

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1 - 1	
1.1	Généralités	1 - 1	
1.2	Origine et historique du projet	1 - 4	
1.3	Objectifs de l'étude actuelle	1 - 5	
1.4	Décomposition de l'étude	1 - 6	
1.5	Bref aperçu sur les projets existants similaires dans la région.....	1 - 7	
2	LES SECTEURS ET LES SOUS-SECTEURS CONCERNES.....	2 - 1	
2.1	Hydraulique.....	2 - 1	
2.2	Environnement	2 - 2	
2.3	Agriculture	2 - 3	
2.4	Elevage.....	2 - 4	2 - 4
2.5	Pêche	2 - 5	
2.6	Santé	2 - 5	
2.7	Energie	2 - 6	
3	CONTEXTE DU PROJET	3 - 1	
3.1	Données de base topographiques	3 - 1	
3.2	Actualisation des données hydrologiques	3 - 1	
3.3	Actualisation des données climatologiques	3 - 5	
3.4	Actualisation des données sédimentologiques.....	3 - 6	
3.5	Etudes géologiques, géotechniques et géomorphologiques	3 - 7	
3.6	Diagnostic des données socio-agro-économiques	3 - 9	
3.7	Diagnostic des terres irrigables	3 - 21	
3.8	Diagnostic environnemental.....	3 - 24	
3.9	Demande en eau potable et industrielle	3 - 25	
3.10	Demande en eau pour l'irrigation	3 - 27	
3.11	Demande en électricité	3 - 28	
4	MODELISATION ET OPTIMISATION DE LA GESTION DE LA RETENUE	4 - 1	
4.1	Méthodologie.....	4 - 1	
4.2	Données de base pour la modélisation.....	4 - 1	
4.3	Simulation de la gestion.....	4 - 3	
4.4	Conclusions.....	4 - 6	
5	LE PROJET	5 - 1	
5.1	Fonctions à satisfaire par le projet.....	5 - 1	
5.2	Conception du barrage et de ses ouvrages annexes.....	5 - 2	
5.3	Conception de la centrale hydroélectrique	5 - 8	
5.4	Aménagements hydro-agricoles	5 - 11	
5.5	Coûts du barrage et de la centrale	5 - 15	
5.6	Coûts des aménagements hydro-agricoles	5 - 16	

6	IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	6 - 1
6.1	Généralités	6 - 1
6.2	Impacts biophysiques.....	6 - 1
6.3	Impacts socio-économiques.....	6 - 4
6.4	Plan de gestion environnementale	6 - 7
7	EXECUTION	7 - 1
7.1	Agence d'exécution	7 - 1
7.2	Organisation et gestion du projet.....	7 - 1
7.3	Plan d'exécution et calendrier.....	7 - 2
8	JUSTIFICATION DU PROJET	8 - 1
8.1	Justification technique	8 - 1
8.2	Justification financière et économique	8 - 2
8.3	Contribution du projet à la réduction de la pauvreté	8 - 4
8.4	Contribution du projet à la préservation de la biodiversité	8 - 5
9	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	9 - 1

ANNEXES :	1	Plan de situation du projet
	2	Plan de la retenue
	3	Profil en travers de la vallée suivant l'axe du barrage
	4	Vue générale des ouvrages du lit mineur
	5	Barrage en terre, coupe type
	6	Evacuateur de crue, coupe type
	7	Centrale hydroélectrique, coupe transversale
	8	Vidange de fond, coupe type
	9	Programme de construction

Note explicative

La présente note donne le contenu du rapport de synthèse de l'étude de faisabilité du barrage de Kandadji et explique les dispositions à prendre pour l'édition finale du rapport.

Conformément à la table de matières proposée, le rapport de synthèse est structuré suivant le tableau ci-dessous:

Elément	Titre	Nom fichier	page
Introduction	Introduction générale	Syntintrodiag	3
1^{ère} partie	Diagnostic social, économique et environnemental	-	-
Introduction	Introduction 1 ^{ère} partie	Introd partie 1	2
Chapitre 1	Actualisation des études climatologiques, hydrologiques et sédimentologiques	Syntchap1diag	12
Chapitre 2	Revue des études géologiques, géotechniques et géomorphologiques	Syntchap2diag	8
Chapitre 3	Diagnostic des terres irrigables	Syntchap3diag	15
Chapitre 4	Diagnostic environnemental et social	Syntchap4diag	22
Chapitre 5	Diagnostic des besoins en eau et électricité	Syntchap5diag	15
Chapitre 6	Modélisation et optimisation de la gestion de la retenue	Syntchap6diag	14
conclusion	Conclusion de la 1 ^{ère} partie	Conclu partie 1	1
			92
2^{ème} partie	Etude de faisabilité	-	-
Introduction	Introduction 2 ^{ème} partie	Introd partie 2	1
Chapitre 1	Conception du barrage et de ses ouvrages annexes	Syntchap1faisab	12
Chapitre 2	Conception de la centrale hydroélectrique	Syntchap2faisa	8
Chapitre 3	Aménagements hydroagricoles	Syntchap3faisa	23
Chapitre 4	Etude d'impact sur l'environnement	Syntchap4faisa	32
Chapitre 5	Analyse Coûts / Avantages et justification du projet	Syntchap5faisa	12
Conclusion	Conclusion générale	Conclusion générale	8
			96

Il faut signaler que le nombre de page est donné ici à titre indicatif, car il peut changer suivant la configuration du logiciel utilisé.

En ce qui concerne la mise en forme, il y a lieu de préciser que tous les numéros de tableaux et de figures présentés dans les différents chapitre avec trame de fond verte doivent être revus pour ce rapport.

Les figures, les tableaux et autres schémas doivent être insérés aux endroits indiqués dans les différents chapitres

Le nombre de page de ce volume de synthèse est assez consistant. Pour qu'il soit facilement maniable, son édition en recto / verso est souhaitée. Ceci réduirait de moitié le volume du rapport.

Les 13 plans et le programme de construction proposés comme documents annexes du rapport de synthèse doivent pliés et classés dans une pochette à la fin du rapport, comme cela a été fait pour le rapport sur les aménagements hydroagricoles.

La pagination doit se faire de façon continue pour l'ensemble du document.

Nous restons attentif au retour du courrier pour approfondir ou compléter tous les points qui vous paraîtront nécessaires.

1 INTRODUCTION

1.1 GENERALITES

La République du Niger est presque entièrement située dans la zone sahélio-saharienne, qui est caractérisée par une pluviométrie annuelle très faible et des périodes de sécheresse fréquentes. Ainsi, on distingue trois grandes régions naturelles (voir Figure 1-1):

1. au nord, la zone du Sahara, désertique avec des précipitations atteignant à peine 20 mm par an,
2. au centre, la zone sahélienne reçoit des précipitations de 350 à 500 mm par an et constitue la principale zone d'élevage,
3. au sud, la zone soudanienne couvrant environ 10% de la superficie totale du pays, qui est, avec des précipitations annuelles de 500 à 850 mm, la zone climatique offrant le plus d'atouts au pays.

Par son appartenance à la zone sahélienne, la République du Niger connaît une sévère sécheresse depuis 1970. Les terres classées comme cultivables (12% de la superficie totale) ne cessent de se réduire et leur fertilité de baisser en raison du manque d'eau, de l'érosion éolienne, de la disparition du couvert végétal et de la pression démographique.

La seule ressource importante en eau de la République du Niger est le fleuve Niger, troisième fleuve d'Afrique par sa longueur de 4.200 km, qui traverse successivement la Guinée, le Mali, le Niger, le Bénin et le Nigeria (voir Figure 1-2). Il s'écoule suivant une direction générale nord-est jusqu'aux confins du Sahara, décrit une grande boucle dans sa traversée des régions sahéliennes et subdésertiques, où il perd dans la cuvette lacustre une part importante de ses apports hydriques, avant de retrouver au sud-est la route de l'océan au fond du golfe de Guinée.

La surface de son bassin fluvial s'étend sur neuf états (Guinée, Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Burkina Faso, Bénin, Cameroun, Tchad, Nigeria) et peut être subdivisée en quatre sections principales, dont les caractéristiques physico-géographiques sont en grande partie homogènes:

1. *Le haut bassin du Niger* comprend le Niger à partir de sa source en Guinée jusqu'à Ségou à 200 km en aval de Bamako. Le haut bassin couvre une superficie d'environ 240.000 km².
2. *La cuvette lacustre ou delta intérieur* de Ségou jusqu'à Tossaye sur la boucle du Niger, soit une superficie d'environ 80.000 km².
3. *Le Niger moyen* entre Tossaye et Malanville, qui couvre une superficie avoisinant les 900.000 km², y compris les bassins versants "théoriques", pratiquement sans débit, en rive gauche.
4. *Le Niger inférieur* de Malanville à l'embouchure, y compris la Bénoué, qui couvre une superficie de 720.000 km².

Sur environ 550 km, le fleuve Niger parcourt la République du Niger en sa partie sud-ouest de la frontière malienne jusqu'à la frontière nigériane, en longeant sur sa dernière partie le territoire béninois.

Parallèlement à la dégradation catastrophique de ses sols, les ressources en eau de surface du Niger sont gravement affectées par la situation climatique de sécheresse qui sévit sur la zone sahélienne depuis 1970 (voir Figure 1-3):

- Depuis 1970, les apports moyens du fleuve Niger ont diminué de plus de 30% par rapport à la période antérieure. Le débit moyen du Niger à Niamey, mesuré sur une longue période, se monte actuellement à 696 m³/s (période postérieure à 1970), alors qu'il atteignait 1035 m³/s auparavant (période antérieure à 1970).
- Les changements du régime fluvial au cours de la saison d'étiage sont encore plus sévères. Alors qu'autrefois les basses eaux n'apparaissaient qu'au cours des mois de mai et juin, on constate que depuis 1970 la saison d'étiage s'étend sur une période de presque quatre mois, d'avril à juillet.
- Simultanément, les débits minima en période d'étiage ont fortement baissé. Les débits au cours du mois le plus sec d'une année moyenne se montaient auparavant à 70 m³/s, mais depuis 1970 ils n'atteignent plus que 20 m³/s. Dans les années particulièrement sèches, il est presque impossible de mesurer un débit. En mai 1985, pour la première fois de mémoire d'homme, le fleuve Niger s'est effectivement arrêté de couler à Niamey.

Cette diminution drastique des apports, dont l'évolution future n'est pas prévisible, a des effets de plus en plus dégradants sur l'écosystème fluvial, la pérennité de l'irrigation, la santé publique et l'alimentation en eau de la population, du bétail et de l'industrie.

Comme la République du Niger ne dispose pas d'autres ressources suffisantes en eau de surface en dehors du fleuve Niger, la seule possibilité de remédier à cette situation consiste à construire un barrage dans le fleuve, et créer ainsi une retenue d'une capacité suffisante qui permettra un renforcement systématique des débits d'étiage à l'aval au cours de la saison sèche et atténuera ainsi la dégradation de l'environnement.

1.2 ORIGINE ET HISTORIQUE DU PROJET

Le Ministère des Travaux Publics à l'origine, puis le Haut Commissariat au Barrage de Kandadji (HC/BK), ont été le maître d'œuvre de plusieurs études effectuées depuis 1976. Ces études ont prouvé de façon convaincante que sur le parcours nigérien du fleuve Niger, le site de Kandadji était sans conteste l'emplacement le mieux approprié à la construction d'un barrage, pour les raisons suivantes:

- A cet endroit, la colline Ourouba, située sur la rive droite à proximité du fleuve et dominant celui-ci de plus de 100 m, provoque un resserrement de la vallée. Le barrage prenant appui sur cette colline, sa longueur sera donc plus courte, réduisant par là même les dimensions et les coûts.
- A quelques kilomètres en amont du site, le Gorouol se jette dans le Niger, ce qui produit un élargissement considérable de la vallée, et permet d'obtenir une grande capacité de la retenue.
- De plus, le site a l'avantage d'être situé très en amont sur le parcours nigérien du fleuve et domine toutes les terres irrigables le long de la vallée du fleuve. Ceci permet de bénéficier d'un soutien d'étiage sur le plus long parcours.

Les études réalisées jusqu'à présent comprenaient en détail:

- Une "*Etude de Factibilité du Barrage de Kandadji*", effectuée entre 1976 et 1980 par Sofrelec. Il s'agissait d'un projet ambitieux à buts multiples visant à satisfaire à long terme les

besoins en énergie du Niger et de la région, la demande en eau d'irrigation et des autres usages, et l'amélioration de la navigation sur le fleuve. L'étude recommandait un barrage avec une capacité de la retenue pouvant attendre 14 milliards de m³, un niveau PHE de 239 m et une cote de la crête du barrage de 242 m. La surface de la retenue aurait largement débordé sur le territoire du Mali.

- Entre 1981 et 1982, Sofrelec, Electricité de France et Sir Alexander Gibb & Partners ont effectué des études complémentaires, dont l'objectif était d'optimiser le barrage de Kandadji et d'examiner la place qu'il pourrait prendre dans le programme de développement du bassin du Moyen Niger. En outre, en 1982, Sir Alexander Gibb & Partners, en collaboration avec Electricité de France, a effectué une *'Extension des études complémentaires'* dont l'objectif était d'examiner plus à fond l'aménagement du site du W à Gambou. Ces études complémentaires ont retenu comme variante la plus optimale et au moindre coût, un barrage à Kandadji avec une cote de la crête à 228 m, pouvant être surélevée dans une étape ultérieure à une cote de 241 m.
- De 1985 à 1986, Lavalin International, dans son *'Etude du développement à long terme du sous-secteur de l'électricité au Niger'*, a conseillé, d'un point de vue énergétique, d'abandonner la barrage de Kandadji en faveur de Gambou, ce qui a été effectivement décidé par le gouvernement de l'époque.
- Dans l'étude du plan directeur du bief Tombouctou-Gaya dans la région du Liptako-Gourma, effectuée par Electrowatt en 1983, Kandadji a été pris en considération, en même temps que le barrage de Tossaye au Mali et celui de Gambou au Niger.

Etant donné qu'entre-temps aucun ouvrage de maîtrise d'eau n'a été construit, les conséquences de la désertification se sont forcément aggravées depuis les années 70. Les effets les plus importants sont les suivants:

- les prélèvements pour l'irrigation deviennent de plus en plus difficiles et plus coûteux,
- l'approvisionnement en eau de Niamey a été sauvé in extremis par la construction d'une digue à Goudel, mais celle-ci est menacée par l'ensablement,
- du point de vue de la santé publique, les égouts qui se déversent dans une rivière sans eau, ainsi que les eaux stagnantes, amènent une recrudescence des vecteurs des maladies liées à la pollution,
- les poissons disparaissent et les marchés approvisionnés traditionnellement par le Niger ont de plus en plus recours aux importations en provenance du Burkina Faso et du Mali,
- le trafic fluvial a diminué, devenant discontinu à cause du niveau d'eau faible pendant la période d'étiage,
- la réduction des surfaces de culture du "Bourgou", provoquée par le manque d'eau et l'ensablement, crée des difficultés pour nourrir le bétail et entraîne la disparition des hippopotames,
- le niveau d'eau très bas est en partie responsable de la prolifération de la jacinthe d'eau, qui a envahi les rizières.

1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE ACTUELLE

La prise de conscience de la gravité de la situation actuelle a amené les autorités nigériennes à revoir les options antérieures trop ambitieuses qui avaient été envisagées pour le barrage de Kandadji dans le passé, pour lui faire jouer enfin le seul rôle d'un réservoir de régularisation dans le fleuve Niger.

Il en résulte une redéfinition des priorités assignées au barrage, qui sont les suivantes :

- soutenir l'étiage et atténuer ainsi la dégradation de l'environnement et les nuisances créées par les basses eaux,
- assurer la pérennité de l'irrigation,
- satisfaire les besoins en eau de la population, du bétail et de l'industrie sur l'ensemble de la vallée,
- envisager, selon les résultats, de produire une quantité raisonnable d'énergie électrique, considérée comme un sous-produit pour valoriser au maximum l'investissement consenti.

Cette nouvelle étude devait donc analyser la faisabilité technique, environnementale, socio-économique et financière d'un nouveau concept aux dimensions plus modestes.

1.4 DECOMPOSITION DE L'ETUDE

Le Gouvernement de la République du NIGER, représenté par le Haut Commissariat au Barrage de Kandadji (HC/BK), a confié cette nouvelle étude de faisabilité du Barrage de Kandadji au Groupement de Consultants Lahmeyer International GmbH (Allemagne) et Dar Al-Handasah (Egypte), sur financement du Fonds Africain de Développement (FAD). Le contrat N° 001/99/CAB/PM/HCBK a été signé par les deux parties le 12 mars 1999 et la date de commencement des prestations a été fixée au 1er mai 1999.

Le programme d'ensemble de l'étude a été décomposé en deux phases de la manière suivante:

- Phase I: Diagnostic social, économique et environnemental et détermination des caractéristiques de la retenue,
- Phase II: Etude de faisabilité.

Les résultats de l'étude sont rassemblés dans 8 volumes pour la Phase I et dans 5 volumes pour la Phase II. Leurs dénominations sont récapitulées ci-après:

- **Phase I:** Vol. 1 - Actualisation des études climatologiques, hydrologiques et sédimentologiques
Vol. 2 - Revue des études géologiques, géotechniques et géomorphologiques
Vol. 3 - Diagnostic des terres irrigables
Vol. 4 - Diagnostic environnemental et social
Vol. 5 - Diagnostic des besoins en eau et en électricité

- Vol. 6 - Modélisation et optimisation de la gestion de la retenue
- Vol. 7 - Diagnostic des données socio-économiques
- Vol. 8 - Détermination des prix unitaires.
- **Phase II:**
 - Vol. 1 - Conception du barrage
 - Vol. 2 - Optimisation et conception de la centrale hydroélectrique
 - Vol. 3 - Etude des aménagements hydro-agricoles
 - Vol. 4 - Etude d'impact sur l'environnement
 - Vol. 5 - Analyse coûts/avantages et justification du projet
 - Annexe : Cahier des plans

Le présent "Rapport de Synthèse", qui a été rédigé en français et en anglais, donne une récapitulation sommaire de toutes les conclusions importantes résultant de cette étude de faisabilité. Pour des informations plus détaillées, il est renvoyé aux rapports individuels cités plus haut.

1.5 BREF APERÇU SUR LES PROJETS EXISTANTS SIMILAIRES DANS LA REGION

Du point de vue climatique, une bonne partie de l'Afrique sahélienne et centrale est caractérisée par une longue saison sèche et une saison des pluies concentrée sur quelques mois, les précipitations étant plus faibles et la saison des pluies plus courte à mesure que l'on se rapproche des franges sahariennes. Le développement dans cette région doit donc reposer dans une large mesure sur la maîtrise des ressources en eau, parmi lesquelles les eaux de surface revêtent une importance vitale pour toute entreprise agricole ou pastorale. Depuis une cinquantaine d'années, l'édification de barrages a été une solution très largement utilisée pour résoudre les délicats problèmes de mobilisation des ressources en eau.

Dans plusieurs pays limitrophes de la République du Niger, à savoir au Mali, au Burkina Faso et au Nigeria, un grand nombre de barrages sont déjà exploités avec succès depuis de nombreuses années, dont beaucoup se situent dans le bassin versant du fleuve Niger. Comme dans le cas du projet de barrage de Kandadji, qui sera le premier de ce genre dans la République du Niger, il s'agit le plus souvent de projets à buts multiples (soutien d'étiage, eau potable, irrigation, hydroélectricité). La liste suivante donne un aperçu incomplet des grands barrages de la région:

- **Mali:**
 - **Barrage de Markala:** Le barrage de Markala est situé sur le fleuve Niger, environ 40 km en aval de la ville de Ségou. Le barrage a été achevé en 1947. Comme dans le cas de Kandadji, l'ouvrage principal est constitué d'un barrage en terre. Sa longueur est de 1,8 km et sa hauteur de 8 m. Un barrage en béton d'une longueur de 818 m comprend 14 passes, chaque passe étant équipée de 35 volets. Depuis plus de 50 ans, le barrage remplit remarquablement son rôle, à savoir d'assurer par gravitation l'irrigation de 60.000 ha de périmètres en rive gauche du fleuve. Entre les années 1995 et 1998, un programme de réhabilitation des structures de génie civil et de l'équipement mécanique a été réalisé.
 - **Barrage de Sélingué:** Le projet à buts multiples de Sélingué se trouve sur le fleuve Sankarani, à 60 km de sa confluence avec le Niger. Mis en service en 1984, le barrage contribue à l'irrigation des périmètres agricoles, à la

production d'énergie électrique, à la protection contre les crues, à l'amélioration de la pisciculture et de la navigation sur le Niger par régularisation de ses débits. Le projet englobe un barrage-poids central en béton avec évacuateur de crues (capacité: 3.500 m³/s) et centrale hydroélectrique (capacité installée: 48 MW), flanqué de deux barrages en terre de 16 m de haut et de 2,3 km de long. La retenue ainsi créée couvre une surface de 430 km² et sa capacité utile est de 1,93 milliards de m³.

- **Barrage de Manantali:** Le projet de Manantali sur le fleuve Bafing est partie intégrante du "Projet du Fleuve Sénégal" et sert à l'irrigation et à la production d'hydroélectricité. Le barrage lui-même est déjà terminé depuis longtemps, mais la construction de la centrale hydroélectrique accuse toutefois des retards considérables. Lorsque la construction sera terminée, l'aménagement devrait disposer d'une capacité de 200 MW et livrer de l'électricité au Mali (52%), au Sénégal (33%) et à la Mauritanie (15%).
- **Burkina Faso:**
 - **Barrage de Bagré:** Le barrage de Bagré sur le fleuve Nakanbé, dans le bassin versant du Volta, est un projet à buts multiples qui comprend un barrage en terre zoné d'une hauteur de 30 m et une retenue de 1,7 milliards de m³. Il sert à l'irrigation, à la production d'énergie (16 MW), ainsi qu'à l'amélioration de la pisciculture. Bagré a été mis en service en 1992.
 - **Barrage de Ziga:** Le barrage de Ziga, situé également sur le fleuve Nakanbé, sert à l'alimentation en eau de la ville de Ouagadougou. Le projet est en exploitation depuis 1998 et comporte un barrage en terre homogène d'une longueur de 3,5 km et d'une hauteur de 14 m. La capacité du réservoir est de 207 millions de m³.
- **Nigeria:**
 - **Barrage de Kainji:** Le barrage de Kainji sur le fleuve Niger, 102 km au nord de Jebba, est également un projet à buts multiples. Il sert à la production d'hydroélectricité, à l'irrigation, à la protection contre les crues, et à l'amélioration de la navigation sur le Niger.

Mis en service en 1968, le barrage de Kainji comprend 3 parties:

- (1) un barrage-poids en béton de 550 m de longueur, dans lequel l'évacuateur de crues et la centrale hydroélectrique sont incorporés,
- (2) un barrage en enrochement de 7,8 km de longueur du côté droit, et
- (3) une digue de col supplémentaire pour fermer le réservoir.

Le barrage-poids a une hauteur maximale de 64 m. La retenue s'étend sur une longueur de 136 km et a une capacité totale de 15 milliards de m³. Le projet a nécessité le relogement de 44.000 habitants.

L'évacuateur de crues est pourvu de 4 vannes secteurs (15,3 m x 15,3 m) d'une capacité de 7.900 m³/s.

Deux écluses, avec un bassin intermédiaire, servent au maintien de la navigation.

Un ensemble de huit groupes d'une capacité totale installée de 760 MW (4 x 80 MW, 2 x 100 MW, 2 x 120 MW) sert à la production d'énergie.

Conjointement avec d'autres barrages, le Nigeria produit 43% de son énergie au moyen de la puissance hydraulique. Une moyenne annuelle de 6.990 GWh a été atteinte entre 1988 et 1998, qui a non seulement servi à l'alimentation interne du pays, mais a également pu être exportée vers le Bénin et le Niger.

En plus des projets décrits ici, il faudrait encore signaler que de nombreux petits barrages à buts multiples sont exploités dans tous les pays susmentionnés, qu'ils ont apporté une contribution considérable au développement économique de leur pays et sont devenus aujourd'hui indispensables.

De nombreux projets additionnels se trouvent actuellement dans différentes phases d'étude.

2 LES SECTEURS ET LES SOUS-SECTEURS CONCERNES

Le Haut Commissariat au Barrage de Kandadji, placé sous la tutelle du Premier Ministre, sera chargé de la mise en œuvre du projet qui – redéfini en fonction de ses nouvelles priorités – est un ouvrage à buts multiples et concerne donc plusieurs secteurs importants du Niger.

Ce chapitre offre une vue d'ensemble sur les secteurs et sous-secteurs concernés les plus importants, qui seront ensuite traités de façon plus approfondie dans les chapitres suivants:

- Environnement,
- Hydraulique,
- Agriculture,
- Elevage,
- Pêche,
- Santé,
- Energie.

La préservation des eaux de surface et de l'environnement dépend du *Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement* et du *Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre la Désertification*. L'irrigation des terrains agricoles situés le long du fleuve dépend de la *Direction du Génie Rural* et de l'*Office des Aménagements Hydro-Agricoles* qui fait partie du *Ministère de l'Agriculture*. Ce projet intéresse également le *Ministère de la Santé* en ce qui concerne l'épidémiologie liée aux vecteurs des maladies du fleuve. Du fait de l'utilisation du barrage pour la production d'hydroélectricité comme sous-produit, le secteur de l'énergie est aussi concerné. Il dépend de la *Société Nigérienne d'Electricité (NIGELEC)*, placée sous la tutelle du *Ministère des Mines et de l'Energie*.

2.1 ENVIRONNEMENT

Les connaissances scientifiques ainsi que les différents bilans/diagnostics de l'environnement au Niger tendent à s'accorder sur l'existence de relations entre les changements climatiques, la désertification et la pérennité des systèmes de production existants. Dans ce contexte, le consensus actuel semble être qu'il y a une tendance croissante à la sécheresse et à la désertification (qui gagne régulièrement du terrain) et que l'Ouest du Niger devrait connaître des périodes de sécheresse de plus en plus fréquentes. On s'attendra alors à ce que l'eau devienne une ressource de plus en plus rare dans le bassin du Niger.

Du point de vue de la diversité biologique, le Niger présente une grande richesse floristique, faunistique et halieutique ainsi que de nombreux écosystèmes existant en milieu terrestre comme en milieu aquatique et semi-aquatique. Cependant, cette richesse en biodiversité est soumise à une dégradation progressive, malgré les efforts de conservation déployés par les autorités à travers des mesures politiques et stratégiques. Le cas particulier des ressources forestières est alarmant avec environ 100.000 ha de la superficie de forêts perdues annuellement sous l'effet conjugué des coupes incontrôlées, des feux de brousse, du surpâturage, de l'extension des zones de cultures et des sécheresses récurrentes.

En effet, on doit s'attendre dans le futur à une réduction sévère de la superficie et de la productivité des écosystèmes naturels qui supportent la majorité de ces espèces dans toutes leurs diversités et qui fournissent toute une gamme de biens et services à la société.

Pour le cas particulier de la vallée du fleuve Niger, celle-ci abrite d'importantes superficies de zones humides de part et d'autre du fleuve qui offrent des potentialités énormes de production naturelle et des multitudes d'habitats et de biotopes suite à leur marnage. Cependant, on assiste actuellement à leur dégradation continue à cause principalement des sévères étiages de plus en plus précoces et longs au point que leur pérennité serait mise en cause.

Ainsi, les grands défis à relever demeurent:

- la préservation de l'environnement en proie à la sécheresse et à la désertification,
- l'instauration d'un système de gestion durable des ressources naturelles.

Quant au plan législatif et institutionnel, le cadre juridique de gestion de l'environnement au Niger est caractérisé par un dispositif assez bien intégré avec principalement:

- la promulgation le 29 décembre 1998 de la loi 98-56 portant loi-cadre sur la gestion de l'environnement dont les textes d'application sont en cours d'élaboration,
- la mise en place d'un Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD),
- l'élaboration d'un Plan National de l'Environnement pour un Développement Durable (PNEDD),
- l'élaboration du Programme Cadre de Lutte Contre la Pauvreté,
- la mise en œuvre du Programme Relance Economique,
- la création du Ministère chargé de l'Environnement et de la Lutte Contre la Désertification avec en son sein le BEEEEI,
- la Déclaration de Politique Générale du Premier Ministre.

Outre les conventions et accords portant exclusivement sur l'environnement, le Niger a également participé aux conventions ayant abouti à la création de l'Autorité du Bassin du Niger (ABN), de l'Autorité du Liptako Gourma (ALG) et de la Commission Mixte de Coopération Nigéro-Nigériane dont quelques dispositions concernent le barrage de Kandadji ainsi que le contrôle et la préservation de l'environnement à travers l'établissement des normes et mesures applicables aux états dans les utilisations diverses des eaux du bassin, la préservation et l'atténuation de la pollution des eaux, la préservation de la santé humaine et des ressources génétiques (faune et flore).

2.2 HYDRAULIQUE

La quasi-totalité des ressources en eau de surface du pays provient du fleuve Niger et de ses affluents en rive droite. Son débit annuel à Niamey totalise environ 22 milliards de m³ en moyenne. Comme déjà mentionné dans l'Introduction du Chapitre 1, le problème ne se situe pas dans la quantité, mais bien dans le régime irrégulier des débits et dans la saison d'étiage accentuée au cours des mois de mai et juin, au cours de laquelle le débit est réduit à quelques m³/s. A cause du changement climatique survenu, cet effet s'est encore intensifié au cours des trois dernières décennies et constitue un danger menaçant hommes, animaux et environnement.

En dehors du fleuve Niger, on ne trouve des eaux de surface avec un écoulement réduit que dans

quelques régions méridionales du Niger, comme par exemple dans les régions de l'Ader-Doutchi Maggia, de Maradi et dans la vallée de la Komadougou.

Au Niger, les retenues artificielles constituent une ressource en eau très importante. Toutefois, on n'en recense qu'une vingtaine avec des capacités très limitées, totalisant environ 100 millions de m³. Une vingtaine de nouvelles retenues artificielles sont en projet.

Les ressources souterraines renouvelables sont moins importantes que les ressources superficielles: elles totalisent 2,5 milliards de m³, parmi lesquels moins de 20% sont exploités par l'hydraulique villageoise et pastorale, l'hydraulique urbaine et la petite irrigation.

A ce potentiel s'ajoutent des ressources souterraines non renouvelables dans le désert au nord du pays, estimées à 2.000 milliards de m³, dont une infime partie est exploitée par les mines.

2.3 AGRICULTURE

Le climat reste le facteur le plus important qui influe sur la production agricole au Niger. En effet, il a été noté que la croissance dans le secteur de l'agriculture a été freinée par plusieurs facteurs (dont l'eau), résultant en particulier des effets combinés des systèmes de production extensifs dans un environnement physique peu favorable, d'une démographie galopante, et des facteurs économiques dont la détérioration des termes de l'échange s'avère importante. D'où les tendances au développement dans le secteur rural qui ont, pour la plupart, été négatives.

Les dégâts de la sécheresse en termes économiques pourraient être énormes, comme le montre la sécheresse de 1968 à 1973 qui a provoqué une perte de 600.000 tonnes sur la récolte des céréales dans les pays sahéliens, ce qui signifie un manque à gagner d'environ 15% sur le revenu annuel moyen.

En outre, il est inévitable que la mise en œuvre des nouveaux aménagements dans une situation de ressources naturelles limitées couplée à l'accroissement de la population rurale et des effectifs des troupeaux, génère des conflits entre les différents utilisateurs des terrains et de l'eau du fleuve, notamment entre agriculteurs et éleveurs.

Il est aussi évident qu'à long terme, le secteur ne pourrait pas échapper aux conséquences néfastes des changements climatiques. Il s'ensuit que:

- l'intensification de la mise en valeur du grand potentiel en terres irrigables de la vallée du Niger (122.000 ha) sera compromise par les réductions drastiques du débit du fleuve, notamment en saison d'étiage qui correspond à la période des forts besoins en eau des cultures;
- l'intensification de la production entraînera des besoins grandissants en engrais et en produits phytosanitaires, avec des conséquences potentiellement néfastes sur l'environnement;
- la baisse du niveau du fleuve entraînera aussi des coûts d'exploitation supplémentaires d'exhaure et de pompage, et des mesures pour combattre la dégradation des sols qui rendraient quelques aménagements non-viables du point de vue financier;
- l'insécurité alimentaire sera un problème de plus en plus croissant même dans les zones relativement riches en ressources. La dégradation des terres et la désertification seront liées à la pauvreté, à la migration et l'insécurité alimentaire, dégénéralant en des conflits divers.

En conclusion, on peut s'attendre à ce que l'ensemble des autres contraintes qui entravent le développement du secteur de l'agriculture puissent être corrigées par la mise en œuvre des actions

des différentes stratégies et politiques nationales établies par le Gouvernement nigérien. Cependant, sans une politique en parallèle de gestion des ressources en eau et de leur maîtrise, notamment en ce qui concerne les aléas climatiques et les tendances actuelles vers des sécheresses de plus en plus accentuées, le développement du secteur de l'agriculture et l'amélioration durable de la sécurité alimentaire des populations seront voués à l'échec.

2.4 ELEVAGE

Le Niger est un pays à vocation essentiellement agro-pastorale. Au niveau de l'élevage, les disponibilités fourragères constituent la contrainte fondamentale. En effet, les besoins alimentaires d'entretien du cheptel ne sont pas couverts toute l'année. Cela s'observe surtout en zone agricole notamment dans la région du fleuve. L'évolution des pâturages se fait donc dans le sens de la réduction et de la dégradation. De plus en plus, on assiste à un amenuisement des espaces pastoraux du fait du surpâturage ou des déficits hydriques.

Par le passé, une croissance exponentielle des effectifs à long terme a été toujours entravée par des catastrophes (sécheresses ou maladies épizootiques telle que la peste). Si pour les années à venir, la situation sanitaire peut être maîtrisée, en revanche, les pays de la sous-région vivent toujours sous la hantise du retour de la sécheresse avec notamment son corollaire d'hécatombe et de déstockage au niveau du cheptel.

De nos jours aussi, une croissance exponentielle des effectifs est très peu probable étant donné la diminution importante des potentialités pastorales. Par contre, l'exploitation du cheptel pourrait connaître une hausse importante avec l'augmentation croissante de la demande. En définitive, on peut penser que les effectifs vont connaître une diminution à la suite d'une forte exploitation, d'une migration importante ou de la sécheresse. Le mode d'élevage traditionnel et extensif sera toujours très dominant avec une faible productivité du cheptel.

Ainsi, et vu l'importance de l'élevage et de ses fonctions socio-économiques aux niveaux régional et national, à savoir que:

- l'élevage occupe la quatrième place dans la formation du PIB et la deuxième place après l'uranium au plan des exportations,
- l'élevage touche une grande partie de la population rurale (plus de 80% des familles sont propriétaires de bétail),
- le bétail est surtout un élément constitutif du capital et de l'épargne. Le capital bétail de la zone d'étude était estimé à environ 83 milliards FCFA en 1998,
- pour les producteurs, l'élevage revêt une importance qui ne se limite pas seulement à sa valeur économique,

il est nécessaire qu'une adéquation entre les effectifs, les disponibilités alimentaires, la paix sociale et la préservation de l'environnement soit recherchée et qu'un système d'élevage moins dépendant des aléas climatiques soit envisagé, ce qui est quasi impossible à réaliser avec les tendances actuelles.

2.5 PECHE

L'adversité du climat sahélien enregistrée pendant les trente dernières années et la dégradation consécutive des écosystèmes aquatiques ont considérablement affecté la diversité biologique et la productivité piscicole des pêcheries. A ces causes d'origine naturelle, s'ajoutent les effets environnementaux des programmes sectoriels de développement des aménagements hydro-agricoles sur les plaines d'inondation qui constituent les zones de reproduction et de frayère des poissons.

Ainsi, la production halieutique, qui était évaluée en 1969 à environ 7.177 tonnes, a enregistré une baisse d'environ 6.277 tonnes, soit 88% en 17 ans. Bien que l'on ait imputé cette baisse à la surexploitation des stocks piscicoles, il est néanmoins reconnu de nos jours que la production halieutique d'un cours d'eau est directement liée à la variabilité du débit qui détermine le niveau d'inondation de la plaine alluviale.

Quant au potentiel piscicole de la vallée du fleuve Niger, il est de deux ordres: les sites piscicoles en étangs et les sites piscicoles en cages flottantes. L'alimentation en eau est effectuée par pompage et constitue une contrainte majeure au développement de la pisciculture en étang compte tenu de la forte variabilité du débit du fleuve Niger.

En conclusion, le secteur de la pêche a connu une dégradation sévère au cours des dernières trente années de sécheresse et des mesures d'urgence sont nécessaires pour la sauvegarde de l'abondance et de la pérennité des ressources halieutiques du fleuve Niger, telle que la régularisation des débits du fleuve.

2.6 SANTE

Le fleuve Niger est actuellement utilisé comme milieu récepteur d'une grande partie des rejets liquides des agglomérations riveraines du fleuve, notamment la ville de Niamey. Aux conséquences écologiques liées à cette pollution de l'eau, particulièrement en période d'étiage, vient s'ajouter le risque d'une sévère détérioration de la santé publique et de l'espérance de vie. En effet, la contamination des eaux du fleuve et par là même des nappes et des produits alimentaires (spécialement au moment des cultures, des récoltes, des traitements, des stockages, du transport et de la préparation finale) par les différents germes fécaux augmentera les risques d'exposition aux maladies infectieuses (choléra, dysenterie, maladies diarrhéiques, lèpre, gale, hépatite, etc.).

A ces risques liés à la détérioration de la qualité des eaux viennent s'ajouter les graves problèmes de santé auxquels le Niger est confronté: faible couverture sanitaire, insuffisance en infrastructures sanitaires, faibles ressources humaines, etc.

Il est donc clair que la détérioration de la qualité de l'environnement sera en particulier un facteur de plus en plus important dans l'influence négative de la situation sanitaire des populations affectées, réduisant leur qualité de vie et compromettant un développement durable.

2.7 ENERGIE

Les énergies traditionnelles (bois, charbon) constituent la principale source énergétique de plus de 90% des ménages. Leur consommation étant proportionnelle à la croissance démographique de 3,2% par an, on assiste à une dégradation du couvert végétal périurbain. L'énergie électrique ne représente que 2% du bilan énergétique national de la République du Niger.

L'alimentation en énergie électrique se trouve en grande partie dans les mains de la "*Société Nigérienne d'Electricité (NIGELEC)*", une société d'économie mixte, dont l'état détient presque 95% des parts sociales. Fondée en 1968, ayant son siège à Niamey, NIGELEC a pour objet la réalisation de toutes entreprises et opérations concernant la production, l'achat, le transport et la distribution d'énergie électrique sur le territoire de la République du Niger. Le transfert des responsabilités actuelles de NIGELEC à un organisme privé a déjà été évoqué.

Depuis 1976, NIGELEC a réduit sa production et se concentre à présent sur l'achat d'énergie, son transport et sa distribution. Aujourd'hui, plus de 80% de l'énergie électrique distribuée par NIGELEC sont importés du Nigeria (2 lignes 132 kV de Birnin Kebbi à la zone "Fleuve", 2 lignes 123 kV de Katsina à la zone "Centre Est") (voir Figure 2-1). Les tarifs sont révisés tous les trois ans et négociés sur la base du US\$. La consommation énergétique de la République du Niger est donc caractérisée par une forte dépendance de l'extérieur.

Depuis 1975, la Société Nigérienne de Charbon (SONICHAR) est apparue comme un nouvel opérateur dans le sous-secteur de l'électricité. Elle exploite une mine de charbon à Anou Araren pour la production d'électricité nécessaire aux sociétés minières et aux villes d'Agadez, d'Arlit et de Tchirozérine. SONICHAR a construit une centrale thermique alimentée au charbon d'une puissance nette de 2 x 16 MW.

Actuellement, le nombre de villes électrifiées est de 60, dont 23 pour le réseau de la zone "Fleuve", 11 pour le réseau interconnecté de la zone "Centre Est" et 26 pour des centrales thermiques autonomes. Le réseau électrique alimenté par les lignes d'interconnexion et les groupes diesel ne permet d'approvisionner en électricité que 6% de la population nationale. Moins de 40% de la population de Niamey, actuellement estimée à 627.000 habitants, sont raccordés au réseau électrique. La consommation totale en énergie électrique au Niger se situe actuellement aux environs de 250 GWh/an, ce qui représente 25 kWh/an par habitant.

Afin d'amorcer un processus de développement à long terme, le Niger a défini dans son "Programme de Relance Economique (PRE)" les orientations stratégiques suivantes:

- Accélération de l'électrification du pays en augmentant le taux de desserte en énergie électrique et garantie de l'accessibilité de l'électricité à tous les Nigériens pour favoriser le développement socio-économique, notamment la compétitivité des secteurs industriel et commercial,
- Réduction de la dépendance énergétique à travers la valorisation des sources énergétiques nationales,
- Incitation à l'utilisation rationnelle de l'énergie,
- Introduction d'un système de planification énergétique approprié.

3 CONTEXTE DU PROJET

3.1 DONNEES DE BASE TOPOGRAPHIQUES

Pour le site du barrage, la surface de la future retenue et les endroits d'extraction des matériaux de construction, des cartes à l'échelle appropriée seront nécessaires comme information topographique directe de base.

Les cartes suivantes sont disponibles:

- cartes topographiques de la retenue à l'échelle 1/20.000 (23 feuilles), établies sur la base de photos aériennes,
- cartes topographiques du site du barrage dans le lit mineur à l'échelle 1/1.000, établies sur la base de levés de terrains, y compris la bathymétrie du lit du fleuve,
- cartes topographiques du site du barrage dans le lit majeur à l'échelle 1/5.000, également établies sur la base de levés de terrains.

Sur la base des cartes à l'échelle 1/20.000, une nouvelle planimétrie détaillée a été réalisée dans le but de déterminer la fonction exacte "hauteur - surface - capacité" de la retenue, indépendamment des informations disponibles, recueillies au cours des études précédentes (Sofrelec, 1977).

Les courbes de résultat décisives ont été établies en utilisant les programmes de calcul suivants:

- Courbe "hauteur - surface": Le tracé de la courbe entre les cotes des surfaces planimétrées a été effectué au moyen de l'interpolation de Lagrange.
- Courbe "hauteur - volume": Le tracé de cette courbe a été déterminé par intégration de la courbe hauteur - surface en utilisant la formule prismoidale modifiée.

La Figure 3-1 (voir page suivante) montre les résultats sous formes graphique et numérique. Ces valeurs des surfaces et des volumes sont un peu plus élevées que les valeurs connues jusqu'alors. Pour un niveau d'eau dans la retenue de 228,00 m, on obtient un volume de la retenue de $1,597 \cdot 10^9$ m³.

3.2 ACTUALISATION DES DONNEES HYDROLOGIQUES

L'actualisation des études hydrologiques avait pour but principal l'établissement de séries de débits les plus longues et les plus représentatives possible, sur une base journalière et mensuelle, à l'emplacement du barrage de Kandadji. Ces séries ont ensuite servi à la simulation de l'exploitation de la retenue, à l'analyse des débits minimaux et à la détermination des crues de projet pour les ouvrages hydrauliques. Un aspect particulièrement intéressant était la présentation des conséquences de la grave sécheresse qui sévit au Niger depuis 1970. Grâce aux enregistrements actuellement disponibles, on peut beaucoup mieux estimer ces conséquences que dans les études précédentes, qui n'englobait que les périodes allant jusqu'à 1976.

Reconstitution des séries de débits du fleuve Niger au site de Kandadji

On a essentiellement concentré ces analyses sur les débits journaliers des stations hydrométriques de Niamey, Ansongo et Malanville. Après vérification des données de débits journaliers disponibles du fleuve Niger et de ses affluents et l'exécution de tests de plausibilité, c'est la période 1944-1998 qui s'est avérée la plus appropriée comme période de base commune à long terme, en raison du fait que la station hydrométrique de Niamey possède des séries historiques quasiment complètes depuis 1944, celle d'Ansongo depuis 1950 et celle de Malanville depuis 1952.

Après avoir effectué une analyse de corrélation, un comblement des lacunes et un ajustement des séries de débits de Kandadji, on a obtenu les valeurs des débits journaliers de la période 1944-1998 qui serviront de base aux calculs de l'exploitation du réservoir. Les moyennes annuelles des séries sont regroupées ci-après:

Période	Débits moyens du fleuve Niger (m ³ /s)		
	Kandadji	Niamey	Malanville
1944 – 1998	831	856	972
1944 – 1969	1011	1035	1196
1970 – 1998	669	696	771

Tableau 3-1: Débits moyens du fleuve Niger à Kandadji, Niamey et Malanville
(séries reconstituées)

Le Tableau montre clairement le recul drastique des débits annuels moyens du Niger pour 1970-1998 par rapport à 1944-1969, recul qui atteint 33% à 36%.

Analyse des crues

Dans un premier temps, les débits journaliers de crues maximales de 1 à 30 jours à Ansongo, Kandadji et Niamey pour leur période historique furent extraits de la banque de données et soumis à une révision statistique de base. Grâce à une série historique disponible beaucoup plus longue (61 années), il s'est avéré que les séries de Niamey assurent la meilleure représentation statistique du comportement des crues du fleuve Niger dans le Bassin Moyen. C'est pourquoi l'analyse de fréquence des crues a été réalisée sur la base des séries de crues du Niger à Niamey.

La comparaison des crues de 1975 à 1998 a fait apparaître que les valeurs de Kandadji dépassent de 3% celles de Niamey. Ce pourcentage caractérise donc l'atténuation des crues entre les deux stations. On augmente par conséquent les crues de Niamey de ce pourcentage pour obtenir celles de Kandadji. Le Tableau 3-2 suivant montre les résultats.

L'hydrogramme de la crue de 10.000 ans avec une pointe de 3.150 m³/s a été recommandé comme crue nominale du projet.

Période de retour (années)	Crue du Niger au site de Kandadji	
	Crue de pointe (m ³ /s)	Volume des crues (10 ⁹ m ³)
10	2.250	35
100	2.620	42
1.000	2.900	52
10.000	3.150	63

Tableau 3-2: Crue du Niger au site de Kandadji

Analyse des étiages

L'analyse des étiages a profité, comme l'analyse des crues, du fait que les observations sur les débits historiques à Niamey sont substantiellement plus longues que celles de Kandadji et donc statistiquement plus représentatives. Les débits minimaux de 1 à 30 jours du Niger à Niamey pour la totalité de la période historique 1929-1998 ont été soumis à une révision statistique. On a appliqué la même procédure pour la période historique plus courte 1975-1998, à la fois pour Niamey et Kandadji. Un résumé succinct figure dans le Tableau 3-3 ci-dessous.

Station de Jaugeage	Statistiques	Débits minimaux pour les périodes (m ³ /s)			Série disponible
		5 jours	15 jours	30 jours	
Niamey (1929-1998)	Moyenne	45	51	59	61 années
	Max.	305	384	510	
	Min.	1	2	3	
Niamey (1975-1998)	Moyenne	17	20	23	24 années
	Max.	93	99	100	
	Min.	1	2	3	
Kandadji (1975-1998)	Moyenne	23	28	36	24 années
	Max.	91	133	170	
	Min.	1	2	2	

Tableau 3-3: Débits d'étiage à Niamey et Kandadji

Par exemple, le débit minimum à 30 jours signifie que le débit a été inférieur à ce chiffre pendant 30 jours sur une année. Il est aisé de noter que, bien que l'étiage moyen sur 5 jours soit de 45 m³/s dans la série de 61 années à Niamey, l'étiage minimum sur 5 jours est calculé comme étant de 1 m³/s, ce qui est pratiquement nul dans le cas d'un fleuve d'une telle largeur.

L'évolution future ne peut pas être estimée de façon fiable au stade actuel des connaissances hydrologiques. Cette évolution peut s'avérer plus favorable, mais peut tout aussi bien devenir plus critique, entraînant alors de lourdes conséquences pour les hommes et l'environnement.

3.3 ACTUALISATION DES DONNEES CLIMATOLOGIQUES

L'actualisation des données climatiques a principalement consisté à établir des séries représentatives des précipitations et de l'évaporation de la région. Lors de la modélisation de la gestion de la future retenue, ces séries ont été nécessaires pour déterminer les quantités directes de pluie tombant sur sa surface, ainsi que les pertes nettes dues à l'évaporation.

La série de précipitations journalières à long terme des années 1954-1998 à Ayorou, station située directement au bord du futur réservoir, a été choisie par le Consultant comme série représentative des précipitations historiques pour le réservoir de Kandadji. La pluviométrie moyenne annuelle au niveau de cette station se monte à 315 mm, dont 258 mm (82%) en juillet, août et septembre, qui sont les mois les plus pluvieux sur l'ensemble du bassin du Niger Moyen. La baisse de 18% de la valeur de précipitation par rapport aux études précédentes, reflète les conséquences de la grande sécheresse qui persiste depuis 1970. (Les précipitations annuelles moyennes mesurées aux stations de Tillabéri et Ansongo ont également notablement diminué, si on les compare aux valeurs antérieures.)

L'évaporation en surface du futur réservoir à long terme, également appelée évaporation brute, atteint une valeur de 2.560 mm/an.

Le Tableau 3-4 montre la distribution de la précipitation et de l'évaporation brute au site de la retenue de Kandadji pour une année moyenne.

L'estimation des pertes nettes provoquées par la création de la retenue doit tenir compte des pertes naturelles par évapotranspiration recueillies "avant le projet", qui devront être soustraites de l'évaporation brute de la retenue. Cette évapotranspiration naturelle correspond au déficit d'écoulement sur la zone considérée, qui dans le cas présent, peut être équivalent à la totalité des précipitations. La perte nette par évaporation dans la retenue de Kandadji se monte donc à 2.245 mm/an.

Mois	Précipitations au site du barrage de Kandadji (mm)	Evaporation brute au site du barrage de Kandadji (mm)
Janvier	0	190
Février	0	196
Mars	0	261
Avril	3	263
Mai	9	263
Juin	37	235
Juillet	84	208
Août	125	194
Septembre	49	187
Octobre	7	194
Novembre	1	188
Décembre	0	181
Année	315	2.560

Tableau 3-4: Précipitations et évaporation brute au site de Kandadji

3.4 ACTUALISATION DES DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES

Les données disponibles de l'étude précédente n'étant pas suffisantes pour quantifier définitivement le transport des apports solides et la perte prévisible de capacité de la retenue due à la sédimentation, une nouvelle campagne sédimentométrique a été définie et conduite au cours de la période 1999-2000 en collaboration avec l'Université du Niamey. Au cours de cette campagne, des échantillons de matériaux suspendus ont été prélevés régulièrement dans le Niger à Kandadji, permettant ainsi de disposer de séries simultanées d'échantillons journaliers de sédiments, avec le niveau journalier de la station de jaugeage et les débits journaliers moyens. Les séries simultanées ont permis d'établir une analyse de corrélation entre les débits journaliers et le transport solide journalier, ainsi que l'établissement d'une courbe de rapport sédiments/débit pour la retenue de Kandadji. Les Figures 3-2 et 3-3 montrent les résultats.

Le résultat de la campagne montre que les concentrations des charges en suspension ont des maxima au démarrage de la saison des pluies. Les teneurs brutes moyennes atteignent presque 800 g/m³ en juillet et 640 g/m³ en août. Par la suite, les concentrations chutent à 240 g/m³ en septembre et à 20 g/m³ d'octobre à décembre. Une telle dynamique des concentrations correspond bien au modèle théorique des relations entre turbidités et régime hydrologique, selon lequel, dans la plupart des cas, le maximum de charges solides transportées est enregistré avant le maximum des débits du fleuve, c'est-à-dire pendant la phase de montée de la crue.

En multipliant les concentrations moyennes mensuelles par le débit du fleuve, on obtient comme résultat un apport annuel en matières solides d'environ 2 millions de t/an (année 1999). Cette valeur correspond à 1,3 million de m³/an, qui se situe encore en dessous des hypothèses émises jusqu'à présent (3 x 10⁶ t/an) et confirme que le Niger Moyen a un transport solide relativement faible. La diminution du volume utile de la retenue due à la sédimentation ne constitue donc pas un fait critique.

3.5 ETUDES GEOLOGIQUES, GEOTECHNIQUES ET GEOMORPHOLOGIQUES

Les données de base géologiques et géotechniques disponibles des études antérieures ont été jugées suffisantes, à la fois par leur ampleur et leur fiabilité, pour l'élaboration de cette étude. C'est pourquoi il n'a pas été jugé nécessaire de procéder à de nouveaux essais géotechniques in situ dans le cadre de cette étude de faisabilité.

Fondation des ouvrages en béton

Les ouvrages en béton peuvent être fondés sans problème particulier sur la roche saine (à savoir sur des dolérites ou du granit porphyroïde) ou peu altérée qui présente une force de portance suffisante.

Fondation et zonage du barrage en terre

Compte tenu des matériaux disponibles in situ, le choix d'un barrage en terre comme type de barrage était absolument incontestable. Les matériaux de qualité supérieure, eu égard à leur perméabilité, c'est-à-dire le banco et les arènes argileuses, seront utilisés comme recharge amont du barrage. Les arènes sableuses peuvent être utilisées pour la recharge aval (les exigences liées à cette recharge

étant moins importantes) reposant sur une couche drainante. Les deux massifs d'appui en amont et en aval doivent être séparés par un sable drainant.

La fondation du barrage pourra se faire au moyen d'une tranchée d'ancrage dans la roche altérée ou dans les arènes sableuses. Pour ce faire, il faudra déblayer les sables dunaires ou le banco. Tous les matériaux limoneux ou argileux qui seront excavés pour la fouille de tranchée peuvent être utilisés pour la construction du barrage en terre. Il faudra par conséquent prévoir un entreposage provisoire jusqu'à la fin de l'utilisation des matériaux.

Afin de réduire au maximum les coûts liés à l'entretien préventif, il est nécessaire de protéger par rip-rap la totalité de la surface des talus amont et aval de la digue contre les phénomènes d'érosion provoqués par le vent, la pluie et – dans le talus amont – par le choc des vagues.

Disponibilité des matériaux de construction

Le Consultant confirme que tous les matériaux nécessaires pour les remblais du barrage en terre sont disponibles en quantité et en qualité suffisantes.

En ce qui concerne l'enrochement, on pourra de préférence utiliser la carrière située à 1,5 km en aval du barrage, qui contient environ 840.000 m³ de dolérite et de granite. Les agrégats nécessaires à la production de béton et les matériaux pour le rip-rap, les filtres, les couches drainantes, les zones de transition et la protection de la crête pourront être extraits de cette carrière. La colline d'Ourouba en rive droite semble moins propice à l'ouverture d'une carrière, vu sa couverture assez épaisse d'environ 17 m.

Perméabilité du sous-sol sur le site du barrage et étanchéité du réservoir

D'après les essais Lugeon réalisés dans le cadre de l'étude antérieure, le rocher de fondation s'avère étanche à peu perméable. La limite inférieure pour laquelle des injections de ciment peuvent être envisagées est de 10 unités Lugeon. Il faudra tenir compte du fait que l'injection de zones présentant une faible perméabilité à proximité de la surface est plus importante que dans des profondeurs où des valeurs limites plus élevées pourront être acceptées.

Du point de vue géotechnique, aucune perte d'eau importante du réservoir par fuite de percolation n'est à prévoir, eu égard à l'étanchéité relativement élevée du sous-sol et sous réserve d'un voile d'injection fonctionnant convenablement sous les ouvrages en béton ainsi que d'une fondation et d'une conception adéquates des ouvrages du barrage.

Investigations supplémentaires dans l'APD

Un programme d'investigations géotechniques supplémentaires semble nécessaire dans le cadre d'une étude d'avant-projet détaillé (APD) ultérieure. Ce programme d'investigations comprendra des levés géologiques, des forages carottés, des essais in situ dans la zone de l'évacuateur de crues et de l'usine hydroélectrique, des puits de reconnaissance dans les zones d'emprunt, ainsi que des essais en laboratoire pour les matériaux de construction.

Analyse géomorphologique

L'analyse géomorphologique comprend la configuration du ruissellement, le système global des

courants d'eau et les aspects géomorphologiques variés (éoliens et fluviaux) dans le bassin. Naturellement, la réalisation du barrage de Kandadji causera des modifications à court et à long terme à la morphologie du bassin du fleuve Niger, aussi bien en amont qu'en aval du site du barrage.

Le réservoir de Kandadji contrôlera le profil du fleuve en amont. Des formations plus complexes se développeront en amont en raison de l'accélération du processus de sédimentation à cause du gradient aplati du lit du fleuve. L'obstruction de l'écoulement du fleuve y compris celui de l'affluent Gorouol chargé en sédiments, entrainera la déposition de sédiments à l'intérieur du réservoir.

Dans la partie aval du barrage le fleuve sera déficient en sédiments. Il s'ensuit que le lit subira des modifications, citons entre autres les berges, la configuration ramifiée, le talweg ainsi que les îlots qui se trouvent au milieu du fleuve.

3.6 DIAGNOSTIC DES DONNEES SOCIO-AGRO-ECONOMIQUES

3.6.1 Cadre géographique et administratif de la zone d'étude

Le site de Kandadji aux coordonnées géographiques 14°37' Nord et 0°59' Est se trouve à proximité du village du même nom, à 187 km en amont de Niamey et à 61 km de la frontière avec le Mali. L'accès se fait par la route Niamey-Gao. La ville la plus proche est Tillabéri, située à 65 km en aval.

Sur le plan administratif, la zone d'étude couvre les départements de Tillabéri et de Dosso ainsi que la Communauté Urbaine de Niamey.

Le département de Tillabéri est subdivisé en six (6) arrondissements (Kollo, Filingué, Ouallam, Say, Téra et Tillabéri) et sept (7) Postes Administratifs répartis de la manière suivante: Ayorou pour l'arrondissement de Tillabéri, Bankilaré et Gothèye pour l'arrondissement de Téra, Abala et Balléyara pour Filingué, Banibangou pour Ouallam et Torodi pour Say. Il comprend trois Communes Urbaines (Filingué, Téra et Tillabéri) et 39 cantons représentant 1.666 villages. La superficie totale est de 91.119 km².

Quant au département de Dosso, il est composé de cinq (5) Arrondissements (Boboye, Dogon Douchi, Dosso, Gaya et Loga) et 3 Postes Administratifs répartis comme suit: Falmèye pour l'arrondissement de Boboye, Tibiri pour Dogon et Douchi et Dioundiou pour Gaya. Il comprend 1.439 villages répartis dans 21 cantons.

La Communauté Urbaine de Niamey est subdivisée en trois communes. Elle est dirigée par un Préfet Président et les communes par des Maires.

La vallée du fleuve et ses affluents traversent quatre arrondissements du département de Tillabéri (Say, Téra, Tillabéri et Kollo) et deux arrondissements de celui de Dosso (Boboye et Gaya) ainsi que la Communauté Urbaine de Niamey.

3.6.2 Population et caractéristiques démographiques

La population du Niger a été estimée à 9,8 millions en avril 1999, dont 80% rurale, 16% urbaine et 4% nomade. La zone d'influence en termes de population directement affectée par le fleuve couvre essentiellement quatre arrondissements du département de Tillabéri (Tillabéri, Téra, Kollo et Say), deux arrondissements du département du Dosso (Boboye et Gaya) et la Communauté Urbaine de Niamey. Il est estimé qu'environ 2,5 millions de personnes habitent dans la zone d'influence directe

du fleuve, dont 1,3 million dans le département de Tillabéri, 0,63 million dans la Communauté Urbaine de Niamey et 0,55 million dans le département de Dosso.

Le taux d'accroissement annuel est très variable d'un arrondissement à l'autre: 1,3% à Tillabéri, 5,4% à Kollo et 6,0% au niveau de la Communauté Urbaine de Niamey (contre une moyenne de 3,3% à l'échelle nationale).

La densité moyenne au niveau des départements de Tillabéri et de Dosso est de 20 hab./km² et de 40 hab./km², respectivement. Comme pour le taux d'accroissement, elle est aussi très disparate selon les arrondissements avec des densités assez élevées dans les arrondissements de Kollo et de Téra. En fait, ces localités constituent déjà des pôles d'attraction pour les populations des autres arrondissements du département de Tillabéri.

Quant à la taille moyenne des ménages et selon le "Recensement Général de la Population" de 1988, elle est de sept (7) membres, alors que l'enquête¹ menée auprès de 996 ménages dans la zone d'influence du futur barrage indique une taille moyenne de onze (11) membres.

En ce qui concerne l'évolution de la population dans la zone d'influence et suivant les taux de croissance déterminés par la Direction de la Population², on s'attend à un doublement de la population en 20 ans pour la plupart des arrondissements. La population dans la zone d'influence directe dépassera 4,2 millions en 2020.

3.6.3 Structure sociale

Groupes socio-éthniques

La population de la zone d'étude est constituée d'une douzaine d'ethnies et donc très diversifiée. Parmi les sédentaires, on distingue surtout les Songhai, les Zarma, les Haoussa et les Gourmantché. De nombreux Touaregs et Peuls sont également sédentaires dans tous les arrondissements, les Peuls occupant principalement ceux de Say, Kollo, Téra et Birni N'Gaouré (Boboye) et les Touaregs étant installés essentiellement dans les arrondissements de Téra et Tillabéri. Les nomades sont estimés à 4,4% pour l'ensemble du département de Tillabéri. Leur majorité se trouve au niveau des arrondissements de Téra (7,7%) et de Tillabéri (6,2%).

Cohésion sociale

La famille élargie constituait la forme d'organisation la plus largement répandue. Sous l'effet des crises multiples qui se sont manifestées sous différentes formes, d'ordre économique et socioculturel, cette organisation sociale s'est effritée et les liens directs sont de plus en plus privilégiés. On assiste également à une dégradation de la cohésion sociale du fait des conflits multiples entre éleveurs et agriculteurs et au sein même de cette dernière catégorie socioprofessionnelle, conduisant à une individualisation des exploitations agricoles qui commence généralement par le morcellement des terres héritées.

Il existe toutefois d'importants facteurs de cohésion dont la religion, les mariages entre différents groupes socioculturels et le mode d'accès aux ressources naturelles des terroirs.

¹ Enquête socio-économique réalisée dans le cadre de la présente étude en juillet 1999.

² Situation Démographique au Niger en 1999 et Perspectives - Direction de la Population, juin 1999.

Coopératives et associations

A partir de 1984, des Groupements Mutualistes Villageois ont été systématiquement mis en place dans tous les villages nigériens. Ces groupements villageois sont constitués en coopératives, souvent sans base économique, telles que les coopératives rizicoles encadrées par l'ONAHA, ainsi que l'Association MORIBAN qui intervient dans la vallée du fleuve Niger (Téra, Tillabéri et Karma) dans une approche de développement rural intégré. Ces initiatives sont appuyées par de nombreuses ONG dont les plus dynamiques sont: ABC-Ecologie, l'Association pour la Redynamisation de l'Elevage au Niger (AREN), ALAFIA, Peace Corps, Caritas, Afrique Verte et Care International.

Migrations

Deux grands types de migrations sont caractéristiques: les migrations internes au sein du territoire et les migrations externes vers les autres pays. Une étude menée par le Comité Interministériel sur la Population (CTIP) distingue en ce qui concerne les migrations internes, quatre grands types de déplacements:

- les déplacements saisonniers, qui sont habituellement en rapport avec le calendrier agro-climatique,
- les déplacements temporaires généralement de plus courte durée,
- la transhumance, et
- les déplacements définitifs.

Les arrondissements de Tillabéri et de Kollo atteignent un quota équilibré entre l'émigration et l'immigration de la population. Par contre, l'émigration de la population dans l'arrondissement de Ouallam est plus élevée que l'immigration, sans doute à cause des conditions climatiques et économiques défavorables.

D'après les résultats de l'enquête réalisée auprès de 996 ménages de la zone d'influence directe du futur barrage de Kandadji, il ressort que dans 48% des ménages, au moins un membre part régulièrement en exode, mais il arrive parfois que ce soient dix membres d'un même ménage qui partent en exode. La moyenne par ménage est de deux membres. Les destinations peuvent être classées par ordre d'importance décroissante comme suit:

- pays voisins,
- Niamey,
- autres villes du Niger.

3.6.4 Infrastructures et établissements humains

En l'absence d'inventaires exhaustifs des infrastructures, seule l'enquête menée dans la zone du futur barrage permet d'apprécier le niveau d'équipement. Le Tableau 3-5 présente les différentes catégories d'infrastructures dans 63 villages enquêtés. Cette analyse doit être complétée par une évaluation de la fonctionnalité des infrastructures pour mieux apprécier les effets des infrastructures sur le bien-être de la population.

Les voies de communication sont constituées d'un réseau routier et d'un réseau fluvial.

Le réseau routier du département de Tillabéri est composé de 968 km de routes bitumées et de 214 km de routes en terre. Les six routes bitumées convergent vers Niamey à partir des points suivants:

Kollo, Kouré, Filingué, Say, Téra, Ayorou. Les tronçons Farié–Téra, Ayorou–Tillabéri et Niamey–Torod–frontière du Bénin sont récents. Les routes en terre sont généralement dégradées. A titre d'exemple, plusieurs localités du Nord de l'Arrondissement de Téra sont difficilement accessibles, notamment pendant la saison des pluies. Le réseau routier du département de Dosso est composé de 444 km de routes bitumées et de 1000 km de routes en terre. La principale route bitumée traverse le Département en son centre et passe dans quatre chefs-lieux d'arrondissements: Dogon Doutchi, Dosso, Birni N'Gaouré (Boboye) et Gaya, mais une partie de cette route est extrêmement dégradée.

Quant au réseau fluvial, l'intensité de son utilisation baisse considérablement pendant environ six mois de l'année à cause du faible débit du fleuve Niger et de l'envahissement de ses bras par la jacinthe d'eau.

Type	Catégorie	Nombre	Moyenne/Village
Points d'eau	- forages	90	1,43
	- puits modernes	42	0,67
	- puits traditionnels	106	1,68
Dispensaires		28	0,44
Mosquées	- en banco	181	2,87
	- en dur	34	0,54
	- en paille	3	0,05
Marchés	- marchés modernes	6	0,10
	- marchés traditionnels	17	0,27
Abattoirs	- abattoirs modernes	11	0,17
	- abattoirs traditionnels	10	0,16
Banques céréalières		20	0,32
Ecoles		62	0,98
Moulins		8	0,13

Source: Enquête réalisée par les Consultants dans le cadre de la présente étude, juillet 1999

Tableau 3-5: Infrastructures de 63 villages enquêtés

3.6.5 Régime foncier et conflits portant sur les ressources naturelles

Textes réglementaires

Au Niger, l'accès et l'exploitation des ressources en terres sont régis par le droit coutumier et le droit moderne. Pour harmoniser les situations, les autorités avaient décidé de lancer en 1985, un long processus visant à doter le pays d'un nouveau Code Rural permettant de passer du système oral au système écrit.

Actuellement les Commissions foncières de Gaya, Boboye, Say, Dosso, Miriah, Gouré, Maïné-Saora, Tassaoua, Madaoua et Dogon-Doutchi sont mises en place.

L'élaboration du Code Rural fournit également l'occasion d'actualiser et d'harmoniser plusieurs textes existants qui régissent les activités du monde rural. Il s'agit principalement de la loi cadre sur la protection de l'environnement, du code forestier, du code d'élevage, du régime des pêches et de la faune, et du code de l'eau.

Modes d'accès à la terre

L'accès à la terre se fait essentiellement par l'héritage mais de nouvelles formes se développent: le prêt et les transactions. Le capital foncier perd de plus en plus son caractère communautaire et sacré pour devenir individuel. Il rentre dans l'économie monétaire.

Les modes d'acquisition, tels qu'ils ressortent des résultats de l'enquête menée auprès des 996 ménages, peuvent être classés par ordre d'importance décroissante comme suit :

- champs hérités,
- champs prêtés,
- champs achetés,
- champs reçus en don,
- champs défrichés.

Selon l'enquête, 35,1% des ménages sont disposés à prêter leurs champs en priorité à des parents, puis à des amis, mais rarement à d'autres personnes.

Taille des champs

Certains exploitants disposent de plusieurs champs. La classification contenue dans le Tableau 3-6 indique un grand nombre de champs qui pourraient correspondre aux superficies irriguées qui ont généralement moins d'un hectare.

Classe de superficie (ha)	Nombre de champs	Pourcentage (%)
0 à 1	2.351	40,85
1 à 2	345	5,99
2 à 5	1.247	21,66
5 à 10	850	14,77
> 10	963	16,73
Total:	5.756	100,00

Source : Enquête réalisée par les Consultants dans le cadre de la présente étude, juillet 1999.

Tableau 3-6: Classification des champs

Conflits portant sur les ressources naturelles et pastorales

Les conflits relatifs à l'utilisation des ressources naturelles menacent l'équilibre de plusieurs localités particulièrement dans les Arrondissements de Say et de Boboye. Les raisons de ces conflits sont

multiples et souvent interdépendantes: climatiques, démographiques, politiques, économiques et socioculturelles.

De l'enquête réalisée auprès de 996 ménages, il ressort des conflits fréquents d'une part entre agriculteurs et éleveurs et d'autre part au sein même de la catégorie des agriculteurs. Les conflits avec l'état sont rares parce que ce dernier intervient peu dans la production de manière directe. La rareté des conflits avec les coopératives est liée au fait que celles ci sont concentrées dans les périmètres rizicoles, les ressources qui pourraient faire l'objet de conflit sont distinctes.

Les ressources pastorales, cheptel, pâturage et eau sont au centre de conflits importants entre les éleveurs et les agriculteurs. Environ 10% des personnes enquêtées déclarent avoir des conflits du fait des dégâts champêtres causés par les animaux, 4% lient les conflits aux couloirs de passage insuffisamment balisés et/ou non respectés par les éleveurs.

Les conflits relatifs aux aires de pâturage sont fréquents. Cependant les points d'eau sont moins atteints par les conflits, vu la disponibilité de cette ressource.

De ce qui précède, il ressort une forte pression des exploitations agricoles et d'élevage dans la zone enquêtée et une faible coordination des activités, d'où une intégration insuffisante des secteurs.

3.6.6 Santé publique

La situation sanitaire actuelle le long de la vallée du fleuve a été établie à partir des statistiques sanitaires (1993- 1998) et des visites de terrain de plusieurs arrondissements. Il en ressort que:

- Le taux de couverture sanitaire est faible dans cette zone.
- Les infrastructures sanitaires sont insuffisantes.
- Le paludisme demeure un problème majeur de la santé publique et concerne tous les âges. Son taux de mortalité reste le plus élevé, comparé aux autres pathologies.
- Les taux d'immunisation grâce aux vaccins (contre la rougeole, la méningite, la tuberculose) sont faibles, ce qui explique la vulnérabilité des populations aux maladies pouvant être évitées par la vaccination.
- Le taux d'accès à l'eau potable est faible, ce qui explique les nombreuses diarrhées et les parasitoses observées dans la zone. Le choléra n'est pas absent non plus dans la zone de l'étude. Cette situation risque de s'aggraver avec la sévérité croissante des étiages que connaît le fleuve Niger.
- La bilharziose est une affection fréquente dans la zone. La vulnérabilité de la population vis-à-vis de celle-ci s'explique par la méconnaissance de cette maladie.
- Pour le ver de Guinée, des efforts importants ont été déployés pour atteindre son éradication en l'an 2000. Cependant, des difficultés sont rencontrées au niveau des zones de Téra et Tillabéri à cause à la fois de leurs caractéristiques géographiques (présence de grandes mares d'eau non traitable avec de l'abatte pour la lutte anti-vectorielle) et de la non-accessibilité des zones nomades pour causes d'insécurité.

Eu regard à cette situation sanitaire et tenant compte des modifications qui vont s'opérer dans ces zones suite à la réalisation du futur barrage de Kandadji, les recommandations suivantes en matière

de santé ont été faites:

- Nécessité de mettre en place et/ou renforcer un programme de lutte contre le paludisme en intensifiant la prévention (usage de moustiquaires imprégnées d'insecticides et traitement précoce et correct des cas de paludisme chez les enfants de moins de 5 ans surtout, mais aussi chez les adultes des zones arides qui auront migré dans la zone).
- Créer ou renforcer les infrastructures sanitaires existantes au moyen de laboratoires et d'un personnel qualifié et suffisant.
- Renforcer la lutte contre le ver de Guinée par des campagnes d'éducation sanitaire dans les communautés.
- Mettre en place et/ou renforcer le programme de lutte contre la bilharziose en mettant l'accent sur l'éducation sanitaire et le traitement des cas avec fourniture en nombre suffisant de médicaments comme le praziquantel.
- Accroître la prévention par vaccin des jeunes enfants contre la rougeole et la méningite.
- Renforcer et/ou mettre en place un dépistage des cas de tuberculose et en assurer le traitement.
- Accroître la prévention par BCG (vaccin contre la tuberculose) surtout chez les enfants.
- La prévention des maladies sexuellement transmissibles (MST/SIDA) doit être entreprise, notamment chez les adultes.

La création d'hôpitaux et/ou de dispensaires sera certainement indispensable pour la prise en charge de toutes ces activités. Mais il faut surtout insister sur l'éducation sanitaire au niveau des communautés.

3.6.7 Activités dans la zone d'étude

L'activité traditionnelle des populations rurales de la zone d'étude est principalement agricole, tandis que l'élevage, la pêche et le commerce représentent des activités secondaires relativement importantes. Il n'existe pas de véritables industries dans la zone d'influence du projet, à part quelques activités de construction et d'artisanat.

Les résultats de l'enquête socio-économique montre que sur les 996 ménages interrogés, 962 pratiquent l'agriculture, 803 font de l'élevage, 400 ont des activités dans le secteur de l'artisanat et 133 ont au moins un membre qui s'adonne à la pêche. D'un autre côté, il existe des liens entre ces différents secteurs et nombreux sont les ménages qui diversifient leurs activités économiques et cumulent au moins les activités agricoles, de l'élevage et de l'artisanat.

Secteur de l'agriculture

L'économie du Niger repose essentiellement sur l'agriculture. Au cours des dernières années, le secteur agricole a représenté environ 37% du PNB et a employé 85% de la population active.

Au niveau de la zone d'étude, l'agriculture constitue l'activité principale, en particulier dans les départements de Tillabéri et de Dosso. L'occupation actuelle du sol dans la région du fleuve est caractérisée par:

- la prédominance des céréales à double fonction (grains et biomasse pour le cheptel),
- les cultures irriguées qui sont dominées par la riziculture et le maraîchage. L'irrigation par les eaux de surface est localisée le long du fleuve.

Le mil-sorgho est la culture la plus répandue dans la région. La culture du sorgho est liée aux terrains lourds (dits "Fadama"). En amont du site du barrage, il est plutôt remplacé par le sorgho de décrue. Le niébé est cultivé en association avec le mil, sauf dans la région du Gorouol où il est aussi cultivé comme culture de contre-saison.

La part du département de Tillabéri dans la production nationale est présentée dans le Tableau 3-7 ci-après. En tant que superficies emblavées, le département de Tillabéri représente à lui seul presque 50 % des superficies de riz du pays.

Culture	Tillabéri		Production nationale		Part de Tillabéri	
	Superficie (ha)	Production (tonnes)	Superficie (ha)	Production (tonnes)	Superficie (%)	Production (%)
Mil	1 126 652	464 992	5 021 192	1 761 062	22,4 %	26,4 %
Sorgho	219 948	62 859	2 115 355	408 256	10,4 %	15,4 %
Riz	15 285	19 106	31 467	22 055	48,6 %	86,7 %
Niébé	507 637	50 408	3 041 227	295 243	16,7 %	17,1 %

Source: Annuaire des Statistiques de l'Agriculture 1996, DEP MAE, 1998

Tableau 3-7: Part de Tillabéri dans la production agricole nationale pour les principales cultures, 1995

Du point de vue production agricole, la zone d'influence du barrage de Kandadji représente une région clé pour le Niger, notamment pour la culture du mil et du sorgho (campagnes agricoles de 1996 et 1998/1999).

Du point de vue pratiques culturales, deux types d'agriculture sont pratiqués au niveau de la zone d'influence du barrage, à savoir :

1. Les cultures pluviales: Ce type de culture est la principale base de la production agricole dans cette région et occupe plus de 90% de la population dans le département de Tillabéri. Toutefois, cette agriculture est tributaire de la pluviométrie et donc très aléatoire.
2. Les cultures irriguées qui incluent aussi bien celles des aménagements hydro-agricoles (AHA) le long de la vallée du fleuve que celles de contre-saison. Actuellement, le potentiel réel d'irrigation est déterminé par les débits d'étiage. L'aménagement des périmètres irrigués avec maîtrise totale de l'eau se présente comme une opportunité d'accroître le revenu des paysans et de former la base de la relance économique dans le milieu rural.

Cependant, et en plus de l'incertitude, de l'insuffisance et de la mauvaise répartition des pluies ainsi que de l'appauvrissement des sols, le secteur de l'agriculture est confronté à un certain nombre de contraintes qui entravent son développement dont notamment:

- Débits limités du fleuve dans son état actuel, notamment indisponibilité de l'eau d'irrigation en période sèche,

- Mauvaise gestion de l'eau et manque de sensibilisation et de formation des paysans quant à l'utilisation des intrants,
- Prévalence de systèmes de production extensifs peu performants,
- Petite taille des exploitations,
- Dégradation continue du potentiel de production et chute des rendements,
- Coûts élevés d'investissement (notamment pour les AHA),
- Régime foncier complexe, modes d'accès à la terre et problèmes de conflits,
- Encadrement peu performant (ONAHA et coopératives),
- Problèmes de trésorerie et absence d'un système de crédit rural adapté,
- Désétatisation sans préparation préalable du secteur privé pour assurer la relève,
- Limitation des débouchés et problèmes d'enclavement, exception faite des centres urbains bien desservis par des voies de communication,
- Faible accessibilité aux semences et faible niveau d'utilisation des autres intrants agricoles,
- Problèmes de commercialisation et étroitesse du marché,
- Menace constante des ennemis de culture,
- Prix peu attractifs du riz, du sorgho et du coton, incitant la population à délaisser les aménagements d'irrigation au profit des cultures pluviales (orientation vers les cultures maraîchères plus lucratives),
- Adoption d'un rythme d'aménagement des terrains agricoles trop optimiste,
- Enfin, pour le volet "Petite Irrigation", les contraintes principales observées concernent la méconnaissance des modes d'attribution des terrains, la mévente des produits maraîchers et les problèmes de recouvrement des crédits.

Secteur de l'élevage

Le Niger est un pays essentiellement agro-pastoral. L'élevage représente environ 16% du Produit Intérieur Brut (PIB) national et 30% du PIB agricole. Il touche une grande partie de la population rurale.

Les productions animales (viande, lait, cuirs et peaux) apportent une grande contribution à la recherche de l'autosuffisance alimentaire, à l'amélioration du niveau des revenus des populations et à l'équilibre de la balance des paiements à travers les exportations.

Selon les résultats de l'enquête socio-économique réalisée dans le cadre de la présente étude, plus de 80% des familles sont propriétaires de bétail (bovins, ovins ou caprins). L'encadrement technique est assuré par 200 agents d'état.

Le cheptel, constitué uniquement de races locales, était estimé (en 1998) à 993.589 têtes de bovins, 719.584 ovins, 968.799 caprins, 35.273 camelins, 58.840 asins et 37.323 équins. Actuellement, on note une forte tendance du développement de l'élevage en zone agricole au détriment de la zone pastorale traditionnelle. Les épizooties meurtrières du bétail (peste bovine et péripneumonie contagieuse des bovidés ou PPCB) ont disparu de la zone. L'évolution des effectifs semble être exponentielle alors qu'on assiste à une diminution importante des potentialités pastorales. L'alimentation est principalement basée sur l'exploitation des pâturages naturels et des résidus agricoles tandis que l'abreuvement des animaux est assuré en grande partie par le fleuve et ses affluents. Il s'agit d'un élevage traditionnel extensif de type sédentaire ou transhumant. L'élevage

intensif ou semi intensif est peu développé et se pratique sous forme d'embouche paysanne et de fermes (bovines ou avicoles), dites modernes.

Pour les producteurs, l'élevage revêt une importance qui ne se limite pas seulement à sa valeur économique. Le bétail joue partout un rôle social, religieux (dots, prêts, sacrifices, etc.) et une source de protéines. Il a acquis aussi un rôle indispensable en agriculture par l'énergie qu'il fournit (culture attelée, transport) et par le fait qu'il contribue à la fertilisation des sols.

Le bétail est surtout un élément constitutif du capital et de l'épargne. De plus en plus, le cheptel a un rôle marchand en zone agro-pastorale et agricole par sa capacité à être mobilisé en argent liquide sur les marchés locaux ou extérieurs. Le capital bétail de la zone d'étude était estimé à environ 83 milliards FCFA en 1998.

La zone compte environ 12 principaux marchés de bétail dont 2 équipés. L'importance des ventes varie selon les années en rapport surtout avec les résultats de la campagne agricole. Les prix du bétail sur pied ont connu une hausse après la dévaluation du FCFA survenue en 1994. Mais ces effets commencent à s'estomper et on note une certaine stagnation des prix ces dernières années à l'exception de ceux des ovins. En effet, à l'approche de la fête musulmane de sacrifice du mouton (Tabaski), on enregistre chaque année une flambée des prix des béliers surtout si les exportations sont autorisées.

Au plan des exportations, l'élevage occupe la deuxième place immédiatement après l'uranium. Au niveau de la région du fleuve, les exportations contrôlées du bétail sur pied se font en direction de plusieurs pays de la sous-région (Nigeria, Bénin, Côte d'Ivoire, Togo, Ghana, Mali et Burkina Faso). Elles concernent essentiellement les bovins (surtout Nigeria) et les petits ruminants (surtout Nigeria et Bénin). En fait, le Niger dans son ensemble est extrêmement dépendant du Nigeria qui absorbe la quasi-totalité de ses exportations en viande bovine sur pied et des viandes salées, séchées ou fumées.

Le Nigeria est un grand pays consommateur qui reçoit plus de 80% des exportations en petits ruminants du Niger et depuis 1992, le même taux en camelins. La capitale constitue aussi un grand centre de consommation de bétail sur pied qui finit à l'abattoir de Niamey. En effet, la consommation locale de viande et des autres productions animales n'est pas négligeable.

Cependant, les disponibilités fourragères constituent la contrainte fondamentale. En effet, les besoins alimentaires d'entretien du cheptel ne sont pas couverts toute l'année. Le bétail doit faire face, chaque année, à une période de soudure particulièrement éprouvante (d'avril à fin juin) caractérisée par l'amaigrissement des animaux, des mortalités et des avortements importants, et une baisse des productions (naissances, poids et lait). Cela s'observe surtout en zone agricole, notamment dans la région du fleuve.

Secteur de la pêche

Au Niger, la pêche est pratiquée dans le fleuve "Niger", au niveau de la Komadougou Yobé, du Lac Tchad et dans les mares disposant de peuplements ichtyologiques naturels et/ou introduits à travers les opérations d'empoissonnement, conduites par l'état et les organismes de développement. L'exercice de la pêche est effectué par des acteurs professionnels et occasionnels.

Les ressources halieutiques du fleuve Niger sont soumises à une forte pression de pêche. Le nombre de pêcheurs est passé de 1.500 dans les années 1960 à 5.000 en 1994. Néanmoins, le produit brut

financier tiré de la pêche est en moyenne inférieur à celui tiré de l'ensemble des cultures agricoles (74.711 FCFA/exploitation³ contre 175.363 FCFA/exploitation). Au niveau des revenus tirés de la pêche, on note une disparité entre les régions. Dans les arrondissements de Tillabéri, Téra et Say, une exploitation de pêcheurs gagne annuellement 44.935 FCFA.

Au cours des trente dernières années, l'ampleur des contraintes au développement du secteur halieutique a conduit les pêcheurs actifs à intégrer l'exercice de la pêche aux activités agricoles et au petit commerce, dans l'optique de maintenir leur niveau de vie. Cette situation à laquelle s'ajoute le manque de réglementation qui facilite le contrôle de l'accès à la ressource, rend difficile la maîtrise du nombre d'acteurs. La pêche est en réalité pratiquée par toutes les communautés riveraines du fleuve Niger pour les besoins d'autoconsommation et/ou de diversification des sources de revenus.

Quant à la production halieutique, les estimations font état d'une diminution des captures par rapport aux décennies précédentes. Bien que le plan d'actions d'accompagnement (pêche - pisciculture) de l'étude de l'aménagement des cuvettes de Bonféba-Diomona-Dessa imputait cette baisse à la surexploitation des stocks piscicoles, il est néanmoins reconnu de nos jours que la production halieutique d'un cours d'eau avec son lit majeur est directement corrélée par la variabilité du débit qui détermine le niveau d'inondation de la plaine alluviale.

Le potentiel piscicole existant le long de la vallée du fleuve est de deux types :

- Les sites piscicoles en étangs ou en cages flottantes initiés par le Gouvernement en prévision de la chute des captures.
- Les bras morts des aménagements hydro-agricoles où l'importance de la productivité primaire due à l'accumulation des eaux fertilisées par l'utilisation des engrais chimiques, rend ces milieux favorables au développement de la pisciculture extensive.

Cependant, les ressources halieutiques et piscicoles sont soumises à une forte dégradation due aux effets des sécheresses répétitives qui influencent les crues du fleuve Niger (50% environ du potentiel halieutique national) et à la pression démographique d'une population de plus en plus croissante. A partir de 1986, l'infestation du réseau fluvial par la jacinthe d'eau a davantage affecté le potentiel halieutique des écosystèmes aquatiques par une occupation abusive des zones de reproduction et de croissance des poissons. Ainsi, les principales contraintes du secteur halieutique et piscicole sont:

- la réduction des plaines d'inondation par les programmes sectoriels d'aménagements hydro-agricoles (18.000 ha contre 31.047 ha de potentiel soit 42% environ),
- l'infestation du fleuve par la jacinthe d'eau qui envahit les zones de reproduction et de frayère,
- l'intensification de l'effort de pêche, de l'utilisation abusive des techniques et des méthodes de pêche prohibées par une population en quête de revenus complémentaires,
- la crise économique que traverse le Niger et qui limite les possibilités de mise en œuvre des programmes d'actions stratégiques, de gestion durable des ressources halieutiques,
- l'ensablement du réseau fluvial dû à l'érosion hydrique et éolienne,
- la forte variation des hauteurs d'eau du fleuve qui limite considérablement le recrutement des poissons par migration latérale.

³ Une exploitation compte en moyenne 8,4 personnes dont 3 actifs (Price, 1986).

Secteur de l'artisanat

A cause du faible degré d'industrialisation dans la vallée du fleuve, la production des biens s'effectue essentiellement dans le secteur artisanal. Les unités de biens manufacturés de substitution aux produits de l'artisanat sont concentrées à Niamey, mais ne peuvent satisfaire la demande de biens. L'artisanat reste prépondérant.

En milieu rural, la matière première de l'artisanat est constituée principalement de produits locaux: le cuir, la peau, l'argile, le bois et la paille. En effet, la transformation des textiles et du métal est limitée à cause de la faible technicité et des difficultés d'approvisionnement en matière première.

Cependant, on note une grande gamme de produits artisanaux qui répondent à la demande des autres secteurs de l'économie, l'agriculture, la pêche, l'hydraulique, les mines et l'élevage. L'évolution récente montre une diversification des produits. Si la fabrication et la réparation du matériel agricole sont des anciennes pratiques, le montage des charrettes est récent et se développe dans les villes secondaires de la pisciculture et entraîne ainsi la création de coopératives de pêcheurs (à Farié, Kokomani, Kollo, Say, Ayorou, etc.) auxquelles l'artisanat fournit des produits de menuiserie: confection d'engins, de cages flottantes et de nattes.

La spécialisation des localités est surtout déterminée par quatre facteurs principaux: les valeurs socioculturelles, la disponibilité des matières premières, l'existence d'une clientèle solvable et les types d'activités économiques à approvisionner en produits artisanaux. Trois exemples permettent d'étayer cette analyse:

1. La transformation de l'article est prépondérante dans la vallée du fleuve et particulièrement à Boubon vu la disponibilité de la matière première et la proximité du marché urbain de Niamey approvisionné en canaris et en gargoulettes.
2. La maroquinerie est surtout développée dans les zones nomades des arrondissements de Filingué, de Ouallam et Tillabéri. Les produits obtenus sont utilisés pour la construction de l'habitat et l'ornement.
3. La production des nattes est abondante dans les villes de Dallols, Dosso et Foga vu la disponibilité de palmes de l'hyaphaene thébaïca (doumier). Les nattes sont utilisées dans l'habitat traditionnel des nomades et dans les mosquées pour la prière et pour la vente.

Du point de vue économique, l'enquête menée dans la zone d'influence du futur barrage auprès de 400 ménages qui pratiquent l'artisanat montre que cette activité est une importante source de revenus et confirme la grande gamme de produits fabriqués.

3.7 DIAGNOSTIC DE TERRES IRRIGABLES

3.7.1 Potentiel en terres irrigables

Le potentiel en terres irrigables le long de la vallée du fleuve Niger (voir Tableau 3-8) a été estimé à un total d'environ 122.000 ha répartis entre cuvettes et terrasses (contre 140.000 ha identifiés lors des études antérieures). Les sols des cuvettes, considérés dans l'ensemble aptes à l'irrigation, connaissent cependant une grande variabilité de leurs caractéristiques sur de courtes distances en plus de leur dispersion dans l'espace.

Le potentiel irrigable dans la zone Nord (entre la frontière du Mali et Kokomani) est estimé à 45.330 ha. Pour les zones Centre (de Kokomani à Kirtachi) et Sud (de Kirtachi à la frontière du Nigeria),

les superficies irrigables des périmètres aménagés et ayant fait l'objet d'études pédologiques antérieures peuvent être estimées à 17.000 ha. D'autres superficies d'environ 60.000 ha peuvent être considérées comme aptes à l'irrigation sous réserve d'études pédologiques.

Les sols des terrasses sont subdivisés en deux grands groupes, les sols ferrugineux tropicaux développés dans le sable des dunes utilisés principalement en culture pluviale de mil en association avec le niébé, et les sols sub-arides plus riches en argile que les sols ferrugineux et qui sont aptes aux cultures céréalières, maraîchères et arboricoles.

Les sols des cuvettes se divisent en deux groupes selon la texture et la teneur en humus: les sols hydromorphes sableux et les sols hydromorphes argileux. Ces sols sont considérés, dans l'ensemble, aptes à l'irrigation, toutefois ils connaissent une grande variabilité de leurs caractéristiques.

3.7.2 Types d'aménagements existants

Grands Périmètres (AHA)

La réalisation des AHA a commencé après 1964. Jusqu'à 1968, les aménagements hydro-agricoles consistaient en de petites unités de type cuvettes dans la vallée du fleuve avec maîtrise partielle de l'eau. Depuis, les aménagements réalisés sont devenus à maîtrise totale de l'eau et les anciens ont été convertis par la suite.

Au cours des années 60, environ 2.556 ha ont été aménagés. Dans les années 70, presque 5.281 ha ont été aménagés, dans la même période 242 ha ont été abandonnés. Pendant les années 80, on enregistrait 4.536 ha de nouveaux aménagements contre 288 ha abandonnés. Dans les années 90 la superficie aménagée est retombée à 983 ha. Actuellement, 9.460 ha sont aménagés le long de la vallée du fleuve Niger (9.064 ha en cuvettes et 396 en terrasses) contre 13.356 ha dans l'ensemble du Niger (dont 530 ha abandonnés).

La majorité des aménagements ont une superficie qui varie entre 100 et 300 ha. Seuls 12 des 52 aménagements existants ont une superficie inférieure à 100 ha et trois ont une superficie supérieure à 400 ha.

Les exploitations sont presque entièrement consacrées à la double culture du riz que les agriculteurs nigériens maîtrisent et atteignent un rendement de 9,5 à 11 t/ha/an. Les cultures maraîchères et arboricoles n'occupent que quelque 300 ha environ. Les cultures de blé, du piment, de l'aubergine et du coton ont été essayées mais se sont traduites par des échecs. Des cultures maraîchères sont parfois pratiquées près des aménagements.

Zone	Aménagements existants			Aménagements étudiés			Aménagements possibles		
	Désignation	Superficie aménagée (ha)	Position	Désignation	Superficie brute (ha)	Position	Désignation	Superficie brute (ha)	Position
Nord	Firgoun Nord	110	C	Gabou	184	C	Zone Nord	38.985	C+T
	Firgoun Sud	100	C	Famalé	393	C			
	Diomana	420	C	Dessa	140	C			
	Bonféba-Fala	327	C	Sakoira	72	T			
	Namarigoungou	1494	C	Ile Maloum	920	C			
	Sakoira	42	T						
	Tillakaina	86	T						
	Yélouani	117	C						
	Toula	260	C						
	Daikéna	110	C						
	Daibéri	340	C						
	Kourani-Baria	715	C						
	Sona	160	C						
	Sona	39	T						
	Lossa	173	C						
Lossa	89	T							
Kokomani	54	C							
Centre	Lata	380	C	Kirtachi	140	C	Zone Centre et Sud	54.330	C + T
	Koutoukalé	341	C						
	Karma	150	C						
	Namardé Goung.	256	C						
	Karaigorou	145	C						
	Gabougoura	40	C						
	Dembou	120	C						
	Boubon	8	C						
	Liboré	250	C						
	Goudel	60	T						
	Goudel	49	C						
	Lamordé	14	C						
	Kourtéré	14	C						
	Kirkissoye	100	C						
	Saguia amont	115	C						
	Saguia aval	25	C						
	Saga	380	C						
	N'Dounga I	280	C						
	N'Dounga II	290	C						
	Kollo	28	C						
	Seibéri	335	C						
Tiaguiriré amont	220	C							
Tiaguiriré aval	250	C							
Say amont	297	C							
Say aval	195	C							
Sud	Boumba	22	C	Koulou	1526	C			
	Tara	120	C	Ouna-Kouan.	5270	C			
	Gaya amont	170	C	Chya	4000	T			
	Gatawani-Dolé	90	C	Gataw.-Dolé	6910	C			
	Coop. fruitière	80	T						
Totaux:	9.460	386 T 9.064 C		19 555	4.072 T 15.483 C		93.315	C + T	

C : Cuvette T : Terrasse

Tableau 3-8: Potentiel des terres irrigables le long de la vallée du fleuve Niger

Les systèmes d'aménagement existants sont généralement basés sur le pompage. Les stations de pompage situées sur le tracé du fleuve refoulent l'eau dans des canaux principaux pour les cuvettes ou à travers des conduites de refoulement pour les terrasses. Les canaux pour les cuvettes et terrasses fonctionnent en commande par l'amont. L'aménagement des cuvettes nécessite la construction d'un endiguement de protection contre les crues alors que pour les terrasses, des endiguements pour la protection des eaux de ruissellement sont prévus.

Cependant, les coûts d'investissement et le financement des grands aménagements au Niger sont très élevés. Parmi les causes principales, on peut citer l'enclavement du pays qui rend élevés les coûts de transport des équipements et autres produits de construction. L'ouverture des marchés de construction et par la suite de l'entretien des infrastructures à la compétition pourrait aboutir à une réduction de ces coûts.

Irrigation de décrue

En dehors des AHA, les bords du fleuve Niger constituent une zone d'activité agricole importante sur une superficie estimée à environ 40.000 ha. Durant la saison des crues, le fleuve balaie une plage d'une largeur variant de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres, en fonction de la topographie et des bras du fleuve. Cette plage est mise en culture dès que la décrue s'amorce.

Certaines cuvettes ont été équipées d'endiguement pour contrôler la régression des eaux d'inondation et le plan d'eau des rizières.

Les rendements des cultures de décrue restent cependant très aléatoires. Celui du riz est d'environ 2,3 t/ha et celui du maïs est de l'ordre de 1 t/ha.

Petite Irrigation

Dans le programme de développement agricole, la Petite Irrigation constitue un volet aussi important que celui des aménagements hydro-agricoles. Selon une étude récente⁴, quelque 55.000 personnes travaillent dans environ 100.000 exploitations dans la région du fleuve, à partir des puisards traditionnels ou de puits cimentés. La superficie des cultures de contre-saison est estimée à environ 12.200 ha. Globalement, ce secteur s'occupe principalement des cultures de rente (oignons et poivrons) et de contre-saison (manioc, niébé, patate douce, cultures potagères, etc.). La culture du riz basée sur les eaux du fleuve est aussi entreprise sous l'égide du programme de l'Agence Nigérienne de la Promotion de l'Irrigation Privée (ANPIP).

L'irrigation à petite échelle constitue potentiellement une des principales sources de croissance agricole durable. Les coûts d'investissements de ce type d'agriculture sont très réduits par rapport aux aménagements hydro-agricoles. Cependant, les contraintes principales observées concernent la méconnaissance des modes d'attribution des terrains, la mévente des produits maraîchers et les problèmes de recouvrement des crédits.

Le Secteur est soutenu en matière technique, financière et de gestion par les ONG et les

⁴ Etude sur les Systèmes de Production au Niger - CILSS, Septembre 1996

programmes de l'ANPIP.

3.8 DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL

L'inventaire des éléments constitutifs de la diversité biologique a fait ressortir une grande richesse floristique et faunistique, et de nombreux écosystèmes existants en milieu terrestre comme en milieu aquatique et semi-aquatique. En effet, 3.200 espèces animales (parmi lesquelles les insectes occupent la première place au plan numérique) et 2.124 espèces végétales (dont le groupe des Angiospermes est le mieux exploré) ont été inventoriées. Cependant, cette richesse en biodiversité est soumise à une dégradation progressive, malgré les efforts de conservation déployés par les autorités à travers des mesures politiques et stratégiques. Le cas particulier des ressources forestières est alarmant avec environ 100.000 ha de la superficie de forêts perdues annuellement sous l'effet conjugué des coupes incontrôlées, des feux de brousse, du surpâturage, de l'extension des zones de cultures et des sécheresses récurrentes.

En effet, on doit s'attendre dans le futur à une réduction sévère de la superficie et de la productivité des écosystèmes naturels qui supportent la majorité de ces espèces dans toutes leurs diversités et qui fournissent toute une gamme de biens et services à la société. Plusieurs mécanismes mettent ce constat en évidence:

- Les systèmes terrestres seront fortement affectés par la tendance à la sécheresse et les modifications des schémas d'utilisation des ressources. Les zones désertiques devraient connaître une extension progressive pour devenir plus austères. Les augmentations de la température pourraient menacer les organismes qui vivent déjà pratiquement à la limite de leur tolérance en matière de chaleur.
- La pression croissante sur les terres se manifeste par une extension vers le Nord de 100 km de la limite des zones cultivées. On estime à environ 70.000 à 80.000 hectares de terres principalement pastorales qui sont transférées aux cultures chaque année. Au moins 30% des terres de transhumance ont été perdus depuis 1980.
- La perte nette des diverses espèces d'essences arboricoles, spécialement dans la zone Nord Sahélienne, continuera parallèlement à l'extension vers le Sud des espèces sahariennes. Les espèces sahéliennes se cantonneront dans leurs habitats les plus favorables (dépression, cours d'eau) pour devenir des îlots ou alors pour disparaître.
- Les écosystèmes des eaux douces devraient voir leur superficie décroître considérablement. Les changements dans ces écosystèmes auront des impacts négatifs majeurs sur le tourisme, l'approvisionnement en eau potable, la pêche et la biodiversité.
- Un certain nombre d'espèces localement rares mais importantes sur le plan international sont dans une situation extrêmement préoccupante. Le groupe des gros mammifères dont certaines espèces sont inscrites sur la liste rouge de l'UICN est certainement celui qui pose le plus de problèmes quant à la conservation de ses populations. Le statut des Lamantins et des Hippopotames est particulièrement alarmant car ils sont dans un réel danger d'extinction à l'échelle mondiale, leurs populations étant passées en dessous du seuil critique de renouvellement démographique à cause de la pression anthropique (la chasse, la destruction et les pertes d'habitat, etc.) et des périodes de sécheresse aggravées qui ont sévi depuis 1970 et réduit considérablement les pâturages disponibles.

- La diversité ichtyologique du fleuve Niger telle qu'elle ressort des différents inventaires⁵, a été considérablement affectée pendant les trente dernières années suite à la dégradation des écosystèmes aquatiques. En effet, alors que plusieurs espèces sont devenues rares dans les captures (*Lates niloticus*, *Gymnarchus niloticus*, *Heterotis niloticus*, *Parachanna obscura* et *Citharidium ansorgii*), d'autres ont tout simplement disparu (*Nannocharax occidentalis*, *Phago loricatus*, *Sierrathrissa leonensis*, *Pellonula vorax*, *Arius gigas*) à cause de la baisse des hauteurs d'eau consécutive aux conditions de sécheresse (du fait qu'elle agit le plus sur l'abondance de ces espèces qui dépendent de la plaine alluviale pour les besoins de reproduction et de frayère).
- Enfin, la vallée du Niger abrite d'importantes superficies de zones humides de part et d'autre du fleuve qui offrent des potentialités énormes de production naturelle et de multitudes d'habitats et de biotopes suite à leur marnage. Cependant, on assiste actuellement à leur dégradation continue à cause principalement des sévères étiages de plus en plus précoces et longs au point que leur pérennité pourrait être mise en cause.

3.9 DEMANDE EN EAU POTABLE ET INDUSTRIELLE

A côté de la satisfaction de la demande en eau pour l'irrigation, un des objectifs importants assignés également au barrage de Kandadji est la pérennité de l'alimentation en eau potable et industrielle dans la vallée du Niger. C'est pourquoi les besoins futurs en eau à satisfaire au cours des prochaines 25 années (2000 à 2025) ont fait l'objet d'une analyse dans le cadre de cette étude.

Comme zone d'étude on a considéré un couloir de 20 km situé sur les deux rives du fleuve et partant du futur barrage de Kandadji jusqu'à la frontière nigérienne. Dans ce couloir sont situées les deux villes de Niamey et Tillabéri qui sont exclusivement approvisionnées par l'eau du fleuve. En plus, s'ajoutent les centres de Kollo, Say et Gaya et près d'un millier de villages à proximité du fleuve. En 1999, la population concernée comptait environ 640.000 habitants dans les deux villes et 760.000 habitants dans les villages de la zone du fleuve.

La consommation spécifique dans les villes est estimée à 65 LCJ (litres per capita par jour) et à 20 LCJ en milieu rural. La consommation du bétail est estimée à 30 litres par jour par UBT (unité de bétail tropical). A cause de l'extension des réseaux dans les villes et l'amélioration des conditions de prélèvement dans les villages, la consommation spécifique augmentera à 100 LCJ dans les villes et à 40 LCJ dans les villages.

Les besoins futurs en eau potable ont été estimés sur la base de l'évolution démographique de la population urbaine avec une hypothèse haute de 5,0% par an et une hypothèse basse de 3,2% par an. La croissance des besoins en eau industrielle a été mise en rapport avec l'évolution de la population urbaine et celle de l'hydraulique pastorale avec celle de la population rurale.

Sur la base de ces suppositions, on obtient les besoins en eau suivants:

- Hypothèse basse: 118 millions de m³/an ou 5,7 m³/s,
- Hypothèse haute: 163 millions de m³/an ou 7,9 m³/s.

La contamination du fleuve par les eaux usées aggrave le problème de pénurie d'eau. Un débit minimum de 70 m³/s dans le fleuve apparaît nécessaire pour pouvoir prélever les quantités citées plus

⁵ Etude de Faisabilité, Phase I, Volume VII, Chapitre 3 : Secteur de la Pêche.

haut, avec une qualité de l'eau encore acceptable et pour ne pas mettre en danger la vie aquatique du fleuve par une contamination excessive, provoquée par les eaux usées de la ville.

L'analyse des débits d'étiage du fleuve a montré que ce dernier est très loin de pouvoir fournir la quantité nécessaire à la consommation dans les années extrêmement sèches (voir Chapitre 3.2). La sécurité d'approvisionnement en eau potable et industrielle ne peut être garantie que par un renforcement systématique des débits d'étiage par un barrage (voir Figure 3-4).

3.10 DEMANDE EN EAU POUR L'IRRIGATION

Les besoins en eau des cultures qui, appliquées aux surfaces qui leur sont respectivement affectées d'après l'assolement, donnent les demandes en eau globales. Le Tableau 3-9 fait ressortir les besoins mensuels par hectare pour les assolements des cuvettes et des terrasses des zones Nord, Centre et Sud de la vallée du fleuve.

Zone	Jan.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Nord:													
Cuvettes	1.544	2.274	2.646	1.020		540	1.415	1.090	1.610	825		1.220	14.184
Terrasses	1.198	1.420	1.610	1.400	1.533	1 511	1.347	886	1.280	647	705	791	14.329
Centre:													
Cuvettes	1.772	2.766	3.366	1.240		590	1.210	1.390	1.830	1.140		1.220	16.524
Terrasses	1.546	1.694	1.158	578	417	1.353	958	815	422	321	419	1.389	11.070
Sud:													
Cuvettes	1.779	2.351	2.313	728		252	770	394	683	515	243	1.240	11.268
Terrasses	1.734	1.976	1.783	714	227	347	575	261	529	501	233	861	9.739

Tableau 3-9: Besoins mensuels en eau par hectare (m³ / ha · mois)

Les besoins annuels passent d'environ 9.739 m³/ha et 11.268 m³/ha pour les terrasses et cuvettes de la zone Sud à 11.070 m³/ha et 16.524 m³/ha pour celles de la zone Centre et à 14.329 m³/ha et 14.184 m³/ha pour celles de la zone Nord.

Le Tableau 3-10 présente les débits fictifs continus et les débits d'équipement du mois de pointe pour les trois zones et les divers assolements de cuvettes et terrasses.

Zone / Assolement	Mois de pointe	Débits fictifs continus (l / sec-ha)	Débits d'équipement (l/sec-ha)
Nord / Cuvettes	Mars	0,988	2,385
Nord / Terrasses	Mars	0,601	1,451
Centre / Cuvettes	Mars	1,257	3,034
Centre / Terrasses	Février	0,632	1,526
Sud / Cuvettes	Février	0,878	2,119
Sud / Terrasses	Février	0,738	1,781

Tableau 3-10: Débits fictifs continus et débits d'équipement

3.11 DEMANDE EN ELECTRICITE

Les prévisions antérieures de la demande en électricité pour le Niger ont surestimé l'augmentation de la demande. Dans le cadre de cette étude le Consultant a préparé une nouvelle estimation du développement de ce sous-secteur à moyen et long terme pour une période de prévision de 2000 à 2025. La zone d'étude, comprenant des zones qui pourront bénéficier directement de la réalisation de Kandadji a été identifiée comme Zone du Fleuve et Zone Centre Est, qui peut être alimentée par le réseau de transmission septentrional du Nigeria.

Sur la base d'une révision approfondie des rendements passés du sous-secteur, des indicateurs de consommation historiques sélectionnés, comme par exemple la consommation spécifique par abonné facturé en basse (BT) et moyenne tension (MT), ont été analysés.

Deux scénarios de développement ont été formulés:

- Un "Scénario de Base" suit la croissance modeste constatée récemment dans le sous-secteur énergétique, terminant une longue période de performance quasi stagnante. En plus de la croissance par extrapolation de tendance, la charge de pompage nécessaire pour l'irrigation des zones concernées par le projet de Kandadji a été incluse.
- Un "Scénario de Croissance Accélérée" présume un développement plus favorable du secteur industriel du pays, ainsi qu'une augmentation des achats d'énergie en provenance des ménages et des petits commerçants. A part la charge de pompage nécessaire aux zones nouvellement irriguées sur la rive gauche du Niger, en aval de Kandadji, une augmentation massive de la demande devrait venir des charges industrielles, ainsi que de l'interconnexion de la zone de Tahoua - Malbaza.

La prévision du développement à long terme des indicateurs précités aboutit à la consommation totale. La puissance nécessaire correspondante a été dérivée au moyen de facteurs de taux de pertes. Les facteurs de charge du réseau estimés ont conduit aux exigences de pointe en terme de puissance installée.

Les taux moyens de croissance à long terme attendus dans la zone d'étude au cours de la période de prévision sont les suivants:

	Taux moyen de croissance 2000-2025 (% / an)	
	Scénario de Base	Scénario de Croissance Accélérée
Energie	5,8	8,0
Puissance de pointe	5,1	7,2

Tableau 3-11: Prévision de la demande en électricité dans la zone d'étude

Les prévisions de la demande, effectuées sur la base du développement historique et la consommation actuelle, ont montré que la demande en énergie atteindra 900 GWh/an en 2025 et la demande en puissance 170 MW pour le même horizon. La puissance nécessaire en 2025 sera donc plus que le triple de la puissance actuelle.

Bien que la coopération avec NEPA ait fonctionné de manière satisfaisante dans le passé, un nombre de facteurs indépendants du Niger peuvent sérieusement interrompre l'alimentation en énergie. Dans le cas d'une telle interruption, la consommation courante d'environ 46 MW dans la Zone du Fleuve ne pourrait être couverte par les réserves froides, dont la puissance générée combinée atteint environ 36,5 MW. Comme l'alimentation en puissance de NEPA n'est pas garantie, il s'avère important de planifier des ressources de réserve additionnelles, principalement dans le cas où de nouvelles industries seraient tentées de s'implanter au Niger.

A ce stade il est conseillé de tenir compte du souhait des autorités nigériennes de réduire la dépendance vis-à-vis de l'extérieur dans un domaine aussi important que le secteur énergétique. Les ressources hydrauliques du fleuve Niger sont à court et moyen terme les seules alternatives de production d'électricité pour une large couverture des besoins nationaux par des moyens raisonnables. En outre, les ressources hydroélectriques utilisent une source d'énergie renouvelable dont l'exploitation ne présente pas d'impact négatif sur l'environnement.

4 MODELISATION ET OPTIMISATION DE LA GESTION DE LA RETENUE

4.1 METHODOLOGIE

La modélisation de la gestion de la retenue du barrage de Kandadji avait pour but de déterminer la capacité utile du réservoir – et par là même la hauteur du barrage et les autres dimensions des ouvrages qui en découlent - et de fixer son mode d'exploitation optimal. Les différentes étapes qui ont été nécessaires à cette procédure sont résumées ci-après:

- Détermination des données de base topographiques, climatologiques et hydrologiques,
- Modélisation hydraulique de la propagation des lâchages de la retenue dans le fleuve,
- Choix et définition des données de base pour la modélisation du système "retenue de Kandadji - fleuve Niger",
- Pré-modélisation du système à l'aide d'un modèle existant, sur la base des valeurs mensuelles,
- Développement d'un nouveau modèle plus détaillé,
- Modélisation du système à l'aide de ce nouveau modèle, sur la base des valeurs journalières,
- Simulation de la gestion avec des variantes structurelles et opérationnelles,
- Evaluation des résultats et détermination des caractéristiques de la retenue résultant de la modélisation.

4.2 DONNEES DE BASE POUR LA MODELISATION

Les données de base suivantes ont constitué un apport essentiel à la modélisation de la gestion de la retenue:

- données topographiques (surface et capacité de la retenue en fonction de la cote),
- données hydrologiques (débits),
- données climatologiques (pluviométrie et évaporation),
- données sédimentologiques (processus de l'envasement de la retenue),
- demande en eau potable, industrielle et en eau pour l'irrigation.

Les caractéristiques de ces données de base ont été décrites dans le Chapitre 3 de ce rapport.

Le choix de la série représentative des débits, à utiliser lors de la simulation de la gestion de la retenue, s'est avéré difficile:

- Une simulation s'étendant sur la totalité de la période des débits disponibles (1944 à 1998) a été estimée irréaliste, car trop optimiste, pour le futur.
- Une période plus courte, comme par exemple la période de sécheresse (1970 à 1998), bien qu'elle ait toujours été interrompue par des années ayant un débit moyen plus élevé, a été considérée comme trop défavorable.
- Il fallait également tenir compte du fait qu'en particulier depuis 1994, des débits annuels légèrement supérieurs à ceux des années 80 ont à nouveau pu être observés. Toutefois, les débits des mois d'avril, mai et juin des dernières années sont restés très bas, à l'exception de l'année 1998.

Comme du point de vue scientifique il est impossible de prédire si la période de sécheresse qui sévit depuis 1970 va s'arrêter, continuer, ou s'aggraver, le Consultant, en accord avec le HC/BK, a choisi la période de 1966 à 1998 comme série représentative des débits pouvant être utilisée pour la simulation de la gestion de la retenue. De cette façon, la série représentative comprend également certaines années plus humides (1966 à 1969), qui pourraient vraisemblablement se présenter à nouveau dans le futur; toutefois, la série sera dominée par la longue période de sécheresse (1970 à 1998).

La Figure 4-1 présente pour cette période choisie les séries représentatives mensuelles moyennes pour Kandadji et Niamey.

4.3 SIMULATION DE LA GESTION

La simulation de la gestion de la future retenue nécessitait d'abord une modélisation hydraulique de la propagation des lâchages en eau (nécessaires au soutien de l'étiage et aussi à la satisfaction d'autres besoins) de la retenue jusqu'aux endroits de référence le long du fleuve Niger. Pour ce faire, le Consultant a utilisé un logiciel hydraulique qui, après un calibrage réussi, a permis de calculer la propagation des lâchages régulés à partir du barrage de Kandadji jusqu'à Niamey et Malanville. Les temps d'écoulement obtenus jusqu'aux différents points de prise d'eau se trouvant sur ce tronçon sont ensuite utilisés pour la simulation.

Après une pré-modélisation sur la base des valeurs mensuelles avec un modèle déjà existant (Modèle APROS), le Consultant a conçu un modèle de planification détaillée entièrement nouveau pour la gestion de la retenue de Kandadji en relation avec le système des ressources en eau du fleuve Niger (Modèle KANDADJI). Ce modèle, très flexible et fonctionnant sous Microsoft Windows, est particulièrement adapté à la retenue à buts multiples de Kandadji et aux caractéristiques du bassin versant du fleuve Niger. Par ailleurs, ce modèle peut être converti en modèle en temps réel, tel que nécessaire pour une gestion réelle de la retenue après la réalisation du barrage. La structure du modèle "KANDADJI" est représentée à la Figure 4-2.

En se basant sur les séries hydrologiques et météorologiques de 1966 à 1998 on a pu tirer les conclusions suivantes après de nombreuses simulations de la gestion au moyen du modèle:

1. Fiabilité du maintien du débit minimum à Niamey en fonction du volume utile de la retenue:
 - Un volume utile jusqu'à la cote 228 m garantit avec une grande fiabilité (98,7% des jours de demande) le maintien à Niamey du débit minimum envisagé de 120 m³/s. Pour un débit minimum envisagé de 110 m³/s, la fiabilité est de l'ordre de 99,2%.
 - Un volume utile jusqu'à la cote 227 m peut garantir un débit minimum de 120 m³/s, avec une fiabilité de 94,9%.
 - Un volume utile jusqu'à la cote 225 m ne permet plus qu'une fiabilité de 79,7%.
2. Besoins en eau:

En plus du soutien d'étiage, les besoins en eau (irrigation, eau potable et industrielle) s'élevant à 17,3 m³/s, sont garantis à l'horizon de planification 2025 avec le même niveau élevé de fiabilité.
3. Gestion de la retenue:

Comme stratégie de remplissage après la saison d'étiage, il a été proposé de remplir le réservoir à raison de 20% de la différence entre le débit entrant et une valeur seuil de 400 m³/s fixée en tant que valeur de départ pour les opérations de remplissage. Avec cette stratégie, la

retenue sera à nouveau remplie entre la mi-octobre et le début novembre.

4. Impact du projet de Kandadji sur le débit du fleuve Niger au Nigeria:

Les modifications du débit du fleuve Niger dues au barrage de Kandadji n'auront qu'un impact négligeable sur les apports en eau au Nigeria et sur la gestion de la retenue de Kainji, compte tenu de la faible réduction du débit sur le territoire du Niger (-4,6%) et des apports importants des bassins versants intermédiaires, qui en diminuent encore les effets relatifs au Nigeria (-3,3% à Yidere Bode, -2,3% à Jebba, -0,6% à Lokoja).

La Figure 4-3 présente un extrait d'une simulation avec le modèle "KANDADJI" qui montre l'hydrogramme de la retenue pour une séquence de cinq années (1983-1987) à titre d'exemple, et la comparaison des débits du fleuve Niger à Niamey sans et avec le projet ("Niamey hist." – "Niamey calc.").

4.4 CONCLUSIONS

Après discussions approfondies entre le HC/BK et le Consultant, il a été décidé de baser la planification technique des bâtiments du barrage sur un niveau maximal de la retenue de 228 m. Les raisons de cette décision peuvent être résumées comme suit:

- Afin d'éviter l'inondation de terres situées dans les pays voisins, la totalité de la surface de la retenue devrait s'étendre sur le territoire de la République du Niger, ce qui exclut par principe des niveaux supérieurs à la cote 228 m.
- Un débit minimum d'environ 120 m³/s pendant la saison d'étiage pour le fleuve Niger a été considéré comme souhaitable pour atteindre les buts principaux du projet: atténuer la dégradation de l'environnement due aux déficits d'étiage et assurer l'alimentation ininterrompue en eau pour l'irrigation et en eau potable et industrielle. Ce débit permettra également de satisfaire tous les besoins issus de la prévision de la demande à l'horizon 2025.
- Seule une retenue jusqu'à une cote maximum 228 m dispose d'un volume utile en mesure de fournir un débit minimum de 120 m³/s avec une fiabilité satisfaisante avoisinant 98%. Si des cotes maxima plus basses (de 225 m à 226 m) étaient retenues, on obtiendrait des fiabilités beaucoup plus faibles de l'ordre de 80% à 90%, ce qui ne satisfait pas aux objectifs du projet.
- Le nombre d'habitants à déplacer s'accroît presque simultanément avec l'élévation du niveau maximal de la retenue. On ne peut pas noter un accroissement significatif à partir d'une certaine cote, qui imposerait des contraintes dans le choix du niveau maximal .
- De plus, pour compenser l'envasement auquel il faut s'attendre, il ne semble pas judicieux d'opter pour une capacité trop faible de la retenue.

5 LE PROJET

nigériennes Le barrage doit comprendre les ouvrages de restitution nécessaires, permettant de lâcher les débits nécessaires de la retenue à l'aval pour le soutien de l'étiage, de l'irrigation, de l'alimentation en eau de la population, du bétail et de l'industrie, et pour les autres utilisations, même si la centrale hydroélectrique n'était pas en fonctionnement.

Il doit pouvoir évacuer les crues maximales du projet estimée à 3.150 m³/s sans risque que le niveau de la retenue ne dépasse la cote maximale définie (PHE 228).

Pour le franchissement du barrage par les pirogues, un monte-charge oblique est prévu, la solution de l'écluse étant abandonnée car assez onéreuse et conduisant à d'énormes pertes d'eau.

Pour que le barrage de Kandadji puisse atteindre les objectifs envisagés, l'ensemble du projet doit comprendre les composantes suivantes :

Ouvrages principaux du barrage:

- digue principale (barrage en terre)
- évacuateur de crue
- centrale hydroélectrique
- vidange de fond

Ouvrages auxiliaires :

- passe à poissons
- prise d'eau d'irrigation
- monte-charge oblique pour pirogues.

5.1 Le barrage en terre

La coupe type choisie pour le profil du barrage en terre est donnée en annexe (plan N°).
Recharges: Les matériaux de qualité supérieure eu égard à leur perméabilité, c'est-à-dire le banco et les arènes argileuses, seront utilisés comme recharge amont du barrage. Les arènes sableuses peuvent être utilisées pour la recharge aval.

Drains: Afin de maintenir la ligne de saturation dans le corps du barrage à un niveau bas et de pouvoir évacuer l'eau d'infiltration éventuelle, il est nécessaire d'installer des drains verticaux et horizontaux. La recharge aval repose sur un tapis drainant horizontal. Les deux massifs d'appui en amont et en aval sont séparés par un drain cheminé vertical.

Filtres: Entre les drains et les recharges, des filtres sont interposés pour empêcher l'entraînement des fines dans les drains.

Rip-rap: Les surfaces des deux recharges du barrage sont protégées par rip-rap composé de gros blocs contre les phénomènes d'érosion provoqués par le vent, la pluie et – dans le cas de la recharge amont – le choc des vagues.

Talus: Compte tenu des paramètres de mécanique des sols des matériaux, le talus amont est de v:h = 1:3,0 et le talus aval de v:h = 1:2,5.

Fondation: On supposera un niveau de 2,00 m - en moyenne - sous le terrain existant

comme profondeur normale de fondation. De cette façon, on devrait pouvoir atteindre des couches de fond stables d'une étanchéité suffisante.

Tranchée de parafouille: Pour augmenter l'imperméabilité, une tranchée de parafouille, dont la profondeur de fondation se situe à 2,00 m en-dessous de la profondeur de fondation normale, sera aménagée dans la zone du noyau du barrage. La largeur de cette tranchée est fonction de la hauteur du barrage.

Route de crête: Sur toute la longueur en crête du barrage passe une route de service qui sera asphaltée.

Fossé de drainage: Le long du pied aval du barrage se trouve un fossé, qui recueille les eaux de pluie de surface et l'eau d'infiltration en provenance des drains, et qui les évacue à partir de points topographiques bas, vers l'eau en aval.

Des calculs de stabilité ont été effectués pour le profil choisi en utilisant la méthode de calcul de rupture circulaire des talus selon la méthode de "Bishop". Les résultats conduisent à considérer que la stabilité du barrage en terre est satisfaisante pour tous les cas de charge.

5.2.5 L'évacuateur de crue

La retenue du barrage de Kandadji étant complètement pleine pendant 7 à 8 mois par an, l'évacuateur sera toujours en activité quand le débit entrant dans la retenue ne pourra pas être utilisé par la centrale hydroélectrique instantanément et dans sa totalité pour la génération d'énergie. Cette utilisation fréquente et longue de l'évacuateur exige un soin tout particulier lors de la conception afin de garantir un fonctionnement de l'ouvrage, irréprochable du point de vue hydraulique et sûr du point de vue technique.

Type de l'évacuateur: Malgré des actualisations et analyses des études climatologiques et hydrologiques, l'évolution future du climat dans le bassin versant du Niger ne peut pas être estimée de façon fiable. On ne peut exclure que, pendant la période d'exploitation du barrage de Kandadji, se produisent des changements climatiques qui entraîneraient un accroissement des débits de crues du Niger dans des proportions telles qu'il n'a pu être suffisamment pris en compte par les analyses historiques. La conception de l'évacuateur doit prendre en considération cette éventualité peu vraisemblable de façon à ce qu'une surcharge avec des débits supérieurs aux débits de dimensionnement soit possible, sans que la sécurité du barrage soit remise en cause.

Ces réflexions conduisent au choix d'un déversoir comme type d'évacuateur et excluent des évacuateurs constitués de pertuis de fond, tel que proposé dans l'étude précédente.

Dimensions: Seul un déversoir relativement long ayant un bassin de dissipation d'une largeur correspondante permet de réduire le débit par unité de largeur dans des proportions telles qu'une excavation trop profonde du radier du bassin de dissipation soit exclue et que le débit du bassin puisse être conduit vers le lit naturel du fleuve sans difficulté et sans zone de transition plus longue. Des calculs hydrauliques il résulte que huit passes d'une largeur de 17,50 m chacune sont nécessaires pour permettre l'évacuation de la crue de projet de 3.150 m³/s.

Vannes: Il est indiscutable que les déversoirs à nappe libre présentent de grands avantages en raison de leur faible coût, de la simplicité de la régulation du niveau de la retenue sans intervention humaine, et de la garantie de leur fonctionnement sans risque de défaillance. Cependant leur inconvénient réside dans le fait qu'ils induisent une

capacité non exploitable entre retenue normale et niveau maximal, qui réduit le volume utile pour un niveau maximal donné de la retenue. Les résultats de la simulation de la gestion de la retenue ont montré que l'ensemble de la capacité disponible jusqu'à la cote 228 m doit être utilisé pour garantir un débit minimum d'environ 120 m³/s pour le soutien d'étiage. Pour éviter l'inondation des terres dans les pays voisins, des niveaux supérieurs à cette cote sont exclus. C'est pourquoi le déversoir doit être équipé de vannes. La grande longueur relativement à la hauteur, offre des conditions idéales pour l'installation de vannes clapets. Elles présentent le grand avantage qu'en cas d'urgence, leur ouverture est possible sans apport d'énergie. Du fait de leur écoulement par dessus, elles conviennent très bien à la régulation du plan d'eau dans la retenue et ne sont pas vulnérables aux risques de transport de corps flottants.

Bassin de dissipation: L'utilisation fréquente et longue de l'évacuateur de crues soumet son efficacité hydraulique et la sécurité de son fonctionnement à des exigences particulières. Seul peut être envisagé à l'aval du déversoir un coursier avec bassin de dissipation de type conventionnel, où on localise le ressaut faisant passer le régime du type torrentiel, obtenu au bas du coursier, au type fluvial qui correspond aux conditions d'écoulement dans le lit de restitution du fleuve.

5.2.6 La vidange de fond

La vidange de fond constitue un élément indispensable du barrage de Kandadji. Elle met à disposition une capacité qui permet notamment d'assurer l'alimentation du fleuve Niger en aval pendant la saison d'étiage, la montée contrôlée du plan d'eau dans la retenue pendant le remplissage annuel, le contrôle et - si nécessaire – l'abaissement du plan d'eau en cas d'événements particuliers ou de danger, et éventuellement l'évacuation de crues en complément de l'évacuateur de crue. Il convient de remarquer que pendant l'exploitation, les lâchages d'eau du réservoir seront effectués en priorité par la centrale afin de produire de l'énergie électrique.

La vidange de fond ne pouvant être qu'un ouvrage en béton, il s'avère judicieux de la relier à l'évacuateur de crue et à la centrale hydroélectrique et de la situer également dans le bras principal du fleuve. A cause de ses entrées profondes et des grandes vitesses de courants, la vidange de fond doit être éloignée du barrage en terre pour le protéger de l'érosion. Elle ne peut donc être située qu'entre l'évacuateur de crue et la centrale hydroélectrique.

Pour loger le pertuis de la vidange de fond ayant la capacité requise, un plot d'une longueur de 20 m suffit, longueur qui a été également choisie pour les plots de l'évacuateur. Afin d'atteindre des dimensions économiques des organes de fermeture et de réglage, il convient de répartir la section nécessaire entre trois pertuis individuels. Avec une capacité totale de 420 m³/s pour une retenue à 223 m la vidange de fond dépasse la capacité exigée.

5.2.7 Les plots de transition entre barrage en terre et évacuateur

La zone de contact entre un barrage en remblai et un ouvrage en béton doit toujours être considérée comme une zone potentielle de faiblesse, dont la conception nécessite une attention particulière afin d'éviter tout risque de fissuration et une rupture

subséquente due aux renards résultant des différences de tassements locaux. Une solution permettant de renoncer à des murs de soutien a été trouvée par l'aménagement de deux plots de transition d'un profil poids de 40 m de longueur prolongeant l'évacuateur dans la digue en terre. De ce fait, le profil standard du barrage en terre se termine 40 m avant le début de l'évacuateur. A partir de ce point, le barrage en terre prend la forme d'un demi cône, dans lequel les plots de transition pénètrent. Grâce à sa forme en cône, le barrage en terre possède une stabilité propre suffisante, même dans sa partie terminale, ce qui rend inutiles d'autres ouvrages auxiliaires.

5.2.8 La passe à poissons et le pilier intermédiaire

Un barrage artificiel présente un obstacle pour la population piscicole et peut constituer une entrave aux migrations naturelles saisonnières des poissons. Pour éviter un effet indésirable de cette sorte, il faut, suivant les standards internationaux reconnus, intégrer une "passe à poissons" dans le barrage. Dans le cas de Kandadji, cette passe à poissons sera intégrée dans le pilier intermédiaire séparant la centrale hydroélectrique de la vidange de fond. Il existe en principe trois sortes de passes à poisson, qui se différencient par leur mode de fonctionnement: ce sont l'échelle à poissons, l'ascenseur à poissons, et l'écluse à poissons. Pour des raisons qui sont expliquées dans ce rapport, une écluse à poissons sera considérée comme la solution la plus adéquate pour le projet de Kandadji.

5.2.9 Prise d'eau d'irrigation

Indépendamment des ouvrages en béton dans le lit mineur, qui restituent l'eau prise de la retenue dans le fleuve en aval, il est nécessaire d'aménager une prise d'eau en rive gauche, dans le secteur de la route nationale RN1, de façon à se raccorder le plus directement possible au canal d'irrigation primaire desservant les périmètres en aval du barrage entre Kandadji et Tillabéri. Cet aménagement alimente le canal par gravitation, sans intervention de stations de pompage.

5.2.10 Monte-charge oblique des pirogues

Les possibilités de transport fluvial des marchandises et des personnes ne peuvent être restreintes par la réalisation du barrage de Kandadji. Après la construction du barrage, le transport fluvial tiendra même un rôle encore plus important, vu que la retenue créée, qui s'étendra jusqu'à la frontière malienne, constituera une bonne voie de communication. Les conditions de navigation seront également améliorées en aval grâce au soutien de l'étiage au cours de la saison sèche.

La conception de l'étude précédente prévoyait à cet effet la construction d'une écluse à pirogues, qui, suite à la hauteur maximale d'éclusage de 18 m, aurait constitué un ouvrage important et par conséquent très coûteux. En fonction du but principal de l'étude actuelle d'atteindre une réduction du coût du projet grâce à la simplification de la conception et à une réduction des dimensions des ouvrages, on a décidé de renoncer à la construction de l'écluse et d'assurer le transport des pirogues entre la retenue et l'eau en aval par un monte-charge oblique. La faible densité du transport fluvial s'adapte bien

à cette variante.

5.1 CONCEPTION DE LA CENTRALE HYDROELECTRIQUE

5.3.1 Données de base pour l'exploitation du potentiel hydroélectrique

La production d'énergie au barrage de Kandadji est subordonnée aux objectifs prioritaires du barrage, à savoir le soutien d'étiage, la pérennité de l'irrigation et l'alimentation en eau potable et industrielle. Il s'en suit que l'optimisation de la gestion du réservoir et la détermination du débit minimum au cours de la période d'étiage auront lieu exclusivement en fonction des aspects écologiques et de l'alimentation en eau. Donc, une optimisation de la gestion du point de vue énergétique n'a pas été réalisée. La série des débits sortants du barrage pour la période caractéristique 1966-1998, résultant de l'optimisation de la gestion de la retenue (voir Chapitre 4), a servi de base pour la simulation de la production d'énergie. Une autre donnée de base fondamentale est la demande en électricité au Niger, qui a été prise en considération (voir Chapitre 3.11).

5.3.2 Optimisation de la centrale hydroélectrique

L'optimisation de la centrale hydroélectrique est un processus technico-économique complexe et est basée sur une comparaison des coûts de la centrale avec les bénéfices pouvant être réalisés. Les coûts totaux de la centrale sont composés des coûts des travaux de génie civil, des équipements hydromécaniques et des équipements électriques, les bénéfices seront calculés en production d'énergie. Une conception optimale est caractérisée par un rapport minimum "Investissements / Bénéfices".

Vu la nécessité essentielle d'un contrôle de fréquence pour stabiliser le réseau dans le système électrique du Niger, une turbine type Kaplan s'est avérée être le seul type de turbine approprié pour la centrale hydroélectrique de Kandadji.

Après avoir défini le type de turbine, l'optimisation de la centrale hydroélectrique a été exécutée en trois étapes, comme suit:

1ère Etape: Optimisation de la puissance totale installée

2ème Etape: Optimisation du nombre de groupes

3ème Etape: Optimisation de la vitesse de rotation spécifique de la turbine.

Dans la première étape de l'optimisation on a obtenu une variation optimale de puissance entre 100 et 140 MW. En raison de la prévision de la demande, qui est déjà estimée à environ 100 MW avec tendance ascendante pour l'année 2015, une puissance totale installée de 125 MW est conseillée. Pour adapter la production d'énergie à la croissance de la demande et pour réduire les coûts d'investissement, la réalisation devrait se faire en deux étapes; tout d'abord la Phase I avec une puissance totale installée de 100 MW, qui couvrira la demande jusqu'à l'année 2015, et une extension de 25 MW supplémentaires pour atteindre un total de 125 MW dans une Phase II suivante.

Dans la deuxième étape, une exploitation optimale de l'apport en eau a été obtenue pour chaque groupe et pour une variante de centrale abritant 5 groupes. Avec cette

variante, on obtient une puissance installée de 25 MW pour un débit nominal de 190 m³/s. Le tableau suivant résume l'aménagement recommandé de la centrale hydroélectrique:

Tableau 5-1: Aménagement recommandé de la centrale hydroélectrique

Dans la troisième étape l'optimisation de la vitesse de rotation spécifique de la turbine a montré qu'une turbine avec une vitesse de rotation spécifique de 103,45 min⁻¹ représente la solution la plus économique.

L'optimisation a donné donc les résultats suivants:

Type de turbine: Kaplan

Puissance totale installée: 125 MW

Nombre de groupes: 5

Vitesse de rotation spécifique: 103,45 min⁻¹

Débit turbinable total: 950 m³/s

Débit turbinable nominal par turbine: 190 m³/s

5.3.3 Conception de la centrale hydroélectrique

La conception de la centrale hydroélectrique a été effectuée sur la base des résultats de l'optimisation. En plus des résultats de l'optimisation, des critères de dimensionnement nécessaires pour garantir une gestion sans perturbation et à long terme ont été établis et pris en considération. Outre l'intégration harmonieuse de la centrale hydroélectrique dans l'ensemble de l'aménagement, ce sont en première ligne les aspects techniques et économiques qui ont été déterminants. Les données suivantes en ont résulté:

Situation de la centrale: rive droite du fleuve dans le bras principal du lit mineur

Nombre de blocs: 6 (5 groupes + 1 travée de montage)

Longueur totale: 114 m

Largeur totale: 50,50 m

Hauteur de crête: 231,00 m

Une coupe transversale de la centrale est donnée dans l'Annexe du rapport. Pour des informations plus détaillées, il est renvoyé aux rapports individuels.

5.3.4 Coûts et bénéfices

Les coûts d'investissement de la centrale hydroélectrique, la puissance totale installée, la production d'énergie annuelle moyenne et les coûts spécifiques ont été déterminés comme suit:

Tableau 5-2: Centrale hydroélectrique, coûts et bénéfices

Pour l'évaluation de la satisfaction de la demande en énergie, il faut considérer l'histogramme annuel. La Figure 5-2 suivante montre un déroulement typique au cours d'une année moyenne, comparé à la demande en énergie pour les années 2010 et 2015.

Figure 5-1: Distribution de la puissance réalisée par Kandadji par rapport à la demande

Il apparaît que la demande peut être complètement couverte au cours des mois d'octobre à février. Pour la période mars – septembre, la demande devra être partiellement couverte par d'autres sources. Pour combler la lacune, il faut, soit importer l'énergie manquante du Nigeria, soit installer des centrales thermiques propres, alimentées au gaz, au diesel ou au charbon.

5.4 AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES

5.4.1 Assolements retenus

La vallée du fleuve Niger a été subdivisée en trois zones réparties comme suit:
une zone Nord qui va de la frontière du Mali à Kokomani,
une zone Centre qui s'étend de Kokomani à Kirtachi,
une zone Sud qui va de Kirtachi à la frontière avec le Nigeria.

Le Tableau 5-3 ci-après donne les spéculations proposées dans chacune de ces zones et les taux d'occupation des superficies affectées à chaque culture.

Tableau 5-3: Assolements

Les assolements proposés semblent être les mieux adaptés aux conditions existantes, notamment les pratiques culturales, l'agro-industrie, les facilités de stockage et de transport et les demandes du marché. Toutefois, ces assolements devront être adaptés en permanence pour répondre à l'évolution des besoins alimentaires des populations et des animaux (surtout de trait) mais aussi des besoins du marché.

Tout en respectant les assolements saisonniers, une gamme de succession et de rotation des cultures a été proposée sur les terrasses du fleuve Niger en tenant compte des résultats de différents organismes de recherche et de développement ainsi que des rendements des cultures testées.

5.4.2 Besoins en eau

Les besoins en eau de chaque culture sont fonction des conditions climatiques de la période considérée et aussi de la culture et de son état végétatif au cours de cette

période. Le Tableau 5-4 fait ressortir les besoins mensuels par hectare pour les assolements des cuvettes et des terrasses des zones Nord, Centre et Sud de la vallée du fleuve.

Tableau 5-4: Besoins mensuels en eau par hectare (m³ / ha · mois)

Les besoins annuels passent d'environ 9.739 m³/ha et 11.268 m³/ha pour les terrasses et cuvettes de la zone Sud à 11.070 m³/ha et 16.524 m³/ha pour celles de la zone Centre et à 14.329 m³/ha et 14.184 m³/ha pour celles de la zone Nord.

5.4.3 Programme de développement proposé

Le programme de développement proposé concerne un total de 31.000 ha de terrains nouveaux d'ici l'an 2034 comme suit:

Une superficie de 16 275 ha sera aménagée en terrasses,

Une surface totale de 14 725 ha sera mise en valeur dans les cuvettes.

La répartition par système d'irrigation est la suivante:

Grands aménagements irrigués par canaux à ciel ouvert: 13.950 ha

Grands aménagements irrigués par système Californien: 3.100 ha

Grands aménagements irrigués par submersion contrôlée: 1.550 ha

Développement de la petite irrigation sur une superficie de: 12.400 ha.

Composantes d'aménagement

Les composantes principales des aménagements retenus comprennent:

Stations de pompage pour desservir les cuvettes et les terrasses par refoulement des eaux à partir du fleuve,

Groupes motopompes pour la desserte de la petite irrigation,

Canaux d'adduction ou conduites de refoulement. Les canaux primaires sont en béton et les secondaires et tertiaires en terre,

Réseaux de distribution en conduites ou en canaux (bétonnés ou en terre),

Réseaux de drainage et d'assainissement,

Digues de protection contre les crues,

Ouvrages d'art (ponts, dalots, buses, déversoirs de sécurité, etc.),

Equipement hydromécanique et hydroélectrique pour la gestion et le contrôle de la distribution des eaux,

Pistes d'accès et d'entretien,

Réseaux d'électrification,

Locaux de gestion.

Phasage de réalisation

Le rythme d'aménagement dépendra de l'atténuation des contraintes auxquelles est confronté le secteur de l'agriculture au Niger et de la mise en marche des programmes de formation, des réformes institutionnelles, et d'autres programmes d'appui. Le taux retenu pour les développements futurs est de 1.000 ha/an (voir Tableau 5-5).

La programmation basée sur la réalisation annuelle des 1.000 ha de 2004 à 2034 se

répartit en 600 ha de grande irrigation et 400 ha de petite irrigation pour tenir compte de la politique nationale en matière d'irrigation.

Les 600 ha de la grande irrigation se partagent de la façon suivante :

450 ha pour l'irrigation par canaux à ciel ouvert,

100 ha d'irrigation par système Californien,

50 ha d'irrigation par submersion contrôlée.

Hormis le dernier système exclusivement aménagé en cuvettes et le second en terrasses, la superficie pour l'irrigation par canaux à ciel ouvert sera équitablement répartie entre les cuvettes et les terrasses. Il en est de même pour les 400 ha affectés à la petite irrigation.

Suivant cette hypothèse, ce sont 525 ha et 475 ha qui seront aménagés respectivement en terrasses et en cuvettes chaque année et bien répartis entre les 3 zones (Nord, Centre et Sud). Ainsi, un total de 16.275 ha en terrasses et de 14.725 ha en cuvettes sera réalisé entre 2004 et 2034.

Tableau 5-5: Aménagement hydro-agricole, phasage de réalisation

5.5 COÛTS DU BARRAGE ET DE LA CENTRALE

Les coûts totaux de construction ont été calculés sur la base de métrés de matériaux et des prix unitaires qui ont été établis à partir d'une vaste banque de données des coûts unitaires de grands projets internationaux de constructions hydrauliques et d'aménagements hydroélectriques. A ce propos, une priorité particulière a été accordée aux projets en Afrique de l'Ouest, pour bien refléter les particularités économiques au Niger, notamment en ce qui concerne l'approvisionnement en matériaux de construction et le coût de la main-d'œuvre locale. Les coûts définis pour les équipements hydromécaniques et électriques sont conformes au niveau international habituel des coûts pour des projets comparables.

Le sommaire des résultats de l'estimation des coûts est reproduit au Tableau 5-6 suivant:

(Tableau du résumé du Vol. I, Phase II)

Tableau 5-6: Résultats de l'estimation des coûts du barrage et de la centrale hydroélectrique

Tous les prix sont indiqués en Euro (€) et sont basés sur le niveau des prix d'avril 2000. La conversion en Francs CFA et US\$ est 1,00 € = 1,00 US\$ = 656 Francs CFA. Il faut mentionner que le prix s'entend hors taxes.

5.6 COÛTS DES AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES

Les coûts d'investissement et de renouvellement ainsi que les coûts d'entretien/exploitation et de l'énergie électrique pour les différents types d'aménagements arrêtés pour les terrasses et les cuvettes se présentent sommairement comme suit (Tableau 5-7):

Quant au coût des mesures d'accompagnement dont le volume varie d'un projet à l'autre, et dont le temps d'exécution est également variable, il a été estimé en moyenne à 10% des coûts d'investissement globaux.

Tableau 5-7: Coûts des aménagements

6 IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

6.1 GENERALITES

L'évaluation des impacts sur l'environnement du barrage de Kandadji a été établie conformément aux approches recommandées par la Banque Mondiale et s'est articulée autour des quatre objectifs suivants :

- Tenir compte de la situation environnementale actuelle et des tendances croissantes à la sécheresse et à la désertification particulièrement dans le cas de la non-réalisation du projet ;
- Donner une vue globale de l'échelle et de la diversité des impacts potentiels du projet ;
- Indiquer les possibles mesures d'atténuation qui seraient nécessaires suite à la réalisation du projet de Kandadji ;
- Montrer comment les options alternatives de développement pourraient éventuellement permettre de moduler et d'ajuster les impacts du projet ainsi que les besoins en mesures d'atténuation correspondantes.

Ainsi, une vaste gamme d'impacts du projet a été identifiée dans les domaines aussi bien physiques, biologiques qu'humains, dont les principales conclusions sont décrites dans les paragraphes qui suivent.

6.2 IMPACTS BIOPHYSIQUES

6.2.1 Hydrologie - Hydrogéologie

Le projet proposé aura un impact bien marqué sur les systèmes hydrologiques:

- Le site du barrage est situé à 61 km de la frontière du Mali et à 187 km au Nord de la capitale Niamey. Le projet exercera donc un certain contrôle sur environ 500 km du fleuve à l'intérieur du Niger;
- La zone opérationnelle (comprise entre l'axe du barrage et le point à partir duquel le fleuve retrouve son régime naturel) sera très limitée, de l'ordre de 0,5 km;
- Les débits en aval seront soutenus de manière significative en période d'étiage par le maintien d'un débit minimum de 120 m³/s alors que le mode de gestion de la future retenue n'a qu'une faible influence sur les crues du fleuve. Ceci est dû au fait que les volumes de retenue d'ensemble sont assez faibles, de l'ordre de 1,6 milliards de m³, ce qui ne représente qu'entre 5% et 8% des écoulements annuels.
- Le barrage de Kandadji n'aura qu'une influence négligeable sur le débit annuel du fleuve Niger au Nigeria. Par contre, le soutien d'étiage assuré par le barrage (120 m³/s à Niamey) aura certainement des retombées bénéfiques pour le fleuve Niger au Nigeria.
- On s'attendra à une contribution à la recharge des nappes que ce soit à partir de la retenue (infiltrations) ou au niveau des zones en aval par le soutien des débits d'étiages en périodes sèches.

6.2.2 Sédimentation

La moyenne des apports solides à long terme dans le futur réservoir de Kandadji a été estimée à 3×10^6 t/an. Cette valeur est considérée comme relativement basse et ne fait pas craindre de la perte de capacité de la retenue par sédimentation. En effet, la perte du volume est estimée à 7 % après 50 ans et à 13 % après 100 ans. La durée de vie du barrage de Kandadji sera alors de plus de 300 ans, ce qui est fondamental pour un tel ouvrage qui pourrait ainsi assurer la disponibilité des ressources hydriques de la vallée du fleuve Niger pour une aussi longue période.

Par ailleurs, le fait de soutenir les étiages en saison sèche par le maintien d'un débit minimum de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ ne peut que contribuer à la lutte contre l'ensablement du fleuve dans sa partie en aval du barrage et qui constitue actuellement une menace sérieuse pour le fleuve Niger, pour les activités y afférentes et pour l'écosystème fluvial en général. En effet:

- le soutien d'étiage permettra la création de nouvelles zones humides le long de la vallée du fleuve Niger et augmentera ainsi le taux d'humidité et la fertilité naturelle des sols. Ces facteurs favoriseraient la régénération de la végétation naturelle qui réduirait ainsi l'érosion des sols et l'avance de la désertification.
- la possibilité de recharge des nappes par l'infiltration des eaux du barrage et le soutien des débits d'étiage du fleuve dans sa partie aval est de nature à stimuler le développement du couvert végétal, ce qui réduirait l'érosion et l'ensablement du fleuve.

6.2.3 Biodiversité

Malgré la faiblesse de la base de données, on considère comme extrêmement improbable une réduction significative de la biodiversité régionale à la suite de la réalisation du projet. Au contraire, des avantages substantiels dans le maintien des niveaux d'humidité élevés dans la plaine d'inondation en aval du site du barrage ainsi que la création d'un écosystème nouvel (retenue) peuvent être escomptés à long terme. Le projet maintiendra ou même augmentera la taille et la diversité de la base des ressources naturelles, ce qui se traduira par le maintien des niveaux nets de la productivité naturelle. La perte des habitats/biotopes dans les zones inondées par la retenue est peut-être assez significative, mais les avantages procurés aux habitats situés surtout en aval ainsi que le renforcement potentiel des fonctions et services qui leur sont associés compenseront largement les aspects négatifs.

Un certain nombre d'espèces localement rares et importantes sur le plan international (espèces menacées) utilisent les habitats qui connaîtront un total changement ou des modifications significatives. L'importance relative de tels effets est inconnue et devrait faire l'objet d'une étude et d'une évaluation spécifiques.

De nouveaux cadres environnementaux seront créés comme suit : (a) l'habitat aquatique de la retenue, (b) zones extensives de marnage, (c) systèmes inondés du delta, (d) habitat perturbé de la zone opérationnelle et (e) zones humides du lit majeur résultant à la fois de l'exondation de la plaine alluviale (crues) et de l'élargissement de cette dernière en saison sèche (soutien d'étiage).

Du point de vue ressources halieutiques, la régulation proposée pour le barrage de Kandadji est de nature, d'une part à préserver le stock piscicole ainsi que la productivité du milieu à long terme, et d'autre part à renforcer le développement de la pisciculture (en étang et/ou en cages) des sites existants en aval de Kandadji et actuellement menacés par la variabilité des

débits. De plus le réservoir, compte tenu de l'importance du volume et de la hauteur d'eau (28.200 ha pour une hauteur moyenne de 5,6 m), offre une opportunité de développement de la pisciculture en cages.

Enfin, la réalisation du barrage de Kandadji contribuera à la lutte contre la désertification par :

- la réduction de la dégradation progressive à laquelle sont sujettes actuellement les ressources naturelles (par le surpâturage et la coupe du bois destinée à l'alimentation des troupeaux) due à l'amélioration du potentiel hydrique du fleuve et surtout à la sécurisation des disponibilités fourragères.
- la régénération du couvert végétal due à la création de nouvelles zones humides le long de la vallée du fleuve et à la recharge des nappes.

6.2.4 Qualité d'eau

La plupart des facteurs montrent un apport en phosphore très faible et une retenue initialement ultra-oligotrophe. Les abords de la retenue devraient connaître une faible productivité tandis que les terres intérieures sont largement stériles. Le volume relativement faible qui s'écoule de la retenue et le très peu d'activités anthropiques prévues dans le bassin laissent penser que la qualité de l'eau du réservoir devrait rester bonne.

Par contre, on s'attend à des changements significatifs de la qualité de l'eau dans les zones situées en aval. En effet, une nette amélioration de la qualité des eaux sera apportée à la fois par l'oxygénation (lâchers d'eau) et par la dilution de la pollution rejetée par les agglomérations riveraines du fleuve (particulièrement la ville de Niamey). Ce qui est de nature à augmenter significativement le pouvoir d'auto-épuration du fleuve et la régénération de l'écosystème fluvial.

6.2.5 Risques écologiques

La menace de l'invasion par la jacinthe d'eau douce de la retenue de Kandadji et le risque de l'augmentation de l'infestation des zones situées en aval ne sont pas négligeables. A la lumière de l'expérience dans les autres pays africains, il est pratiquement certain qu'il y aura un développement prolifique de la jacinthe d'eau dans le lac et qui poserait sans doute de sérieux problèmes si la situation n'est pas gérée correctement dès le départ.

Quant à l'eutrophisation, et en absence à la fois d'activités humaines à l'intérieur du bassin et de données relatives aux transports frontaliers de la pollution (rejets domestiques, industriels et agricoles), le risque est considéré limité.

6.3 IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES

6.3.1 Déplacement / recasement des populations

L'impact négatif le plus significatif du projet consiste en le besoin de déplacement des populations de la zone de la future retenue. En effet, il a été estimé qu'environ 35.000 personnes situées dans 15 villages administratifs devraient être recasées suite à la réalisation du barrage de Kandadji.

6.3.2 Inondations des infrastructures

Il est prévu que la création du réservoir de Kandadji ne causera qu'une perte très limitée d'infrastructures. Les impacts connus en ce moment se présentent comme suit:

- Un tronçon d'environ 43 km de la route nationale RN 1 sera reconstruit;
- Sur les seuls 11 villages enquêtés au niveau de la zone de la retenue, les infrastructures suivantes seront inondées:
 - 7 forages,
 - 3 dispensaires,
 - 12 écoles,
 - 30 mosquées en banco,
 - 2 abattoirs,
 - 2 marchés traditionnels,
 - 2 moulins.

6.3.3 Pertes des terres agricoles

Une superficie d'environ 7 000 ha de terres agricoles dont 210 ha pour les aménagements de Firgoun seront inondés par le futur réservoir de Kandadji.

6.3.4 Garantie de l'approvisionnement en eau

Nul doute que l'aspect le plus important du projet réside dans le fait d'assurer la satisfaction de tous les usages d'eau même dans les pires conditions climatiques de sécheresse, à savoir:

- l'approvisionnement en eau potable de Niamey, Tillabéri et des villages riverains, notamment compte tenu des conditions hydrogéologiques peu favorables écartant le recours à l'exploitation des eaux souterraines;
- l'irrigation du potentiel en terres projeté et le soutien de la productivité naturelle des zones humides;
- les besoins en eau industrielle et d'abreuvement du bétail;
- la réhabilitation de sites existants et le développement de nouveaux sites de pisciculture.

6.3.5 Indépendance énergétique

Du point de vue énergie, il est clair que la réalisation du barrage de Kandadji ne peut que générer des impacts positifs, notamment la réduction de la dépendance énergétique de plus en plus accrue par l'accroissement de la demande. Il permettra aussi le développement d'activités qui ne manqueront pas d'être induites par l'accès à l'eau et à une énergie meilleur marché.

6.3.6 Sécurité alimentaire et développement durable

Le maintien de la productivité naturelle de la vallée du fleuve et de l'écosystème fluvial ainsi que la garantie de la satisfaction des différents besoins en eau sont autant d'avantages escomptés à moyen et à long termes et qui contribueront à l'amélioration de la sécurité alimentaire du pays et des conditions économiques des populations, sous réserve qu'une stratégie conséquente soit mise en œuvre.

Sur le plan halieutique, il est attendu que:

- les conditions de pêche seront favorables au niveau du futur réservoir par rapport à la situation actuelle, ce qui va garantir un surplus de production par rapport aux captures contrôlées du poste de statistique d'Ayorou (138,4 tonnes en 1998) d'environ 1.447 tonnes, soit un chiffre d'affaires d'environ 868.000.000 FCFA.
- des opportunités d'emploi seront créées.
- on assistera à un renforcement du développement des activités piscicoles actuellement entravées par les charges d'exploitation élevées liées au pompage de l'eau.
- à long terme, l'aménagement du potentiel halieutique et le développement de la pisciculture en aval est une alternative pour garantir la maîtrise de l'effort de pêche et des flux migratoires au niveau du réservoir afin d'assurer l'exploitation durable et soutenue du potentiel halieutique.

Quant au secteur de l'élevage, la construction du barrage de Kandadji devra se traduire par:

- une disponibilité et l'amélioration des ressources fourragères;
- une augmentation des effectifs et de la production animale, notamment avec l'opportunité du développement du mode d'élevage vers le type intensif avec l'introduction de races exotiques plus performantes;
- la création d'emplois, l'atténuation des conflits, la réduction de la dégradation des ressources naturelles et le maintien sur place des animaux au lieu d'aller en transhumance;
- la disparition de l'élevage sédentaire insulaire et de certaines pistes de transhumance de la zone de la retenue. Toutefois, l'importance de cet effet de barrière est très limitée du fait que le pont sur le futur barrage permettra non seulement le déplacement du bétail d'une rive à l'autre, mais aussi et surtout la promotion des activités économiques liées à l'élevage entre les deux régions importantes du Nord (Tillabéri et Téra) pour lesquelles actuellement aucun point de traversée de fleuve n'existe (à part le bac farié).

Sur le plan de l'agriculture, on s'attendra à:

- l'aménagement d'un potentiel de 31.000 ha;
- l'atténuation des contraintes liées à la disponibilité en eau (garantie de 2 campagnes par an et réduction des charges de pompage);
- la possibilité d'une gestion intégrée de la vallée dans le cadre d'un développement durable;
- une amélioration de la production basée sur l'agro-diversité et une agriculture raisonnée;
- la contribution à la sécurité alimentaire.

6.3.7 Santé publique

Il est clair que la création du réservoir de Kandadji induira un risque majeur pour la santé humaine lié à la création de biotopes favorables au développement des vecteurs de maladies hydriques et des sites de transmission.

Par contre, au niveau des zones en aval, l'amélioration de la qualité de l'eau par le soutien des débits d'étiage et la mise à disposition d'une eau de bonne qualité aura un impact positif sur la réduction des maladies infectieuses et fécales.

6.3.8 Autres impacts indirects

La réalisation du barrage de Kandadji s'accompagnera d'un certain nombre d'impacts indirects, à savoir:

- le désenclavement de la région (auc un point de traversée n'existe actuellement);
- la contribution à la réduction de l'exode rural;
- le développement d'activités industrielles aussi bien en amont qu'en aval des aménagements hydro-agricoles;
- des opportunités d'emploi durant la construction et à l'occasion de nouvelles activités;
- l'amélioration du trafic fluvial par le soutien d'étiage;
- l'accès facile à l'eau souterraine;
- la contribution à la lutte contre la désertification.

6.4 PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE

Un Plan de Gestion Environnementale (PGE) a été développé pour le projet de Kandadji et comprend 4 composantes principales:

- Le Plan de Gestion de la Construction;
- Le Plan d'Atténuation;
- Le Programme de Suivi de l'Environnement;
- L'Organisation et le Renforcement sur le Plan Institutionnel.

Le coût global d'un tel PGE serait assez substantiel, probablement pas inférieur à 100 millions US\$ sur une période de 16 ans :

Phase	Coût (millions US\$)
Programme de pré-construction	75
Programme de construction	2
Programme de post-construction	23

6.5 CONCLUSION

Dans les conditions actuelles de la sécheresse et des modes d'utilisation des ressources du bassin du fleuve Niger, le diagnostic de l'environnement existant a fait ressortir une productivité en déclin pour les systèmes de production, aussi bien naturels qu'artificiels, qui réduiront sévèrement les disponibilités alimentaires aux niveaux régional et local à moyen et long termes. Aussi, il est prévu que de tels effets exerceront une forte pression sur les structures sociales qui régissent les activités dans la région, et aboutiront à un mouvement massif de la population et à la perte de la cohésion sociale.

En supposant des conditions encore plus négatives, liées aux éventuels changements climatiques, les niveaux relativement élevés de biodiversité et de productivité dans la vallée du fleuve Niger seront réduits davantage au point que beaucoup d'activités qui sont actuellement exercées ne seront plus pérennes. Dans de telles circonstances, l'éventualité de l'effondrement rapide des systèmes sociaux est à craindre.

Dans ce contexte, le Projet Kandadji est considéré comme un investissement primordial en infrastructure dans le cadre d'une stratégie d'atténuation destinée à s'assurer que les ressources hydriques d'importance capitale pour la survie des communautés humaines et de la productivité de la vallée du fleuve Niger seront disponibles pour une très longue période. Il n'est donc pas considéré comme un projet de développement typique que l'on pourrait estimer sur la base d'une évaluation des coûts et des avantages sur une période de 30 ans, quel que soit le degré de la prise en compte dans l'évaluation.

7 EXECUTION

7.1 AGENCE D'EXECUTION

Le "Haut Commissariat au Barrage de Kandadji (HC/BK)" est l'agence d'exécution qui a assuré la supervision et le suivi des activités de l'étude concernant tous les travaux de planification réalisés jusqu'à présent. Le HC/BK est placé sous la tutelle du Premier Ministre du Gouvernement de la République du Niger et dirigé par un Haut Commissaire. Pour prêter assistance au suivi des travaux de planification, deux autres institutions ont été créées, le "Comité Directeur de l'Exécution des Etudes de Faisabilité du Barrage de Kandadji" et le "Comité Technique de Coordination des Etudes de Faisabilité du Barrage de Kandadji".

Cette structure ayant fait ses preuves, il serait à conseiller de la maintenir également au cours de la préparation d'un Avant-Projet Détaillé (APD) futur, qui constitue la dernière étape de planification avant l'exécution du projet. Le maintien de cette structure permettrait de maintenir la plus grande constance possible dans l'intervention des experts du HC/BK qui sont d'ores et déjà familiarisés avec le projet, évitant ainsi des retards inutiles.

Pour l'exécution ultérieure et l'exploitation du projet, la structure du HC/BK devrait être modifiée. Des propositions plus précises à ce sujet figurent dans une "Etude de l'Aspect Institutionnel" préparée par le Consultant. Pour suivre les conclusions de l'étude, l'aménagement de Kandadji devrait être remis à une "Société Nationale du Barrage de Kandadji (SN/BK)" qui serait chargée de l'exploitation et de l'entretien des ouvrages, la centrale hydroélectrique incluse.

7.2 ORGANISATION ET GESTION DU PROJET

La "Société Nationale du Barrage de Kandadji (SN/BK)" serait dirigée par une Direction Générale avec un Directeur Général à sa tête, responsable de la gestion de l'ensemble de l'aménagement. Il devrait être assisté par un Directeur Général Adjoint.

Comme il est d'usage dans l'exploitation d'autres projets ayant des tâches comparables et d'une grandeur analogue, la gestion de l'ensemble devra être scindée en différents Départements dans le but d'obtenir une meilleure efficacité. La répartition suivante est proposée à cet effet:

- Département de la Gestion du Barrage (DGB):

Ce département assurerait l'exploitation, le contrôle, l'entretien et l'auscultation du barrage avec ses ouvrages annexes et la prise d'eau agricole.

- Département de la Production de l'Energie (DPE):

Il assumerait l'exploitation, le contrôle, le réglage et l'entretien (mécanique, électrique, général) de la centrale hydroélectrique. Un atelier de réparation devrait être rattaché à ce département.

- Département des Etudes Générales (DEG):

Ce service aurait la charge de fournir toutes les informations nécessaires permettant de fixer les consignes d'exploitation aux autres services afin d'assurer la gestion optimum de l'aménagement (études, planification, programmation, suivi environnemental).

- Département des Services Logistiques, Administratifs et Financiers (DAF):

Ce département serait chargé d'assurer toute la logistique de l'aménagement (service financier et comptabilité, service du personnel, service informatique et communication, service des relations extérieures, sécurité, transport, service médical, secrétariat, archives, service de distribution de l'eau et de l'électricité au site, service entretien de la cité logements et des bureaux).

7.3 PLAN D'EXECUTION ET CALENDRIER

Le planning de construction du barrage, de la centrale hydroélectrique et des ouvrages annexes est représenté par un diagramme à barres dans l'Annexe de ce rapport. Les remarques complémentaires suivantes sont nécessaires pour une explication plus précise:

- Un certain nombre de travaux préparatoires doit être effectué avant les travaux de construction du barrage. Il s'agit essentiellement de la construction des routes d'accès vers les sites de construction et les zones d'emprunt, d'un pont sur le Niger pour accéder à l'île et à la rive droite, de la cité de l'Entrepreneur et du Maître de l'Ouvrage, des batardeaux de la 1ère Phase de contrôle du fleuve. La réalisation de ces travaux préparatoires nécessitera 1 an (Année 0).
- La durée de construction propre au barrage de Kandadji dans la forme conçue totalisera au moins 3 ans. Cette durée est à considérer comme minimum absolu. Dans le cas où, principalement lors de la construction du barrage en terre, on devrait utiliser des techniques laborieuses, en renonçant partiellement à de gros engins, pour favoriser l'emploi local, la durée de la construction s'élèverait à 4 ou 5 ans. Le diagramme présente le déroulement des travaux avec une durée minimale de 3 ans (Années 1 à 3). Pour la variante avec des techniques laborieuses, le déroulement des travaux est pratiquement identique. C'est seulement la durée de construction du barrage en terre qui s'allonge d'un ou deux ans (Années 1 à 4 ou 5) et, en conséquence, l'installation des "batardeaux - 2ème étape" qui a lieu dans la période d'étiage 1 ou 2 ans plus tard, comme montré dans le diagramme.
- Le remplissage de la retenue du barrage terminé ne pourra donc se produire qu'au début de la crue de l'Année 4 au plus tôt.
- Pour assurer le réalisme du programme et sa cohérence générale, le planning indique les cadences moyennes des travaux de génie civil.

Malgré son resserrement dû à la colline Ourouba, le lit mineur du fleuve Niger, avec sa largeur relativement grande de 750 m à cet endroit, facilite grandement le passage des eaux pendant la construction. Le principe général pour le contrôle des eaux du fleuve pendant la construction se présente en deux phases comme suit (voir la programme de construction dans l'Annexe):

- Phase 1: Il s'agit ici de la phase principale. Le bras rive droite du fleuve sera fermé par un batardeau en amont et en aval, le fleuve s'écoulera donc par le bras rive gauche. A l'abri de ce batardeau, on pourra faire les fouilles et construire tous les ouvrages en béton (centrale, évacuateur de crue, vidange de fond, pilier intermédiaire, plots de transition, plots de jonction). Les parties d'ouvrage devant être utilisées comme "pertuis provisoires" pendant la Phase 2 du contrôle des eaux seront laissées en attente. Simultanément, le barrage en terre pourra être construit sur presque toute sa longueur, seule une petite zone nécessaire à la dérivation de l'eau dans le bras rive gauche devra rester en attente.

- Phase 2: Après achèvement des ouvrages en béton, le batardeau dans le bras rive droite sera enlevé, permettant au fleuve de s'engager dans les ouvertures de la vidange de fond et des pertuis provisoires. Ensuite, le bras rive gauche du fleuve sera fermé par un batardeau, à l'abri duquel la partie encore manquante du barrage en terre dans cette zone pourra être construite, de sorte que le barrage sera alors terminé sur toute sa longueur. Le batardeau de la Phase 2 sera ensuite démoli et les pertuis provisoires dans les ouvrages en béton seront fermés définitivement.

8 JUSTIFICATION DU PROJET

8.1 JUSTIFICATION TECHNIQUE

A cause de la sévère sécheresse, qui sévit au Niger depuis 1970, les terres classées comme cultivables ne cessent de se réduire et leur fertilité de baisser en raison du manque d'eau, de l'érosion éolienne, de la disparition du couvert végétal et de la pression démographique. Parallèlement à la dégradation catastrophique des sols, les apports du fleuve Niger, seule ressource importante en eau de surface dans la République, sont gravement affectés par la situation climatique de sécheresse qui sévit sur la zone sahélienne (voir Chapitre 1.2):

- Depuis 1970, les apports moyens du fleuve Niger ont diminué de plus de 30% par rapport à la période antérieure. Le débit moyen du Niger à Niamey, mesuré sur une longue période, se monte actuellement à 696 m³/s (période postérieure à 1970), alors qu'il atteignait 1035 m³/s auparavant (période antérieure à 1970).
- Les changements du régime fluvial au cours de la saison d'étiage sont encore plus sévères. Autrefois les basses eaux n'apparaissaient qu'au cours des mois de mai et juin, mais depuis 1970 on constate que la saison d'étiage s'étend sur une période de quatre mois, d'avril à juillet.
- Simultanément, les débits minima en période d'étiage ont fortement baissé. Les débits au cours du mois le plus sec d'une année moyenne se montaient auparavant à 70 m³/s, mais depuis 1970 ils n'atteignent plus que 20 m³/s. Dans les années particulièrement sèches, il est presque impossible de mesurer un débit. En mai 1985, pour la première fois de mémoire d'homme, le fleuve Niger s'est effectivement arrêté de couler à Niamey.

Cette diminution drastique des apports, dont l'évolution future n'est pas prévisible, a des effets de plus en plus dégradants sur l'écosystème fluvial, la pérennité de l'irrigation, la santé publique et l'alimentation en eau de la population, du bétail et de l'industrie. Comme la République du Niger ne dispose pas d'autres ressources suffisantes en eau en dehors du fleuve Niger, la seule possibilité de remédier à cette situation consiste à construire un barrage dans le fleuve.

La construction du barrage de Kandadji, dont la conception est décrite dans le Chapitre 5 précédent créerait une retenue avec un volume utile d'environ $1,6 \cdot 10^9$ m³. La simulation de la gestion de la retenue, basée sur les séries hydrologiques et météorologiques de 1966 à 1998, a montré qu'un débit minimum du fleuve de 120 m³/s pourrait être ainsi garanti pendant toute la durée de la saison sèche (voir Chapitre 4). Ce n'est qu'au cours d'années de sécheresse extrême qu'il serait nécessaire de réduire quelque peu ce débit minimum.

Par rapport aux conditions actuelles avec un débit minimum du fleuve d'environ 20 m³/s (pour une année moyenne), le barrage de Kandadji, avec un débit minimum de 120 m³/s, renforce considérablement le régime naturel du fleuve et remplit toutes les exigences techniques qui lui sont posées:

- Il soutient l'étiage et réfrène ainsi la dégradation de la productivité naturelle de la vallée et de l'écosystème fluvial avec tous les avantages qui en découlent par conséquence;
- Il assure la pérennité de l'irrigation et permet ainsi le développement du secteur de l'agriculture avec la mise en valeur de nouvelles terres, l'intensification et la diversification des cultures, l'amélioration de la production, et le développement des industries induites.
- Il satisfait les besoins en eau de la population, du bétail et de l'industrie sur l'ensemble de la vallée

et garantit dans le fleuve le débit minimum sanitaire nécessaire pour pouvoir prélever de l'eau d'une qualité acceptable, sans contamination excessive par des eaux usées. Ceci améliorera la santé publique par la réduction de l'incidence des maladies hydriques notamment celles liées au manque d'eau et à son impureté.

- Il produit de l'énergie électrique, diminue ainsi la dépendance du pays aux importations d'énergie en provenance de l'étranger et valorise donc l'investissement consenti.

8.2 JUSTIFICATION FINANCIERE ET ECONOMIQUE

L'évaluation économique et financière du projet se base sur la comparaison des flux de coûts et de bénéfices résultant des activités et des impacts aussi bien favorables que défavorables pendant la durée de vie du projet. Le bénéfice net représente le bénéfice croissant attribuable au projet, exprimé comme la différence entre les bénéfices "avec" projet, et ceux qui auraient pu être obtenus dans une situation "sans" projet. Les coûts financiers sont corrigés au moyen de facteurs de conversion dans le but de refléter les coûts économiques d'opportunité des ressources et des denrées.

L'analyse s'étend sur une période de 30 ans, et l'année 2004 a été choisie comme année de base. Tous les bénéfices et coûts ont été estimés en prix courants de l'année 2000 et convertis en prix de l'année 2004 sur la base d'un taux d'inflation annuel de 3%. Le coût d'opportunité de base du capital (taux d'actualisation) a été présumé être de 12%, et alternativement de 10% et 8%. La viabilité économique du concept recommandé a été jugée sur la base de trois critères de décision:

- le Taux de Rentabilité Interne (TRI), aussi bien financier qu'économique,
- la Valeur Actualisée Nette (VAN) de toutes les ressources engagées dans l'opération,
- le Rapport Bénéfices / Coûts (B/C) de toutes les ressources engagées.

Ci-après, ce sont tout d'abord les résultats de l'évaluation économique et financière pour le projet entier (c'est-à-dire barrage + aménagement hydro-agricole + hydroélectricité) qui seront présentés. Ensuite on présentera séparément les résultats de l'analyse également pour une production d'hydroélectricité avec le barrage de Kandadji en tant qu'option propre, ce qui présume dans ce cas l'existence du barrage et sa justification par l'accomplissement d'autres tâches.

Pour des informations plus détaillées, il est renvoyé au rapport individuel de la Phase 2: "Analyse Coûts /Avantages et Justification du Projet".

Evaluation du projet entier

L'analyse économique du projet dans son ensemble, comprenant toutes les composantes (soutien d'étiage du Niger, aménagements hydro-agricoles, production d'énergie électrique), montre des résultats prometteurs, comme démontré dans le Tableau 8-1.

Le critère le plus important pour l'évaluation du projet est le TRI, qui se monte à 14,4% en termes économiques, ce qui est donc très favorable et remplit donc les conditions normalement exigées par les institutions financières pour le paiement des intérêts sur le capital aux conditions du marché (taux d'actualisation: 12%). Un rapport B/C de 1,15 fait ressortir cette assertion.

PROJET ENTIER							
Critère	Unité	Evaluation économique			Evaluation financière		
Taux de Rentabilité Interne (TRI)	%	14,4			7,7		
		Taux d'actualisation			Taux d'actualisation		
		12%	10%	8%	12%	10%	8%
Valeur Actualisée Nette (VAN)	Millions €	43	97	179	- 102	- 67	- 11
Rapport Bénéfices / Coûts (B/C)	Ratio B/C	1,15	1,31	1,52	0,74	0,84	0,98
Rapport Avantages Nets / Investissem.	Ratio N/K	1,80	2,15	2,62	0,92	1,08	1,31

Tableau 8-1: Résultats des évaluations économique et financière pour le projet entier

Vu l'importance capitale du projet pour le développement économique du pays, une évaluation conventionnelle en termes financiers perdrait de son importance, et un taux d'actualisation de 8% ou moins semble être acceptable. Comme le montrent les résultats, le TRI financier, avec 7,7%, ne se situe que très faiblement en-dessous de cette valeur, alors que le rapport B/C montre la même tendance.

Une analyse de sensibilité a été effectuée pour tester la variabilité des résultats conformément aux standards généraux de méthodologie. De cette analyse, il ne découlera pas de jugement substantiellement différent des conclusions obtenues par l'évaluation des options de base.

Evaluation séparée de la production d'hydroélectricité

Dans cette option, seuls les coûts supplémentaires occasionnés par la construction de la centrale et par la ligne de transmission seront pris en considération (l'existence du barrage étant présumée et justifiée par l'accomplissement d'autres tâches).

Les résultats sont hautement satisfaisants, comme résumé dans le Tableau 8-2 ci-dessous. L'intégration supplémentaire d'une centrale hydroélectrique dans le projet est financièrement et économiquement justifiée dans tous les cas.

PRODUCTION D'HYDROELECTRICITE							
Critère	Unité	Evaluation économique			Evaluation financière		
Taux de Rentabilité Interne (TRI)	%	43,9			22,3		
		Taux d'actualisation			Taux d'actualisation		
		12%	10%	8%	12%	10%	8%
Valeur Actualisée Nette (VAN)	Millions €	141	186	248	72	106	154
Rapport Bénéfices / Coûts (B/C)	Ratio B/C	2,3	2,6	3,0	1,48	1,65	1,88
Coûts spécifiques de l'énergie	€/cent/kWh	-	-	-	4,8	4,0	3,3

Tableau 8-2: Résultats des évaluations économique et financière pour la production d'hydroélectricité

8.3 CONTRIBUTION DU PROJET A LA REDUCTION DE LA PAUVRETE

La réalisation du barrage de Kandadji offrira de nouvelles opportunités d'emplois que ce soit à court terme (durant la phase de construction) ou à long terme (une fois le barrage en exploitation dans les secteurs de l'exploitation du barrage et de la centrale, de l'agriculture et des services).

- Emplois dans la construction du barrage: La construction englobera le barrage principal en terre, la centrale hydroélectrique, l'évacuateur de crue et les ouvrages annexes. On donnera la préférence aux techniques de construction mettant l'accent sur des systèmes à haute intensité de main-d'œuvre tout en évitant une prolongation inutile de la période de réalisation. En tout, environ 225.000 hommes jours seront nécessaires annuellement (750 personnes en moyenne), répartis presque uniformément sur une période de construction de quatre années.
- Emplois dans l'exploitation du barrage et de la centrale: L'entretien, l'exploitation et l'administration du barrage et de la centrale hydroélectrique nécessiteront l'emploi permanent de plus de 100 travailleurs (directeur, ingénieurs, opérateurs, techniciens, main-d'œuvre qualifiée, main-d'œuvre non qualifiée, personnel d'administration).
- Emplois dans la réalisation de l'infrastructure de l'irrigation: Tandis que la réalisation du barrage lui-même assurera des emplois additionnels sur une base temporaire, la réalisation de l'infrastructure de l'irrigation, y compris les routes de service, un système de drainage et le réseau de distribution, garantiront des emplois supplémentaires au cours de toute la période de planning. Il est présumé que 1.000 ha seront mis en valeur annuellement, soit dans la plaine inondée elle-même ou sur des terrasses à une portée allant jusqu'à 5 km sur les deux rives du Niger. L'effectif annuel de personnel pour accomplir cette tâche est estimé à 100 hj/ha, résultant en la nécessité d'une main-d'œuvre supplémentaire de 100.000 hj/an.
- Emploi dans les activités agricoles: En ce qui concerne le potentiel d'emplois additionnels dans les activités agricoles, les chiffres suivants ressortent de son évaluation. Sur la base d'un taux d'une moyenne de 210 hj/ha en tenant compte de l'assolement dans les cuvettes et de 94 hj pour la culture sur les terrasses, un nombre total de 207.000 hj sera nouvellement créé annuellement au cours de l'avancement du projet. Même si ce taux peut fluctuer d'une année à l'autre au cours de la réalisation du projet, des emplois supplémentaires continueront à être créés chaque année jusqu'à la fin du projet.
- Emploi dans le secteur des services: Des possibilités d'emplois supplémentaires seront également créées dans le secteur des services, car il sera nécessaire de transporter la production agricole additionnelle, de la stocker, de la commercialiser et, le cas échéant, de la traiter (moulins à riz). D'un autre côté, de grandes quantités de facteurs de production volumineux, tels que les fertilisants, devront être fournis et distribués et des instruments agricoles supplémentaires nécessitant un entretien et des réparations devront être mis à la disposition des fermiers. Si on suppose qu'environ 1 hj est nécessaire par tonne de denrée supplémentaire produite ou par facteurs de production nécessaires, 10.650 hommes jours supplémentaires au total seront créés annuellement au cours de la durée de vie du projet.
- Emploi dans le secteur de la pêche: La création d'emplois supplémentaires dans le secteur de la pêche sera négligeable car la plupart des pêcheurs sont actuellement dans un stade de sous-

emploi, prêts à reprendre leurs activités normales dès que la situation s'améliorera.

8.4 CONTRIBUTION DU PROJET A LA PRESERVATION DE LA BIODIVERSITE

Comme détaillé au niveau de l'étude d'impact sur l'environnement et présenté sommairement dans le Chapitre 6 du présent rapport, il ne fait aucun doute que l'aspect le plus important du projet réside dans le fait de préserver et d'accroître la biodiversité de la zone d'influence du barrage de Kandadji actuellement en proie à une dégradation progressive.

Il est attendu qu'on assistera suite à la réalisation et la mise en service du barrage de Kandadji à:

- la création d'une multitude de nouveaux biotopes et d'habitats naturels que ce soit au niveau de la retenue elle-même et de ses alentours que le long de la vallée du fleuve Niger, notamment les zones humides de part et d'autre du fleuve qui seront créées par le soutien des débits d'étiage;
- la garantie et la pérennisation de la satisfaction des besoins en eau pour maintenir et développer la productivité et la diversité des systèmes naturels;
- la préservation du potentiel de repeuplement et de la diversité ichthyologique due à la fois à la création d'un milieu potentiellement productif (réservoir) et à la régulation proposée qui maintiendra les possibilités de reproduction et frayère;
- la régénération de l'écosystème fluvial et la préservation de sa productivité à long terme;
- l'augmentation du taux d'humidité des sols et de leur fertilité naturelle suite à la création d'une nouvelle retenue d'eau, à la recharge des nappes et au maintien d'un débit minimum de 120 m³/s dans le fleuve, ce qui est de nature à favoriser la régénération de la végétation naturelle et réduirait en conséquence l'érosion des sols et l'avancée de la désertification;
- un changement dans la composition des espèces animales et végétales, d'abord par la sauvegarde des espèces menacées de disparition et ensuite par l'apparition croissante d'espèces nouvelles;
- le développement de l'irrigation qui, si elle est basée sur des principes agro-écologiques sera susceptible de conserver et d'accroître la diversité biologique dans les exploitations agricoles;
- une garantie des disponibilités fourragères qui contribueront à la réduction de la dégradation progressive des ressources naturelles par le surpâturage et la coupe du bois destiné à l'alimentation des troupeaux;
- la création au niveau du lac d'une nouvelle zone d'attractivité pour certaines populations d'oiseaux migrants.

9 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les résultats des analyses et des investigations exécutées dans le cadre des Phases 1 et 2 ont permis de tirer de conclusions suivantes:

- Seul un barrage sur le Niger est en mesure de remédier à la dégradation de l'écosystème fluvial provoquée par la sévère sécheresse qui sévit dans le pays depuis 1970, puisqu'il permettrait de garantir un débit minimum d'environ 120 m³/s dans le fleuve en aval.
- La République du Niger ne disposant d'aucunes autres ressources en eau de surface ou souterraines appréciables, la construction d'un barrage s'avère donc être la seule solution réaliste possible.
- Toutes les études précédentes ont prouvé de façon convaincante que le site de Kandadji est l'emplacement le plus approprié à la construction d'un barrage sur le parcours nigérien du fleuve Niger. La colline Ourouba provoque ici un resserrement de la vallée et le Gourouol, qui se jette dans le Niger à quelques kilomètres en amont du site, produit un élargissement de la vallée et permet ainsi d'obtenir une grande capacité de la retenue. De plus, le site a l'avantage d'être situé en amont sur le parcours nigérien du fleuve, dominant toutes les terres irrigables le long de la vallée, ce qui permet de bénéficier d'un soutien d'étiage sur le plus long trajet possible.
- La construction du barrage de Kandadji est réalisable et n'implique aucune difficulté technique ou géologique particulière. De plus, le choix d'un barrage du type "en terre" comme digue principale permet l'utilisation exclusive de matériaux disponibles in situ, ce qui permettra un emploi intensif de main-d'œuvre locale.
- Le projet maintiendra, voire même augmentera le volume et la diversité des ressources naturelles de base, ce qui se traduira par le maintien des niveaux nets de la productivité naturelle. La perte des habitats dans les zones inondées par la retenue sera évidemment importante, mais cet aspect négatif sera largement compensé, d'une part par les avantages procurés aux habitats situés surtout en aval et d'autre part par le renforcement potentiel des fonctions et services qui leur sont associés.
- Grâce à la capacité de sa retenue, le barrage peut assurer la pérennité de l'irrigation, permettant ainsi le développement du secteur de l'agriculture avec la mise en valeur de nouvelles terres, l'intensification et la diversification des cultures, l'amélioration de la production, et le développement des industries induites.
- En plus, le barrage peut satisfaire à long terme les besoins en eau de la population, du bétail et de l'industrie sur l'ensemble de la vallée. Il garantit dans le fleuve un débit minimum sanitaire nécessaire pour prélever de l'eau d'une qualité acceptable, sans contamination excessive par des eaux usées, améliorant ainsi la santé publique par la réduction de l'incidence des maladies hydriques notamment celles liées au manque d'eau et à son impureté.

- Du point de vue des ressources halieutiques, la gestion proposée pour la retenue de Kandadji est de nature, d'une part à préserver le stock piscicole ainsi que la productivité du milieu à long terme, et d'autre part à renforcer le développement de la pisciculture des sites existant en aval du village de Kandadji, actuellement menacés par la variabilité des débits. De plus, le réservoir offre une opportunité de développement de la pisciculture en cages. Ainsi, l'activité de pêche, notamment dans la retenue, devrait connaître une croissance considérable en termes de quantités totales capturées.
- Le projet permettra la sécurisation fourragère et l'amélioration subséquente de la production animale et de l'embouche. Ceci entraînera deux effets ayant une importance significative, d'une part le maintien des animaux sur place au lieu de leur transhumance et d'autre part la réduction de la dégradation des ressources naturelles.
- Le transport en matières solides dans le Niger est relativement faible dans la zone du projet. Les campagnes sédimentométriques réalisées ont déterminé un apport de 2 à 3 millions de tonnes/an. La diminution du volume utile de la retenue due à la sédimentation ne constitue donc pas un fait critique.
- L'intégration d'une usine hydroélectrique dans le barrage de Kandadji valorise l'investissement et ne peut que générer des impacts positifs, notamment la réduction de la dépendance du Niger aux importations d'énergie en provenance de l'étranger.
- La réalisation du barrage de Kandadji offrira un grand nombre d'emplois dans les secteurs de l'exploitation du barrage et de la centrale, de l'agriculture et des services, que ce soit à court terme durant la phase de construction ou à long terme une fois le barrage en exploitation.
- Grâce à la capacité modeste de la retenue par rapport au débit annuel du fleuve, le mode de gestion du barrage n'aura qu'une faible influence sur le régime des crues en aval. L'impact du barrage sur les apports du fleuve au Nigeria sera négligeable.
- L'analyse économique du projet dans son ensemble fournit un taux de rentabilité interne (TRI) de 14,4%, qui montre un résultat prometteur. Quant au TRI de 7,7% pour l'analyse financière, il semble également acceptable.

Le projet du barrage de Kandadji est considéré comme un investissement primordial pour le Niger, puisqu'il permettrait d'assurer les ressources hydriques nécessaires pour la survie des communautés humaines et pour la protection de l'environnement. Si la désertification devait s'intensifier à l'avenir et si les débits du fleuve s'amointraient encore, ceci entraînerait des conséquences catastrophiques pour le pays, que seule la construction du barrage pourrait endiguer.

Les conclusions positives qui peuvent être tirées de l'étude pour le barrage de Kandadji ne peuvent qu'aboutir à la recommandation de poursuivre le projet et d'aborder sans retard l'étape de planification suivante, à savoir la réalisation d'un Avant-Projet Détaillé (APD) avec l'élaboration des Dossiers d'Appel d'Offres (DAO). L'APD devra également inclure un programme d'investigations géotechniques permettant d'approfondir et d'élargir les connaissances actuelles concernant les conditions du sous-sol aux sites des composantes du barrage et dans les zones d'emprunt de matériaux de construction.