

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'empeusement, 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.