



CONTRIBUTION DE LA PREVISION EN HYDROLOGIE  
A L'EVENTUELLE MAITRISE  
DES RESSOURCES DEFICITAIRES DU FLEUVE SENEGAL  
POUR LA SAISON SECHE 1983-1984

(Un projet de barrage provisoire et les estimations hydrologiques)

J.C. OLIVRY

Maître de Recherches  
Chef du Service Hydrologique  
de l'ORSTOM au Sénégal

29 NOV. 1983

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 3989

Cote : B

Octobre 1983.

B3989

CONTRIBUTION DE LA PREVISION EN HYDROLOGIE  
A L'EVENTUELLE MAITRISE  
DES RESSOURCES DEFICITAIRES DU FLEUVE SENEGAL  
POUR LA SAISON SECHE 1983-1984

(Un projet de barrage provisoire et les estimations hydrologiques)

J.C. OLIVRY

L'évolution catastrophique de l'hydraulicité du Fleuve Sénégal en 1983 et la faible occurrence de voir un sursaut tardif améliorer sensiblement le volume des apports du fleuve vont entraîner une grave pénurie des ressources en eau au Sénégal pendant les prochains mois.

Aux fins de limiter l'incidence de cette pénurie, on a conçu le projet de réaliser dans les prochaines semaines un barrage en terre sur le Fleuve Sénégal aux fins de stocker les écoulements de la phase de tarissement et d'empêcher la remontée de la langue salée.

Consulté sur le plan de l'hydrologie par des Responsables de la Compagnie Sucrière du Sénégal (C.S.S.), nous avons abouti à des estimations justifiant pour les prochains mois au niveau de la prévision hydrologique et des bilans du fleuve et du lac de Guiers la mise en oeuvre du projet. Ce sont ces estimations -qui ne constituent pas les éléments d'une analyse fine, précisons-le bien- que cette note résume sommairement.

### 1. La crue du Fleuve Sénégal en 1983 : un déficit sans précédent

La saison des pluies a été particulièrement déficitaire en 1983 sur la majorité du pays (par exemple 210 mm à Dakar-Hann, soit 40 % de la normale), mais aussi sur l'ensemble du bassin du fleuve Sénégal. La figure 1 compare l'hydrogramme de l'année 83 à ceux des autres années les plus déficitaires connues sur le Fleuve Sénégal à Bakel.

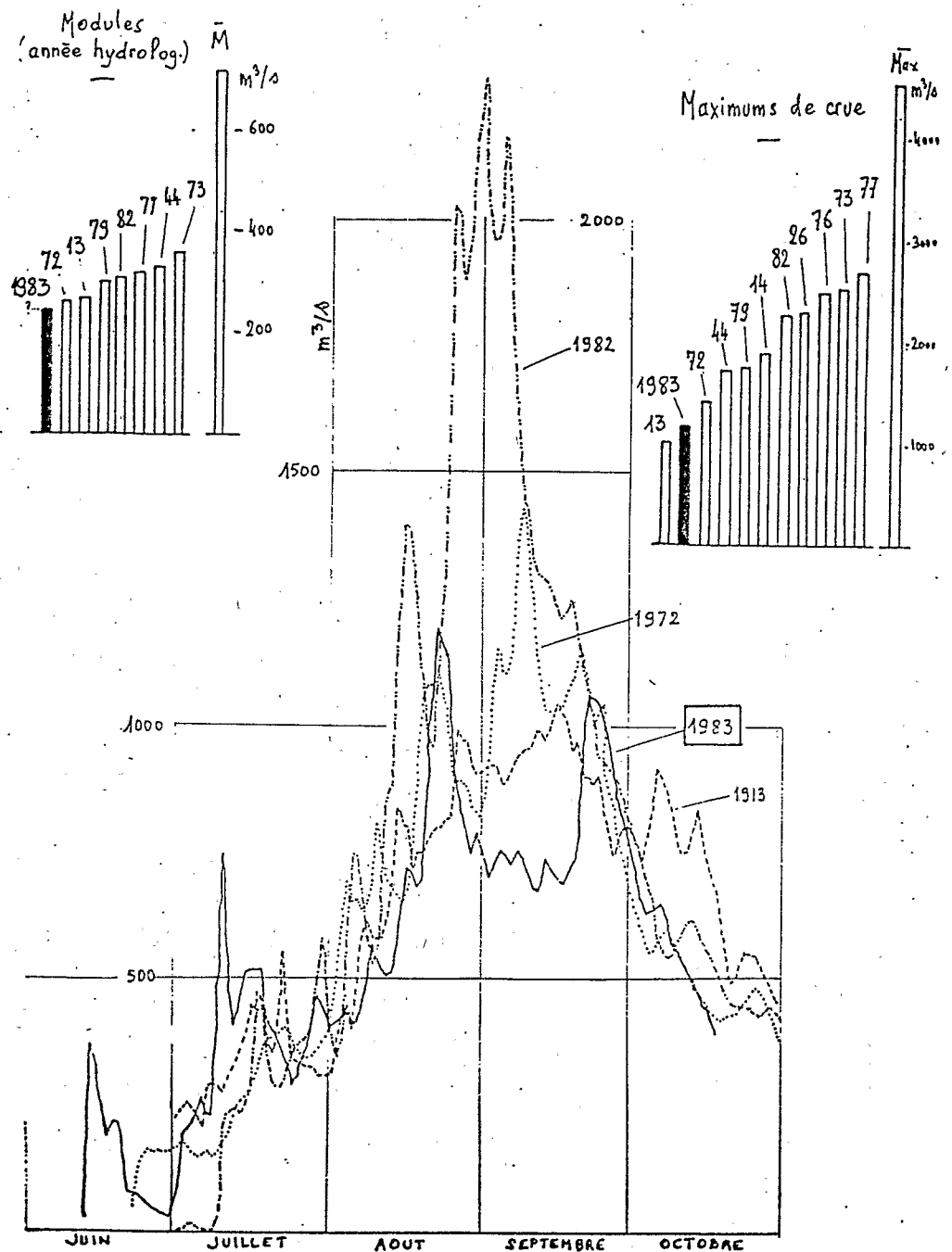


Fig. 1 : Débits du Fleuve Sénégal à Bakel (comparaison entre années déficitaires, avec indication des module et maximum moyens).

Sur la station de Bakel on a fait les observations suivantes en 1983 :

Après la crue précoce de la mi-juin résultant de l'épisode pluvieux, responsable par ailleurs des dégâts que l'on sait dans la région de Matam et Bakel, puis une éphémère remontée des débits vers la mi-juillet, le fleuve n'aborde sa période de hautes-eaux qu'à partir du 10 août, date à partir de laquelle le débit dépassera 500 m<sup>3</sup>/s, jusqu'à la décrue d'octobre. Le maximum est atteint à moins de 1 200 m<sup>3</sup>/s le 23 août, puis une décrue rapide survient, le débit se stabilisant en dessous de 750 m<sup>3</sup>/s du 30 août au 20 septembre. Le 22 septembre, une seconde pointe de crue atteint 1 060 m<sup>3</sup>/s et précède la décrue générale qui correspond déjà à la mi-octobre à un simple tarissement.

L'hydrogramme 1983 est le plus mou observé avec celui de 1913. Le maximum est à plus de 1 000 m<sup>3</sup>/s en dessous du maximum de 1982, à plus de 200 m<sup>3</sup>/s en dessous du maximum de 1972. Il dépasse à peine celui de 1913.

Le débit de 500 m<sup>3</sup>/s n'a été dépassé que pendant 72 jours, soit la plus courte période observée (82 jours en 1913).

Le module 83-84 sera le plus faible connu de toute la période d'observation.

## 2. Les conséquences

Dans la vallée, les superficies inondées sont très faibles et on doit s'attendre à un énorme déficit de la production des cultures de décrue venant s'ajouter à celui de la production des cultures pluviales. Les pertes sont là irrémédiables.

Au niveau de la basse vallée, la production d'exploitations agro-industrielles telle la SAED (riziculture) ou la CSS (canne à sucre) va être très touchée par la limitation des possibles irrigations. Dans le cas de la CSS, les conséquences dépasseront largement la prochaine saison sèche (replantation partielle de cannes peu productrice en 1ère année). Les limites de l'irrigation viendront essentiellement du tarissement rapide du fleuve -et côté mauritanien on rencontrera les mêmes problèmes- ainsi que du faible volant de réserves du Lac de Guiers.

Ces faibles réserves vont également entraîner une pénurie dans l'alimentation en eau des villes branchées sur la Conduite de NGnith (Lac de Guiers - Daqar) qui constitue, suivant le cas, l'adduction principale ou d'appoint de ces centres urbains. Cette pénurie risque d'avoir de graves conséquences sur la production maraîchère de la région du Cap-Vert, également grande consommatrice de ces ressources provenant du Lac de Guiers.

Bien entendu, au déficit de la production alimentaire, à la baisse des recettes (d'exportation en particulier) viendront s'ajouter les problèmes d'emploi et de chômage technique dans la population salariée agricole.

### 3. Le projet

Le projet consisterait dans la construction hâtive d'une digue en terre en travers du fleuve Sénégal. Le site de ce barrage devrait être implanté à Rheune, en aval de Diawar. Le fleuve a environ 400 m de large. Sa profondeur maximale est de 14 m. Le matériau est disponible sur place : il s'agit d'argiles provenant de terres incultes faciles à mettre en oeuvre. 500 à 600 000 m<sup>3</sup> devraient être ainsi utilisés par une noria d'engins progressant depuis la rive gauche. On compte sur la baisse progressive du débit, puis le relèvement du plan d'eau avec déversement vers le Lac de Guiers\* pour que l'augmentation des vitesses du courant consécutive au progressif étranglement de la section soit limitée et que le courant n'emporte pas les terres déversées. Les problèmes de réalisation de cet ouvrage provisoire ressortent du génie civil et ne rentrent pas dans le cadre de cette note.

### 4. Les contraintes

Sur le plan hydrologique, la réalisation de l'ouvrage est soumise à plusieurs contraintes :

- la première est d'avoir réalisé le barrage avant que la langue salée ne soit remontée en amont du site à Rheune ;
- la seconde est de disposer entre la mise en service du barrage et le quasi épuisement des apports du fleuve d'un volume suffisamment important pour justifier l'entreprise, d'où la nécessité d'établir un bilan et de définir les disponibilités.
- la troisième est de maintenir pendant la durée des travaux le niveau du lac à sa cote initiale afin qu'une partie des volumes ultérieurement stockés ne servent pas seulement à compenser l'évaporation du lac pendant la réalisation du barrage.

### 5. La prévision hydrologique

Elle est essentiellement basée sur la forme de la décrue et la phase de tarissement telles qu'elles peuvent être définies à cette période de l'année avec les observations effectuées -en particulier les données transmises plusieurs fois par jour à Yoff par satellite depuis Koungani près de Bakel (Système ARGOS)-, l'étalonnage de la station de Bakel actualisé en 1982, et la connaissance des décrues et tarissements des années antérieures.

5.1 - Les courbes de tarissement du Sénégal à Bakel montrent une décroissance des débits d'une relative similitude d'une année à l'autre, au décalage dans le temps près. On a distingué deux phases de tarissement, la seconde ayant été appelée phase d'épuisement, pour lesquelles la décroissance des débits suit des lois exponentielles. La figure 2 montre 3 exemples de ces courbes avec 1972-73, 1980-81 et 1982-83. On n'a pas tracé 1913-1914

---

\* : Cet apport n'a pas été évalué.

qui présente un tarissement plus lent et des débits plus soutenus. L'examen de l'échantillon disponible montre que c'est l'année 82-83 qui présente le tarissement le plus sévère - ceci étant peut-être dû au cumul d'années sèches répétées - pendant la période novembre-décembre, avec cependant une inflexion pour les mois suivants.

On ira donc dans le sens de la sécurité si on retient pour l'ensemble de la saison 1983-84 le tarissement le plus sévère relevé l'année précédente (novembre-mi-décembre), avec application aux débits observés début octobre, lesquels paraissent bien initialement s'ordonner suivant la loi choisie.

Cela conduit à tracer sur la figure 2 la courbe de prévision des débits de Bakel pour les prochains mois en hypothèse basse.

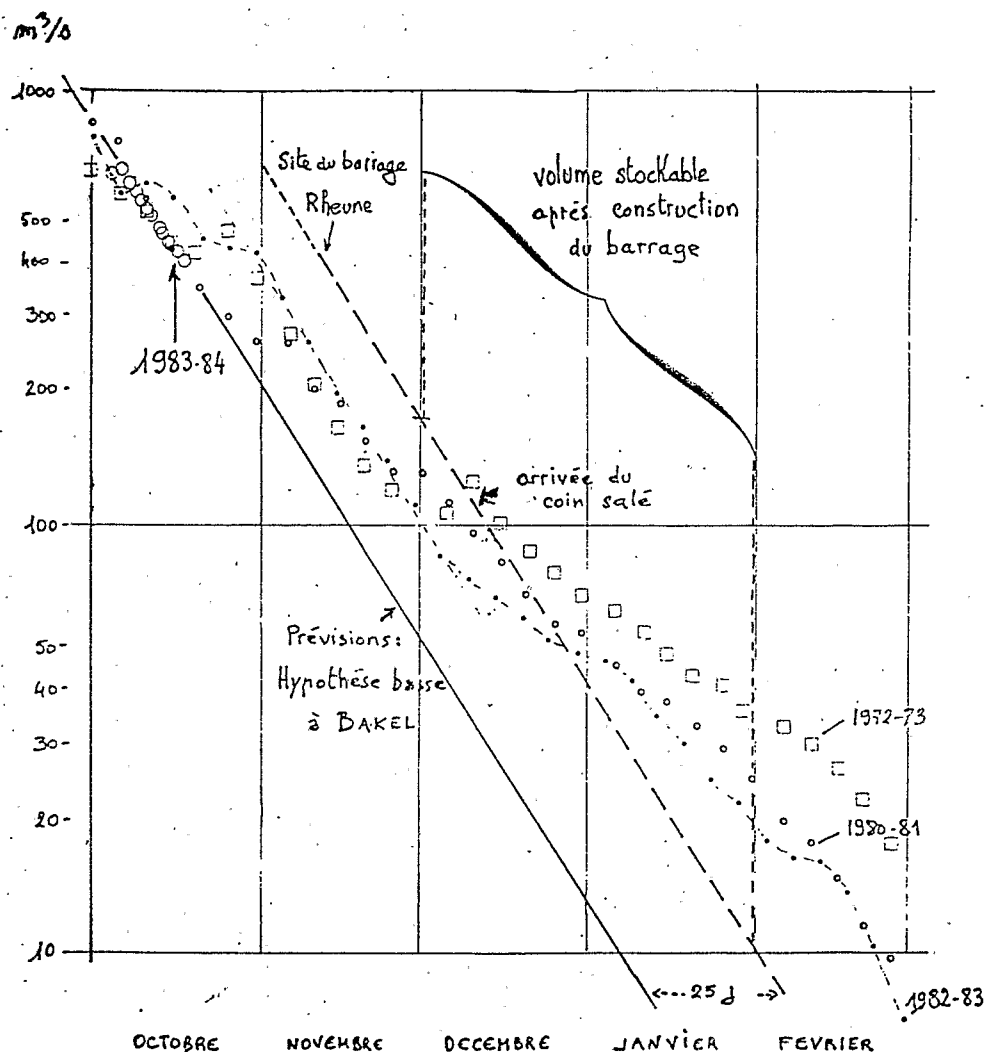


Fig. 2 : Prévisions des débits d'octobre 83 à février 1984 et observations antérieures sur la même période.

On sait qu'en période de décrue le transfert des débits, de l'ordre de 600 à 200 m<sup>3</sup>/s entre Bakel et l'aval, demande de 18 à 25 jours pour Dagana. Ce serait plus d'un mois pour Diawar.

Une étude précise de la propagation des débits ne se justifie pas ici, et en introduisant une marge de sécurité raisonnable, on peut retenir entre Bakel et le site du barrage un décalage de 25 jours.

Ceci permet de tracer l'évolution probable minimale des débits au cours des prochains mois au site du barrage.

5.2 - Sur la base des études effectuées par l'ORSTOM (ROCHETTE) et l'OMVS sur la remontée saline dans la vallée du fleuve Sénégal, on sait que celle-ci commence à se faire sentir à Diawar (km 115) lorsque le débit tombe à 100 m<sup>3</sup>/s. Au site du barrage, on peut estimer ce débit à 110-120 m<sup>3</sup>/s. D'après la courbe de prévision, ce débit sera observé vers les 10-12 décembre. En deçà de ces débits, on admet que la progression du coin salé est une simple fonction du temps. La remontée saline devrait atteindre Richard-Toll vers Noël.

Il faut quand même souligner que l'arrivée du coin salé ne signifie pas immédiatement de très fortes concentrations : pour passer de 0 à 2,5 g/l le délai pourrait être d'une dizaine de jours. En outre, ces eaux salées seront rapidement diluées par les volumes stockés.

5.3 - Les prévisions pour le lac de Guiers découlent de son fonctionnement en 1983. Les apports du fleuve ont alimenté le lac à partir de la mi-juillet ; la cote du lac était alors à -1,10 m (minimum comparable à 1973, 1980). Début octobre, la cote de remplissage n'avait atteint que 0,75 m, ce qui correspond avec l'évaporation à moins de 0,4 milliard de m<sup>3</sup> comme apports du fleuve au lac. Le 30/9/1982, la cote du lac était de +1,15 m. entre cette date et le 13 janvier, marquant l'arrivée à Richard-Toll de la langue salée et par suite le début de l'exploitation du lac, on a relevé 550 mm d'évaporation ( $H_{\text{lac}} = 0,60 \text{ m}$ ). A la mi-janvier 1984, le lac ne devrait donc plus être qu'à la cote +0,20 m, ce qui laisse prévoir un minimum jamais observé et l'arrêt probable de l'exploitation des eaux résiduelles du lac bien avant la fin de la saison sèche.

## 6. Les résultats attendus du projet de barrage

Sur la base des prévisions qui précèdent, on peut donc déterminer approximativement l'intérêt du projet de barrage pour divers scénarios :

### 6.1 Scénario A

#### Volume stockable après la mise en service du barrage au 1/12/83 :

En limitant le débit naturel disponible à 10 m<sup>3</sup>/s -c'est-à-dire en négligeant les apports du fleuve d'un débit inférieur à 10 m<sup>3</sup>/s-, débit prévu dans l'hypothèse basse pour le 1er février 1984, et en supposant

que le stockage débute le 1er décembre, date pour laquelle le débit est de 180 m<sup>3</sup>/s au barrage, le volume des apports du fleuve pour ces deux mois serait de l'ordre de 310 M m<sup>3</sup>.

#### Evaporation sur la retenue et le lac :

Ces apports vont être stockés d'une part dans le lit mineur du fleuve Sénégal, d'autre part dans le lac de Guiers (phase artificielle de remplissage). Les superficies respectives sont de 225 km<sup>2</sup> pour le lac de Guiers à la cote +0,75\* et de 80 km<sup>2</sup> environ sur le fleuve, soit 305 km<sup>2</sup> de plans d'eau pour lesquels une évaporation moyenne de 6 mm par jour pendant les deux mois de stockage paraît probable. La consommation par évaporation serait de :  $305.10^6 \text{ m}^2 \times 360.10^{-3} \text{ m} = 110.10^6 \text{ m}^3$ .

#### Consommation humaine :

L'ensemble des prélèvements dans le fleuve et le lac, que ce soit pour l'irrigation ou d'autres usages, a été plafonné à 15 m<sup>3</sup>/s. Ces pompages concernent la Mauritanie et le Sénégal. Sur décembre et janvier, on aboutit à une ponction de 80 M m<sup>3</sup>.

#### Bilan du stockage au 1er février 84

L'équation du bilan s'écrit :

$$310 - 110 - 80 = 120 \text{ M m}^3.$$

Au 1er février, on disposera de 120 millions de m<sup>3</sup> dont la répartition sur les retenues correspond à une remontée des plans d'eau d'environ 40 cm et est la suivante :

- 30 millions de m<sup>3</sup> dans le lit mineur du Sénégal ;
- 90 millions de m<sup>3</sup> dans le lac de Guiers.

Le niveau du lac de Guiers passerait de 0,75 à 1,15 m au 1er février 1984 (alors qu'il était déjà à 0,60 m le 13/1/83).

#### Conservation du niveau du lac pendant les travaux :

L'augmentation du niveau du lac de Guiers, telle qu'elle vient d'être indiquée, suppose bien entendu que la cote du lac n'ait pas varié pendant les travaux, entre la mi-octobre et le 1er décembre, donc que l'évaporation ait été compensée par une alimentation à partir du fleuve effectuée par pompage. Avec une évaporation moyenne de 6 mm/jour, les besoins sont de 60 M m<sup>3</sup> en 45 jours, soit un débit de pompage de 15 m<sup>3</sup>/s. Techniquement (pompes disponibles à cet effet) on ne peut espérer pomper plus de 10 m<sup>3</sup>/s, soit les 2/3 de la demande. Au 1er décembre, le lac aurait donc baissé de 10 cm (H = 0,65 m), ce qui nous ramène à une cote utile du lac au 1er février, entre 1,0 et 1,05 m, ce qui représente tout de même un gain considérable par rapport à janvier 1982.

---

\* : Moins de 10 % de gain de superficie pour le gain de cote attendu sur le lac (cf. travaux COGUELS, GAC - Cahiers ORSTOM, 1982).



## Les stocks du lit mineur du fleuve Sénégal

Ceux-ci sont difficiles à évaluer mais représentent d'emblée des stocks d'eau douce intéressants là où on trouvait aux basses-eaux les années précédentes les marques de la remontée saline jusqu'en amont de Dagana. Les stocks initiaux ne sont pas négligeables car la profondeur du lit mineur est souvent importante. De plus, rappelons le gain de 30 millions de m<sup>3</sup> stocké entre décembre et janvier, volume qui suffit à alimenter l'évaporation pendant 2 mois (1er avril). Ces stocks peuvent bien sûr être exploités par pompage à Richard-Toll ou ailleurs.

### 6.2 Scénario B

L'urgence de la réalisation des travaux apparaît dans l'hypothèse d'une mise en service du barrage au 15 décembre, ce qui correspond grosso modo à l'arrivée au site du coin salé. Entre cette date et le 1er février, le stockage ne concernera plus que 150 millions de m<sup>3</sup> (soit la moitié du stockage prévu au 1/12) dont 80 M m<sup>3</sup> seront repris par évaporation et 70 M m<sup>3</sup> pourront être consommés pour l'irrigation. Au 1er février, le lac de Guiers aurait donc conservé la cote maintenue par pompage jusqu'au 15/12 de 0,60 m, ce qui constitue déjà un avantage certain par rapport aux conditions naturelles prévues pour 1984 et une situation meilleure qu'en 1983. De plus on a toujours en appoint le stock du lit mineur du fleuve Sénégal.

### 6.3 Autres aspects intéressants du projet

Le projet de barrage -outre de montrer en vraie grandeur les avantages et inconvénients du barrage de Diama quelques années avant sa mise en service- présente l'intérêt d'assurer en juillet prochain le remplissage du lac de Guiers dès le début de la saison de hautes-eaux avant que l'ouvrage ne soit "emporté" par la crue 1984.

### 6.4 La solution des pompages

Sans construction du barrage, la solution des pompages dans le fleuve pour alimenter le lac de Guiers ne constitue pas une vraie solution. Elle ne servira qu'à ralentir la baisse du niveau du lac due à l'évaporation -ce qui n'est pas négligeable en soi- mais seulement jusqu'à l'arrivée de la remontée saline à Richard-Toll vers le 25 décembre. Ceci nous ramène à l'analyse faite plus haut sur des pompages de 10 m<sup>3</sup>/s, soit globalement 100 M m<sup>3</sup>, avec observation au 15/12 de la cote 0,60 m, soit 1 mois plus tôt qu'en 1983. De plus, l'exploitation du lac pour les irrigations débuterait 3 semaines plus tôt qu'en 1983 ; elle concernerait environ 50 M m<sup>3</sup> jusqu'au 31 mars, soit 240 mm venant s'ajouter à 560 mm d'évaporation. La baisse du lac de 80 cm depuis la fin décembre (H = 0,55) porte le lac à la cote H = -0,25 m le 31 mars, ce qui le met hors d'atteinte de la C.S.S début avril.

## 7. Conclusions

Les estimations qui ont été proposées ont été faites le 10 octobre. L'urgence de décisions à prendre et de travaux à mettre en oeuvre ne permettait pas la recherche d'une analyse plus fine. Celle-ci plus satisfaisante pour l'esprit, en introduisant une meilleure détermination de paramètres indépendants de variations saisonnières (V m<sup>3</sup>, S km<sup>2</sup> du lac par exemple), n'aboutirait au demeurant qu'à une précision illusoire ; les limites de la prévision en hydrologie, la prise en compte de certaines marges de sécurité la rendraient en effet vaine, ramenant les résultats à des estimations comparables à celles qui ont été faites.

Sur la base d'hypothèses plus optimistes, par exemple, une phase de tarissement calquée sur celle de l'année précédente de décembre à février, les gains en volume ne sont pas négligeables (50 millions de m<sup>3</sup> de janvier à la mi-février dans l'exemple indiqué).

En définitive, les estimations faites sur les plans de l'hydrologie justifient pleinement que soit entreprise rapidement la réalisation du barrage en terre projeté.

---

Note : Les débits observés du 10 octobre au 20 octobre sont les suivants à Bakel en m<sup>3</sup>/s :

le 10 : 530 ; le 11 : 515 ; le 12 : 500 ; le 13 : 475 ; le 14 : 455  
le 15 : 435 ; le 16 : 415 ; le 17 : 390 ; le 18 : 370 ; le 19 : 355 ;  
le 20 : 350.