

43



CRDO - DAKAR  
03/04/97  
11510 cote

L'APRÈS BARRAGE AU SÉNÉGAL ; GESTION FUTURE  
(QUANTITATIVE ET QUALITATIVE) DES EAUX DU LAC DE GUIERS

85?

F. X. BOGELS (1) et J.-Y. GAC (2)

L'extrême fragilité du lac de Guiers est liée aux importantes variations saisonnières du niveau du plan d'eau. Cette instabilité peut, d'une année sur l'autre, selon la crue du Sénégal, ralentir voire même provoquer l'arrêt totale des principales activités qui se sont développées sur son pourtour.

L'assèchement d'une grande partie du lac, comme ce fût le cas en 1978, 1980 et surtout en 1983, ne résulte pas seulement de causes naturelles mais découle aussi du manque de concentration entre les principaux utilisateurs, de l'absence de plan de gestion de cette réserve d'eau douce trop fortement sollicitée. Le retrait des eaux en fin de saison sèche vers le centre de la dépression, l'augmentation de la minéralisation des solutions provoque le ralentissement des cultures irriguées et maraîchères qui se répercute sur l'économie de la région, occasionne des coupures dans l'alimentation en eau potable des grandes agglomérations et engendre des dégâts irrémediables sur la faune piscicole.

A partir de 1986, l'achèvement du barrage anti-sel de Diama devrait à priori permettre un meilleur remplissage du lac de Guiers. On peut envisager que le plan d'eau atteindra voire dépassera (ce qui implique des écoulements vers la vallée du Ferlo) la cote 2,50 m IGN, dans la mesure où seront achevés les aménagements du fleuve entre les villes de ROSSO et de RICHARD-TOLL, le colmatage des déversoirs potentiels sur le pourtour du lac et le rehaussement des digues de Keur Momar Sarr et de Niet Yone.

La gestion des eaux lacustres et l'éventuelle remise en eau de la vallée du Ferlo après la mise en fonction des barrages de Diama puis de Manantali n'a pas encore été précisée. Deux possibilités peuvent être envisagées : maintien comme c'était le cas avant l'édification de Rheune d'une décrue semi-artificielle du lac ou remplissage épisodique et prolongé, comme à l'heure actuelle, jusqu'en fin de saison sèche pour conserver le plan d'eau à un niveau plus constant. Cette seconde solution comporte bien des risques qui devront être évalués chaque année, en fonction des écoulements dans le fleuve afin de concilier les multiples intérêts en jeu.

Remarque : Ce document n'aborde que le problème de la gestion future du lac de Guier. Il a été établi à partir des travaux entrepris par la FUL (1) et l'ORSTOM (2) et il fait partie d'une étude plus synthétique qui doit paraître fin 1984 sous la forme d'un mémoire d'Etat. Ceci explique les renvois multiples, dans le texte, à d'autres chapitres. Le rapport final plus élaboré constituera un élément de base pour ouvrir le débat sur l'éventuelle renaissance, comme le souhaite les populations riveraines, de la vallée morte du Ferlo.

(1) Fondation Universitaire Luxembourgeoise - ,140, Rue des Déportés, arlon (Belgique).

(2) ORSTOM/Hann - B.P. 1386 - DAKAR (Sénégal).

## A/ LES INTÉRÊTS EN JEU.

- Les cultures irriguées : A partir de 1986, la CSS devrait pouvoir assurer son irrigation à partir des eaux fluviales maintenues douces toute l'année. En dehors de la phase de remplissage du lac, le second pont-barrage pourrait ainsi rester fermé. La CSS ne serait donc plus tributaire des eaux lacustres. La SAED, la SOCAS et les autres petites exploitations agricoles ont le souci de maintenir le lac à un niveau plus élevé que le seuil d'exhaure de leurs installations de pompage. Ce seuil se situe largement en-dessous de la cote -0.50 m IGN. Maintenir le lac à un niveau élevé une bonne partie de l'année ne leur procurerait aucun avantage.
- Les cultures de décrue : De par leur nature, ces cultures nécessitent le retrait progressif des eaux. L'alternative OMVS avec maintien du lac à un niveau constant entraînerait leur disparition alors qu'il est très possible de sauvegarder ces exploitations traditionnelles qui ont une importance alimentaire et économique dans la région. Le revenu monétaire annuel des cultures de décrues est d'environ 400 000 FCFA à l'hectare.
- L'adduction d'eau potable (SONEES) : Le problème de la SONEES est de ne pas voir la cote du lac descendre à un niveau inférieur à -0.80 m IGN, de manière à éviter toute coupure dans les pompages et la production d'eau potable. Le maintien du plan d'eau à un niveau élevé toute l'année ne présente, ici non plus, aucun avantage particulier : la seule difficulté que nous envisagerons plus loin consiste à éviter l'afflux d'eau salée de la zone méridionale qui contaminerait la zone exploitée par la SONEES. Nous envisagerons cet aspect au point B.
- La faune piscicole : Comme nous l'avons vu au chapitre 3., la productivité piscicole des eaux lacustres est bonne : de 1980 (année de très forte baisse des eaux) à 1982, la faune piscicole s'était remarquablement reconstituée grâce au maintien en 1981 et 1982 d'un niveau de l'eau suffisant en fin de saison sèche. En revanche, l'année 1983 avec un retrait des eaux des cuvettes méridionales et centrales, un abaissement du plan d'eau à -1.50 m IGN en juillet fut particulièrement éprouvante pour la faune : réduits à se réfugier (certains trop tardivement) dans les quelques hectares d'eau peu profonde, les poissons ont fait l'objet, malgré les interdictions gouvernementales, d'une pêche intensive. Le seuil critique, sans risques de déséquilibre écologique pour la faune, se situe à notre avis à la cote -0.50 m IGN.

Indirectement enfin, les importantes variations annuelles du niveau des eaux observées ces dernières années ont permis de limiter le développement de la faune malacologique et d'éviter ainsi l'apparition de bilharziose dans le milieu lacustre. Cette limitation au développement des mollusques s'avérera encore plus indispensable après la construction du barrage de Diama avec le maintien d'eau douce toute l'année dans le système fluvio-lacustre.

Tout concorde donc pour affirmer qu'il est indispensable de maintenir une importante variation annuelle du niveau des eaux dans le lac, tout en évitant de franchir en fin de saison sèche, une limite inférieure que nous fixerons à -0.50 m IGN. Simultanément, le plan d'exploitation des eaux du lac doit également viser à minimiser au maximum les pertes subies par évaporation.

### B/ PLAN D'EXPLOITATION.

La connaissance du taux d'évaporation moyen mensuel (cfr. tableau XV -annexe-) permet de préciser l'évolution "naturelle" du lac, soumis, aux seuls effets de l'évaporation, durant la période hors remplissage, (arbitrairement fixée bien qu'il y ait de petites variations, du 1 octobre au 31 juillet de l'année suivante). Durant cette période de 10 mois, la hauteur d'eau totale évaporée étant de 1.89 m et la cote limite inférieure se situant à -0.50 m IGN, le remplissage minimal au 1 octobre devrait ainsi être supérieur à 1.39 m IGN. La figure 5.1 illustre l'évolution théorique du lac au départ de cette dernière cote ainsi que celles correspondant aux cotes initiales de 1.50, 2.00 et 2.50 m IGN. On observe que plus les cotes de départ (au 1/10) sont élevées, plus les volumes évaporés durant la période d'isolement du lac sont importants. Ceci est normal compte tenu du fait que plus le remplissage est important, plus la surface exposée est grande et dans le même intervalle de temps les pertes par évaporation augmentent.

Pour un remplissage à 1.39 m IGN ( $485.10^6\text{m}^3$ ) le lac perd près de  $380.10^6\text{m}^3$  par évaporation, soit 80 % du volume initial; à la cote 2.50 m IGN ( $801.10^6\text{m}^3$ ) le lac perd  $502.10^6\text{m}^3$  par évaporation, soit 63 % du volume initial. Le pourcentage des pertes est plus élevé dans le premier cas que dans le second mais le fait de vouloir atteindre la cote 2.50 m IGN, au remplissage a détourné du fleuve  $316.10^6\text{m}^3$  d'eau supplémentaire et provoqué une évaporation plus importante de  $122.10^6\text{m}^3$ .

Il nous a donc paru important d'établir un modèle de gestion qui, compte tenu des besoins annuels en eau (éventuellement des besoins futurs), puisse fixer la cote maximum à atteindre au remplissage de manière à réduire les pertes par évaporation, et à pouvoir détourner vers d'autres usages l'eau qui aurait ainsi été perdue (par exemple vers les cultures irriguées de la vallée après la mise en fonction du barrage de Diama).

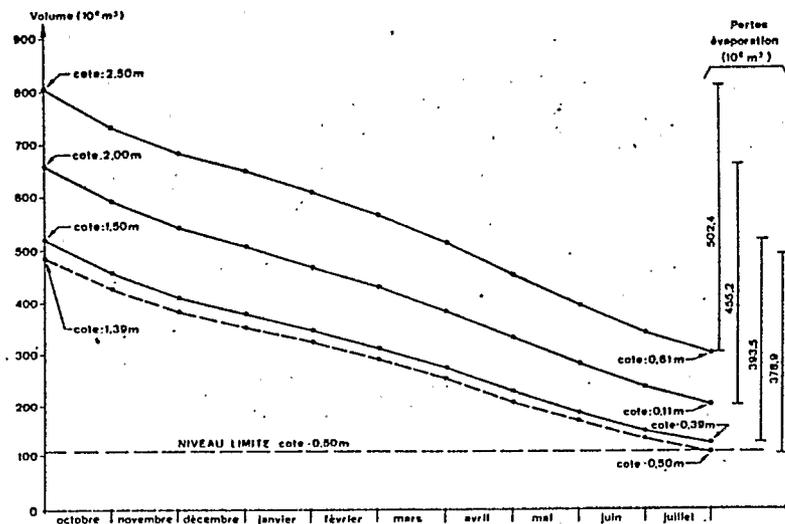


Fig. 5.1 : Evolution théorique du volume du lac ( $10^6\text{m}^3$ ), du 1 octobre au 31 juillet, sous l'effet unique de l'évaporation, et volumes totaux évaporés en fonction des différentes cotes au 1 octobre.

## 1. - MODELE MATHEMATIQUE DE GESTION QUANTITATIVE DES EAUX.

Le modèle mathématique doit permettre de répondre avec précision aux trois questions suivantes :

- 1) Compte tenu d'une cote  $x$  du lac à la fin du remplissage et connaissant les volumes pompés et rejetés dans le lac, quelle sera la cote atteinte lors de l'ouverture du pont-barrage l'année suivante ?  
Cette question s'applique à la phase précédant la mise en fonction du barrage de Diama, période durant laquelle il est impossible de régler à volonté la hauteur d'eau maximale lacustre puisqu'elle ne dépend alors que des aléas des conditions climatiques sur le bassin versant et de la crue fluviale qui en résulte.
- 2) Compte tenu d'une cote limite inférieure du lac déterminée et à ne pas dépasser en fin de saison sèche, et connaissant l'importance et la répartition dans le temps des prélèvements et rejets, à quelle cote doit-on remplir le plan d'eau quelle que soit la date de fermeture du pont-barrage de Richard-Toll ?  
Cette question s'applique à la période suivant la mise en fonction du barrage de Diama grâce auquel il sera possible de réguler à volonté le niveau d'eau maximal du lac en phase de remplissage et également de prévoir si nécessaire des réalimentations du plan d'eau en cours d'année.
- 3) Compte tenu de la cote de départ (à la fermeture du pont-barrage) de quels volumes utiles d'eau peut-on disposer et comment peuvent-ils être répartis durant l'année hydrologique, de manière à ne pas dépasser une cote limite inférieure en fin de saison sèche ?  
Ce problème est le plus complexe à résoudre puisqu'il demande de prédéterminer l'évolution idéale de la cote du plan d'eau en cours d'année.

Dans le cadre de notre étude, nous nous limiterons à l'approche des deux premiers problèmes qui sont d'ailleurs les plus urgents à résoudre.

### a) Détermination de l'évaporation journalière sur le lac.

Afin de préciser au maximum l'évolution annuelle de la cote du lac, dans les deux cas envisagés, nous allons tenter d'attribuer à chacun des jours séparant la fermeture du pont-barrage de son ouverture l'année suivante, une évaporation "type" et non plus comme précédemment nous baser uniquement sur la moyenne mensuelle calculée et reportée identique, à chacun des jours en question.

La figure 5.2 explicite la manière dont nous avons procédé. Sur base des moyennes mensuelles calculées précédemment, nous avons, pour chacun des dix mois, tracé l'évolution la plus probable de l'évaporation, ceci selon les critères suivants :

- La courbe (en fait un ensemble de droites) passe obligatoirement en début et fin du mois  $x$  par les valeurs correspondant respectivement à l'évaporation moyenne des mois  $x$  et  $x-1$ ,  $x$  et  $x+1$ .
- Au cours du mois  $x$ , et selon son évaporation moyenne par rapport à celle des mois  $x-1$  et  $x+1$ , la courbe passe par la valeur de la moyenne mensuelle soit au milieu, soit en début ou en fin de mois.

L'équation des différentes droites permet de calculer, pour chaque jour la valeur de l'évaporation correspondante. Les résultats ont été établis pour les dix mois couvrant la période d'isolement du lac, c'est-à-dire du 1 octobre au 31 juillet.

### Commentaires.

La moyenne mensuelle de l'évaporation, obtenue par cette méthode graphique (somme des évaporations quotidiennes/nombre de jours du mois) est en bon accord avec celle obtenue sur base du bilan hydrologique; la droite de régression entre ces deux

types de calculs est la suivante, pour l'ensemble des 10 mois pris en compte :

$$EL_{mG} = 0.982 EL_{mH} + 0.149 \quad r = 0.998$$

où :  $.EL_{mG}$  : Evaporation moyenne mensuelle obtenue par la méthode graphique;

$.EL_{mH}$  : Evaporation moyenne mensuelle obtenue par le bilan hydrologique.

- L'écart entre  $EL_{mG}$  et  $EL_{mH}$  pour un même mois ne dépasse jamais 0.18 mm/jour.
- Enfin, la somme totale des évaporations quotidiennes obtenues par la méthode graphique pour les 10 mois est de 1.89 m soit exactement identique à celle obtenue sur base du calcul du bilan hydrologique.

L'ensemble des droites représentées à la figure 5.2 et leur évolution dans le temps, semblent donc bien refléter avec fidélité les variations effectives de l'évaporation journalière.

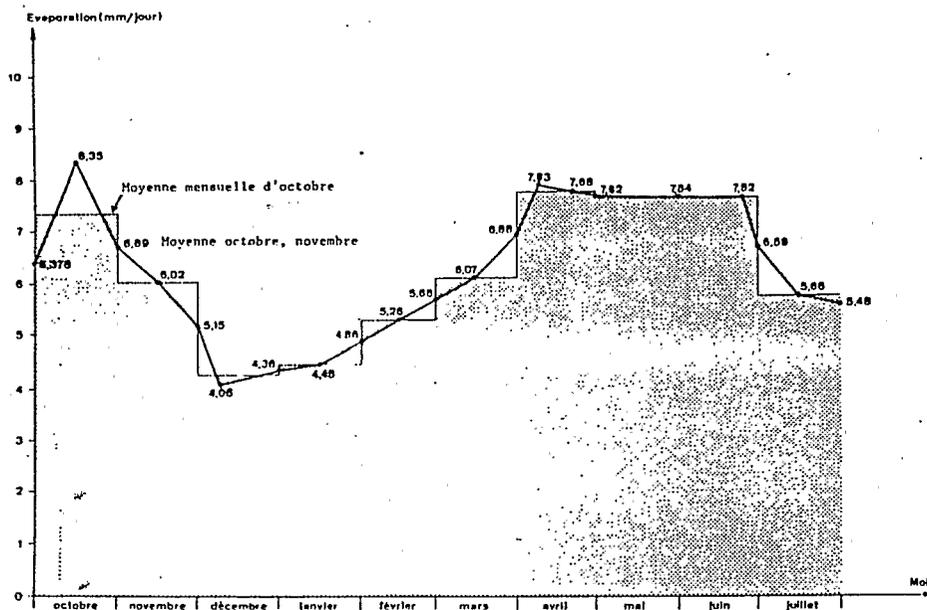


Fig. 5.2 : Evaporation moyenne mensuelle du lac (moyenne 1976-1981) et évolution intramensuelle estimée (mm/jour).

b) Modèle mathématique.

Description.

La formule de calcul permettant l'approche de l'évolution de la cote du plan d'eau, au départ d'une cote déterminée s'écrit :

$$H_{n+1} = H_n - \Delta H (V_{pN}) - \Delta H (V_{eN}) + \Delta H (V_{rN}) + \Delta H (V_{p0N})$$

où :  $.H_{n+1}$  : Cote du lac au jour n+1;

$.H_n$  : Cote du lac au jour n;

$.\Delta H (V_{pN})$  : Hauteur d'eau correspondante aux pompages du jour n;

$.\Delta H (V_{eN})$  : Hauteur d'eau correspondante à l'évaporation du jour n;

$.\Delta H (V_{rN})$  : Hauteur d'eau correspondante aux apports du jour n;

$.\Delta H (V_{p0N})$  : Hauteur d'eau correspondante à la pluviométrie du jour n.

Le passage des volumes apportés ou prélevés ( $V_p, V_r, V_{p0}$ ) à une différence de hauteur d'eau s'effectue par simple division de ces mêmes volumes par la surface du lac le jour n.

Pour la pluviométrie, il convient de tenir compte des apports par ruissellement

selon la méthode décrite au point 1.4. Il est bien évident que le calcul de la pluviométrie ne peut s'appliquer lors de l'estimation prévisionnelle de l'évolution de la cote du plan d'eau en cours d'année. Elle doit donc à ce moment être considérée comme nulle, aucune moyenne interannuelle ne pouvant être précisée vu l'irrégularité et la précarité des pluies dans la région. En cours d'année cependant les calculs peuvent être réajustés en fonction des éventuelles précipitations.

Résultats et commentaires.

Le modèle de gestion quantitative des eaux, écrit en langage "Basic" est utilisé sur micro-ordinateur Apple II. Quatre approches du problème sont possibles :

**Cas 1** : Calcul de la cote du lac en fin d'année hydrologique (ouverture du pont-barrage), d'après la cote en début d'année hydrologique et en incorporant la pluviométrie dans le modèle.

**Cas 2** : identique au précédent mais sans intervention du facteur "pluies".

**Cas 3** : Calcul de la cote du lac en début d'année hydrologique (fermeture du pont-barrage), d'après la cote en fin d'année hydrologique et comprenant les précipitations.

**Cas 4** : identique au précédent mais sans tenir compte de la pluviométrie.

Les cas 1 et 3 permettent de tester la fiabilité générale du modèle puisque tous les paramètres du bilan hydrologique interviennent et, également d'apprécier, d'une année sur l'autre, la répétitivité de l'évaporation quotidienne moyenne.

Les cas 2 et 4 sont en fait les deux options intéressant le gestionnaire du milieu puisqu'il s'agit de calculs prévisionnels ne tenant pas compte de la pluviométrie. Le cas 2 est utilisable dans la situation actuelle et le cas 4 le sera après la mise en service du barrage de Diama.

Enfin, la comparaison des cas 1 et 3 avec les cas 2 et 4 permet d'évaluer l'influence de la pluviométrie sur l'évolution annuelle de la cote du plan d'eau et par là même l'erreur qu'engendre sa non prise en compte.

Le tableau 5.1 regroupe les différents résultats obtenus sur 6 années hydrologiques (1976 à 1982).

Tableau 5.1 : Evaluation de la cote du lac (m) en début ou en fin d'année hydrologique d'après le modèle mathématique.

Année hydrol.	c. obs.	Cas 1		Cas 2		Année hydrol.	c. obs.	Cas 3		Cas 4	
		c. calc.	% erreur	c. calc.	% erreur			c. calc.	% erreur	c. calc.	% erreur
76/77	-1.04	-1.17	6.02	-1.19	6.94	76/77	1.12	1.23	5.09	1.26	6.48
77/78	-1.14	-1.09	2.13	-1.19	2.13	77/78	1.21	1.17	1.70	1.25	1.70
78/79	-0.50	-0.52	0.94	-0.61	5.19	78/79	1.62	1.64	0.94	1.73	5.19
79/80	-1.10	-0.96	6.51	-0.99	5.12	79/80	1.05	0.94	5.12	0.96	4.19
80/81	-0.65	-0.61	1.78	-0.63	0.89	80/81	1.60	1.57	1.33	1.59	0.44
81/82	-0.57	-0.56	0.43	-0.63	2.58	81/82	1.76	1.76	0.00	1.81	2.15
Moyenne			2.97		1.81	Moyenne			2.36		3.36

(c.obs.: cote observée; c.calc.: cote calculée; % d'erreur par rapport à la variation totale de niveau).

Pour l'année hydrologique 1979-80, la cote observée dans les cas 3 et 4 est celle correspondant au 1 octobre, bien que le pont-barrage ait été fermé le 27 septembre.

L'analyse du tableau 5.1 permet de dégager quelques conclusions :

- L'erreur moyenne par rapport à la réalité est de 2.6 % dans les cas 1 et 3. La fiabilité du modèle utilisé est donc très bonne d'autant plus que le coefficient de corrélation entre les 12 résultats observés et calculés est de 0.998 (c.calc. = 0.99 c.obs. + 0.01).

- La comparaison de ces deux mêmes cas permet de conclure à une bonne répétitivité

annuelle de l'évaporation quotidienne du plan d'eau : l'erreur maximale n'étant que de 6.51 % (année 1979-80).

- L'erreur moyenne enregistrée aux cas 2 et 4 est faible (3.5 %) avec un maximum de l'ordre de 7 % en 1976-77. Ceci laisse donc supposer un emploi fiable des deux modèles prévisionnels. Les coefficients de corrélation entre les valeurs observées et calculées aux cas 2 et 4 sont respectivement de  $0.947$  et  $0.969$  (c.calc. =  $0.93$  c.obs. -  $0.10$  et c.calc. =  $1.06$  c.obs. -  $0.04$ ).
- La pluviométrie intervient peu dans le bilan général. La comparaison des erreurs moyennes entre 1 et 3 d'une part et 2 et 4 d'autre part montre en effet que l'erreur introduite par la prise en considération de ce paramètre n'est que de 1 % environ.

Tel qu'il est programmé actuellement, le modèle permet de suivre avec précision l'évolution du niveau des eaux du lac en fournissant la cote prévisionnelle de 10 en 10 jours. Ceci permet d'éventuels réajustements de niveau par des apports supplémentaires en cours d'année.

Le tableau (annexe) fournit un exemple des résultats obtenus pour l'année hydrologique 1981-82.

La figure 5.3 schématise l'évolution du niveau du lac, observé et calculé d'après le modèle, au cours de deux années hydrologiques (hypothèse 2 sans apport pluviométrique). On peut remarquer la bonne correspondance entre les deux courbes qui sont presque superposées.

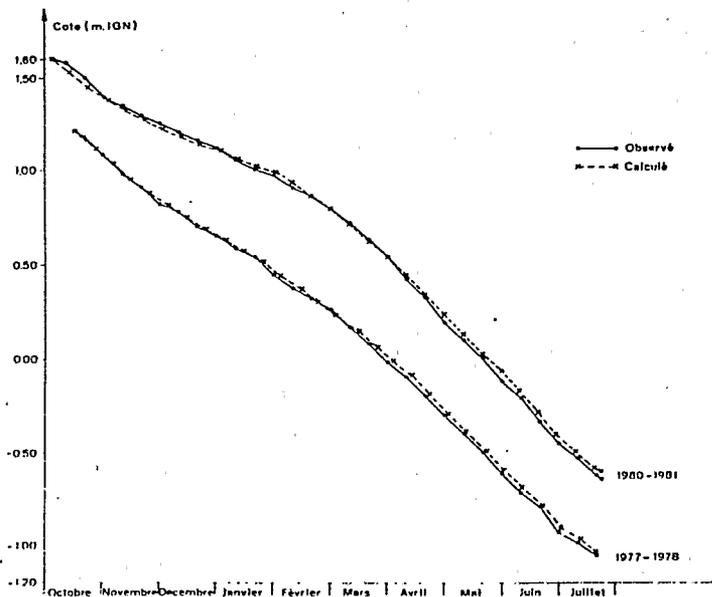


Fig. 5.3 : Evolution d'octobre à juillet, de la cote du lac observée et calculée d'après le modèle (m) au cours de deux années hydrologiques (1977-78 et 1980-81).

## 2 - EXPLOITATION DU LAC AVANT ET APRES L'ACHEVEMENT DU BARRAGE DE DIAMA.

### a) Plan général d'exploitation.

La crête du barrage de Diama est prévue à la cote 2.50 m IGN, niveau minimum qui sera aussi atteint dans le lac de Guiers après le rehaussement des digues de Niet Yone, de Keur Momar Sarr et l'aménagement de celles de la rive droite du fleuve. Cette position du plan d'eau lacustre sera d'autant plus accessible que dans les meilleures conditions le lac ne détourne actuellement que 6 à 7 % des écoulements du fleuve.

Pour répondre aux besoins des différentes activités liées à l'utilisation des eaux lacustres, nous avons tenté d'évaluer la cote minimale indispensable chaque année en fin de remplissage pour satisfaire les prévisions de pompages au cours des dix mois suivants. A partir des différentes cotes initiales (le 1 octobre), il est possible pour chacun des 304 (ou 305) jours qui s'écoulent jusqu'au 31 juillet de calculer les variations de hauteur du plan d'eau imposées par l'évaporation et les pompages quotidiens, le but final étant de se maintenir en fin de saison sèche au-dessus de la cote -0.50 m IGN.

Le tableau / (annexe) regroupe toutes les données sur les variations de niveau, les possibilités de pompages et l'importance de l'évaporation en fonction de la cote maximale atteinte lors du remplissage. Ces résultats appellent quelques remarques :

- tout d'abord, la situation la plus défavorable pour les implantations hydroagricoles. Elle correspond à un niveau d'eau limité à 1.39 m IGN : les possibilités de pompages sont nulles, l'évaporation provoquant à elle seule l'abaissement du lac à la cote critique de -0.50 m IGN le 31 juillet. On comprend ainsi beaucoup mieux l'assèchement presque total du lac observé en 1983 à la suite du maintien des pompages au rythme habituel, en dépit d'un faible remplissage du lac (1.14 m IGN le 1 octobre 1982).

- dans les conditions actuelles qui nécessitent pour les différents utilisateurs, de l'ordre de 650 000 à 700 000 m<sup>3</sup>/jour, les abaques tracés sur les figures 5.4 et 5.5 montrent que pour répondre aux multiples sollicitations dont il est l'objet, la cote du lac devrait au minimum se situer le 1 octobre à 2.25 m IGN, c'est-à-dire au niveau "plafond" autorisé par les aménagements actuels.

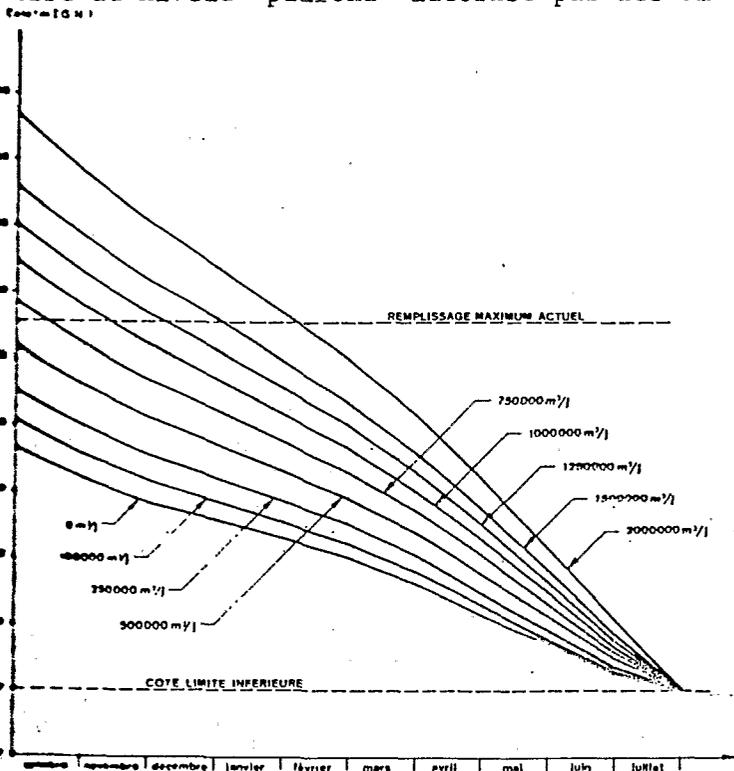


Fig. 5.4 : Evolution de la cote du lac du 1 octobre au 31 juillet en fonction de diverses alternatives de prélèvements d'eau (évolution calculée sur base du non dépassement de la cote -0.50 m IGN au 31 juillet).

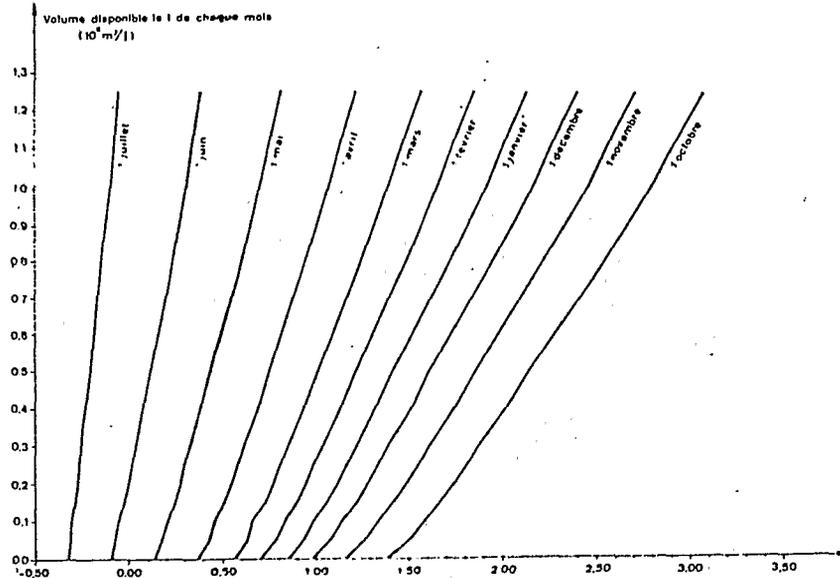


Fig. 5.5 : Volume quotidien disponible du l de chaque mois ( $10^6 \text{m}^3/\text{jour}$ ) jusqu'au 31 juillet, en fonction de la cote du lac (m IGN) en début de mois.

- on constate par ailleurs (fig. 5.6) que les pertes par évaporation prédominent largement tant que les captages restent inférieurs à  $0.5 \cdot 10^6 \text{m}^3/\text{jour}$ . La situation s'inverse à la cote de remplissage de 3.36 m IGN (équilibre entre volumes évaporés et pompés) qui exigerait afin de la "rentabiliser" un pompage quotidien de l'ordre de  $1.16 \cdot 10^6 \text{m}^3/\text{jour}$ .

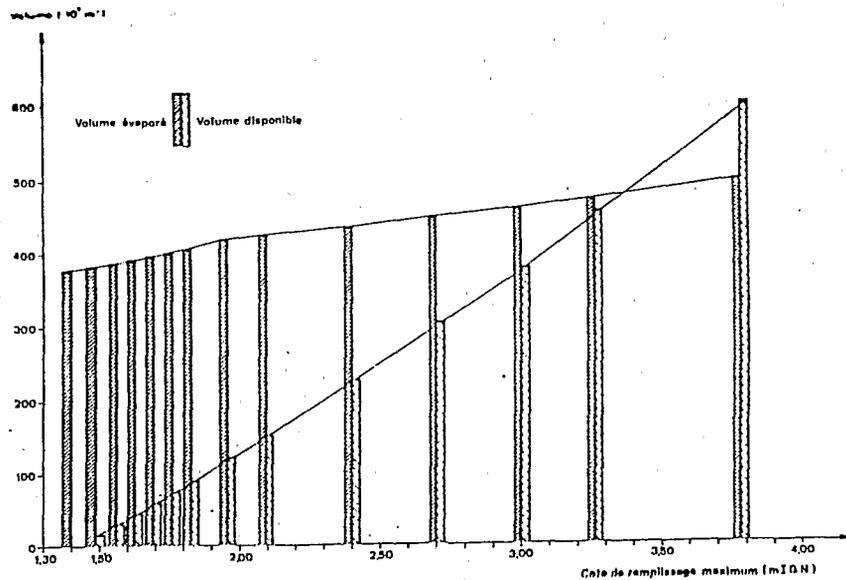


Fig. 5.6 : Volumes totaux évaporés et disponibles entre le 1 octobre et le 31 juillet en fonction de la cote du lac atteinte au remplissage (sur base du non dépassement de la cote -0.50 m IGN au 31 juillet).

Le tableau 1 (annexe) et les abaques des figures 5.4, 5.5 et 5.6 permettent de conclure que la cote du lac à atteindre au remplissage peut être calculée avec précision. Elle doit être fixée en fonction des besoins qui peuvent être variables dans le temps et avec une faible marge d'erreur afin d'atténuer les pertes par évaporation. Il faut enfin remarquer qu'un remplissage à une cote élevée suivi de pompages importants, diminue l'importance relative de l'évaporation, de manière proportionnelle à ces mêmes pompages. Le choix d'une cote optimale de remplissage en fonction des besoins s'avère ainsi indispensable.

La figure 5.7 indique au fur et à mesure de la baisse des eaux l'évolution, des surfaces exondées disponibles pour les cultures de décrue. En estimant à  $0.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ . les besoins futurs pour les exploitations traditionnelles, le niveau du lac devrait au remplissage se situer à 1.68 m IGN, et les populations disposeraient alors de superficies cultivables de l'ordre de 15 000 ha.

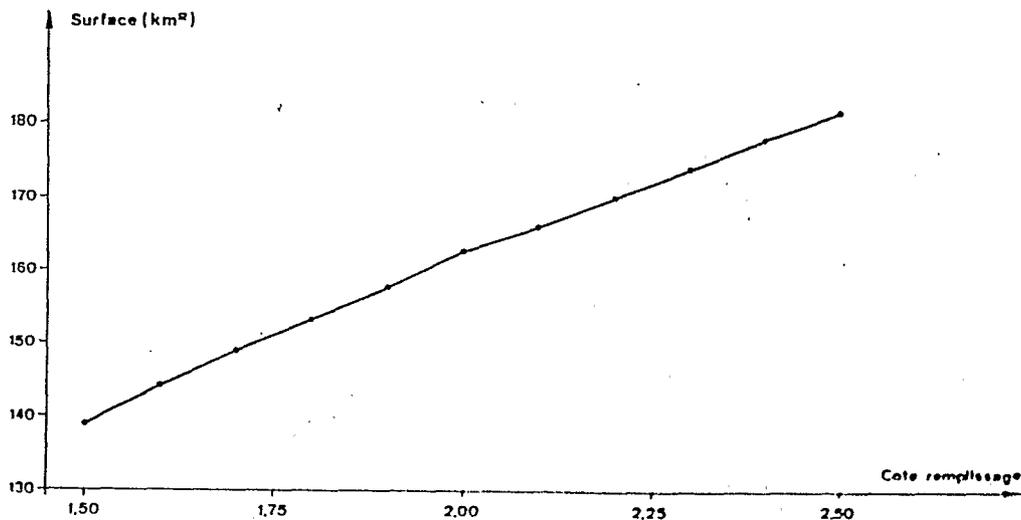


Fig. 5.7 : Evaluation des surfaces exondées annuellement en fonction de la cote de remplissage du lac (m IGN) et pour une cote de -0.50 m IGN au 31 juillet.

#### b) Les alternatives.

Nous pouvons maintenant envisager plusieurs scénarios en fonction du plan d'exploitation de la réserve d'eau constituée en amont du barrage anti-sel de Diama. Le plan d'eau doit s'étendre sur  $440 \text{ km}^2$  et le volume stocké sera de l'ordre de 580 millions de  $\text{m}^3$  (ces caractéristiques sont assez semblables à celles du lac de Guiers qui à son maximum d'extension actuel couvre une superficie de  $300 \text{ km}^2$  et contient 720 millions de  $\text{m}^3$  d'eau). Avant l'achèvement de Manantali<sup>1</sup>, prévu en 1990, trois périodes vont se succéder avec pour chacune d'entre elles des contraintes hydrologiques différentes.

#### Jusqu'en 1986.

D'ici la mise en service du barrage de Diama prévue en 1986, les conditions (ou les possibilités) d'exploitation des eaux du lac de Guiers resteront tout aussi difficiles qu'elles ne le sont aujourd'hui. La réserve lacustre est actuellement sur-exploitée, à la suite de l'important déficit pluviométrique et nous avons montré les incidences néfastes que cette situation engendrait entre autres pour la faune piscicole. Aucune alternative n'est envisageable d'ici 1986 : les besoins (de la SONEES et surtout de la CSS) étant considérés comme des priorités et les conséquences écologiques largement subordonnées aux exigences économiques. Les populations riveraines du lac subissent les contrecoups d'une exploitation démesurée par rapport aux possibilités actuelles en eau. Les événements de l'année hydrologique 1982-83 en sont la parfaite illustration. Quels sont les moyens pour remédier partiellement à une nouvelle accentuation de l'aridité ? La réponse à cette question a été donnée en novembre 1983, par la construction hâtive sur le fleuve d'un barrage provisoire en terre à la hauteur du village de Rheune (50 km en amont du site de Diama). Etant donné sa fragilité il faut envisager deux possibilités : ou bien il résiste à la

<sup>1</sup>Barrage de retenue destiné à régulariser les écoulements du Sénégal.

pression d'une crue faible, ou bien il est emporté par le flot ou l'afflux d'écoulements importants en 1984.

1<sup>e</sup> Hypothèse : le barrage résiste jusqu'au 31 juillet 1984.

Dans la situation actuelle avec le barrage de Rheune qui préfigure Diama, les captages de la CSS se sont poursuivis plus longtemps dans le fleuve et des pompages d'appoint ont permis d'alimenter le lac pour le maintenir à une cote élevée jusqu'au 1 mars 1984 (0.60 m IGN à cette date pour 0.19 m IGN le même jour en 1983). La difficulté réside dans le fait que le volume d'eau ainsi piégé dans le lit du fleuve est inconnu. La CSS est donc dans l'impossibilité de prévoir la date à partir de laquelle elle sera de nouveau tenue de s'approvisionner avec les eaux du lac de Guiers. Même en repoussant à -0.80 m IGN (cote en-dessous de laquelle l'usine de traitement des eaux de la SONEES doit arrêter toute activité) le seuil limite du niveau du plan d'eau au 31 juillet 1984, on s'aperçoit d'après le tableau 5.2 que la cote nécessaire à différents intervalles de temps ne pourra être maintenue qu'à l'aide de pompages d'appoints importants. Les résultats dans le tableau 5.2 ont été obtenus en se basant sur une consommation de  $0.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$  de la CSS ( $V_{p1}$ ), de  $0.04 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$  de la SONEES ( $V_{p2}$ ) et des rejets ( $V_r$ ) de  $0.085 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$ . Pour ne prendre qu'un exemple, la cote du lac au 19 mars 1984 n'était que de 0.58 m IGN, elle aurait dû être (tableau 5.2 et figure 5.8) au minimum de 0.61 m IGN.

Tableau 5.2 : Cote minimale du lac (m IGN) à respecter à différentes dates de l'année, permettant de ne pas dépasser au 31 juillet la cote de -0.80 m IGN (compte tenu des pompages et pertes actuels et constants toute l'année).

Date	1/10	11/10	21/10	31/10	10/11	20/11	30/11	10/12	20/12	30/12	9/01	19/01	29/01
Cote du lac	1.93	1.84	1.74	1.64	1.56	1.48	1.40	1.33	1.27	1.21	1.14	1.07	1.00
Date	8/02	18/02	28/02	9/03	19/03	29/03	8/04	18/04	28/04	8/05	18/05	28/05	7/06
Cote du lac	0.93	0.86	0.78	0.69	0.61	0.52	0.42	0.31	0.21	0.10	0.00	-0.11	-0.22
Date	17/06	27/06	7/07	17/07	27/07	31/07							
Cote du lac	-0.33	-0.44	-0.55	-0.66	-0.76	-0.80							

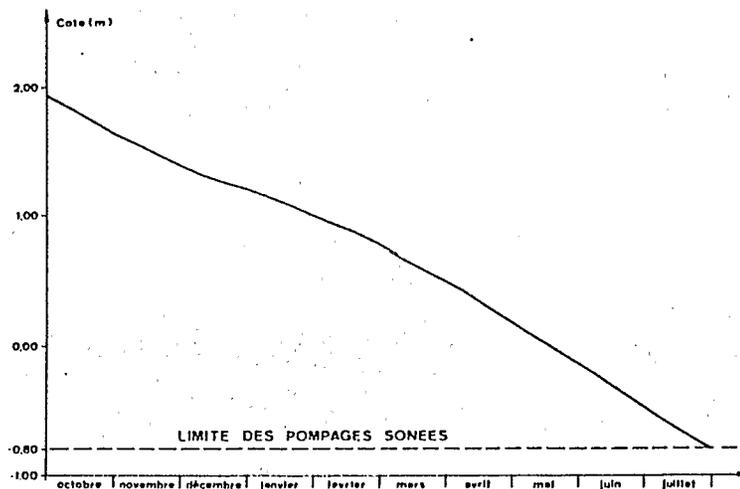


Fig. 5.8 : Evolution calculée de la cote du lac, du 1 octobre au 31 juillet (m IGN) (compte tenu des termes du bilan hydrologique actuels et avec  $V_{p1}$  constant toute l'année) permettant de ne pas dépasser la cote de -0.80 m IGN au 31 juillet.

pression d'une crue faible, ou bien il est emporté par le flot ou l'afflux d'écoulements importants en 1984.

1<sup>e</sup> Hypothèse : le barrage résiste jusqu'au 31 juillet 1984.

Dans la situation actuelle avec le barrage de Rheune qui préfigure Diama, les captages de la CSS se sont poursuivis plus longtemps dans le fleuve et des pompages d'appoint ont permis d'alimenter le lac pour le maintenir à une cote élevée jusqu'au 19 mars 1984 (0.60 m IGN à cette date pour 0.19 m IGN le même jour en 1983). La difficulté réside dans le fait que le volume d'eau ainsi piégé dans le lit du fleuve est inconnu. La CSS est donc dans l'impossibilité de prévoir la date à partir de laquelle elle sera de nouveau tenue de s'approvisionner avec les eaux du lac de Guiers. Même en repoussant à -0.80 m IGN (cote en-dessous de laquelle l'usine de traitement des eaux de la SONEES doit arrêter toute activité) le seuil limite du niveau du plan d'eau au 31 juillet 1984, on s'aperçoit d'après le tableau 5.2 que la cote nécessaire à différents intervalles de temps ne pourra être maintenue qu'à l'aide de pompages d'appoints importants. Les résultats dans le tableau 5.2 ont été obtenus en se basant sur une consommation de  $0.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$  de la CSS ( $V_{p1}$ ), de  $0.04 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$  de la SONEES ( $V_{p2}$ ) et des rejets ( $V_r$ ) de  $0.085 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$ . Pour ne prendre qu'un exemple, la cote du lac au 19 mars 1984 n'était que de 0.58 m IGN, elle aurait dû être (tableau 5.2 et figure 5.8) au minimum de 0.61 m IGN.

Tableau 5.2 : Cote minimale du lac (m IGN) à respecter à différentes dates de l'année, permettant de ne pas dépasser au 31 juillet la cote de -0.80 m IGN (compte tenu des pompages et pertes actuels et constants toute l'année).

Date	1/10	11/10	21/10	31/10	10/11	20/11	30/11	10/12	20/12	30/12	9/01	19/01	29/01
Cote du lac	1.93	1.84	1.74	1.64	1.56	1.48	1.40	1.33	1.27	1.21	1.14	1.07	1.00
Date	8/02	18/02	28/02	9/03	19/03	29/03	8/04	18/04	28/04	8/05	18/05	28/05	7/06
Cote du lac	0.93	0.86	0.78	0.69	0.61	0.52	0.42	0.31	0.21	0.10	0.00	-0.11	-0.22
Date	17/06	27/06	7/07	17/07	27/07	31/07							
Cote du lac	-0.33	-0.44	-0.55	-0.66	-0.76	-0.80							

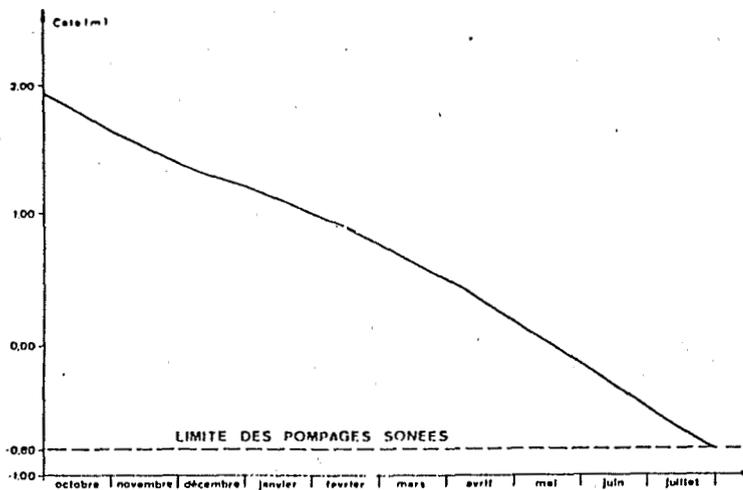


Fig. 5.8 : Evolution calculée de la cote du lac, du 1 octobre au 31 juillet (m IGN) (compte tenu des termes du bilan hydrologique actuels et avec  $V_{p1}$  constant toute l'année) permettant de ne pas dépasser la cote de -0.80 m IGN au 31 juillet.

2<sup>e</sup> Hypothèse : le barrage de Rheune est emporté par la crue.

La seule contribution que nous pouvons apporter dans cette hypothèse est de préciser l'évolution probable du plan d'eau avec toujours l'obligation de maintenir au 31 juillet 1985, le niveau lacustre au-dessus de la cote -0.80 m IGN et compte tenu des paramètres suivants :

- demande CSS :  $0.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$  du 15 février au 31 juillet;
- demande SONEES :  $0.04 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$  du 1 octobre au 31 juillet;
- rejets CSS :  $0.085 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$  du 1 octobre au 31 juillet.

Nous tiendrons compte également de l'obligation d'arrêt des pompages SONEES à partir de la cote -0.80 m IGN.

Le tableau 5.3 indique alors l'évolution de la cote du lac compte tenu de ces conditions en rapport avec différentes hauteurs d'eau atteintes en fin de phase de remplissage (au 1 octobre).

Tableau 5.3 : Evolution annuelle probable du niveau du lac (m IGN) d'ici à la mise en fonction du barrage de Diama.

Date	1/10	31/10	30/11	30/12	29/01	28/02	29/03	28/04	28/05	27/06	27/07	31/07
	2.00	1.78	1.61	1.48	1.35	1.17	0.91	0.61	0.30	-0.00	-0.28	-0.32
	1.75	1.53	1.36	1.23	1.10	0.92	0.66	0.35	0.04	-0.28	-0.59	-0.63
	1.50	1.28	1.11	0.98	0.85	0.67	0.40	0.09	-0.23	-0.58	-0.90	-0.94
	1.25	1.03	0.86	0.73	0.61	0.41	0.15	-0.17	-0.52	-0.88	-1.23	-1.27
	1.00	0.78	0.61	0.49	0.36	0.16	-0.11	-0.45	-0.81	-1.19	-1.59	-1.68

Dans ce cas, la cote à atteindre au remplissage est de 1.62 m IGN au minimum si l'on ne veut pas dépasser le niveau -0.80 m IGN en fin de saison sèche.

De 1986 à ± 1990.

Seul le barrage de Diama sera fonctionnel. La crue annuelle transitant par le barrage, nous avons représenté sur la figure 5.9, les entrées et les sorties d'eau à différentes époques de l'année (OMVS, 1979 a) (l'exemple choisi correspond aux faibles écoulements).

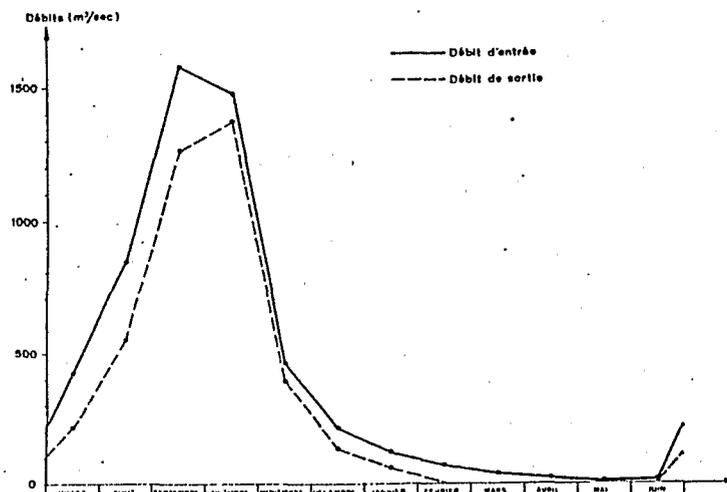


Fig. 5.9 : Evolution annuelle des débits d'entrée et de sortie du barrage de Diama (année correspondant à de faibles écoulements de l'amont).

On constate que de juillet à février la zone de l'amont du barrage reçoit de l'eau en excès : durant cette période l'approvisionnement des cultures irriguées ne présente aucune difficulté particulière. En revanche de février jusqu'à la mi-juin,

la réserve ne se reconstitue plus et le réservoir fonctionne alors en vase clos sous le contrôle de l'évaporation et des éventuels pompages de la CSS (600 000 m<sup>3</sup>/jour). Dans la mesure où la réserve constituée sera suffisante pour alimenter les différentes exploitations (CSS y compris) le lac de Guiers pourra fonctionner indépendamment pour satisfaire les besoins de la SONEES, de la SAED etc... En revanche, si la réserve de Diama s'avère insuffisante pour approvisionner la CSS de février à juillet et les autres cultures irriguées, le lac pourrait alors servir de réserve d'eau destinée à l'irrigation de la canne à sucre durant cette période. Ce sont les deux alternatives que nous allons envisager.

1° Si la CSS s'approvisionne toute l'année dans la réserve de Diama,

le second pont-barrage de la Taoué pourra rester fermé du 1 octobre à la fin de juillet. La cote à atteindre dans le lac au remplissage dépendra alors des besoins estimés des différents utilisateurs. En tablant sur une consommation prévue de la SONEES à 80 000 m<sup>3</sup>/jour, sur celle de la SAED et des autres cultures, ce seront au plus 200 000 m<sup>3</sup>/jour qui seront extraits quotidiennement du plan d'eau. En nous référant au tableau (annexe) cette consommation exige un remplissage à la cote 1.68 m IGN. Ce plan d'exploitation dégagerait annuellement plus de 15 000 ha de zone de décrue destinée aux cultures vivrières. Dans ce cas, le volume total exploité annuellement serait de 61 millions de m<sup>3</sup>, les volumes évaporés de 398 millions de m<sup>3</sup> soit un rapport  $V_p/V_E$  de 0.15. La figure 5.10 (a,b,c) schématise le fonctionnement annuel du lac et de la réserve de Diama.

2° Si la CSS s'approvisionne une partie de l'année dans la réserve de Diama;

la compagnie sucrière devrait alors débuter ses pompages dans le lac vers la mi-février, époque à partir de laquelle la retenue de Diama ne reçoit plus d'eau en excès. Cette situation devrait se prolonger jusqu'à la fin de juillet. Le lac fonctionnera alors selon le schéma représenté à la figure 5.10 (a,b) et à la figure 5.11. Nous pouvons évaluer la cote à atteindre au remplissage compte tenu, dans ce cas, d'une ponction supplémentaire du 15 février au 31 juillet de 600 000 m<sup>3</sup>/jour de la CSS, s'ajoutant aux 200 000 m<sup>3</sup> prévus pour les autres usages. En procédant aux mêmes calculs que ceux effectués précédemment pour les pompages constants, la cote à atteindre dans le lac au 1 octobre devrait alors être de 2.17 m IGN. Le niveau du plan d'eau évoluerait annuellement comme l'indique la figure 5.12. Dans ce cas, les pertes totales par évaporation seraient de 440.10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> et, le volume pompé de 160.10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> soit un rapport  $V_p/V_E$  de 0.36. Les surfaces exondées avoisineraient les 17 500 ha.

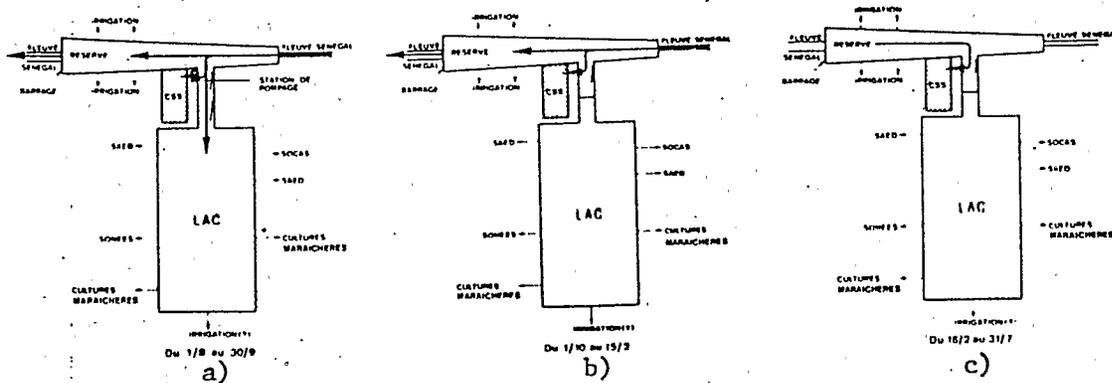


Fig. 5.10 : Schéma des relations fleuve-lac en cours d'année dans l'hypothèse de la non utilisation des eaux du lac par la CSS.



# LA GESTION QUALITATIVE DES EAUX - PROBLEMES DE LA MINERALISATION DES EAUX CAPTEES PAR LA SONEES.

## A/ AVANT LA MISE EN FONCTION DU BARRAGE DE DIAMA,

Au cours de la crue et de la période des seuls pompages de la SONEES, les eaux traitées par la compagnie des eaux proviennent exclusivement de la région nord du lac. La minéralisation des eaux reste dans les limites acceptables, les rejets des zones irriguées étant dilués dans les importantes masses d'eau des zones 1 - 2 - 3 et 4 (cfr. 1.46). La figure 6.1 rappelle le sens de la circulation des eaux durant ces deux périodes.

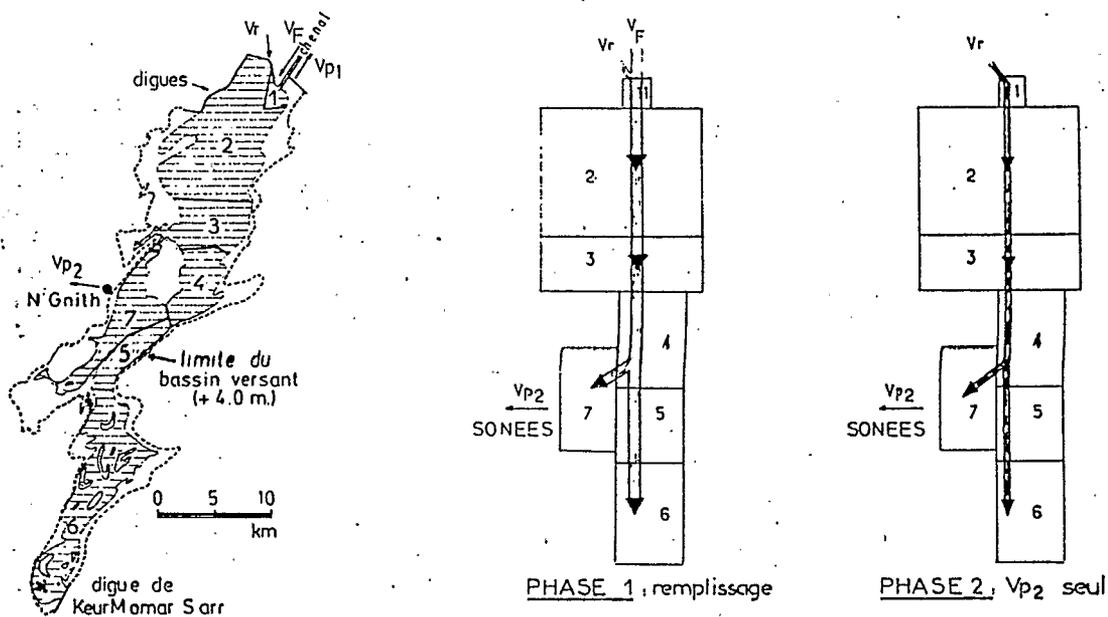


Fig. 6.1 : Schéma de la circulation des eaux dans le lac en cours de phase de remplissage et durant la phase des seuls pompages SONEES.

Au début de la phase des pompages simultanés, SONEES et CSS, l'orientation du flux général se modifie. Les eaux méridionales se dirigent vers le nord en longeant la rive est du lac dans la région centrale; la zone 7 soumise aux pompages de la SONEES déverse son surplus dans la zone 4. Théoriquement, les échanges entre la zone 5 et la zone 7 sont nuls et l'augmentation de la minéralisation des solutions dans cette dernière zone ne dépend que de l'importance de l'évaporation. Dans les conditions actuelles d'exploitation des eaux du lac,  $V_{p2}$  restant toujours inférieur à  $\alpha_7 \Delta V$ , la zone 7 doit constamment accuser un déficit en élément dissous (fig. 6.2).

Le bilan des teneurs en chlorures le confirme à de rares exceptions près (lorsque le vent soufflant d'est en ouest provoque une faible migration des eaux de la zone 5 vers la zone 7).

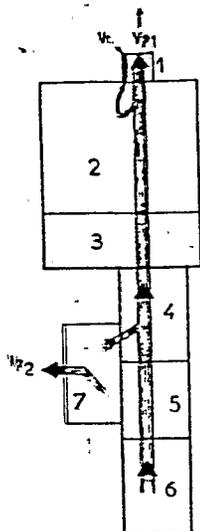


Fig. 6.2 : Schéma de la circulation actuelle des eaux dans le lac en cours de phase des pompages simultanés CSS et SONEES.

La SONEES envisageant à court terme d'accroître les capacités de production de l'usine de traitement de la station de Ngnith, le modèle actuel de circulation des eaux risque de se modifier. L'afflux d'eaux fortement concentrées de la zone sud vers la zone de Ngnith étant prévisible, on passerait ainsi d'une situation actuelle schématisée à la figure 6.2 à une nouvelle situation représentée à la figure 6.3. Nous avons tenté d'évaluer les seuils limites de pompage afin de proposer un modèle de gestion des eaux du lac.

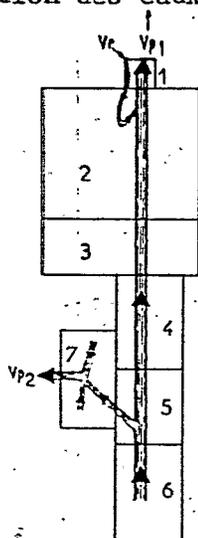


Fig. 6.3 : Schéma de la circulation probable des eaux dans le lac en cours de phase des pompages simultanés CSS et SONEES, après doublement des capacités de prélèvements de la SONEES.

LE TERME  $\alpha_7$ .

Le rapport  $\frac{V_7}{V}$  ( $= \alpha_7$ ) situe l'importance des quantités d'eau piégées dans la zone 7 par rapport à la contenance totale du lac.

La valeur de  $\alpha_7$  pour différentes hauteurs d'eau dans le lac peut être calculée à partir des équations suivantes (cfr. 1.2 et tableau -annexe-) :

$$\alpha_7 = 0.088 (H+2) - 0.045 \quad \text{pour : } -1.00 \text{ m IGN} < H < -0.75 \text{ m IGN}$$

$$\alpha_7 = 0.056 + 0.041 \ln(H+2) \quad \text{pour : } -0.74 \text{ m IGN} < H < -0.01 \text{ m IGN}$$

$$\alpha_7 = 0.0143 (H+2) + 0.0558 \quad \text{pour : } 0.00 \text{ m IGN} < H < 4.00 \text{ m IGN}$$

(dans les trois équations H est exprimé en mètres IGN).

La proportion d'eau contenue dans la zone 7 croît régulièrement avec le remplissage du lac (figure 6.4).

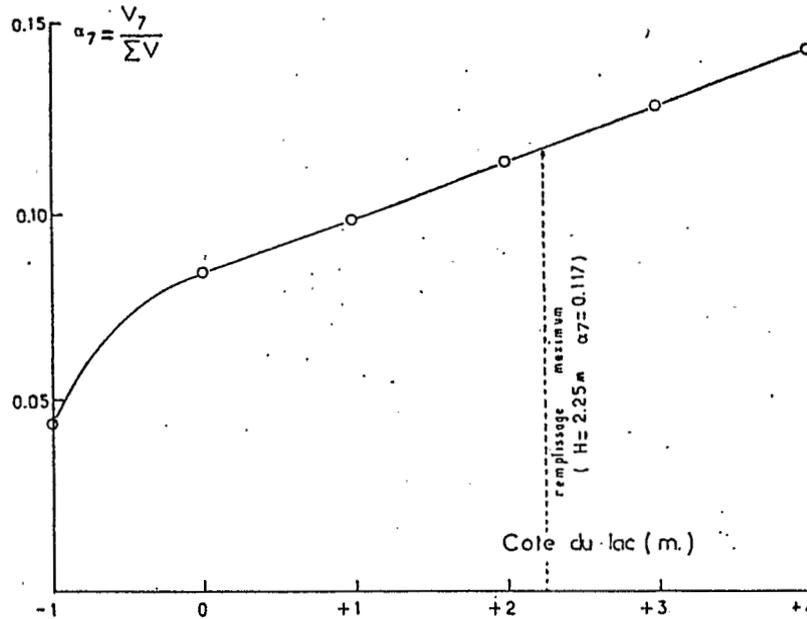


Fig. 6.4 : Relation entre la valeur de  $\alpha_7$  et le niveau du lac (m IGN).

Les risques d'intrusion d'eau salée des zones 5 et 6 dans la zone de Ngnith dépendent de l'importance des pompages :

- si  $\alpha_7 \Delta V > V_{p2}$  : pas de salinisation;
- si  $\alpha_7 \Delta V < V_{p2}$  : risque de salinisation.

( $\Delta V$  = bilan des pompages et rejets =  $V_{p1} + V_{p2} - V_r$ ).

En admettant que l'exploitation actuelle des eaux du lac par la CSS se maintienne au même rythme dans le futur ( $V_{p1} = 630\ 000\ m^3/jour$ ,  $V_r = 85\ 000\ m^3/jour$ ), le seuil limite des prélèvements de la SONEES va varier en fonction du niveau des eaux dans le lac. Le début d'intrusion d'eau de la zone 5 dans la zone 7 se produira à partir du moment où :

$$V_{p2} = \alpha_7 \Delta V = \alpha_7 (V_{p1} + V_{p2} - V_r)$$

$$\text{ou } V_{p2} = \frac{\alpha_7}{1-\alpha_7} (V_{p1} - V_r).$$

On peut alors calculer la valeur de  $V_{p2}$  limite pour différentes hauteurs d'eau dans le lac :

$$V_{p2} = 53.60 (H+2) - 29.20 \quad \text{pour } -1.00\ m\ IGN < H < -0.75\ m\ IGN$$

$$V_{p2} = 32.01 + 26.03 \ln(H+2) \quad \text{pour } -0.74\ m\ IGN < H < 0.00\ m\ IGN$$

$$V_{p2} = 9.86 (H+2) + 30.49 \quad \text{pour } 0.01\ m\ IGN < H < 4.00\ m\ IGN$$

( $V_{p2}$ , seuil limite de pompage est exprimé en  $10^3 m^3/jour$ ; H la cote du lac en mIGN).

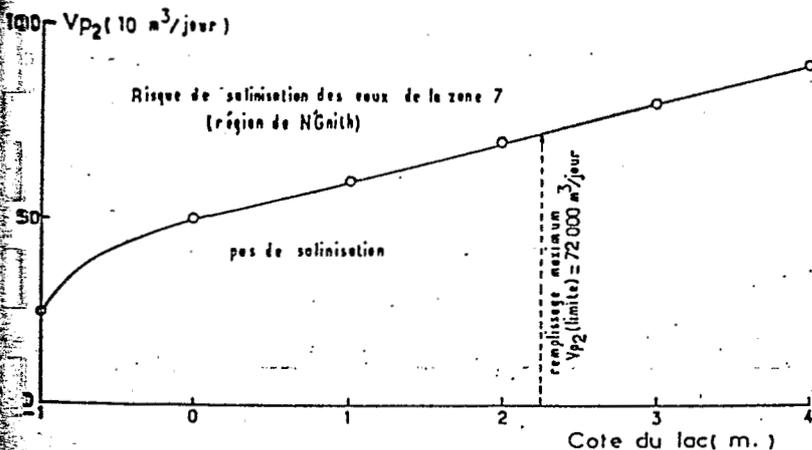


Fig. 6.5 : Valeurs limites des pompages de la SONEES en fonction du niveau du lac.

Par exemple, en 1982, au cours de la crue du fleuve Sénégal, le niveau du lac s'est élevé fin septembre à la cote maximum de 1.14 m IGN, fixant le seuil limite des pompages de la SONEES à 61 000 m<sup>3</sup>/jour. Lorsque le plan d'eau du lac est à la cote 0 (niveau de la mer), les volumes prélevés doivent être inférieurs à 50 000 m<sup>3</sup>/jour. A la cote minimale permettant les pompages (-0.80 m IGN) les prélèvements quotidiens ne peuvent excéder 35 000 m<sup>3</sup>.

Les futurs aménagements se proposent de doubler la production d'eau potable qui sera de l'ordre de 80 000 m<sup>3</sup>/jour : cette possibilité n'est envisageable que dans la mesure où le plan d'eau du lac se maintiendrait en permanence au-dessus de la cote de 3.05 m IGN. La limite du remplissage actuel étant situé à la cote 2.25 m IGN par la digue de Keur Momar Sarr, les projets d'extension d'une telle ampleur sont irréalisables sous peine d'être rapidement confrontés à d'insolubles problèmes de salinisation.

2 - IMPORTANCE RELATIVE DES POMPAGES  $V_{p1}$  ET  $V_{p2}$ . NECESSITE D'UNE CONCERTATION ENTRE LES UTILISATEURS ACTUELS OU POTENTIELS POUR UNE GESTION RATIONNELLE DES EAUX DU LAC DE GUIERS.

Les prélèvements de la CSS par l'importance de leur débit, jouent aussi un rôle capital dans la non-salinisation de la zone des pompages de la SONEES. En effet, ils provoquent l'afflux des eaux résiduelles méridionales vers la région nord; l'aspiration est suffisamment élevée pour que les eaux salées remontent directement vers le nord sans transiter par la zone 7.

Le volume minimum journalier à prélever par la CSS (diminué du volume rejeté  $V_r$ ) indispensable pour éviter la pénétration d'eau hyperminéralisée dans la zone 7 est lié à l'importance des pompages  $V_{p2}$  :

$$V_{p1} - V_r = \frac{1 - \alpha_7}{\alpha_7} V_{p2}$$

Les proportions relatives des deux prélèvements dépendent de la valeur du coefficient  $\alpha_7$  :

$$\frac{V_{p1} - V_r}{V_{p2}} = \frac{1 - \alpha_7}{\alpha_7}$$

Il est alors possible de déterminer la valeur limite de ce rapport pour différentes hauteurs d'eau dans le lac :

$$\begin{aligned} \frac{V_{p1} - V_r}{V_{p2}} &= 53.740 (H+2) - 31.484 && \text{pour } -1.00 \text{ m IGN} < H < -0.76 \text{ m IGN} \\ \frac{V_{p1} - V_r}{V_{p2}} &= 16.394 (H+2)^{-0.596} && \text{pour } -0.75 \text{ m IGN} < H < -0.01 \text{ m IGN} \\ \frac{V_{p1} - V_r}{V_{p2}} &= 16.269 (H+2)^{-0.537} && \text{pour } 0.00 \text{ m IGN} < H < 4.00 \text{ m IGN} \end{aligned}$$

Pour chaque cote du plan d'eau, la valeur du rapport  $\frac{V_{p1} - V_r}{V_{p2}}$  peut être déterminée à l'aide de la courbe de la figure 6.6. Ce rapport diminue régulièrement avec l'augmentation de la cote du lac; il s'élève fortement lorsque le niveau du lac se situe en contrebas de l'océan.

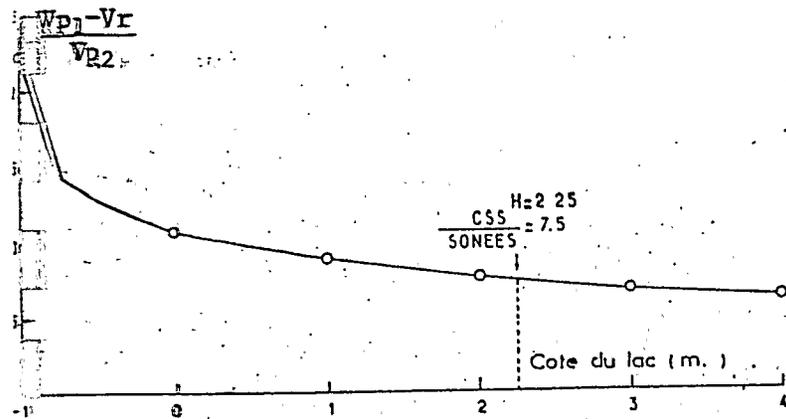


Fig. 6.6 : Evolution relative des pompages limites de la CSS et de la SONEES en fonction du niveau du lac.

Si  $V_{p1}$  augmente (extension de la CSS), le seuil limite des pompages de la SONEES  $V_{r2}$  peut être calculé. Inversement si  $V_{p1}$  diminue (situation future avec l'implantation des barrages de retenue de Diama et de Manantali), on peut évaluer l'importance de  $V_{p2}$  garantissant la non ingérence d'eau salée du sud du lac dans la région de M'pith. Dans le cas extrême d'un arrêt des pompages de la CSS, qui ne puiserait son eau d'irrigation qu'à partir de l'importante nappe d'eau libre constituée par le barrage de Diama, la zone d'exploitation de la SONEES atteindrait rapidement des taux de salinité incompatibles avec l'impérieuse nécessité de produire de l'eau douce. La gestion des eaux du lac de Guiers impose donc une étroite collaboration et une continue concertation entre les différents utilisateurs.

Enfin, les transferts entre les zones 5 et 7 sont conditionnées par l'importance de  $V_{p2}$  par rapport au bilan  $(\alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7) \Delta V$ . Si  $V_{p2}$  est inférieur à ce bilan, les transferts sont possibles de la zone 5 à la zone 7 mais aussi de la zone 5 à la zone 4.

Si  $V_{p2}$  est supérieur à ce bilan, il y a transfert total de la zone 5 à la zone 7 et aussi transfert de la zone 4 à la zone 7. Ceci entraîne une dilution des eaux salées du sud par les eaux moins minéralisées des régions centrale et septentrionale. La salinisation maximale des eaux de la zone 7 sera atteinte lorsque

$$V_{p2} = (\alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7) \Delta V.$$

B/ APRÈS LA MISE EN FONCTION DU BARRAGE DE DIAMA.

Nous devons de nouveau envisager les deux alternatives évoquées précédemment, à savoir l'utilisation ou non des eaux du lac par la CSS durant une partie de l'année (jusqu'à la mise en fonction du barrage de Manantali).

1.4 LA CSS ASSURE L'INTEGRALITE DE SES BESOINS A PARTIR DE LA RESERVE DE DIAMA (Cas 2 du point 4.221).

Le lac évoluera alors en système clos et nous pouvons tenter d'évaluer la provenance et la qualité des eaux qui aboutiront à la station de pompage, compte tenu des paramètres suivants :

- . pompages SONEES : 80 000 m<sup>3</sup>/jour,
- . pompages totaux dans le lac : 200 000 m<sup>3</sup>/jour<sup>1</sup>,
- . rejets de la CSS (Vr) déversés ailleurs que dans le lac.

Notre estimation suppose d'autre part, que les petits pompages disséminés autour du lac n'entraîneront pas de mouvement important d'eau.

Le modèle de gestion quantitative proposé fixe alors à 1.68 m IGN la cote à atteindre au 1 octobre en fin de phase de remplissage et permettant de ne pas dépasser le niveau -0.50 m IGN au 31 juillet.

Les proportions respectives des eaux provenant des régions nord et sud du lac et pénétrant dans la zone 7 peuvent alors être calculées, afin d'apprécier l'éventuelle salinisation des eaux captées à Ngnith par les eaux de la région méridionale. La figure 6.7 montre le sens général de la circulation des eaux lacustres dans ce cas.

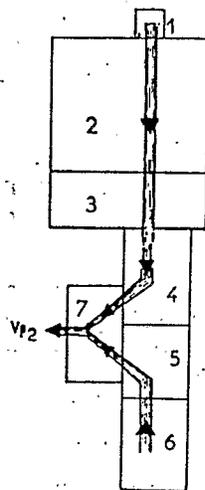


Fig. 6.7 : Schéma de la circulation probable des eaux dans le lac après la mise en fonction du barrage de Diama, et en phase d'isolement.

Les volumes transférés durant l'intervalle de temps t' seront respectivement de :

$$|V_{5,7}| = V_{6,5} + \alpha_5 \Delta V, \quad \text{et} \quad |V_{4,7}| = V_{p2} - \alpha_7 \Delta V - V_{5,7}.$$

( $\Delta V = V_{p2}$ )

<sup>1</sup>Cette valeur est probablement surévaluée mais permet d'adopter une certaine marge de sécurité dans les calculs.

Les volumes exprimés ci-dessus sont des volumes moyens durant l'intervalle de temps.

Le tableau 6.1 donne, pour chaque mois le volume moyen du lac, celui des différentes zones concernées et l'évaluation des volumes transférés.

**Tableau 6.1 :** Moyennes mensuelles de la cote du lac ( $H_m$ ), de son volume ( $V_{m1}$ ) et du volume des zones 4 à 7. Volumes totaux transférés à la zone 7 en provenance des zones 4 et 5 ( $V_{4,7}$  et  $V_{5,7}$ ).  
(Tous les volumes en  $10^6 m^3$ ).

Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.
$H_m$	1.55	1.33	1.16	1.00	0.82	0.63	0.38	0.12	-0.14	-0.39
$V_{m1}$	529.10	469.90	426.30	387.10	345.10	303.10	251.80	203.10	159.30	121.90
$V_{mZ6}$	80.90	69.00	60.10	49.80	42.70	35.20	25.30	15.10	9.30	4.60
$V_{mZ5}$	44.60	40.10	36.60	33.40	30.30	27.10	22.80	18.30	13.90	9.60
$V_{mZ4}$	56.20	50.90	47.00	43.40	39.50	35.50	30.50	25.60	20.60	16.00
$V_{mZ7}$	56.20	48.60	43.10	38.30	33.30	28.40	22.70	17.50	13.00	9.40
$V_{5,7}$	0.59	0.56	0.56	0.53	0.47	0.51	0.46	0.41	0.35	0.29
$V_{4,7}$	1.63	1.59	1.67	1.70	1.55	1.68	1.72	1.86	1.85	2.00
$V_{5,7}/V_{4,7}$	0.36	0.35	0.34	0.31	0.30	0.30	0.27	0.22	0.19	0.15

$H_m$  = cote moyenne du lac (au 15 du mois);

$V_{m1}$  = volume moyen du lac (au 15 du mois);

$V_{mZ6}, \dots$  = volume moyen de la zone 6 ... (au 15 du mois);

$V_{5,7}$  = volume transféré de la zone 5 à la zone 7.

Sur la période des dix mois étudiés,  $4.73 \cdot 10^6 m^3$  d'eau ont été transférés de la zone 5 à la zone 7 et  $17.25 \cdot 10^6 m^3$  de la zone 4 à la zone 7 soit une intervention d'environ 22 % de la zone méridionale dans l'approvisionnement des captages de Ngnith.

Les risques de salinisation des eaux de la zone 7 sont donc bien réels. A la concentration progressive en cours d'année des eaux de cette zone (sous l'effet de l'évaporation) va donc se surimposer une minéralisation secondaire provoquée par les apports d'eau saumâtre méridionale.

**2) LA CSS ASSURE SES BESOINS, DURANT UNE PARTIE DE L'ANNEE A PARTIR DES EAUX DU LAC (Cas 4 du point 4.221).**

Dans ce cas, le plan supposé de gestion des eaux lacustres, est le suivant :

- .pompages CSS du 15/2 au 31/7 :  $600\ 000\ m^3/\text{jour}$ ,
- .pompages SONEES toute l'année :  $80\ 000\ m^3/\text{jour}$ ,
- .pompages des petites exploitations (toute l'année) :  $120\ 000\ m^3/\text{jour}$ ,
- .rejets de la CSS ( $V_r$ ) déversés ailleurs que dans le lac.

Dans cette hypothèse, le schéma général de circulation des eaux du 1 octobre au 1 février correspond à celui de la figure 6.7. Du 16 février au 31 juillet, les pompages CSS induisent une modification dans le sens du mouvement des masses d'eau. En nous référant au point 1.462 c), la situation correspond, durant cette période, à celle représentée à la figure 6.3.

Compte tenu du plan d'exploitation des eaux proposé plus haut, le niveau lacustre à atteindre en fin de phase de remplissage est de 2.17 m IGN (cfr. 5.222 b), la cote du plan d'eau évoluant en cours d'année comme le représente la figure 5.12.

Nous pouvons alors calculer, comme au cas précédent, la part des eaux méridionales entrant dans la zone 7. Le tableau 6.2 indique, mois par mois les volumes d'eau transférés vers la station de Ngnith.

Tableau 6.2 : Moyennes mensuelles de la cote du lac ( $H_m$  en m IGN), de son volume ( $V_{m1}$ ) et du volume des zones 5, 6 et 7. Volumes totaux transférés à la zone 7 en provenance des zones 4 et 5 ( $V_{4,7}$  et  $V_{5,7}$ ). (Tous les volumes en  $10^6 m^3$ ).

Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.
$H_m$	2.04	1.81	1.64	1.49	1.30	1.06	0.73	0.39	0.02	-0.32
$V_{m1}$	667.70	603.40	554.30	512.60	462.00	401.60	324.90	253.80	185.70	131.90
$V_{m26}$	109.80	95.80	86.00	77.50	67.40	55.10	41.20	27.70	13.20	5.80
$V_{m25}$	54.70	50.00	46.40	43.40	39.40	34.50	28.80	23.00	16.60	10.80
$V_{m27}$	75.30	65.90	59.40	54.00	47.60	40.10	31.00	22.90	15.60	10.30
$V_{5,7}$	0.61	0.58	0.59	0.58	1.21	2.23	2.17	2.26	2.20	2.29
$V_{4,7}$	1.59	1.56	1.62	1.64	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

D'octobre à juillet,  $14.72 \cdot 10^6 m^3$  d'eau ont été transférés de la zone 5 à la zone 7 et  $7.21 \cdot 10^6 m^3$  de la zone 4 à la zone 7. Par rapport au cas précédent, les transferts de la région méridionale du lac vers la station de Ngnith sont plus de trois fois supérieurs, d'où d'importants risques de salinisation des eaux captées à la SONEES.

Commentaires :

Les deux options à la future gestion du Guiers ont leurs avantages et leurs inconvénients :

- La première conduit à une dessalinisation relativement lente des eaux du lac mais permet à la SONEES d'éviter de prélever des eaux hyperminéralisées grâce à la dilution des eaux de la région sud dans celles, plus douces, de la région nord. La société devrait cependant revoir à la baisse son futur plan de développement ou du moins, le postposer.
- La seconde option permet une dessalinisation très rapide du plan d'eau. En revanche, les eaux prélevées par la SONEES risquent fort, dans un premier temps, d'atteindre une minéralisation telle que le coût de leur traitement en deviendrait prohibitif.

Dans ce cas, deux solutions se présentent :

- . Soit la SONEES évalue le débit maximum possible de ses prélèvements en fonction de ceux de la CSS et selon les formules proposées au point 6.1. Ce débit devra nécessairement être bien inférieur aux  $80\ 000 m^3/jour$  prévus.
- . Soit le dessalement des eaux de la région sud est obtenu par vidange partielle du lac dans le Ferlo après un fort remplissage du plan d'eau.

Après une première phase de dessalement du lac, le plan de gestion des eaux pourrait alors correspondre à celui de la seconde option, dont l'avantage principal réside dans l'importante variation annuelle du niveau du plan d'eau, effet pouvant pallier à l'éventuelle prolifération de la végétation aquatique dont le développement serait favorisé par l'adoucissement des eaux, particulièrement dans la région sud.

Udsle	1	21	41	61	81	101	121	141	161	181	201	221	241	261	281	301	309	Vpt	Vet	Vpt/Vet	
Vp/j	Date	01/10	21/10	10/11	30/11	20/12	09/01	29/01	18/02	09/03	29/03	18/04	08/05	28/05	17/06	07/07	27/07	31/07	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	
0.00	1.39	1.23	1.09	0.98	0.89	0.80	0.71	0.61	0.50	0.37	0.22	0.07	-0.07	-0.22	-0.36	-0.48	-0.50	0.0	378.9	0.00	
0.05	1.46	1.31	1.16	1.04	0.95	0.86	0.77	0.66	0.54	0.41	0.26	0.10	-0.05	-0.21	-0.35	-0.48	-0.50	15.3	382.3	0.04	
0.10	1.53	1.37	1.23	1.11	1.01	0.92	0.82	0.71	0.59	0.45	0.29	0.13	-0.03	-0.19	-0.34	-0.47	-0.50	30.5	386.3	0.08	
0.15	1.61	1.45	1.30	1.17	1.07	0.97	0.87	0.75	0.63	0.49	0.32	0.15	0.00	-0.17	-0.33	-0.47	-0.50	45.8	393.2	0.12	
0.20	1.68	1.51	1.36	1.23	1.13	1.03	0.92	0.80	0.67	0.52	0.35	0.18	0.01	-0.16	-0.33	-0.47	-0.50	61.0	397.8	0.15	
0.25	1.75	1.58	1.43	1.29	1.18	1.08	0.97	0.84	0.71	0.56	0.39	0.21	0.03	-0.14	-0.32	-0.47	-0.50	76.3	402.7	0.19	
0.30	1.82	1.65	1.49	1.35	1.24	1.13	1.02	0.89	0.75	0.60	0.42	0.23	0.05	-0.13	-0.31	-0.47	-0.50	91.5	407.9	0.22	
0.40	1.96	1.78	1.61	1.47	1.35	1.23	1.11	0.97	0.83	0.67	0.48	0.29	0.09	-0.10	-0.29	-0.46	-0.50	122.0	419.4	0.29	
0.50	2.09	1.90	1.73	1.58	1.45	1.33	1.20	1.06	0.90	0.73	0.54	0.34	0.13	-0.07	-0.27	-0.46	-0.50	152.5	422.4	0.36	
0.75	2.40	2.20	2.01	1.84	1.70	1.56	1.41	1.25	1.08	0.89	0.67	0.45	0.22	0.00	-0.24	-0.46	-0.50	228.8	435.8	0.53	
1.00	2.70	2.48	2.28	2.09	1.94	1.78	1.62	1.44	1.25	1.04	0.81	0.56	0.32	0.06	-0.19	-0.45	-0.50	305.0	450.6	0.68	
1.25	2.98	2.75	2.53	2.34	2.17	1.99	1.81	1.62	1.42	1.19	0.94	0.68	0.41	0.13	-0.15	-0.44	-0.50	381.3	463.1	0.82	
1.50	3.25	3.01	2.78	2.57	2.38	2.20	2.00	1.80	1.57	1.33	1.06	0.78	0.49	0.19	-0.11	-0.43	-0.50	457.5	475.8	0.96	
2.00	3.77	3.50	3.24	3.01	2.79	2.58	2.36	2.12	1.87	1.60	1.30	0.98	0.65	0.31	-0.04	-0.42	-0.50	610.0	503.5	1.21	

Tableau 1: Cote du lac minimale au 1<sup>e</sup> octobre et son évolution en cours d'année (m IGN) permettant de ne pas dépasser le niveau -0.50 IGN au 31 juillet, en fonction de diverses possibilités de prélèvements quotidiens dans le Guiers (Vp/j en 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>). Vpt: Volume pompé total, Vet: Volume évaporé total.