



Note sur les impacts du barrage de Kandadji et des périmètres irrigués associés sur l'hydraulique du fleuve Niger à l'aval du Niger et sur la production hydroélectrique au niveau des barrages de Kainji et Jebba au Nigeria

L'objectif de la présente note du Secrétariat Exécutif de l'Autorité du Bassin du Niger est de répondre aux questions relatives aux impacts hydrauliques du Projet de barrage de Kandadji seul et avec de nouveaux prélèvements d'irrigation (30.000 ha ou 45.000 ha de riz en double culture annuelle) sur :

- la production hydroélectrique des centrales des barrages de Kainji et Jebba au Nigeria ;
- les écoulements à l'aval.

Cette note présente la synthèse des résultats, explicite aussi la méthodologie employée et précise les données d'entrée au Modèle d'Allocation et de Gestion des Ressources en Eau élaboré sous Mike Basin (Modèle GIRE).

1- Hypothèses, méthodes et données d'entrée

1.1- Hypothèses et données d'entrée

Pour répondre à la question, il a été procédé à des simulations avec le modèle d'Allocation et de Gestion des Ressources en Eau qui a été construit et validé dans le cadre de l'élaboration du Plan d'Action pour le Développement Durable (PADD) à l'horizon 2025 approuvé par la session extraordinaire du Conseil des Ministres de juillet 2007 puis adopté par le 8^{ème} Sommet des Chefs d'Etat et de Gouvernement tenu à Niamey, le 30 avril 2008.

Par ailleurs, il a été fait la comparaison entre : (1) la **situation nouvelle** « Kandadji + Irrigation » que l'on appelle « **SN** » et (2) la **situation de référence** qui est la situation actuelle sans projet appelé « **SA** » ainsi que la situation de l'existence du barrage de Kandadji seul sans périmètre irrigué. La différence entre les situations SA et SN, c'est le barrage de Kandadji et les superficies irriguées qui lui sont liées (30 000 ha et 45 000 ha).

Trois scénarios ont été donc simulés :

- le barrage de Kandadji seul sans irrigation supplémentaire (scénario 0) ;
- le barrage de Kandadji + 30.000 ha de riz irrigué supplémentaire en double culture et en maîtrise totale de l'eau par pompage (scénario 1) ;
- le barrage de Kandadji + 45.000 ha de riz irrigué supplémentaire en double culture (scénario 2).

Il est signaler que la situation de référence (SA) intègre les conditions et/ou paramètres ci-après :

- les périmètres aménagés sur l'artère du Niger entre Kandadji et Niamey dont la superficie totale est évaluée à environ 9 100 ha, ont été pris en compte dans le Modèle d'Allocation et de Gestion des Ressources en Eau lors de son calage ;
- la demande en eau correspondant à l'état des prélèvements d'eau agricole effectivement constaté en 2005 (lequel a très certainement évolué depuis lors) et aux besoins en eau potable et élevage à l'horizon 2025 (qui représentent un très faible pourcentage du total des prélèvements et donc n'influent pas la simulation) ;
- la présence des seuls barrages existants sur le réseau hydrographique : Sélingué (Mali) et Kainji et Jebba (Nigeria) ;
- le respect d'un débit minimum de 120 m³/s à l'aval du barrage de Kandadji, de 80m³/s à Niamey et 80 m³/s à Malanville, selon les valeurs retenues dans le PADD;
- la production électrique à Kandadji n'est pas une donnée d'entrée mais de sortie ; elle est constatée. Ceci correspond à la priorité de gestion officielle du barrage qui met en premier niveau de priorité la satisfaction les besoins consommateurs d'eau, dont l'irrigation ;
- l'hypothèse que Kainji est en capacité effective après réhabilitation avec une puissance installée de 720 MW ;
- l'hypothèse que Jebba est en capacité effective après réhabilitation avec une puissance installée de 578.4 MW ;
- les caractéristiques des barrages concernés :

	Cote de fond (m)	Cote de la zone morte (m)	Cote de crête du barrage (m)	Cote du déversoir (m)
Kandadji	210	215	231	228
Kainji	122	129	142.5	142
Jebba	68	99	106	103

- la période de simulation : période hydrologique 1966-1989, qui est une série représentative des différentes hydraulicités (années sèches à très sèches, moyennes et humides). Cette période est considérée sèche par rapport à la chronique 1970-2005.

1.2- Les modalités de détermination des besoins en eau de l'irrigation

Pour définir les prélèvements utilisés dans le modèle, ont été considérées les données des études déjà réalisées dans le bassin notamment le rapport de l'étude des prélèvements et des besoins en eau dans le bassin du Niger réalisée par BRLi en 2005 et le rapport Final (Tome 1 : Rapport Principal) de l'étude complémentaire de faisabilité du Programme « Fonds de réhabilitation des périmètres publics irrigués » (FIRPIP) datant de juin 2011 et préparé l'Etat nigérien avec l'aide de la KfW (auteur AHT Group AG Management & Engineering).

Il est à noter qu'en 2005, il n'existait pas de données statistiques systématiques sur les prélèvements réels au niveau des périmètres nigériens de la vallée du fleuve Niger. Pour mener son étude, BRLi s'est fondé sur une expérimentation menée de 1999 à 2002 par le bureau d'étude SENAGRHY dans le cadre du test d'une gestion déléguée de l'eau. Cette expérimentation a été conduite au niveau des périmètres irrigués de Toula et Koutoukalé. Au cours de cette expérimentation, les volumes effectivement pompés ont été estimés à partir des temps de fonctionnement des pompes et de leur débit nominal. L'étude a conduit au résultat de 33 000 m³/ha/an. Cela correspond à un double cycle cultural du riz. Ces valeurs sont similaires à celles calculées à partir des besoins des plantes, des caractéristiques agro-pédo-météorologiques. (réf : Rapport définitif de l'évaluation des prélèvements et des besoins en eau pour le modèle de simulation du bassin du Niger. Page 85)

Les besoins en eau brute du riz irrigué sont donc ceux inscrits dans le PADD pour une double culture de riz, avec une **efficience globale des périmètres irrigués de 65%**. Ces besoins sont déclinés mensuellement selon le cycle de la plante.

Ces besoins sont quasi-identiques aux valeurs retenues dans le cadre du récent Projet FIRPIP, valeurs fondées sur les paramètres de la base de données CLIMWAT et du logiciel CROPWAT de la FAO qui fait référence.

Ainsi, les besoins en prélèvement brut par ha de riz irrigué pour 30 000 ha et 45 000 ha déclinés mensuellement sont les suivants :

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	Total
Volume (10 ⁶ m ³) 30 000 ha	119	155	159	71	29	59	78	60	78	49	21	84	960
Volume (10 ⁶ m ³) 45 000 ha	179	232	238	106	43	88	117	90	117	73	31	125	1 439

Ces valeurs correspondent à des débits estimés continus de 30 m³/s et 45 m³/s respectivement pour les aménagements de 30 000 ha et 45 000 ha.

1.3- Variables de sortie

Les variables de sortie sont :

- le productible moyen à Kainji et Jebba (en GWh/an) et sa variation relative entre les situations SA et SN ;
- l'analyse comparative des modules hydrologiques entre la situation de référence (SA) et la situation nouvelle (SN) aux stations hydrométriques de Niamey (Niger), de Malanville (Benin) et de Jidere Bode (Nigeria). Les débits moyens d'étiage, de crue moyenne maximale et le module annuel sont aussi calculés. Cela a permis d'avoir les effets d'écêtement des crues et d'augmentation des débits d'étiages résultant du barrage de Kandadji.

La localisation des stations et des barrages figure sur la carte en annexe.

2- Résultats des simulations

2.1- Scenario 0 : Cas du barrage de Kandadji seul sans périmètre supplémentaire irrigué

	Ecoulement moyen (m3/s)			Production d'énergie (GWh)		
	Référence	Kandadji seul	Impact	Référence	Kandadji seul	Impact
Niamey	786	770	2,1%			
Malanville	846	831	1,9%			
Jidere Bode	973	957	1,7%			
Entrée Kainji	1067	1049	1,7%	2362	2325	1,6%
Entrée Jebba	1069	1057	1,1%	1871	1857	0,8%

Il ressort de ce tableau que :

- les pertes d'eau à Malanville (15 m3/s) sont équivalentes à la somme des pertes d'eau au niveau du réservoir de Kandadji (14 m3/s) ;
- les pertes hydro énergétiques relatives (Kainji 1.6% et Jebba 0.8%) sont égales aux pertes d'eau relative (Kainji 1.7% et Jebba 1.1%) au niveau des barrages de Kainji et Jebba.

2.2- Scenario 1 : 30 000 ha en double culture (avec maîtrise totale)

Le tableau ci-dessous, présente les superficies supplémentaires aménageables avec la construction du barrage de Kandadji dans le cas 30.000 ha.

	Situation actuelle (sans Kandadji)	Barrage de Kandadji	Différence
Périmètres nouveaux liés à Kandadji (ha)			
Riz d'hivernage		30 000	30 000
Contre saison		30 000	30 000
Aval Kandadji périmètres existants (ha)			
Riz double culture en MT	8 439	8 439	Pas d'extension
Maraichage	200	200	Pas d'extension
périmètres privés	14 500	14 500	Pas d'extension
périmètres contre saison en maîtrise totale	20 000	20 000	Pas d'extension
périmètres contre saison en décrue	40 000	40 000	Pas d'extension
Total périmètres irrigués au Niger	83 139	113 139	30 000*

NB : (*) La superficie du riz d'hivernage et de contre saison s'alternent sur la même superficie de 30 000 ha

Impact sur l'écoulement aval

	Situation de Référence			Situation nouvelle 30000 ha			Baisse du Qmoy (30 000 ha)	Impact (30 000 ha)	Réhaussement Qmin	Ecrêtement Qmax
	QMin (m3/s)	QMoy (m3/s)	QMax (m3/s)	QMin (m3/s)	QMoy (m3/s)	QMax (m3/s)				
Niamey	52	786	1 746	101	742	1 662	44.1	5.61%	92.94%	4.84%
Malanville	73	846	1 731	112	803	1 637	43.3	5.11%	54.24%	5.43%
Jidere Bode	47	973	1 969	65	934	1 879	39.3	4.04%	38.43%	4.58%
Entrée Kainji	86	1 067	2 145	98	1 028	2 014	39.3	3.68%	14.53%	6.12%
Entrée Jebba	215	1 069	2 342	218	1 037	2 226	31.8	2.98%	1.45%	4.98%

On note une diminution relative de l'impact de l'irrigation en allant vers l'aval, de 5.61% à Niamey à 2.98% à Jebba. Cela est dû aux apports des affluents du fleuve Niger entre Malanville et Kainji.

Impact sur la production hydroélectrique

		Production Moyenne en MW	Prod (GWh)
Situation de référence	Kainji	270	2 362
	Jebba	214	1 871
Situation nouvelle (30 000 ha)	Kainji	259	2 270
	Jebba	207	1 817
	Kandadji	66	577
Baisse de production à Kainji (30 000 ha)		11	92
Impact sur Kainji (30 000 ha)		3.91%	3.91%
Baisse de production à Jebba (30 000 ha)		6.20	54.31
Impact sur Jebba (30 000 ha)		2.90%	2.90%

Conclusion partielle

L'aménagement de 30 000 ha directement liés au barrage de Kandadji et situé en amont de la station de Niamey, nécessite un besoin en eau de 959 664 375 m³ annuellement et entraîne une diminution des écoulements moyens annuels de 3.68% à l'entrée du barrage de Kainji et de 2.98% à l'entrée du barrage de Jebba. La baisse de production hydroélectrique est de 3.91% à Kainji et 2.90% à Jebba.

Aux stations hydrométriques de Niamey, Malanville et de Jidere Bodé, la baisse du débit moyen est respectivement de 5.61%, 5.11% et 4.04%.

2.3- Scenario 2 : 45 000 ha en double culture

Impact sur les écoulements

	Situation de Référence			Situation nouvelle 45000 ha			Baisse du Qmoy (45 000 ha)	Impact (45 000 ha)	Réhaussement Qmin	Ecrêtement Qmax
	QMin (m3/s)	QMoy (m3/s)	QMax (m3/s)	QMin (m3/s)	QMoy (m3/s)	QMax (m3/s)				
Niamey	52	786	1 746	96	728	1 644	57.9	7.36%	83.40%	5.84%
Malanville	73	846	1 731	108	790	1 621	56.9	6.72%	49.09%	6.36%
Jidere Bode	47	973	1 969	63	923	1 863	50.5	5.19%	34.84%	5.35%
Entrée Kainji	86	1 067	2 145	97	1 017	2 000	49.9	4.68%	12.70%	6.76%
Entrée Jebba	215	1 069	2 342	217	1 028	2 214	41.6	3.89%	1.10%	5.46%

Impact sur la production hydroélectrique de Kainji et Jebba

		Production Moyenne en MW	Prod (GWh)
Situation de référence	Kainji	270	2 362
	Jebba	214	1 871
Situation nouvelle (45 000 ha)	Kainji	256	2 242
	Jebba	205	1 798
	Kandadji	66	576
Baisse de production à Kainji (45 000 ha)		14	120
Impact sur Kainji (45 000 ha)		5.07%	5.07%
Baisse de production à Jebba (45 000 ha)		8.43	73.81
Impact sur Jebba (45 000 ha)		3.94%	3.94%

Conclusion partielle

L'aménagement de 45 000 ha directement lié au barrage de Kandadji nécessite un besoin en eau de 1 439 496 563 m³ et entraîne une diminution des écoulements de 4.68% à l'entrée du barrage de Kainji et 3.89% à l'entrée du barrage de Jebba. La baisse moyenne de production hydroélectrique est de 5.07% à Kainji et 3.94% à Jebba.

Aux stations hydrométriques de Niamey, Malanville et Jidere Bodé, la baisse du débit moyen est respectivement de 7.36%, 6.72%, et 5.19%.

3.3- Synthèse des Impacts

- Impact sur la production d'énergie globale des différents scénarios sur Kainji, Kandadji et Jebba

	Energie produite en GWh			
	Référence	Kandadji seul	Cas de 30 000 ha	Cas de 45 000 ha
Kainji	2362	2325	2270	2242
Jebba	1871	1857	1817	1798
Kandadji	0	578	577	576
Total	4233	4760	4664	4616
Gain		12.45%	10.19%	9.05%

- Ecart-type et baisse des écoulements

Il a été fait une comparaison entre les écarts types des modules et la baisse des écoulements liés aux prélèvements.

	Cas de 30 000 ha			Cas de 45 000 ha		
	Malanville	Jidere Bodé	Kainji	Malanville	Jidere Bodé	Kainji
Module Interannuel	803	934	1 028	790	923	1017
Ecart-type	261	285	300	261	285	300
	32.53%	30.57%	29.22%	33.05%	30.88%	29.49%
Baisse des écoulements	43.3	39.3	39.3	56.9	50.5	49.9
	5.39%	4.21%	3.82%	7.20%	5.47%	4.91%

REMARQUE SUR LES RESULTATS

- Dans le cas du développement de 30 000 ha de périmètre irrigué, l'écart-type des modules interannuels sur la période de simulation à l'entrée de Kainji est de 300 m³/s représentant 29,22% du module interannuel. Cette valeur caractérise la très forte variabilité des débits d'une année sur l'autre, nettement plus importante que la baisse des écoulements liée aux prélèvements, qui est de 39.3 m³/s et représente 3.82% des écoulements entrant dans le barrage.
- Pour ce qui concerne le développement de 45 000 ha de périmètre irrigué, l'écart-type des modules interannuels sur la période de simulation à l'entrée de Kainji est de 300 m³/s soit

29.49% du module interannuel. Cette valeur caractérise la très forte variabilité des débits d'une année sur l'autre, nettement plus importante que la baisse des écoulements liée aux prélèvements, qui est de 49.9 m³/s et représente 4.91% des écoulements entrant dans le barrage.

- On note aussi, que les pertes relatives en énergie aux barrages de Kainji et Jebba sont équivalentes aux pertes relatives en eau comme le montre le tableau ci après.

	cas de 30000 ha		cas de 45000 ha	
	Kainji	Jebba	Kainji	Jebba
Perte relative de débit (%)	3.68	2.98	4.68	3.89
Perte relative d'énergie (%)	3.91	2.90	5.07	3.94
Rapport Perte Débit/Perte Energie	94.12%	102.76%	92.31%	98.73%

CONCLUSION GENERALE

Le barrage de Kandadji couplé avec l'aménagement de 30 000 ha de périmètre irrigué (riz en double culture) directement lié à l'ouvrage, a un impact sur les barrages de Kainji et Jebba en termes d'écoulement qui se traduit par une baisse des volumes annuels de 3.68% à l'entrée de Kainji et 2.98% à l'entrée de Jebba. La diminution de production hydroélectrique est de 3.91% à Kainji et 2.90% à Jebba.

On note cependant une augmentation globale de 10.20% de production d'énergie sur l'ensemble des trois barrages Kandadji, Kainji et Jebba qui passe de 4233 GWh/an à 4664 GWh/an.

Avec l'aménagement de 45 000 ha de périmètre directement lié au barrage de Kandadji, l'impact se traduit par une baisse des écoulements moyens de 4.68% à l'entrée de Kainji et de 3.89% à l'entrée de Jebba et une baisse de la production d'énergie de 5.07% et 3.94% respectivement à Kainji et Jebba. On note cependant une augmentation globale de 9.05% de production d'énergie sur l'ensemble des trois (3) barrages Kandadji, Kainji et Jebba qui passe de 4233 GWh/an à 4616 GWh/an.

D'une manière générale, la construction du barrage de Kandadji entraîne les impacts suivants :

- le **gain en production d'énergie** pour l'ensemble des trois (3) barrages serait de 12.45 % et la baisse de débit serait limitée à 1,9% à la frontière Niger – Bénin et varierait ensuite jusqu'à 1,1% à Jebba et ceci, sans les périmètre irrigués,
- dans les deux cas d'aménagement, le barrage de Kandadji entraîne **une plus grande disponibilité en eau notamment en période d'étiage** avec une augmentation des débits minima moyens de 14.53% à l'entrée de Kainji et de 1.45% à l'entrée de Jebba dans le cas de l'aménagement de 30 000 ha et de 12.7% à l'entrée de Kainji et de 1.1% à l'entrée de Jebba

dans le cas de l'aménagement de 45 000 ha. Ceci est favorable au développement des cultures de contre saison et à la navigation ;

- une **baisse des écoulements** avec le développement des périmètres irrigués ; cette baisse est de l'ordre de 4 % à 7 % et reste nettement inférieure à l'écart-type (variant entre 29 % et 33 %), qui représente la variabilité interannuelle des modules sur la période de simulation.

Quoique le barrage de Kandadji et l'aménagement associé (30 000 ou 45 000 ha) engendrent une baisse de productible moyen, **ils n'ont pas d'effet significatif** sur les modalités de gestion tactique du barrage de Kainji qui, d'ores et déjà, doit faire face à la forte variabilité des débits entrants dans la retenue.

Niamey, le 02 novembre 2011

Extrait de Carte des barrages existants, projetés et stations hydrométriques

