

LE BARRAGE DE KHEUNE : UN EXEMPLE D'ACTION CONJONCTURELLE DE SECOURS POUR LA MAÎTRISE DES RESSOURCES DEFICITAIRES DU FLEUVE SENEGAL DE 1983 A 1985

J.C OLIVRY
ORSTOM, 213 rue Lafayette - 75010 PARIS

Début octobre 1983 : c'est l'heure d'un constat tragique ; la crue du Fleuve Sénégal a été exceptionnellement basse en août et septembre, et les données télétransmises par satellite (système Argos) depuis le bassin amont (OLIVRY, 1982) ne laissent plus guère d'espoir de voir un sursaut tardif améliorer sensiblement le volume des apports du fleuve.

A cette évolution catastrophique de l'hydraulicité du fleuve Sénégal, une réponse conjoncturelle de secours a été proposée hors des circuits conventionnels, de commissions "ad hoc", de la tranquille progression administrative des projets d'aide au développement. Elle n'a dépendu que d'hommes personnellement mobilisés pour limiter autant que possible l'incidence des aléas climatiques sur l'économie du pays et la vie d'une partie de ses habitants.

Le Responsable des irrigations de la Compagnie Sucrière du Sénégal (C.S.S.) à Richard-Toll - dont la survie des plantations est en jeu - conçoit le projet technique de réaliser rapidement un barrage en terre aux fins de stocker les écoulements de la phase de tarissement et d'empêcher la remontée de la langue salée. Consulté - à titre privé et gracieux - j'aboutis à des estimations, pour les prochains mois, au niveau de la prévision hydrologique, des bilans du fleuve et du lac de Guiers (alimenté par le Sénégal), et de la remontée saline, qui justifient la mise en oeuvre du projet. Dès son retour d'un voyage officiel à l'étranger, S.E. le Président de la République du Sénégal, M. Abdou DIOUF, souscrit au projet et emporte l'adhésion de la Mauritanie (pays riverain du Sénégal). Il en confiera l'exécution aux Troupes du Génie avec mobilisation des moyens militaires et civils et l'appui mauritanien.

La réalisation, dans les délais que j'avais fixés (30 jours), de ce barrage provisoire, en terre non compactée, a permis à Dakar, Saint-Louis, Louga, Thies, d'éviter une très grave pénurie en eau des irrigations normales des grands périmètres agricoles de la basse vallée du fleuve Sénégal ainsi que des importantes zones maraîchères de la région de Thies et de la presqu'île du Cap Vert et évité des pertes en production agricole et emplois dont le coût a été estimé à près de 50 milliards CFA.

Deux ans avant la mise en service du barrage de Diama près de Saint-Louis, le bouchon-barrage de Kheune a permis de faire la soudure dans les conditions d'une sécheresse particulièrement exceptionnelle. Il justifierait - s'il fallait encore le faire -

la politique d'aménagement engagée par les états ^{pour la maîtrise} des ressources en eau du fleuve Sénégal. Cet article rappelle la prévision hydrologique du projet et indique les résultats obtenus.

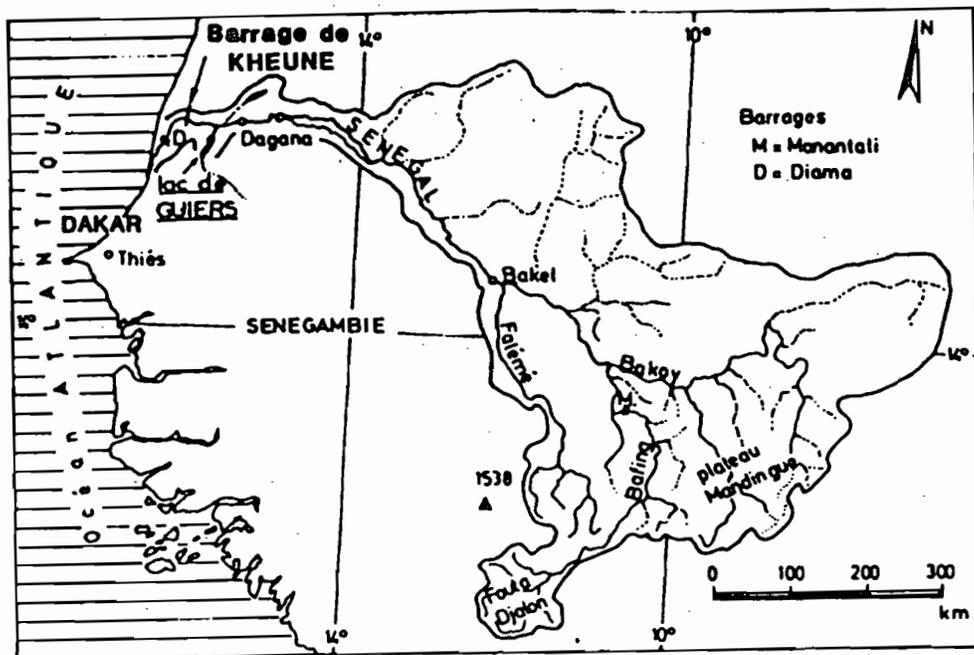


Fig. 1 - Bassin versant du fleuve Sénégal et situation géographique

1. CONTRIBUTION DE LA PREVISION EN HYDROLOGIE AU PROJET DE BARRAGE DE KHEUNE.

1.1. Un déficit sans précédent de la crue du fleuve Sénégal en 1983 et ses conséquences.

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 2 compare l'hydrogramme de l'année 83 à ceux d'autres années déficitaires connues sur le fleuve Sénégal à Bakel. La station de Bakel est la station de référence du bassin, les apports aval étant considérés comme négligeables - (cf. figure 1).

Sur cette station, on a fait les observations suivantes en 1983 :

Après la crue précoce de la mi-juin résultant de l'épisode pluvieux (responsable par ailleurs de dégâts importants 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 m³s⁻¹, jusqu'à la décrue d'octobre. Le maximum est atteint à 1240 m³s⁻¹ le 23 août, puis une décrue rapide survient, le débit se stabilisant en dessous de 750 m³s⁻¹ du 30 août au 20 septembre. Le 22 septembre, une seconde pointe de crue atteint 1060 m³s⁻¹ et précède la décrue générale qui correspond déjà début octobre à un simple tarissement.

L'hydrogramme 1983 est le plus mou observé avec celui de 1913. Le maximum est à plus de 1000 m³s⁻¹ en dessous du maximum de 1982, à plus de 200 m³s⁻¹ en dessous du maximum de 1972. Il dépasse à peine celui de 1913.

Le débit de 500 m³s⁻¹ n'a été dépassé que pendant 72 jours, soit la plus courte période observée (82 jours en 1913).

Le module 83-84 est le plus faible connu de la période d'observation. De fait le module 84-85 sera encore plus faible et l'hydrogramme encore moins marqué (maximum inférieur à 1000 m³s⁻¹).

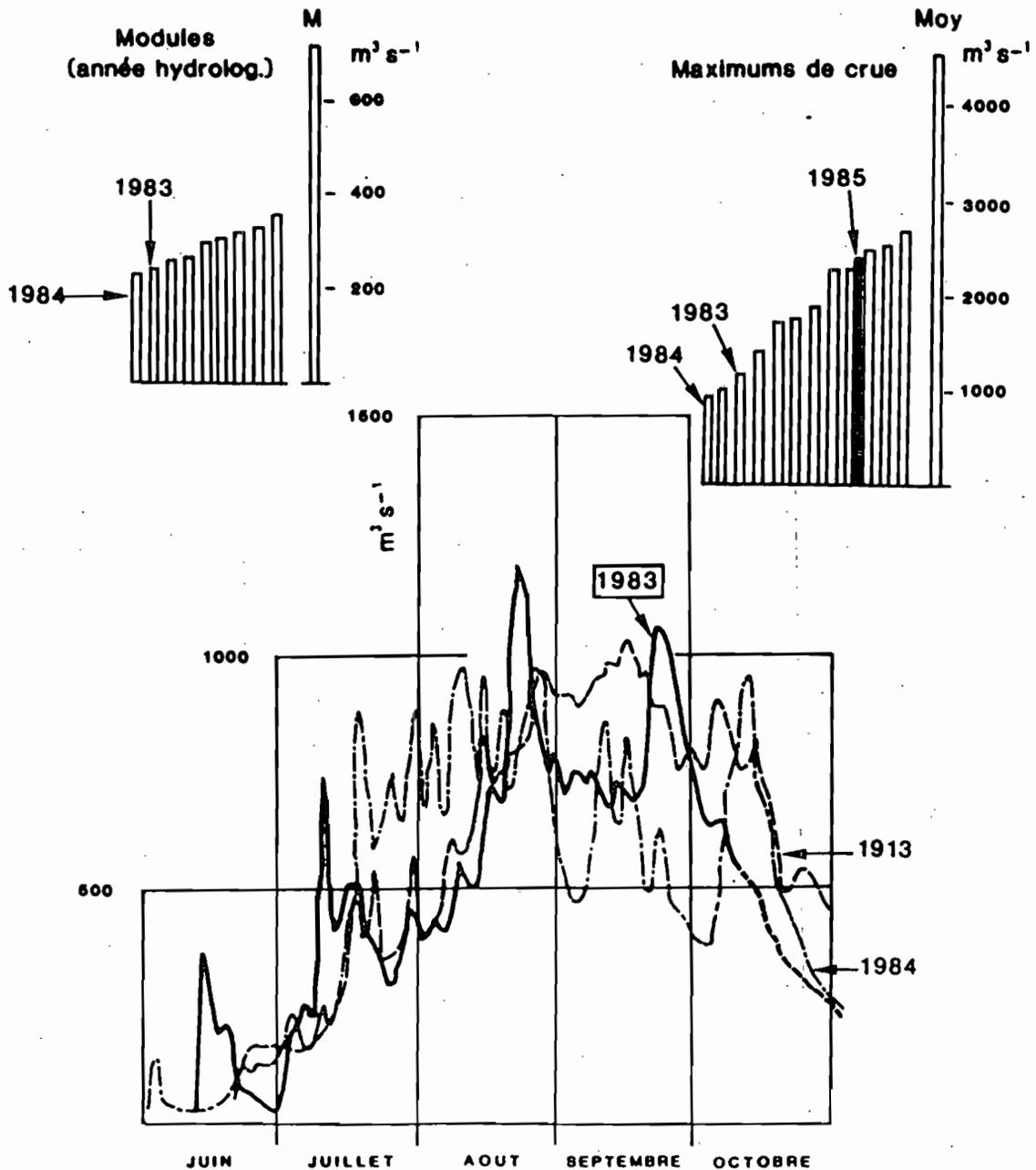


Fig. 2 Débit du Fleuve Sénégal à Bakel

Dans la vallée, les superficies inondées ont été 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) devait être très touchée par la limitation des possibles irrigations. Dans le cas de la CSS, les conséquences dépasseront largement la prochaine saison sèche (replantation sur les 2/3 des surfaces de cannes, peu productrices les premières années). 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 qui n'a reçu qu'une alimentation annuelle réduite liée à la crue du fleuve. De plus on doit s'attendre à une invasion marine sans précédent ; l'intrusion saline devrait être plus précoce et plus profonde dans la vallée du fleuve Sénégal et les concentrations plus fortes

Ces faibles réserves vont également entraîner une pénurie dans l'alimentation en eau des villes branchées sur la conduite de Ngnith (Lac de Guiers - Dakar) 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.

1.2. Le projet, ses contraintes et la prévision hydrologique.

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 Kheune, en aval de Diawar, à 115 km de l'embouchure. Le fleuve a environ 300 m de large. Sa profondeur maximale est de 14 m. Le matériau est disponible sur place : 400 à 500 000 m³ devraient être ainsi utilisés. On compte sur la baisse progressive du débit, 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.

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 de Kheune ;

- 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 autant que possible pendant la durée des travaux le niveau du lac à sa cote initiale afin qu'une partie des volumes ultérieurement stockés ne serve pas seulement à compenser l'évaporation du lac pendant la réalisation du barrage.

La prévision hydrologique est essentiellement basée sur - la forme de 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 Kounghabi près de Bakel (système Argos)), - l'étalonnage de la station de Bakel actualisé en 1982, (OLIVRY, 1982) la connaissance des décrues et tarissements des années antérieures, - le transfert des débits vers l'aval.

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 ; mais par rapport aux données de ROCHETTE (1974), le tarissement paraît plus rapide les dernières années. La figure 3 montre trois exemples de ces courbes avec 1972-73, 1980-81 et 1982-83. On n'a pas tracé 1913-1914 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 3 la courbe de prévision des débits à Bakel pour les prochains mois en hypothèse basse.

On sait qu'en période de décrue le transfert des débits, de l'ordre de 600 à 200 m³s⁻¹ entre Bakel et l'aval, demande de 18 à 25 jours pour Dagana. Ce serait plus d'un mois pour Diawar.

Une étude plus 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.

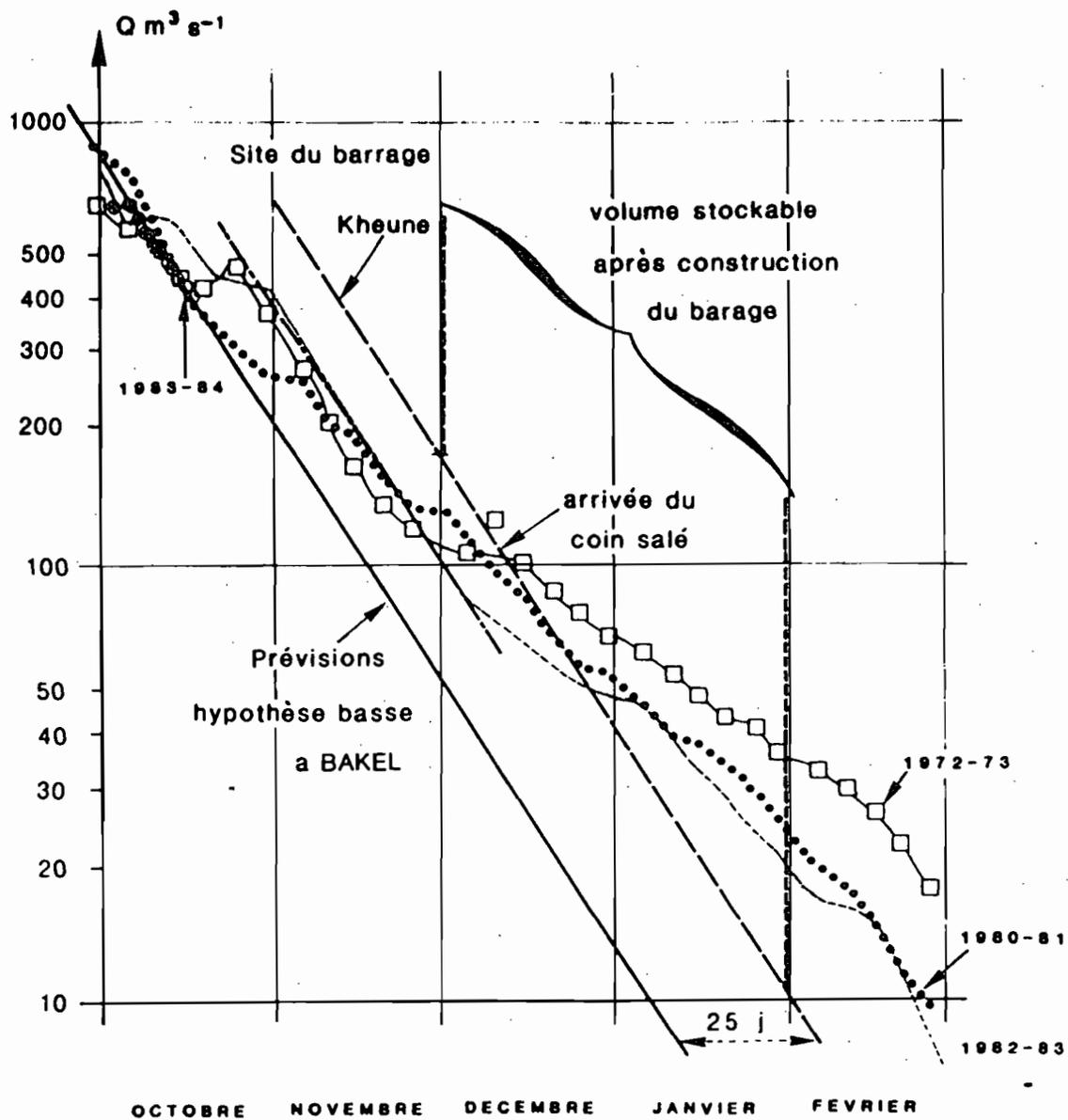


Fig. : Observations du tarissement et prévisions

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 $100 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$. Au site du barrage, on peut estimer ce débit à $110-120 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$. 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.

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 de - 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 m³ comme apports du fleuve au lac. Le 30/09/82, la cote du lac était de + 1 m 15, 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 lac = 0,60 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.

1.3. 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 un scénario fixant la mise en service de barrage au 01/12/83.

- Volume stockable après la mise en service du barrage : en limitant le débit naturel disponible à 10 m³s⁻¹, c'est-à-dire en négligeant les apports du fleuve d'un débit inférieur à 10 m³s⁻¹, 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 m³s⁻¹ au barrage, le volume des apports du fleuve pour ces deux mois serait de l'ordre de 310 m³.

- 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 km² pour le lac de Guiers à la cote + 0,75 * et de 80 km² environ sur le fleuve, soit 305 km² 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 305.10⁶ m² x 360.10⁻³ m = 110.10⁶ m³.

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

- 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 m³/s. Ces pompages concernent la Mauritanie et le Sénégal. Sur décembre et janvier, on aboutit à une ponction de 80 M m³.

- 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 m³ 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 m³ dans le lit mineur du Sénégal ;

- 90 millions de m³ 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 m³ en 45 jours, soit un débit de pompage de 15 m³/s. Techniquement (pompes disponibles à cet effet) on peut espérer pomper plus de 10 m³/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.

- 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 Dagona. 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 m³ stockés 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.

1.4. L'urgence de l'intervention et conclusion sur la prévision hydrologique.

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 (supérieur à 2

ou 3 g/l). Entre cette date et le 1er février, le stockage ne concernera plus que 150 millions de m³ (soit la moitié du stockage prévu au 1/12) dont 80 M m³ seront repris par évaporation et 70 M m³ 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.

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 fine. Celle-ci plus satisfaisante pour l'esprit, en introduisant une meilleure détermination de paramètres indépendants de variations saisonnières (V m³, S km² 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 m³ de janvier à la mi-février dans l'exemple indiqué).

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 en plus l'intérêt d'assurer en juillet 1984 le remplissage du lac de Guiers dès le début de la saison des hautes-eaux avant que l'ouvrage ne soit "emporté" par la crue 1984...

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

2. LA REALISATION DU PROJET ET LES RESULTATS.

Les travaux ont commencé le 25 octobre 1983. Les moyens mis en oeuvre par l'Armée Sénégalaise, l'organisation et la logistique mises en place par les officiers du Génie, l'appui matériel des sociétés de Travaux-Publics, de la C.S.S et de la partie mauritanienne ont permis de réaliser le barrage-bouchon de terre de Kheune en 30 jours d'une incessante noria d'engins progressant essentiellement depuis la rive gauche. La conduite de cette opération - dont le coût, partagé entre les Etats et le C.S.S, est de plus d'1/2 milliard de francs CFA - constitue une première sur un fleuve de cette taille dont le débit initial dépassait encore 500 m³s⁻¹. Le 25 novembre, la course contre la montre engagée par les artisans du projet est gagnée au moment où la remontée saline commence à être perceptible au site du barrage.

Dès cette date, les apports du fleuve vont s'accumuler en amont tandis que la salinité augmente très rapidement en aval. A la mi-janvier, la cote maximale atteinte se situe autour de 1,20 m (cote IGN), soit une charge de plus d'un mètre au-dessus du niveau moyen du bief aval soumis à l'onde de marée. A Dagana, 80 km plus en amont, le niveau du bief fluvial se stabilise entre 0,75 et 0,80 m cote IGN (1,19 à 1,24 à l'échelle) de la mi-décembre à la mi-janvier. Dès février, l'évaporation du lac excède les apports amont et le niveau de la retenue créée par Kheune va baisser pour atteindre - 0,80 m IGN en juin.

De son côté, le lac de Guiers a une cote + 0,48 IGN à l'échelle de N'Gnith à la fin de novembre. Les pompages d'appoint n'ont pas été exécutés suivant les prévisions pendant les travaux et l'évaporation du lac n'a pas été compensée, d'où un niveau plus bas que les prévisions. Le canal de la Taoua, reliant le lac au fleuve est ouvert dès la fermeture du barrage de Kheune et le lac de Guiers se remplit régulièrement jusqu'à la cote + 0,76 à la mi-janvier ; au déficit initial s'ajoute donc un léger déficit des apports. Le niveau du lac baisse par évaporation (cote 0,0 le 25 mai, cote minimale 0,50 m le 10 juillet 84). A cette date, le gain par rapport à l'année précédente est considérable :

- un niveau minimum de 60 cm plus haut sur le lac de Guiers, avec pour corollaire une alimentation en eau normale des zones maraîchères de Thies et du Cap Vert et des centres urbains de Saint-Louis à Dakar.

- un plan d'eau douce de Kheune à Podor, dans lequel les agriculteurs, la SAED et la C.S.S ont pu puiser directement (8000 ha de canne à sucre, 300 ha de riz en double culture, etc...) pendant toute la saison sèche.

L'impact du bouchon-barrage de Kheune a dépassé la seule saison sèche 1983-84. La précrue 84 bloquée par le barrage, permet dès le 10 juillet de réalimenter le lac de Guiers. Le barrage de Kheune "déborde" sous la montée des eaux le 23 juillet ; une brèche se forme dans la zone centrale. Deux heures après l'ouverture de la brèche, le niveau amont du fleuve était à la cote + 2,70 m. La brèche atteindra une largeur de 150 m et une profondeur maximale de 8 m mais la crue 1984 est si faible que l'essentiel du barrage subsiste...

Devant des conditions d'hydraulicité de 1984 encore plus catastrophiques que l'année précédente, les autorités n'hésitent pas à renouveler l'expérience du barrage provisoire de Kheune. Un chantier plus léger est mis en oeuvre pour Kheune II et le barrage est de nouveau fermé le 14 novembre 1984. Immédiatement cette avance par rapport à 1983 permettra une meilleure alimentation du lac de Guiers dont le niveau n'est alors que de + 0,43 m. Le 24 décembre, il atteindra son niveau maximum à la cote 0,99 m. Fin mai 1985, la cote est encore de + 0,18 m. Un gain de 20 cm environ a été obtenu par rapport à la saison sèche précédente. L'expérience des bénéfices de l'année 1984 permettra, outre les domaines majeurs déjà évoqués, de valoriser en 1985 les ressources disponibles dans une augmentation de la double culture.

Le tableau ci-après permet de comparer l'évolution des niveaux du lac de Guiers au cours de ces trois dernières années.

HAUTEURS DU LAC DE GUIERS (en cm).									
	Max crue	Fermeture		Maximum		Minimum		Apport crue suivante	
	Bakel m ³ s ⁻¹	H	date	H	date	H	date	H	date
1982-83	2280	-	-	110	30.9	-110	30.6	75	1.10
1983-84	1240	48	25.11	75	15.1	-50	10.7	63	3.09
1984-85	1000	43	14.11	99	24.12	-25	20.7	(150)	30.09
1985	2500	fermeture du barrage de Diama le 13.11							

Les figures 3 et 4 complètent les travaux de COGUELS, GAC, SAOS et al. (1983) et illustrent l'incidence du barrage de Kheune sur les niveaux du lac de Guiers et sur la remontée saline dans le fleuve liée au module de Dagana.

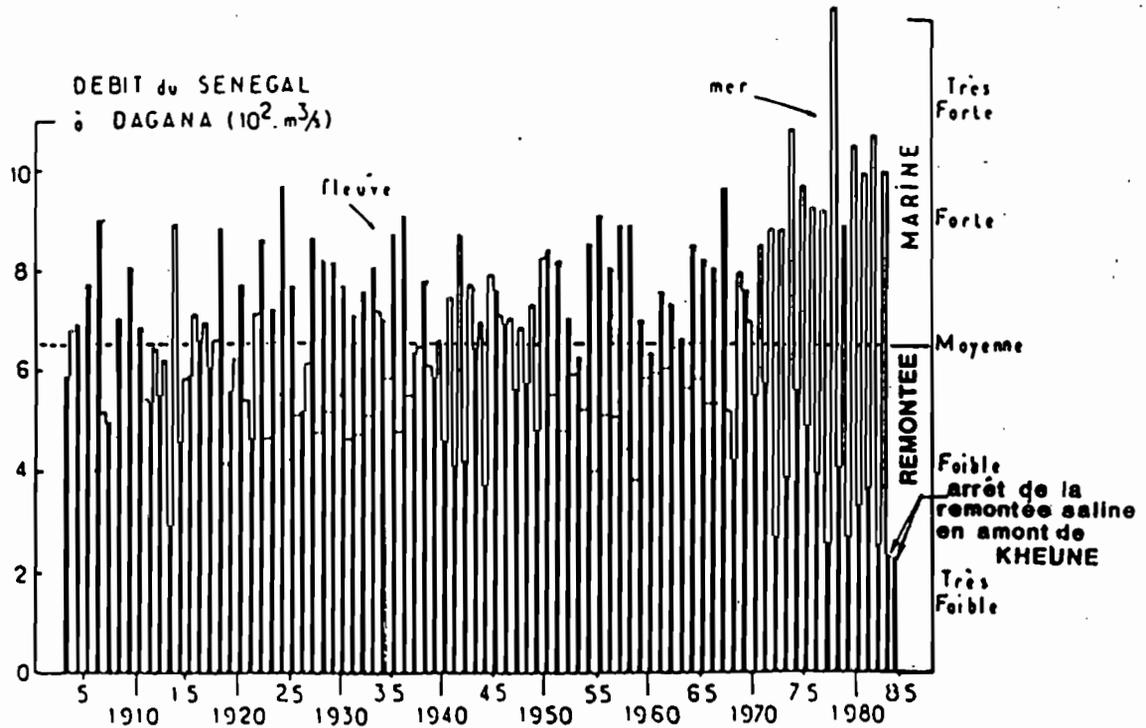


Figure 3 : Comparaison entre les modules interannuels et l'intrusion saline.

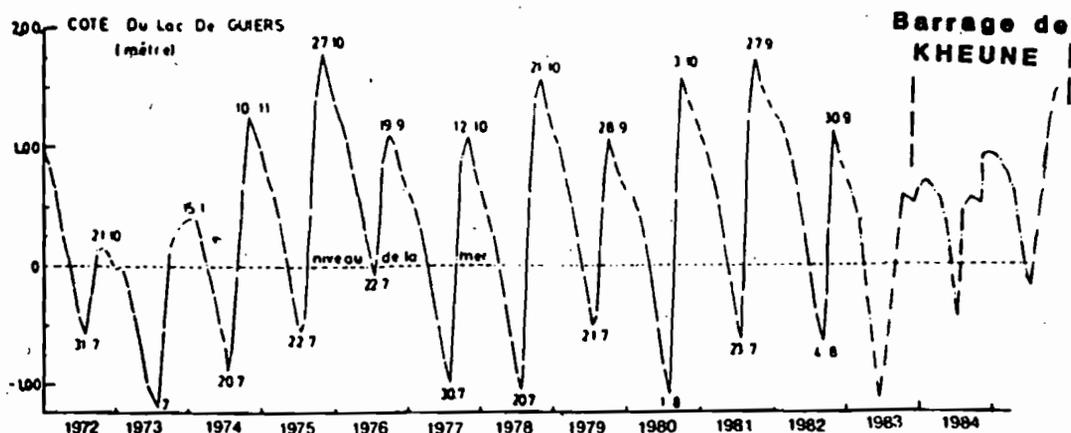


Fig. 4 - Evolution saisonnière et annuelle de la cote du plan d'eau du lac de Guiers à N'Gnith entre 1972 et 1985.

La crue 1985 est arrivée le 25 juillet à Kheune. Les troupes du Génie ont rehaussé la digue pour qu'un volume maximum alimente le lac de Guiers. Le 9 août, ils ont dû céder devant le flot. La crue 1985 qui a atteint un maximum de 2500 m³/s à Bakel a emporté le bouchon de Kheune. Le 13 novembre, le grand barrage de Diama à 50 km de l'embouchure est achevé ; la remontée saline s'est fait sentir dès le 6 novembre, la fermeture de Diama arrive à point. Dès lors l'invasion marine est définitivement jugulée, les ressources en eau de la saison sèche seront rationnellement utilisées. L'expérience du barrage de Kheune aura permis de passer le cap des deux plus fortes années de sécheresse qu'ait connues le Sénégal de mémoire d'homme.

BIBLIOGRAPHIE

COGELS, F.X., GAC, J.Y, 1983. Evolution hydrogéochimique du Lac de Guiers (Sénégal) au cours de la sécheresse actuelle au Sahel. ORSTOM-Dakar.

KANE, A, 1985. Le bassin du Sénégal à l'embouchure : flux continentaux et particuliers, invasion marine dans la vallée du fleuve. Thèse de 3ème cycle. Nancy.

OLIVRY J.C., Les mesures hydrologiques sur le bassin du fleuve Sénégal. Campagne 1980, 1981, 1982. ORSTOM-Dakar.

OLIVRY J.C., 1982. Pour un système de prévision des débits du fleuve Sénégal. (L'exemple en vraie grandeur de la télétransmission des données recueillies à Bakel et Kidira).
56 p. ORSTOM-Dakar.

OLIVRY J.C., 1983. Contribution de la prévision en hydrologie à l'éventuelle maîtrise des ressources déficitaires du fleuve Sénégal pour la saison sèche 1983-84.
9 p. ORSTOM-Dakar.

ROCHETTE C., 1974. Le bassin du fleuve Sénégal. ORSTOM-Dakar, 1968 ; dans la collection Monographies Hydrologiques ORSTOM-Paris, vol. 1.

SAOS J.L., KANE, A, CARN, M, GAC, J.Y, 1984.

Persistance de la sécheresse au Sahel : inovation marine exceptionnelle dans la vallée du fleuve Sénégal. ORSTOM-Dakar.

SAOS J.L., ZANTE, P. 1985.

Le "bouchon-barrage" de Kheune son influence sur les eaux de nappe alluviale et du fleuve Sénégal - ORSTOM-Dakar.

Olivry Jean-Claude

Le barrage de Kheune : un exemple d'action conjoncturelle de secours pour la maîtrise des ressources déficitaires du fleuve Sénégal de 1983 à 1985

Paris : ORSTOM, 1986, 13 p. multigr.