zone surtout pendant l'hivernage ;
- ⇒ Le secteur est étroitement lié aux produits agricoles.

Deuxième Partie

DIAGNOSTIC VILLAGEOIS ET ANALYSE SOCIO-ECONOMIQUE

I- Etat des lieux des infrastructures et équipements dans le village

1) Infrastructures et équipements des secteurs sociaux

a) Santé

Le village possède un centre de santé d'arrondissement rénové (CSAR), constitué de deux blocs, un dispensaire et une maternité avec salle d'accouchement.

Les maladies couramment rencontrées sont : le paludisme, la bronchopneumonie, les diarrhées, et la malnutrition.

Le village possède aussi une pharmacie villageoise qui est régulièrement approvisionnée en médicaments DCI. Cette pharmacie reçoit l'appui de la ville jumelle française « YERRES » et est gérée par un comité villageois de gestion.

Le secteur souffre beaucoup de l'enclavement de la zone.

b) Education

Simbi possède une école primaire de six classes équipées d'un bloc de latrines et un bloc pour la direction. L'école souffre des déperditions scolaires et de l'insuffisance du personnel enseignant.

L'encadrement des ONG et structures locales a permis de relever le taux d'alphabétisation dans le village.

2) Autres infrastructures et équipements

Tableau N°3 : Liste des autres infrastructures et équipements

Types d'infrastructures et d'équipements	Désignations	Nombre	Nature
Commerciales	Foire hebdomadaire	1	Public
	Parc de vaccination	1	Public
	Pharmacie villageoise	1	Public
	Moulin		Public
Administratives	Locaux de sous préfecture, du SLACAER et de la SOTELMA	1	Public
Hydrauliques	Puits modernes	9	Public ou privé
	Forage	4	Public

3) Structures d'appuis

L'un des atouts majeurs du village reste la taille des structures d'appuis tant privées qu'étatiques qui soutiennent les associations et groupements paysans dans la dynamique locale de développement. Leur intervention touche des domaines essentiels liés au développement local : santé, éducation, agriculture, élevage, équipements et infrastructures, communication.

Le tableau qui suit donne la liste des structures qui interviennent dans le village et qui l'appui tant bien que mal.

Tableau N°4 : Liste des structures intervenant dans le village

Désignation des intervenants	Domaines d'intervention
Sous préfecture	Administration générale
Service socio-sanitaire	Santé
SLACAER	Élevage et agriculture
Service Local du Contrôle et Réglementation	Contrôle de régularité dans tous les secteurs du développement rural
Conseil communal	Tous les secteurs touchant le développement et la vie communal
ONG Agence KARED	Tous les secteurs du développement rural
ONG Jam Sahel	Promotion de la paix et de la solidarité

II- Diagnostic des problèmes du village et proposition de solution

La description des systèmes de production et l'état des lieux des infrastructures et équipements ont permis de faire le diagnostic des problèmes des principaux secteurs et activités économiques du village, problèmes qui entravent son épanouissement économique.

Le tableau qui suit rappelle ces problèmes et propose des solutions à leur atténuation.

Tableau N°5 : diagnostic des problèmes du village et propositions de solutions

Domaines	Contraintes	Conséquence	Solutions
Agriculture	L'enclavement de la zone	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Difficulté d'approvisionnement en intrants agricoles ; ⇒ Accès difficile aux champs ; ⇒ Les structures d'encadrements arrivent difficilement 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Construction d'une digue-route sur le « Térokolé » ; ⇒ Construction des radiers sur les autres pistes de liaison.
	L'invasion des parasites et ennemies des cultures	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Diminution des récoltes ; ⇒ Fausse les prévisions ; ⇒ Insécurité alimentaire. 	Re dynamisation des brigades de protection des végétaux mises place par l'Agence KARED.
	Pluviométrie faible	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Diminution des récoltes ; ⇒ Fausse les prévisions ; ⇒ Insécurité alimentaire ; ⇒ Encourage la migration et l'exode des jeunes. 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Création et valorisation des zones humides ; ⇒ Encadrement plus accru des producteurs ; ⇒ Promotion des banques de céréales.
	Cultures extensives	Diminution du couvert végétal	Encadrement plus accru des producteurs, vulgarisation des techniques culturales adaptées.
	Erosion fluviale et éolienne	Diminution des terres cultivables, appauvrissement des sols	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Traitement du terroir par les actions de DRS (cordons pierreux, diguettes, reboisement, etc.) ; ⇒ Formation des populations en techniques de DRS⁵
	Le faible niveau d'équipement des producteurs ;	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Sous production ; ⇒ Insuffisance des récoltes ; ⇒ Encourage la migration et l'exode 	Vulgarisation des techniques culturales adaptées à leur niveau d'équipement

⁵ DRS= Défense et Restauration des Sols

Tableau N°5: diagnostic des problèmes du village et propositions de solutions (suite et fin)

Domaines	Contraintes	Conséquence	Solutions
Elevage	Surpâturage	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Déséquilibres entre la taille du cheptel et les ressources fourragères ; ☐ Sous alimentation du cheptel ; ☐ Mort d'animaux pendant la saison sèche ; ☐ Réduction de la taille du cheptel. 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Rationalisation de la taille du cheptel aux fins d'une adaptation aux ressources fourragères ; ☐ Réglementation de la transhumance.
	L'insuffisance criarde des ressources en eau ;	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Sous alimentation du cheptel ; ☐ Mort d'animaux pendant la saison sèche ; ☐ Réduction de la taille du cheptel. 	Création des zones d'abreuvement (retenue d'eau, puits, forages, etc.)
	L'insuffisance des structures sanitaires de proximité ;	Difficulté de circonscrire les maladies animales.	Création ou amélioration des pistes d'accès au village
	L'installation des feux de brousse.	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Diminution des fourrages ; ☐ Disparition de certaines espèces végétales 	Sensibilisation des populations pour le respect des textes réglementant l'exploitation forestière
Maraîchage	Insuffisance des ressources disponibles en eau	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Courtement de la campagne maraîchère ; ☐ Limitation des productions. 	Augmentation des ressources disponibles en eau (retenue d'eau, puits, forages, etc.)
Hydraulique villageoise	Insuffisance des ressources disponibles en eau	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Sous alimentation des populations ; ☐ Encourage l'exode des jeunes 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Augmentation des ressources disponibles en eau (retenue d'eau, puits, forages, etc.) ; ☐ Information et sensibilisation sur les maladies hydriques.
Education	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Vétusté des locaux ; ☐ Déperdition scolaire ; ☐ Insuffisance du personnel enseignant 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Faible taux de recrutement ; ☐ Baisse de la qualité de l'enseignement 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Réhabilitation des classes ; ☐ Recrutement des enseignants.
Santé	Enclavement de la zone	Difficulté d'évacuation des malades sur Niore	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Construction de la digue/route de Simbi ; ☐ Création et/ou amélioration des pistes d'accès au village
Commerce	Enclavement de la zone	Diminution du flux des échanges	Création et/ou amélioration des pistes d'accès au village
	La dépendance du secteur à la production agricole	Fragilisation du secteur	Développement du secteur agricole
Communication	Insuffisance des infrastructures de communication	Enclavement de la zone	Création et/ou amélioration des pistes d'accès au village

L'analyse de ce tableau montre que l'ensemble des secteurs et activités économiques qui constituent le moteur de développement du village, souffrent principalement de trois problèmes fondamentaux :

- ☐ L'enclavement de la zone ;
- ☐ L'insuffisance des ressources disponibles en eau ;
- ☐ La dégradation de l'environnement.

Il est clair que la résolution de ces problèmes est un combat à longue haleine, mais elle permettra d'asseoir les bases d'un développement durable à travers les actions suivantes :

- ⇒ L'augmentation des ressources disponibles en eau par la création des retenues d'eau (micro barrages, digue/route, etc.) qui favorisera la recharge de la nappe et le développement des activités agricoles, sylvicoles et pastorales ;
- ⇒ Le fonçage des puits et forages pour les besoins domestiques, maraîchers et pastoraux.
- ⇒ La construction des digues/routes ou de radier dans les zones à passage difficile, afin de favoriser la communication, développer les échanges et créer une retenue d'eau qui sécurise environ 25ha de terres pouvant être valorisées en cultures diverses et qui permettra la recharge de la nappe pour les puits et les forages du village.

III- Les priorités de développement du village

Il ressort de son diagnostic que les priorités de développement du village de Simbi se résument entre autres en :

- ⇒ L'augmentation des ressources disponibles en eau (retenues d'eau, puits et forages, etc.) en vue de développer les productions agricoles, pastorales et sylvicole du village et résorber les besoins en eau des populations et du bétail ;
- ⇒ Favoriser la sécurité alimentaire par l'amélioration des productivités des terres et l'augmentation des superficies cultivables.
- ⇒ La construction de la digue/route de Simbi et l'amélioration des pistes d'accès ;
- ⇒ La protection de l'environnement.

Le projet de construction de la digue/route de Simbi, objet de la présente étude, intègre parfaitement les priorités et objectifs de développement du village de Simbi et d'autres villages de la commune. Sa réalisation permettra de répondre aux objectifs suivants :

- ⇒ Le désenclavement intérieur et extérieur de la commune (franchissement du cours d'eau) sur l'axe Nioro-Simbi-Lakamané ;
- ⇒ Les valorisations agricoles, sylvicoles et pastorales (développement de la riziculture, du maraîchage, de la sylviculture, de l'abreuvement du bétail).
- ⇒ La recharge de la nappe (augmentation de la productivité des puits et forages) ;
- ⇒ La protection et la restauration de l'environnement (accompagnement dans les actions de traitement des ravines et du bassin versant).

Troisième Partie
ETUDES TECHNIQUES

1) ÉTUDES PRÉLIMINAIRES

L'étude préliminaire se compose de l'étude topographique, géotechnique, hydrologique et hydraulique.

a) *Étude Topographique*

L'étude topographique a été menée par la SAED suivant la méthodologie qui suit.

Après une inspection minutieuse de toute la zone d'étude avec des villageois, la brigade topographique a identifié les anciennes bornes de l'axe de l'ouvrage et effectué :

- ⇒ Le plan topographique général à une échelle de 1/2000 montrant le cours d'eau et ses zones adjacentes du bas-fond.
- ⇒ Le profil en long de l'axe de l'ouvrage sur une longueur totale de 877,38 m à l'échelle : V : 1/200 et H : 1/2000
- ⇒ Un nivellement jusqu'à la concession la plus proche du lit majeur du cours d'eau.
- ⇒ Le plan topographique montre que la cuvette est très étalée. La courbe 248,00 délimite la cuvette.

b) *Étude Géotechnique*

Les études géotechniques ont été surtout focalisées sur les essais in-situ. Des sondages ont été exécutés dans les lits mineur et majeurs du marigot, ce qui a permis de connaître les caractéristiques principales des sols dans la zone et l'utilisation possible des matériaux qui seront extraits au cours des travaux.

c) *Étude Hydrologique*

Cette étude est fondamentale. Elle a permis de déterminer les apports annuels en années sèches et humides. Un recueil des données météorologiques et une visite de reconnaissance de terrain visant à déterminer les caractéristiques du bassin versant ont permis de mener cette étude.

2) MÉMOIRE TECHNIQUE

a) *Localisation et accès au site*

Le site du projet est situé à Simbi, chef lieu de la commune de Simbi, cercle de Nioro.

Cette localité se trouve à 25 km au Sud-Est de Youri et à 45 km au Sud-Ouest de Nioro.

Il est accessible par la route nationale N° 1 jusqu'à 6 km environ du centre de Nioro, puis vers le Sud-Ouest, en empruntant la piste sur 40 km environ.

Les coordonnées géographiques du site sont les suivantes :

- longitude : 9°41' Ouest
- latitude : 14°55' Nord.

b) *Données de bases*

b.1 *Climatologie*

Le régime climatique de la zone du projet est décrit dans le chapitre consacré au trait physique du village traité dans la partie « monographie de la commune ».

b.2 Pluviométrie caractéristiques

L'absence d'une station hydrométrique sur le cours d'eau n'a pas permis de disposer des données sur les débits, les apports et coefficient d'écoulement du cours d'eau. Les levés topographiques ont permis d'avoir des profils en travers du cours d'eau, la pente locale et la reconstitution approximative du débit d'eau qui y passe en situation exceptionnelle.

Des renseignements pris avec les populations, et un examen du cours d'eau montrent que les débits de crue sont très importants.

La station de Nioro du Sahel présente une chronique des pluies allant de 1940 à 2000. Ces données cumulées avec celles de l'ORSTOM donne un échantillon représentatif présenté dans le tableau N°27 en annexe4.

L'analyse statistique et le calcul hydrologique ont été effectués en utilisant les données de la station de Nioro du sahel. Ces résultats donnent une valeur moyenne de 509mm et une valeur médiane de 491mm sur un échantillon de 61 éléments (1940 à 2000). La version finale du rapport du PNUD/DDES (Bamako, Novembre 1992) donne une moyenne annuelle de 550mm

La précipitation journalière décennale (P_{10}) est estimée à 95mm.

b.3 Evapotranspiration

En l'absence de données sur la station de Simbi, celles de la station de Nioro ont servi de référence. Le tableau qui suit présente la moyenne mensuelle de l'ETP à Nioro de 1979 à 1990.

Tableau N°6: des valeurs mensuelles de l'ETP

Mois	Jan v.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	jllt	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
ETP (mm)	117,0	134,5	174,1	193,8	195,4	186,4	155,0	133,8	132,1	131,4	119,6	113,9	1787,0

Ce tableau donne une moyenne annuelle de 1787,0mm alors qu des informations plus récentes donne entre 2500,0 à 2700,0 mm.

c) Estimation des apports et des débits de crues

c.1 Caractérisation physique du bassin versant

c.11 Caractéristiques du réseau hydrographique

L'hydrographie du bassin versant présente un réseau radial avec des sous bassins versants situés en amont. L'exutoire du sous bassins le plus marqué se situe environ à 40km de celui de Simbi et a une influence timide sur ce dernier.

c.12 Géomorphologie du bassin versant

La géomorphologie du bassin versant est caractérisée par des formations sédimentaires de plaines et de glacis d'épandage dans les grès tendres avec quelques rares cas, des plateaux de grès durs, et souvent des formations doléritiques du précambrien supérieur et paléozoïque.

Les sols sont constitués en grande partie de sable et d'argile, soumis à des phénomènes d'érosion fluviale et éolienne dans les zones de glacis et sur les escarpements des collines. Les sols sableux se rencontrent dans les zones de glacis tandis que les sédiments d'argiles et de limons sont localisés dans les zones de bas-fond.

c.13 Synthèse des grandeurs physiques caractéristiques du bassin versant

- **Superficie du bassin versant (S):** Elle a été évaluée à l'aide d'un planimètre électronique avec ajustement de la Cheick List et estimée à **1035km²** environ.
- **Périmètre du bassin versant (P):** Le périmètre a été déterminé à l'aide d'un curvimètre électronique sur un support de carte IGN et ramené à l'échelle. Sa valeur est estimée à **154km**.
- **Indice de compacité du bassin versant (I_{comp}):** Cette grandeur a été évaluée à partir de la formule classique $I_{comp} = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{S}}$ et est estimé à **1,35**.
- **Longueur du rectangle équivalent du bassin versant (L):** Elle est déterminée à partir de la formule classique $L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16xS}}{4}$ et estimée à **59,65km**.
- **Indice global des pentes du bassin versant (I_g):** L'indice global des pentes a été estimé à partir des grandeurs caractéristiques de la longueur du rectangle équivalent, de la dénivelée entre les points correspondant à 5% et 95% de la courbe hypsométrique. Une correction a été apportée compte tenu de la valeur de la pente transversale qui est de 2,22m/km. La valeur retenue pour l'indice global des pentes est finalement **1,55m/km**.
- **Densité de drainage du bassin versant (D_d):** Cette grandeur est déterminée en faisant le rapport entre la longueur totale des cours d'eau du bassin versant sur sa superficie. Elle a été estimée à **0,12km/km²**.
- **Dénivelée spécifique du bassin versant (D_s):** Elle est obtenue à partir de la formule $D_s = I_g \times \sqrt{S}$ et est estimé à **49,87m**.
- **Classe de relief:** Cette caractéristique est appréciée à partir de la valeur de la dénivelée spécifique. La valeur obtenue ici nous permet de conclure à un relief de classe faiblement modérée.
- **Perméabilité:** La perméabilité est une grandeur très difficile à apprécier. Les prospections de terrain ainsi que les études antérieures effectuées par d'autres missions notamment celles du PNUD/DDES ont permis de classer le bassin versant dans la classe de perméabilité « **RI (relativement imperméable)**».

c.2 Caractéristiques pluviométriques du bassin versant

c.21 Précipitation moyenne annuelle (P_{an}): Le rapport final du PNUD/DDES sur l'évaluation des ressources non pérennes en eaux donne une valeur de 550mm. Cette valeur sera retenue pour la suite de l'étude.

c.22 Précipitation ponctuelle d'averse décennale (P₁₀): Elle a été déterminer à l'aide de l'abaque GR1 de la méthode Girad et estimée à 95mm.

c.23 Coefficient d'abattement de la crue décennale (A): Le coefficient d'abattement de la crue décennale, déterminé à partir de la formule $A = 1 - 0,136 \times \log S$ est estimé à 0,59

c.24 Précipitation moyenne décennale (P_{m10}): C'est le produit de la crue décennale avec le coefficient d'abattement. Elle est évaluée à 56mm.

c.24 Volume ruisselé par la crue décennale (V_{r10}) : C'est le produit de la crue décennale avec le coefficient d'abattement et la superficie du bassin versant. Elle est évaluée à 8 114 400m³.

c.25 Tableau N°7: Synthèse des grandeurs pluviométriques

Grandeurs pluviométriques	P _{an} (mm)	P ₁₀ (mm)	A	P _{m10} (mm)	V _{r10} (m ³)
Valeurs	550	95	0,59	56	8 114 400

c.3 Evaluation des apports annuels

c.31 Potentiel hydrologique du bassin versant :

L'estimation des apports permet d'évaluer les potentialités du bassin versant.

Des études effectuées par l'ORSTOM sur quelques sous bassin versant du bassin concerné par l'aménagement fournissent un tableau de valeurs de coefficient d'écoulement (Ke) :

Tableau N°8:des valeurs du coefficient d'écoulement sur les sous bassins versants

Bassin versant	Superficie (Km2)	Coefficient d'écoulement (Ke %)
Simbi 1	23,2	2,4
Simbi 2	12,0	4,3
Dioba	58,8	3,9
Madina	59,6	6,2

Nous retiendrons la valeur moyenne des coefficients pondérés de la superficie soit : $Ke = 4,6$.

Les écoulements⁶ correspondant sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°9:des valeurs des écoulements annuels

Paramètres	Écoulement annuel (m3)
Moyen	26 185 500
Quinquennal sec	19 762 911
Décennal sec	16 334 991

Les apports en eau sont énormes et l'ouvrage ne présente aucun risque de **non remplissage** de la cuvette, même en années sèches.

c.32 Apport solides :

Les apports solides constituent des facteurs d'envasement des retenus d'eau et diminuent dans le temps, leur capacité. La dégradation du bassin versant est un facteur stimulant pour les apports solides.

La détermination des apports solides est basée sur des méthodes empiriques dont la fiabilité reste encore relatif notamment la formule de GOTTSCHALK $D = 260 \times S^{-0,1}$ et celle du CIEH-EIER :

$$D = 700 \times \left(\frac{P}{500} \right)^{-2,2} \times S^{-0,1} \quad \text{avec : } D = \text{dégradation spécifique annuelle en m}^3/\text{km}^2/\text{an} ;$$

Les valeurs obtenues par l'application de ces deux formules sont présentées dans le tableau suivant :

⁶ volume écoulé = S x Pan x Ke

Tableau N°10 : des valeurs de la dégradation spécifique du bassin versant

Méthodes	Valeurs de la dégradation spécifique (m ³ /km ² /an)
GOTTSCHALK	130
CIEH-EIER	4 664

Les valeurs obtenues sont très disparates, ce qui prouve bien la relativité de la fiabilité des méthodes utilisées. Il faut toute même garder à l'esprit la réalité de cette dégradation spécifique du bassin dont l'importance est fonction de sa physiographie. Les valeurs plus réalistes sont obtenues par expérimentation et mesures après la réalisation des ouvrages ou en comparant le bassin versant concerné à des bassins versant de même caractéristique et ayant fait l'objet de mesures..

c.4 Evaluation des débits de crues

L'évaluation des débits se fera sur la crue décennale à partir de laquelle, une extrapolation permettra d'obtenir les autres fréquences de crues. Deux méthodes ont prévalu à cette évaluation et cela, dans le but de confronter les résultats :

- La méthode ORSTOM : $Q_{10} = \alpha_{10} \times A \times P_{10} \times K_{r10} \times S \times T_{b10}^{-1}$
- La méthode CIEH : $Q_{10} = a \times S^s \times P_{an}^p \times I_g^i \times K_{kr10}^k \times D_d^d$
 - a, s, p, i, k, d, sont des coefficients de régression ou de déterminisme ;
 - Q₁₀ : débit de crue décennale en m³/s ;
 - S : superficie du bassin versant en km² ;
 - I_g : indice global de pente en m/km ;
 - Pan : pluie annuelle moyenne en mm ;
 - K_{r10} : coefficient de ruissellement décennal en % ;
 - D_d : densité de drainage en km/km² ;
 - A : coefficient d'abattement spatial ;
 - α₁₀ : coefficient de pointe ;
 - P₁₀ : précipitation décennale ponctuelle de 24 h ;
 - T_{b10} : temps de base de fréquence décennale en secondes.

c.41 Détermination des paramètres de calcul :

- ⇒ K_{r10} : après exploitation des graphiques et interpolation logarithmique, la valeur obtenue est de 14% ;
- ⇒ α₁₀ : est pris à 2,4 avec exploitation des Cheick List ;
- ⇒ T_{b10} : il a été déterminé par lecture sur les abaque et estimée à 3 300mn.

Le tableau suivant donne les valeurs obtenues par chaque méthode.

Les formules qui utilisent le maximum de grandeur caractéristique du bassin versant ont été utilisée pour la méthode CIEH et la valeur obtenue est la moyenne de trois de ces formules.

Tableau N°12:des valeurs des obtenues pour les débits de crues

Méthodes	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
ORSTOM	106,55	484,87
CIEH	113,71	517,45

d) *Evaluation des besoins en eau*

Les besoins d'usages de la retenue sont essentiellement agricoles et pastoraux. Les besoins d'usage domestique et quelques besoins agricoles (maraîchage) sont satisfaits à travers l'augmentation de la productivité des puits et forages par le biais de la recharge de la nappe.

d.1 *Besoins d'usage domestique :*

Les besoins d'usage domestique sont constitués par les eaux destinées à la boisson, à la cuisine, au linge, à la douche, tous ceux dont l'occupant d'une habitation a besoin à l'intérieur de sa cour. Ces besoins sont estimés à partir de la consommation spécifique, ramenée à la population totale⁷. Ils sont estimés à $119\text{m}^3/\text{j}$ soit environ $4\,381\text{m}^3/\text{an}$.

d.2 *Besoins d'usage agricole :*

Deux types de cultures sont prévus dans le bas-fond :

- ⇒ Les cultures céréalières : le riz de bas-fond, les cultures de décrues (maïs, niébé, sorgho) ;
- ⇒ Les cultures maraîchères (oignon, tomates, pomme de terre, gombo, salade, etc.)

Les besoins sont estimés pour une exploitation optimale et continue de 2ha (en plusieurs campagne) pour le maraîchage. Les besoins pour les cultures céréalières sont satisfaits par humidification continues du bas-fond pendant l'hivernage et pour l'instant, il n'est pas envisagé de pratiquer les cultures sèches par irrigation. Le tableau qui suit résume les résultats obtenus.

Tableau N°14:des valeurs obtenues sur les besoins d'usage agricole

Variétés culturales	Superficie occupée (ha)	Besoin journalier ($\text{m}^3/\text{j}/\text{ha}$)	Cycle cultural (jour)	Besoins totaux (m^3)
Cultures maraîchères	2,00	100	90	18 000

Les besoins estimés pour 2ha en maraîchage de novembre à janvier s'élève à $18\,000\text{m}^3$ soit : $6\,000\text{m}^3$ par mois. Pour prétendre à deux campagnes de maraîchage, il faut prévoir le double de cette valeur soit : $36\,000\text{m}^3$.

d.3 *Besoins d'usage pastoral :*

Les besoins d'usage pastoral sont déterminés par la taille du cheptel et la consommation spécifique de chaque espèce. Le tableau suivant donne les valeurs obtenues sur ces besoins.

Tableau N°15:des valeurs obtenues sur les besoins d'usage pastoral

Espèces	Taille	Consommation spécifique (l/j)	Consommation journalière (m^3/j)
Bovin	2 200	52,50	116
Ovins/caprin	2 980	5,00	15
Asins	170	11,50	2
Equins	75	42,50	3
Total			136

Les besoins journaliers pour l'abreuvement du bétail s'élèvent à $135\,543\text{m}^3$ soit : $4\,066\,290\text{m}^3$ par mois. Cette consommation n'est pas continu et commence dans la retenue lorsque les mares ponctuelles commencent à se tarir, soit à partir du mois d'octobre et cela jusqu'au mois de juin.

⁷ On pourra au besoin, tenir compte de l'accroissement de la population.

Tableau N°16 : Récapitulatif des besoins en eau :

Types de besoins	Besoin journalier (m ³)	Besoin mensuel (m ³)	Besoin annuel (m ³)
domestique	119	3 570	43 435
Abreuvement du cheptel	136	4 080	49 640
Agricoles	200	6 000	73 000
Total	455	13 650	166 075

e) Evaluation des pertes en eau dans la cuvette

◇ **Pertes par infiltration**

L'importance des pertes par infiltration est fonction de la structure et de la texture du sol de la cuvette. Elles sont estimées par mesures in situ en réalisant des trous d'infiltration. Ces pertes diminuent au fur et à mesure des dépôts de limons dans la cuvette de la retenue et de l'humectation de la surface occupée par le plan d'eau qui finira par être saturée. Elles sont estimées à 2 mm/jour.

◇ **Pertes par évapotranspiration**

Ces pertes ont été déjà déterminées par la détermination des valeurs de l'ETP. L'estimation concernera les pertes situées dans la période où l'intensité des pluies ne permet plus de renouveler ces pertes (octobre à juin)

◇ **Tableau N°17 : Récapitulatif des pertes en eau**

Déc.	Fév.	Mars	Avril	Mai	juin	Total
62	28	62	60	62	60	518
171	135	174	194	195	186	1531
233	163	236	254	257	246	2049

f) Dimensionnement hydraulique de l'ouvrage et capacité de la retenue

f.1 Option d'aménagement :

Les objectifs du projet et les contraintes du site sont des facteurs qui concourent aux options alternatives d'un aménagement.

Les objectifs du projet tels que formulés par les bénéficiaires et analysés dans la présente étude se résument ainsi :

- ⇒ le désenclavement intérieur et extérieur de la commune de Simbi : franchissement du cours pendant l'hivernage, accès au chef lieu de cercle, aux champs de cultures, aux village de la communes et autres communes voisines, etc.
- ⇒ la recharge de la nappe en vue de l'amélioration de la productivité des puits et forages ;
- ⇒ le développement des activités agricoles et sylvicoles : culture du riz de bas-fond, maraîchage ;
- ⇒ l'abreuvement du cheptel.

Le type d'aménagement qui permet de répondre au mieux à ces objectifs devra prévoir un ouvrage à multiples fonctions.

Comme l'avaient conseillé le CIRA, et le BICRA, et la SAED, c'est un ouvrage mixte constitué d'une digue/route et un radier semi submersible munis d'une batterie de dalots fermés qui répond à ce genre d'aménagement.

La conception de l'aménagement comprend :

- ⇒ Une digue/route en remblais latéritique sur les berges du cours d'eau;
- ⇒ Un radier semi-submersible dans le lit mineur dont les dimensions seront déterminées par la crue du projet. Il sera muni de batteries de dalots dont le nombre et la taille des ouvertures seront définis par les besoins de régulation du plan d'eau dans la cuvette en vue de sa valorisation agricole. La régulation du plan d'eau se fera par des éléments de batardeaux métalliques mobiles pouvant glisser dans les rainures des cadres scellés dans les piles du radier.
- ⇒ La digue/route et le radier semi-submersibles reçoivent à l'aval, un dispositif complet de protection. Ce dispositif est constitué du bassin de dissipation et ses parties annexes.

f.2 Dimensionnement hydraulique :

A partir de la crue du projet (crue décennale $Q_{10}=114\text{m}^3/\text{s}$), le dimensionnement consiste à caler les dimensions :

- ⇒ du radier submersible (largeur, longueur, ouverture des dalots, tirant d'eau sur le radier, etc.) ;
- ⇒ la partie en digue (épaisseur, largeur, longueur, ouvrage annexe) ;
- ⇒ le bassin de dissipation et tout le dispositif de protection aval : épaisseur, largeur, longueur, etc.

L'évacuation de la crue se fait soit par déversement total sur le radier submersible, soit par déversement et passage à travers les dalots. Le dimensionnement a été effectué en considérant ses hypothèses et avec la crue décennale.

Deux hypothèses de fonctionnement hydraulique permettent de déterminer la longueur du radier :

- ⇒ **hypothèse d'un canal large à section trapézoïdale (impose un régime d'écoulement uniforme)** : détermine longueur du radier et le tirant d'eau, le fruit étant imposé par la pente des rampes

d'accès (8%). La formule de Manning est utilisée : $Q_p = K_s \times \sqrt{I} \times \frac{(y \times (b + m \times y))^{\frac{5}{3}}}{(b + 2 \times y \sqrt{1 + m^2})^{\frac{2}{3}}}$ où :

- K_s est le coefficient de Manning ($K_s=70$) ;
 - b est la longueur du canal en mètre ;
 - m est le fruit des parois du canal (0,08) ;
 - y est le tirant d'eau dans le canal ;
 - I est la pente du radier vers l'aval (0,003m/m) ;
 - Q_p est la crue pour laquelle l'ouvrage est projeté en m^3/s .
- ⇒ **hypothèse d'un déversoir à seuil épais** : détermine longueur du radier et la lame déversante.

La formule des déversoirs à seuil épais est utilisée. $Q_p = C \times L \times \sqrt{2 \times g} \times h^{\frac{3}{2}}$ où :

- C est le coefficient de débit ($C=0,39$)
- L est la longueur du déversoir en mètre ;
- h est la lame d'eau déversante sur le radier ;
- g est l'accélération de la pesanteur ($g=9,81\text{m}^2/\text{s}$).

Le tableau suivant donne la synthèse des résultats obtenus.

Tableau N°18 : valeurs obtenues pour les dimensions du radier

Méthode de calcul	Longueur (m)	Lame déversante (m)
Hypothèse d'un canal à section trapézoïdale	44,06	0,80
Hypothèse d'un déversoir à seuil épais	92,23	0,80

La valeur obtenue pour le canal trapézoïdale correspond bien au cas d'un régime d'écoulement laminaire uniforme et permanent. Ce qui n'est généralement pas le cas dans les écoulements de crue ponctuelle. Il convient donc de considérer le cas des déversoirs à seuil épais.

Le radier submersible ferme la cote 248,50m, celle fermée par le corps de la digue est 249,30 et les remblais d'accès raccordent la digue au terrain naturel à la cote 249,50m.

Les valeurs obtenues par les deux hypothèses de calcul permettent de caler les dimensions des différents corps de l'ouvrage (cf. plans et profils en long de l'ouvrage).

Les dimensions du radier sont calées pour évacuer la crue ponctuelle décennale de 24 heures. Cette condition est remplie avec une longueur déversante de **93,00m** sous une charge de **0,80m**.

Un bassin de dissipation est prévue à l'aval du radier submersible et dimensionné avec la crue de projet et les caractéristiques du radier. Sa longueur est de 4,00m dont 2,00m en béton et 2,00m en blocage de perrés sec. Le diamètre moyen de ces blocs de moellon est de 0,50m. la hauteur du muret terminal est de 0,45m par rapport au radier du bassin de dissipation (profondeur du bassin de dissipation).

Le tableau suivant résume les caractéristiques de l'ouvrage.

Tableau N°19 : Dimensions retenues pour les différents corps de l'ouvrage

Corps d'ouvrage	Grandeurs caractéristiques	valeurs
Digue en remblais latéritique	Longueur sur la rive droite	686,70m
	Longueur sur la rive gauche	99,62m
	Cote de calage projet	249,30m
	Largeur	4,60m
	Pente du talus aval	2,5/1
	Pente des remblais d'accès	7%
	Longueur des remblais d'accès	30,58m
	Cote des remblais d'accès	249,50m
Dalle de transition	Cote de calage projet	248,50m
	Longueur totale	11,00m
	Largeur totale	4,60m
	Epaisseur	0,25m
	Recouvrement sur les piles	0,60m
Palier de roulement	Cote de calage projet	248,50m
	Longueur totale	62,00m
	Largeur totale	4,60m
	Epaisseur	0,10m
Rampes d'accès	Cote de calage projet	248,50 à 249,30m
	Longueur totale	20,00m
	Largeur totale	4,60m
	Epaisseur	0,15m
Piles de la dalle de transition	Nombre	5,00
	Fondation en semelle filante	1,20X4,60X0,60
	Hauteur	2,00m
	Epaisseur	0,60m
	Ecartement	2,00m
Bassin de dissipation	Longueur totale	2,00m
	Largeur totale	93,00m
	Epaisseur de son radier	0,30m
	Hauteur du muret terminal	0,45m
	Longueur de l'empierrement aval	2,00m
	Largeur de l'empierrement aval	93,00m
	Disposition des blocs chicane	Sur la ligne médiane du bassin de dissipation
	Ecartement transversal des blocs chicane	0,50m
Tuyaux PVC DN50 pour les barbacanes	18ml	
Pied droit amont de la digue	Largeur en fondation	0,50m à 0,6m
	Largeur en crête	0,30m à 0,40m
	Encrage	0,40m à 0,60m
	Hauteur	variable
Pieds droits de la partie en béton	Largeur en fondation	0,75
	Largeur en crête	0,40m
	Encrage	0,60m
	Hauteur	variable

f.3 capacité de la retenue :

La capacité de la retenue est fonction de la cote de calage du radier et de la configuration topographique de la cuvette. Elle est appréciée à partir de deux paramètres principaux :

- ⇒ la superficie de la zone d'influence de l'ouvrage (courbe Hauteur-Surface) ;
- ⇒ le volume d'eau retenu dans la cuvette (courbe Hauteur-Volume)

Le tableau qui suit donne les valeurs moyennes des surfaces et volumes enveloppés par les différentes courbes de niveau de la cuvette.

Tableau N°20 : Valeurs des surfaces moyennes enveloppées par les courbes de niveau et les volumes correspondants

Cote (m)	Surface de la courbe enveloppée (m ²)	Surface moyenne (m ²)	Volume correspondant (m ³)	Volume cumulé (m ³)
245,50	29	0	0	0
245,75	579	304	76	76
246,00	1 831	1 205	301	377
246,25	3 789	2 810	703	1 080
246,50	6 318	5 054	1 263	2 343
246,75	9 400	7 859	1 965	4 308
247,00	13 024	11 212	2 803	7 111
247,25	19 249	16 137	4 034	11 145
247,50	30 891	25 070	6 268	17 413
247,75	43 158	37 025	9 256	26 669
248,00	248 230	145 694	36 424	63 092

L'analyse et l'interprétation de ces courbes (cf. annexes 2 et 3) montrent que l'ouvrage a une capacité de **63 092m³**, avec une superficie inondable de **24,8ha**. Ce volume peut satisfaire entièrement aux besoins d'usage domestique du village si on n'y associe pas les autres types d'utilisation.

f.4 Durée d'utilisation de la retenue :

L'utilisation de la retenue commence à partir de la première quinzaine du mois de juillet avec la riziculture de bas-fond. Cette activité se poursuit jusqu'en septembre où les récoltes commencent et les pluies se font rares dans la zone. De décembre à février, le maraîchage se pratique autour du bas-fond et c'est à partir du mois d'octobre que le cheptel a recours à la retenue pour son abreuvement.

Les besoins de l'ensemble de ces facteurs d'utilisation combiné aux pertes par évaporation et infiltration déterminent la durée d'utilisation de la retenue.

La retenue est considérée être à plein bord à partir du 30 septembre et le tableau suivant présente une simulation de sa capacité de service.

Tableau N°21 : Capacité de service de la retenue

Désignations	Volume dans la retenue (m ³)	Utilisation agricole (m ³)	Utilisation domestique (m ³)	Abreuvement du cheptel (m ³)	Pertes par ETP et infiltration (m ³)	Apports (m ³)
Juillet	63 092	6 000	3 570	0	0	63 092
Août	63 092	6 000	3 570	-	-	63 092
Septembre	63 092	6 000	3 570	3 323	-	63 092
Octobre	52 879	6 000	3 570	4 080	134	0
Novembre	39 783	6 000	3 570	4 080	3 016	0
Décembre	23 875	6 000	3 570	4 080	5 828	0
Janvier	11 141	6 000	3 570	4 080	2 654	0
Février	0	6 000	3 570	4 080	4 092	0
Mars	0	6 000	3 570	4 080	5 902	0
Avril	0	6 000	3 570	4 080	6 349	0
Mai	0	6 000	3 570	4 080	6 423	0
Juin	0	6 000	3 570	4 080	6 150	0

Ce tableau montre qu'en utilisation normale, l'ouvrage tarira en mois de février, ce qui correspond à une durée d'utilisation minimale de 9 mois (juin à février).

3) ANALYSE FINANCIERE DU PROJET

a) Coûts du projet

Tableau N°22 : Estimatif du coût du projet

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	COUTS (FCFA)
I	ETUDES DE FAISABILITE TECHNIQUES ET SOCIALES	2 850 000
II	TRAVAUX DE REALISATION A L'ENTREPRISE	65 742 520
III	CONTROLE ET SURVEILLANCE TECHNIQUE DES TRAVAUX	4 400 000
TOTAL GENERAL		72 992 520

Les coûts du projet s'élèvent à : **72 992 520F (soixante douze millions, neuf cent quatre vingt douze mille, cinq cent vingt francs) CFA hors taxes et hors douanes.**

b) Production prévisionnelle sur l'aménagement

Les productions quantifiables sont celles qui résultent du maraîchage et de la riziculture de bas-fond. L'analyse financière portera en premier lieu sur ces deux types de production. Ceci, sans négliger les autres effets économiques qui seront induits par la facilitation du franchissement du cours d'eau, le développement des échanges, la résorption du problème d'eau par la recharge de la nappe et l'augmentation de la productivité des puits et forages.

L'estimation financière des productions se fera sur la base des hypothèses sur les rendements des cultures pratiquées, rendements observés au niveau du village (cf. tableau suivant).

Tableau N°23 : Estimatif des productions de l'aménagement

Désignations	Spécification	Rendement (à l'hectare)	Superficie prévue pour l'exploitation (ha)	Production totale (unité de rendement)	Prix d'achat (F CFA/unité)	Valeur des produits (F CFA)
Cultures maraîchères	Tomates	20 000kg	1,00	20 000	250	5 000 000
	Oignon	20 700kg	1,50	31 050	200	6 210 000
	Laitue	67 200 pieds	1,00	67 200	35	2 352 000
	Aubergine	42 000kg	1,00	42 000	200	8 400 000
	Choux verts	30 000kg	0,50	15 000	150	2 250 000
	Poivron	7 000kg	0,50	3 500	300	1 050 000
	Gombo	3,50kg	0,25	1	200	175
	Pomme de terre	11 000kg	0,5	5 500	450	2 475 000
Cultures céréalières	Riz du bas-fond	510kg en riz décortiqué	23,50	11 985	200	2 397 000
	Maïs de décrue	600kg	20,00	12 000	100	1 200 000
Cultures fruitières	Papayer	40 000 fruits	0,25	10 000	250	2 500 000
	Bananier	35 000kg	0,25	8 750	350	3 062 500
Totaux						36 896 675

Ce tableau fait apparaître une production brute annuelle de *36 896 675F (trente six millions, huit cent quatre vingt seize mille, six cent soixante quinze francs) CFA*.

Il faut noter qu'une grande partie de ces productions est destinée à l'autoconsommation, notamment, les productions céréalières. Elle sert au complément alimentaire des producteurs. Cependant, le maraîchage est une activité de rente, bien que ces produits contribuent au complément alimentaire des populations, il permet de constituer un fond de roulement pour la constitution d'une caisse de redevance qui pourra servir à l'entretien de l'ouvrage.

c) Les emplois prévisionnelles sur l'exploitation de l'aménagement

Les emplois prévisionnels sur l'aménagement sont constitués de :

- ⇒ Des charges de premier investissement : coût de réalisation de l'ouvrage, le fonçage de puits maraîchers pour l'intensification du maraîchage, etc. ;
- ⇒ Les charges résultant de l'approvisionnement en semences et intrants agricoles, les frais d'encadrement par un technicien d'agriculture, etc.

Tableau N°24 : Charges d'exploitations de l'aménagement pour la première année de mise en valeur

Désignation des produits	Superficie occupée (ha)	Quantité des semences et intrants minéraux (kg)	Prix unitaire (F CFA)	Coûts estimatifs des charges (F CFA)
Charges variables				
Tomates	1,00	Semences	0,12	15000
		Intrants	450	125
Oignon	1,50	Semences	7,5	250
		Intrants	1500	125
Laitue	1,00	Semences	0,1	22500
		Intrants	370	125
Aubergine	1,00	Semences	0,15	17500
		Intrants	440	125
Chou vert	0,50	Semences	0,25	11500
		Intrants	208	125
Poivron	0,25	Semences	0,08	12500
		Intrants	1375	125
Gombo	0,5	Semences	12,3	12750
		Intrants	1230	125
Pomme de terre	0,50	Semences	150	400
		Intrants	1750	125
Riz du bas-fond	23,50	Semences	164	300
		Intrants	2110	125
Maïs de décrue	20,00	Semences	40	100
		Intrants	1050	125
Papayer	0,25	Semences	315	11500
		Intrants	1750	125
Banancier	0,25	Semences	0,02	17500
		Intrants	3 620	125
Prise en charge d'un technicien d'encadrement		12mois	200 000	2 400 000
Entretien annuel de l'ouvrage (ff)		1,00	700 000	700 000
Pertes et frais divers (ff)		1,00	100 000	100 000
Total des charges variables				9 086 925
Charges d'investissements initiaux				
Réalisation de l'ouvrage principal		1,00	72 992 470	72 992 470
Parcellaire du bas-fond		1,00	2 500 000	2 500 000
Fonçage de puits maraîcher		5,00	2 000 000	10 000 000
Petit outillages		ff	2 000 000	2 000 000
Total des charges des charges d'investissements initiaux				87 492 470
Total des charges des charges d'exploitation				96 579 395

Les charges de l'aménagement sont estimées à 96 379 375F (quatre vingt seize millions, trois cent soixante dix neuf mille, trois cent soixante quinze francs) CFA dont 87 492 470F (quatre vingt sept millions, quatre cent quatre vingt douze mille, quatre cent soixante dix francs) CFA d'investissements initiaux.

d) Compte d'exploitation prévisionnelle de l'aménagement

Le compte d'exploitation est élaboré sur la base des productions vendues et des charges d'exploitation annuelle. Les cultures céréalières et une partie importante des productions maraîchères étant destinée à l'autoconsommation, seule la moitié des produits maraîchers et fruitiers a été prise en compte dans les productions vendues.

Tableau N°25 : Compte prévisionnel d'exploitation de l'aménagement sur la première année de mise en valeur

Charges annuelles (F CFA)	Valeurs (F CFA)	Productions vendues	Valeurs (F CFA)
Semences et intrants agricoles	5 886 925	50% des produits maraîchers et fruitiers	16 649 837
Frais d'encadrement agricole	2 400 000		
Frais d'entretien de l'ouvrage	700 000		
Pertes et frais divers	100 000		
Bénéfice	7 562 912	Pertes	0
Total	16 649 837	Total	16 649 837

e) Conclusions sur la rentabilité de l'aménagement

- L'analyse financière effectuée sur une période d'exploitation de 10 ans fait apparaître un taux de rentabilité interne de 14%.
- L'actualisation des flux de trésorerie brute avec un taux de 10% entrevoit une récupération des investissements initiaux à partir de la quatrième année d'exploitation de l'aménagement, en dégageant à partir de la cinquième année, un flux de trésorerie positive qui permet non seulement de faire face à l'entretien de l'ouvrage mais aussi d'entreprendre de nouveaux investissements.
- Il faut noter que les productions réellement vendues ne permettent pas la récupération des investissements initiaux au bout de dix ans. La consommation d'une grande partie des productions en est la cause principale. Cependant, le bénéfice prévisionnel des charges sur les productions est de 7 562 912F (sept millions, cinq cent soixante deux mille, neuf cent douze francs) CFA par an.

Sans ignorer les autres effets induits par la facilitation des échanges, l'abreuvement du cheptel, la recharge de la nappe, cette analyse prouve à suffisance, la rentabilité financière et économique du projet.

Quatrième Partie
GESTION DU PROJET

I- LES INTERVEANTS DANS LE CADRE DE LA MISE EN OEUVRE DU PROJET

Les efforts des parties ci-après énumérées ont concouru à l'élaboration du présent dossier de projet et seront toujours nécessaires pour la mise en œuvre du projet.

- 1) **Le maître d'ouvrage** : L'Assemblée Régionale de Kayes est le maître d'ouvrage du projet. Elle négociera avec les autres partenaires, les conventions de mise en œuvre du projet. En tant que maître d'ouvrage, elle sera présente à toutes les instances de décisions impliquant les partenaires financiers et techniques du projet.
- 2) **Le maître d'ouvrage délégué** : L'Agence KARED à travers le Programme PACEDEL est le maître d'ouvrage délégué du projet. Elle l'a initié avec les communautés villageoises de Simbi et en a élaboré les dossiers d'études d'APD. Elle élaborera les projets de convention pour la mise en œuvre du projet avec l'Assemblée Régionale et les populations de Simbi, procédera au lancement du dossier d'appel d'offres et au recrutement définitif de l'Entreprise. Elle apportera à travers le Programme PACEDEL, un appui technique d'accompagnement aux bénéficiaires dans le cadre de la gestion et la valorisation agropastorale et sylvicole de l'aménagement.
- 3) **Les bénéficiaires du projet** : Les communautés villageoises de Simbi constituent les bénéficiaires du projet. Elles en sont les initiatrices et ont entrepris les démarches nécessaires au démarrage des études de faisabilité technique et sociale. Elles ont beaucoup participé à la collecte et à la fourniture des informations nécessaires à l'élaboration des dossiers techniques. Elles sont beaucoup attendues dans le cadre de l'appropriation de l'aménagement par une gestion optimale de l'ouvrage et un partage équitable de ces ressources.

II- GESTION ENVIRONNEMENTALE DU PROJET

La réalisation du projet induit des effets positifs en terme de revenu monétaire, d'amélioration de la sécurité alimentaire, de la recharge de la nappe, de la présence aussi longtemps que possible d'un point d'abreuvement pour le bétail, de la reconstitution des sols, et surtout de la facilitation des échanges.

Mais les effets positifs ne doivent pas nous amener à négliger d'autres effets non souhaitables et auxquels des solutions peuvent être apportées. En effet, la présence aussi longtemps que possible d'une masse d'eau importante contribue à la création d'un micro climat favorable à l'apparition et la multiplication des espèces aussi diverses, de l'écosystème. Il s'agit entre autres :

- ⇒ De la prolifération des micro organismes responsables des maladies hydriques : la dysenterie, les diarrhées, le paludisme, etc.
- ⇒ De l'apparition et la multiplication des reptiles venimeux ;
- ⇒ Les risques sanitaires liés aux conditions d'usage de l'eau ;
- ⇒ L'effet d'attraction des enfants au nouveau paysage créé par la présence aussi longtemps que possible, d'une retenue d'eau.

Ces effets ne constituent pas des facteurs limitants car une campagne d'information et de sensibilisation permet d'atténuer ces risques. La présence d'un centre de santé est surtout sur lequel le projet pourra utilement s'appuyer.

III- GESTION POST AMENAGEMENT DU PROJET

La pérennité d'un aménagement hydro agricole tel que projeté dans le présent dossier, dépend fortement du dispositif de gestion locale qui assurera la relève après la réalisation du projet. Son efficacité dépend aussi de son niveau de formation et d'encadrement.

Il est fondamental de prévoir un dispositif local de gestion communautaire de l'aménagement pour assurer sa pérennité, son exploitation optimale et équitable. Ce dispositif devra recevoir les formations et l'encadrement technique nécessaire à son autonomisation et la garantie de sa pérennisation.

Cinquième Partie

ANNEXES

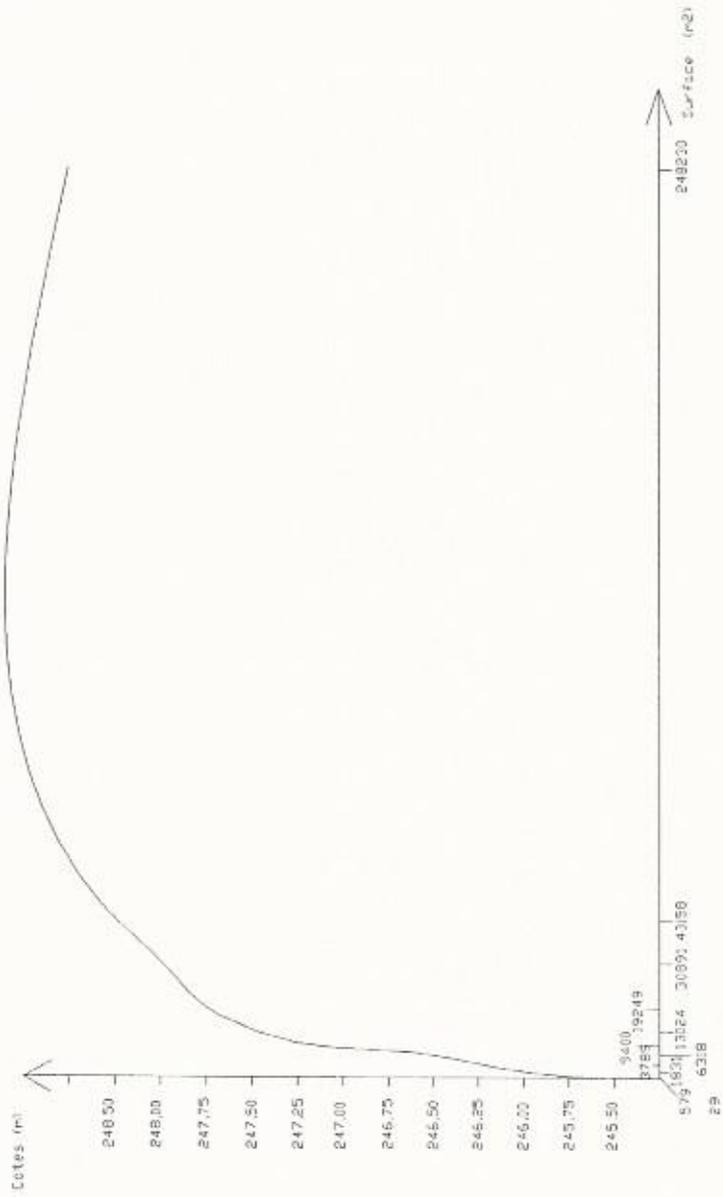
1) Annexe 1 : Tableau N°26 du devis estimatif des travaux

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unités	Quantités	PU (F CFA)	Montants (Fcfa)
I	INSTALLATION ET REPLI DU CHANTIER				
1	Installation	ff	1,00	1 250 000	1 250 000
2	Repli du chantier	ff	1,00	1 250 000	1 250 000
	Sous total II				2 500 000
II	Terrassement				
1	Nettoyage de l'emprise et implantation	m ²	5 320,00	80	425 600
2	Décapage sur 20cm	m ²	5 234,00	200	1 046 800
3	Fouille de fondation	m ³	465,63	1 500	698 445
4	Remblai latéritique compacté dans le corps de la digue	m ³	4 493,28	4 500	20 219 760
	Sous total II				22 390 605
III	Travaux de béton				
1	Béton de propriété dosé à 150 kg/m ³	m ³	30,22	22 500	679 950
2	Béton armé dosé à 400 kg/m ³ pour les dalles du radier	m ³	12,65	195 000	2 466 750
3	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour couche de roulement (ép. 10cm)	m ³	24,56	190000	4 666 400
4	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour rampe d'accès (ép. 15cm)	m ³	12,04	190000	2 287 600
5	Béton cyclopéen dosé à 400 kg/m ³ pour piles des dalles	m ³	36,45	40 000	1 458 000
6	Béton cyclopéen dosé à 350 kg/m ³ pour pieds droits de la partie en béton et l'assiette des couches de roulement et les rampes d'accès	m ³	246,51	37 500	9 244 125
7	Maçonnerie de moellons dosé à 250 kg/m ³ pour pieds droits protection de remblai	m ³	352,13	30 000	10 563 900
8	Béton cyclopéen dosé à 250 kg/m ³ pour radier et para fouille de la partie en béton et le bajoyer du bassin de dissipation	m ³	80,92	30 000	2 427 600
9	Béton cyclopéen dosé à 350 kg/m ³ pour radier du bassin de dissipation (ép. 20 cm)	m ³	55,065	37 500	2 064 938
10	Maçonnerie de moellons dosés à 250 kg/m ³ pour les blocs chicanes	m ³	12,88	30 000	386 400
11	Revêtement du parement aval de la digue perrés secs	m ³	12,64	3 500	44 240
12	Blocage aval du muret terminal en perrés secs	m ³	93	3 500	325 500
13	Enduits sur les piles et bajoyers en béton au mortier de ciment dosé à 400kg/m ²	m ³	3,36	60 000	201 600
14	Fourniture et pose de gravier de drain sous bassin de dissipation (ép.10cm)	m ³	18,6	4 500	83 700
	Sous total III				36 900 703
IV	ACCESSOIRES				
1	Béton armé dosé à 350 kg/m ³ pour les balises de ceinture (14 unités)	m ³	0,62	7 500	4 616
2	Panneaux de signalisation du chantier	u	2,00	40 000	80 000
3	Panneaux d'identification de l'ouvrage	u	1,00	50 000	50 000
4	fourniture et pose des batardeaux métalliques (10 éléments de 20x1,90x0,05 par pertuis)	U	2,00	325 000	650 000
	tuyaux PVC DN50 pour les barbacanes	ml	18,00	2 000	36 000
	Sous total IV				820 616
	Total partiel				62 611 924
	Imprévus et divers (5%)				3 130 596
	TOTAL GENERAL				65 742 520

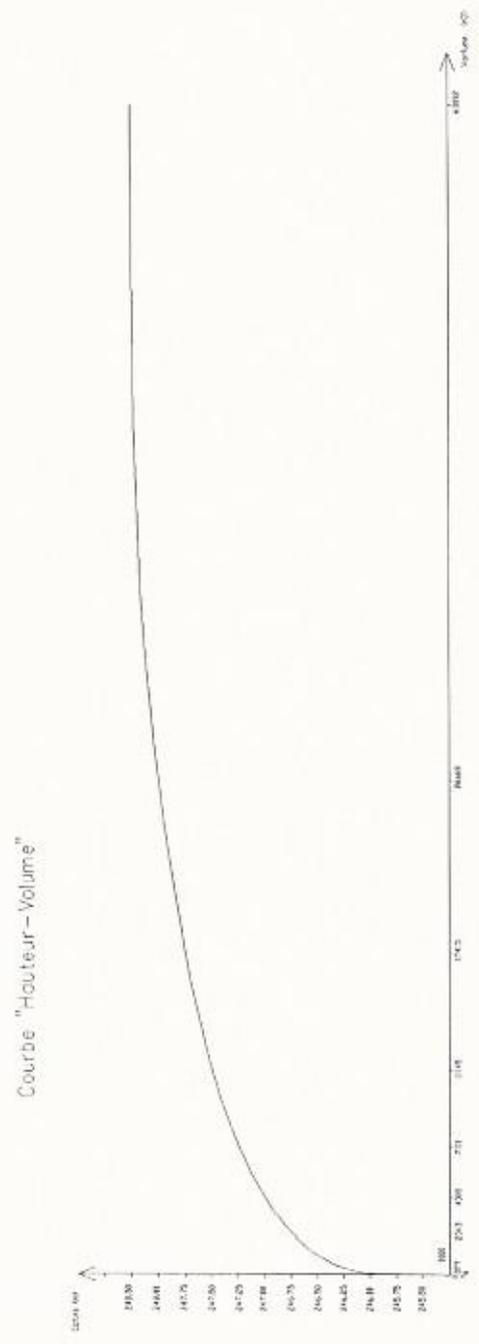
Arrêté, le présent devis à la somme de : *soixante cinq millions, sept cent quarante deux mille, cinq cent vingt francs CFA, hors taxe et hors douane.*

2) Annexe 2: Courbe « Hauteur-Surface »

Courbe "Hauteur-Surface"



3) Annexe 2: Courbe « Hauteur - Volume »



4) Annexe 4 : Tableau N°27 des précipitations annuelles enregistrées à la Station de Nioro (1940 à 2000)

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
1940													564
1941													491
1942													456
1943													540
1944													620
1945													706
1946													551
1947													471
1948													483
1949													399
1950													659
1951													752
1952													965
1953													628
1954													842
1955													566
1956													629
1957													657
1958													852
1959													615
1960													562
1961													497
1962													673
1963													647
1964													721
1965													631
1966	0	0	0	0	25	92	127	116	181	78	0	0	619
1967	0	0	0	0	0	0	99	253	66	1	2	0,2	421,2
1968	0	1	0	21	1	19	171	108	127	0	0	0	448
1969	0	0	0	0	1	81	185	166	63	47	0	0	543
1970	0	0	0	0	3	11	145	156	84	1	0	0	400
1971	0	0	0	16	0	11	49	108	152	2	5	0	343
1972	0,3	0	0	13	17	53	137	114	71	16	17	0	438,3
1973	0	0	0	0	1	24	92	134	72	37	0	0	360
1974	0	0	0	0	2	31	61	229	82	11	4	0	420
1975	0	0	0	0	19	21	191	192	32	45	0	0	500
1976	0	0	0	0	19	62	117	125	0	50	0	0	373
1977	0	0	0	6	3	43	88	20	105	36	0	0	301
1978	0	0	0	2	2	36	152	84	225	50	1	3	555
1979	0	0	0	0	16	54	125	122	0	20	0	22	359
1980	0	0	0	0	0,3	22	69	138	79	0	0	0	308,3

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
1981	0	0	0,2	1	10	52	213	78	40	12	0	0	406,2
1982	0	0	0	0	10	7	71	132	113	47	0	1	381
1983	0	3	0	2	9	78	73	49	45	1	0	0	260
1984	0	0	0	5	2	20	91	36	153	8	1	0	316
1985	4	0	0	3	2	68	198	162	34	12	0	0	483
1986	0	0	0	1	0	41	86	49	55	112	0	0	344
1987	0	0	0	0	0,2	39	100	93	87	25	0	0	344,2
1988	0	0	0	0	1	64	94	266	76	0	0	0	501
1989	0	0	0	0	0,3	54	161	293	47	48	0	0	603,3
1990	0	0	0	1	0	31	64	93	79	4	0	0	272
1991	0	0	0	0	5	24	94	178	51	35	0	0	387
1992	2	0,2	0,2	1	50	172	179	46	3	1	0	0	454,4
1993	0	0	0	4	68	152	156	119	33	0	0	0	532
1994	0	0	0	3	1	14	93	157	70	62	0	0	400
1995	0	0	7	0	0	30	268	196	55	17	0	3	576
1996	0	0	0	0	3	57	86	192	44	3	0	0	385
1997	0	0	0	0	35	16	146	168	33	4	0	0	402
1998	6	0	0	3	41	27	48	193	108	1	0	0	427
1999	0	0	0	8,5	8,5	33	161	240	164	7	0	0	622
2000	1	0	0	0	0	62	96	130	99,2	28	0	0	416,2

Sixième Partie
PLANS ET PROFILS

Bibliographie

- CIRA : Etude d'actualisation de la digue route de Simbi : (version 1996)
- BICRA : Etude d'actualisation de la digue route de Simbi : (version 2001)
- ORSTOM et Cemagref : Crues et apports, manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique Sahélienne et tropicale sèche (bulletin FAO N°54 d'irrigation et de drainage)
- PNUD/DDES : Evaluation des ressources non pérennes au Mali (édition 1992 par la DNHE et l'ORSTOM)
- EIER-Cemagref : Techniques des petits barrages en Afrique Sahélienne et équatoriale (édition Cemagref)
- EIIER : Cours de barrages (par Jean M. DURAND)
- EIER : Cours d'alimentation en eau potable (Par Amadou H. MAIGA)
- EIER : Micro économie et choix des investissements (par Fabrice COUPEL)
- EIER : Cours d'hydraulique à surface libre (Par GRESILLON)
- Ministère français de la coopération : Mémento de l'Agronome (4^{ème} édition)