

Evaluation des possibilités de soutien de crue dans le fleuve Sénégal en 2007, au vu du stock disponible à Manantali au 31 juillet et des prévisions pluviométriques saisonnières éditées le 2 août pour les mois de septembre et octobre.

Jean-Claude Bader. IRD, Montpellier, le 3 Août 2007

Résumé et conclusion

Après une faible hydraulicité en 2006 et des turbinages importants effectués dans un contexte de cherté des produits pétroliers, le niveau de plan d'eau dans le réservoir de Manantali s'élève à seulement 192,28 m au 31 juillet 2007. Il faut remonter à 1997, lors de la dernière phase de remplissage du barrage, pour observer un niveau plus bas à cette période de l'année. Dans ces conditions, la productivité énergétique de l'eau est environ 18% plus faible qu'avec un niveau de 200 m.

Les prévisions pluviométriques saisonnières fournies le 2 Août par Météo France pour les mois de septembre et octobre 2007 sur l'Afrique de l'Ouest, permettent d'espérer une hydraulicité excédentaire sur cette période pour le bassin du fleuve Sénégal. Le débit naturel de septembre-octobre prévu à Bakel s'élève ainsi à 1748 m³/s, valeur dépassée entre une année sur six et une année sur sept seulement depuis 1979.

Cette prévision optimiste d'hydraulicité doit cependant être considérée avec prudence, car elle est obtenue à l'aide d'une nouvelle adaptation statistique des résultats d'Arpege, rendue nécessaire par l'utilisation d'une nouvelle version de ce modèle. Cette nouvelle adaptation s'avère moins précise que la précédente, qui avait permis de prévoir assez correctement la faible crue de 2006.

Si la prévision d'hydraulicité excédentaire se vérifie, on peut s'attendre à obtenir, compte tenu du niveau actuel et dans l'hypothèse d'un objectif de production de 75 Mw, un niveau de 204,70 m dans le réservoir au 31 octobre après soutien de crue. En tout état de cause, ce niveau a 80% de chances de se situer entre 198,91 m et 207,49 m, compte tenu de l'imprécision du modèle de prévision. Dans le cas d'une hydraulicité médiane, ce niveau ne s'élèverait qu'à 200,05 m.

Ces différents résultats obtenus dans l'hypothèse d'une hydraulicité médiane prévalant jusqu'au 20 août, devront être modulés vers la fin du mois d'août en fonction de la valeur effective du niveau dans le réservoir, au moment où sera prise la décision de soutenir ou non la crue de 2007.

Données concernant le barrage de Manantali.

Le niveau amont observé à Manantali au 31/07/2007 s'élève à **192,28 m**. Cette valeur très basse est consécutive aux faibles apports en eau de la mousson de 2006 et aux turbinages importants qui ont été effectués depuis, dans un contexte de coût élevé des produits pétroliers qui handicape fortement les moyens de production thermique. Cette situation abaisse malheureusement de façon sensible la productivité de l'eau, puisqu'un turbinage de 100 m³/s produit actuellement une puissance de 33,98 Mw alors que ce celle-ci s'élèverait par exemple à 41,37 Mw avec un niveau de 200 m, ce qui représente une perte de 17,9%.

La puissance moyenne produite estimée pour juillet 2007 dans l'hypothèse d'un rendement de 0,9 à partir des données de niveau amont, de débit lâché et de l'étalonnage aval s'élève à **75 Mw**

Prévisions pluviométriques saisonnières

Les résultats publiés en 2006 par l'IRD et Météo France dans le Journal des Sciences Hydrologiques ont montré qu'il était possible d'utiliser les prévisions pluviométriques du modèle Arpege 3 calculées fin juillet pour les mois de septembre et octobre sur l'Afrique de l'Ouest, pour prévoir approximativement le volume naturel de crue de septembre-octobre dans le fleuve Sénégal à Bakel. Ce modèle de prévision de volume, calé sur la période 1979-2000 et validé sur la période 2001-2005 a permis de prévoir assez correctement la faible crue de 2006.

La version 4.6 du modèle Arpege est désormais utilisée par Météo France pour le calcul des prévisions saisonnières. Cette nouvelle version donne des résultats assez différents de ceux de la version 3 et il n'est de ce fait plus possible de prévoir le volume de crue à l'aide du modèle utilisé jusque l'an passé.

En conservant la même méthode, un nouveau modèle a donc été calé pour prévoir le volume naturel de crue à partir des résultats d'Arpege 4.6. Le caractère prédictif de ces nouveaux index vis-à-vis du volume s'exprime sur une zone géographique beaucoup plus restreinte qu'avec les anciens. Le nouveau modèle obtenu, s'il montre d'aussi bons résultats que l'ancien sur la période de validation, est toutefois moins précis sur la période de calage (erreur type = 407 m³/s). **Ses résultats doivent donc être considérés avec prudence.**

A partir des index transmis le 2 août par Météo France, le nouveau modèle donne 1748 m³/s pour le débit naturel prévu à Bakel sur la période septembre-octobre 2007. Sur l'ensemble des valeurs prévues par le modèle sur la période 1979-2007, ce débit a une probabilité de non dépassement de 0,845. En référence à la période 1979-2007, le modèle prévoit donc une **hydraulicité excédentaire correspondant à une fréquence comprise entre une année sur six et une année sur sept.**

Le large intervalle de confiance du modèle indique que le débit a 80% de chances de se situer entre 1226 et 2270 m³/s (soit 1.282 fois l'erreur type, de part et d'autre de la valeur prévue nominale). Ces valeurs ont des probabilités de non dépassement s'élevant respectivement à 0,397 et 0,983 sur la période 1979-2007.

Evolution probable du stock de Manantali en cas de soutien de crue.

Dans le cadre du POGR, l'IRD a montré que le stockage net dans le réservoir de Manantali entre le 20 août et le 31 octobre, en cas de soutien de crue, était très étroitement lié au volume naturel de crue du fleuve Sénégal à Bakel sur la période septembre-octobre. Connaissant le niveau 192,28 m au 31 juillet et la probabilité 0,845 de non dépassement du volume naturel de crue prévu pour septembre-octobre, on peut donc estimer le niveau prévu dans le réservoir au 31 octobre en suivant la démarche décrite ci-dessous.

Evaluation du niveau probable dans le réservoir au 20 août

La gestion de Manantali est simulée avec le logiciel Simulsen sur la période 1979-2006 en faisant l'hypothèse d'un objectif de puissance de 75 Mw, identique à la production estimée sur le mois de juillet qui vient de se terminer. Dans cette simulation (voir description des hypothèses en annexe 1), le niveau du réservoir est imposé à la cote 192,28 m au 31 juillet de chaque année. Il suffit alors d'analyser l'évolution statistique du niveau dans le réservoir entre le 31 juillet et le 20 août (fig. 2) pour estimer le niveau probable au 20 août. Faute de prévision d'hydraulicité sur la période, on retient la valeur médiane qui s'élève à **194,80 m**.

Evaluation du niveau probable dans le réservoir au 31 octobre

La gestion de Manantali est simulée sur la période 1979-2006 en conservant l'objectif de puissance produite de 75 Mw, auquel on ajoute le soutien de crue systématique visant une superficie de cultures de décrue de 50000 hectares. Dans cette simulation (voir description des hypothèses en annexe 2), le niveau du réservoir est imposée à 194,80 m au 20 août de chaque année, valeur probable pour 2007 déterminée plus haut. Il suffit ensuite d'analyser l'évolution statistique du niveau dans le réservoir entre le 20 août et le 31 octobre (fig. 3) pour estimer le niveau probable au 31 octobre. Compte tenu de la relation mentionnée plus haut entre le stockage net sur la période et le volume naturel de crue de septembre-octobre du fleuve à Bakel, on peut admettre en première approximation que la valeur nominale à retenir correspond à la fréquence de non dépassement 0,845 déterminée plus haut pour ce volume à partir des prévisions saisonnières. Ainsi, le niveau le plus probable dans le réservoir au 31 octobre 2007 après soutien de crue peut être estimé, au vu des éléments disponibles au 2 août, à **204,70 m**. En pratique, l'obtention d'un hydrogramme de crue permettant 50000 ha de cultures de décrue nécessitera probablement très peu de lâchures spécifiques si l'hydraulicité s'avère excédentaire comme prévu. Cela devrait permettre alors de reconstituer un stock assez intéressant malgré le très faible niveau actuel.

Les bornes d'intervalle de confiance de la prévision saisonnière (1226 et 2270 m³/s, fréquence 0,397 et 0,983) permettent de dire que le niveau au 31 octobre a 80% de chances de se situer entre **198,91 m et 207,49 m**.

Enfin, une hydraulicité médiane en septembre-octobre conduirait après soutien de crue à un niveau probable de seulement **200.05 m**. au 31 octobre dans le réservoir.

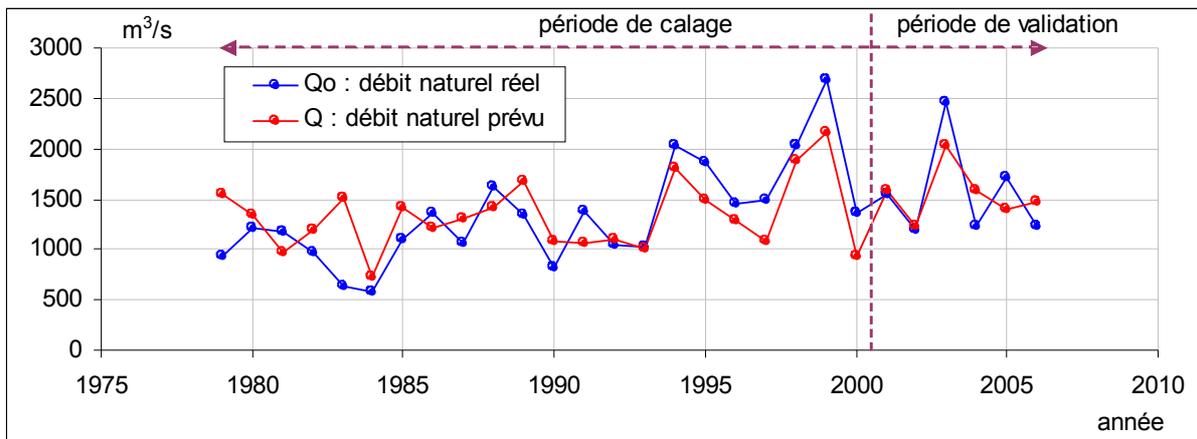
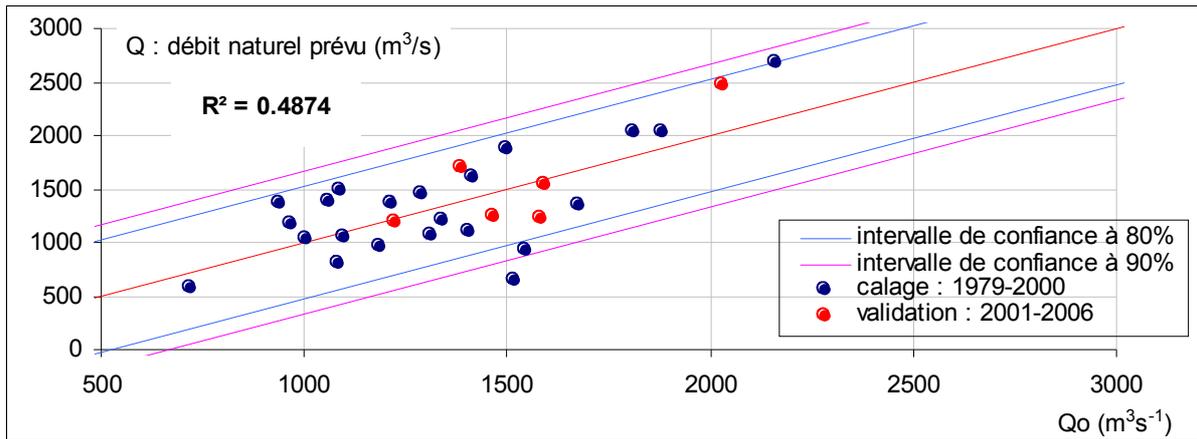


figure 1 : comparaison des valeurs observées (Q_o) et modélisées (Q) du débit naturel de septembre octobre (m^3/s) du Sénégal à Bakel. Résultats Q obtenus à partir des prévisions pluviométriques saisonnières établies fin juillet par Arpege 4.6 pour les mois de septembre et octobre sur l'Afrique de l'Ouest.

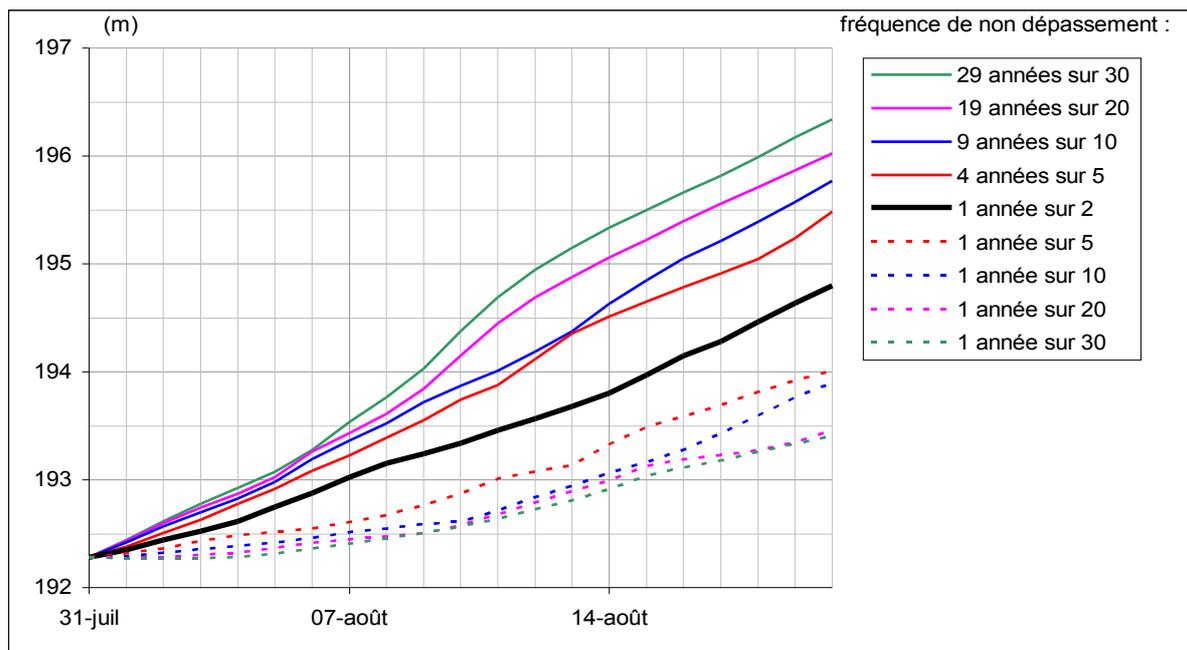


figure 2 : évolution probable du niveau à Manantali entre le 31 juillet et le 20 août 2007

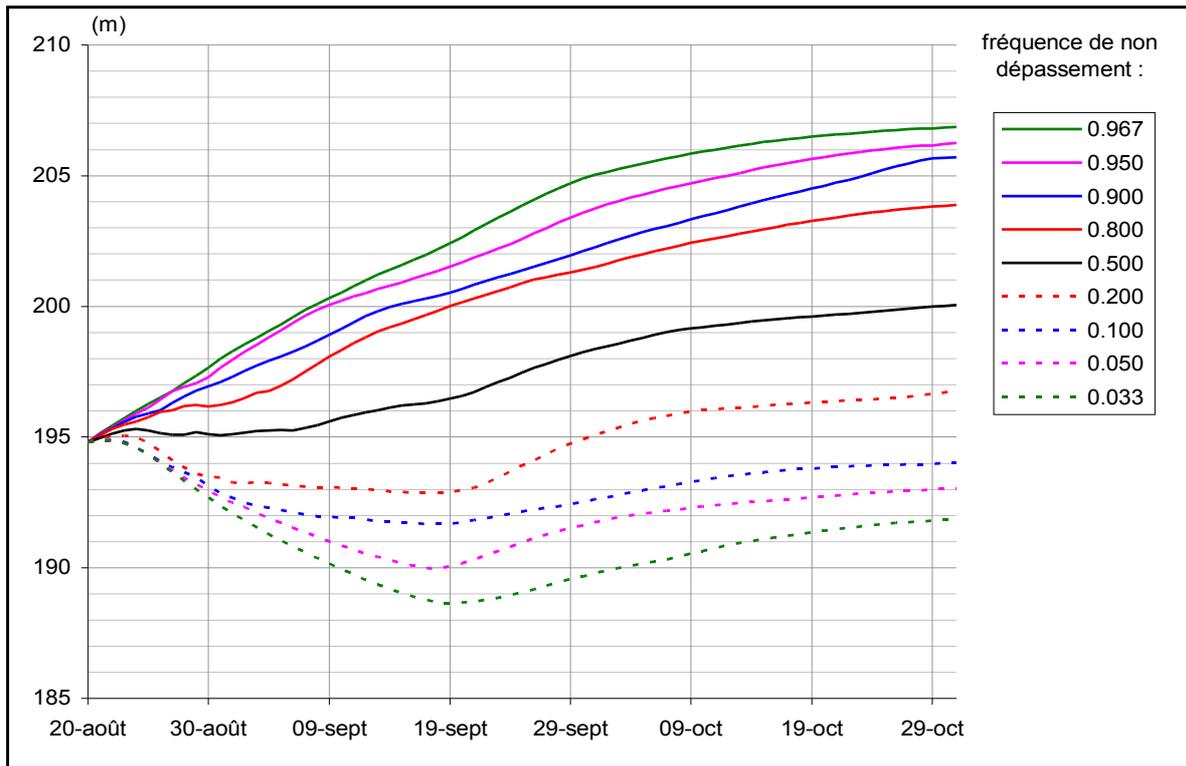


figure 3 : évolution probable du niveau à Manantali entre le 20 août et le 31 octobre 2007

ANNEXE 1 : description synthétique de la simulation effectuée pour estimer le niveau probable du réservoir au 20 août

SIMULATION CHRONOLOGIQUE DE GESTION DE BARRAGE (38)

le 2-8-2007 a 11H38mn9'14"

Nom du scénario simulé : irrigation (besoins actuels) P 75 Mw, 192.28 m imposé 31/07

Rang du jeu de paramètres décrivant le barrage et la retenue : 6

Nom : Mf Manantali, pertes de charge en conduite, reste id. Me (10/02/05)

Rang du réseau de stations retenu pour les calculs : 2

Nom : M4 Manan.HBakel - AISH08.03 - Model10.01 - Etal ManuelFinal 31/03/04

REGLES ENVISAGEES, PAR ORDRE DE PRIORITE DECROISSANTE

(1) O : débit lâché entre Q_{min} et Q_{max} liés au barrage (contraintes physiques)

(3) B1: niveau de retenue inférieur à H_{max} fixe (sécurité)

H_{max} égal à la cote maximale de sécurité (210.50 m)

(8) D1: niveau de retenue supérieur à H_{min} fixe (sécurité, norme, ...)

Valeur de H_{min} : 187.00 m

(6) C2: débit supérieur à Q_{min} variable (besoins sommables)

scénarios enregistrés retenus pour les différents types de besoins :

(0) IRRIGATION : besoin non pris en compte

(1) AUTRE BESOIN 1 : Irrigation.2002 + AEP.4m3s-1 AISH0803 .. (31/03/04)

(2) AUTRE BESOIN 2 : Pertes lit mineur Bakel-Rosso + Diama .. (31/03/04)

Débit objectif localisé à : Q_{Bakel} artif.

(10) E : puissance supérieure à P_{min} (hydroélectricité)

P_{min} = au moins la puissance demandée si H supérieur à $S1$ (188.00 m)

= maximum productible si $H > S2$ (206.00 m) entre le 01.08 et le 31.10

= maximum productible si le barrage déverse

Puissance demandée constante = 75.00 mw

Option : $Q_{mini}=Q_2=Q_3$ (donnant P_{max}) si Puiss. demandée impossible à obtenir

Option : pas de limitation supérieure systématique du débit total lâché

Débit lâché = minimum déterminé par contraintes et consignes

période de calcul = 1979-2006 ; cote initiale du lac = 208.05 m

cote annuelle imposée le 31.07 dans la retenue : 192.28 m

ANNEXE 2 : description synthétique de la simulation effectuée pour estimer le niveau probable du réservoir au 31 octobre après soutien de crue

SIMULATION CHRONOLOGIQUE DE GESTION DE BARRAGE (39)

le 2-8-2007 a 12H15mn19'50"

Nom du scénario simulé : irrigation (besoins actuels) P 75 Mw, crue 50000 ha systématique, 194.80 m imposé 20/08

Rang du jeu de paramètres décrivant le barrage et la retenue : 6

Nom : Mf Manantali, pertes de charge en conduite, reste id. Me (10/02/05)

Rang du réseau de stations retenu pour les calculs : 2

Nom : M4 Manan.HBakel - AISH08.03 - Model10.01 - Etal ManuelFinal 31/03/04

REGLES ENVISAGEES, PAR ORDRE DE PRIORITE DECROISSANTE

(1) O : débit lâché entre Q_{min} et Q_{max} liés au barrage (contraintes physiques)

(3) B1: niveau de retenue inférieur à H_{max} fixe (sécurité)

H_{max} égal à la cote maximale de sécurité (210.50 m)

(8) D1: niveau de retenue supérieur à H_{min} fixe (sécurité, norme, ...)

Valeur de H_{min} : 187.00 m

(6) C2: débit supérieur à Q_{min} variable (besoins sommables)

scénarios enregistrés retenus pour les différents types de besoins :

(0) IRRIGATION : besoin non pris en compte

(1) AUTRE BESOIN 1 : Irrigation.2002 + AEP.4m3s-1 AISH0803 .. (31/03/04)

(2) AUTRE BESOIN 2 : Pertes lit mineur Bakel-Rosso + Diama .. (31/03/04)

Débit objectif localisé à : Q Bakel artif.

(9) D2: niveau de retenue supérieur à H_{min} variable (stock pour besoin en eau)

La chronique H_{min} (scénario n° 1) correspond au cas suivant :

1XIrrig2002 + AEP4 + PertBakelDiama, 1950-2000, recurrence 25 ans

(10) E : puissance supérieure à P_{min} (hydroélectricité)

P_{min} = au moins la puissance demandée si H supérieur à $S1$ (188.00 m)

= maximum productible si $H > S2$ (206.00 m) entre le 01.08 et le 31.10

= maximum productible si le barrage déverse

Puissance demandée constante = 75.00 mw

Option : $Q_{mini}=Q_2=Q_3$ (donnant P_{max}) si Puiss. demandée impossible à obtenir

Option : pas de limitation supérieure systématique du débit total lâché

(7) C3: débit supérieur à Q_{min} variable (besoins non sommables)

scénarios enregistrés retenus pour les différents types de besoins :

(13) CRUE SOUTENUE : 50000 ha median cult. decrue, subm. 25j (31/03/04)
(0) NAVIGATION : besoin non pris en compte
Débit objectif localisé à : Q Bakel artif.

Débit lâché = minimum déterminé par contraintes et consignes
période de calcul = 1979-2006 ; cote initiale du lac = 208.05 m
cote annuelle imposée le 20.08 dans la retenue : 194.80 m