

J.Y. GAC⁽¹⁾, F.-X. COGELS ⁽²⁾, N. EVORA ⁽²⁾, B. LABROUSSE ⁽¹⁾

PROJET CEE (EQUESEN) TS 2 0198 F EDB

**BILAN HYDROLOGIQUE DU LAC DE GUIERS
EN 1990**

Février 1991

(1) Institut Français de Recherche Scientifique pour le développement en
Coopération, ORSTOM, B.P. 1386, Dakar (Sénégal).

(2) Fondation Universitaire Luxembourgeoise, FUL, 185 avenue de Longwy, B-
6700, Arlon (Belgique).

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
I. - DESCRIPTION SUCCINCTE DU LAC DE GUIERS	1
1. Caractéristiques morphologiques du lac	2
2. Equation générale du bilan hydrologique	3
II. - FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE GENERAL	4
1. Aménagements principaux sur le système fluvio-lacustre	4
2. Fonctionnement hydrologique actuel	5
3. La gestion des ouvrages et les phases en 1990	7
III. - BILAN HYDROLOGIQUE en 1990	10
1. Le bilan au cours des huit périodes	10
2. Le bilan global pour l'année 1990	13
CONCLUSION	14
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	16
ANNEXES	

INTRODUCTION

L'établissement du bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990 complète la série des observations et des mesures établies sur la période 1976-1989 (COGELS et al., 1990). Les fondements théoriques du calcul du bilan restent inchangés.

La connaissance précise du fonctionnement hydrologique du lac en 1990 est importante à plus d'un titre. En effet, à compter du 20 juin et jusqu'en fin d'année, les ponts-barrages de Richard-Toll et de Ndombo sur la Taoué sont restés ouverts en permanence aboutissant ainsi à la fin de la crue fluviale à une évolution complexe de la cote du plan d'eau lacustre. L'ouverture des vannes de la digue de Keur Momar Sarr, pour la troisième année consécutive du 8 octobre au 13 décembre, ajoute encore à la complexité du problème en recréant les conditions naturelles de la libre circulation des eaux entre le fleuve Sénégal, le lac de Guiers et la vallée du Ferlo.

En outre, le jaugeage du canal de la Taoué a été réalisé pour la première fois durant la saison d'hivernage 1990 grâce à la mise au point d'une nouvelle formule d'estimation des débits (LAMAGAT et al., 1990). Il est maintenant possible de comparer sur la même période les apports fluviaux déterminés par les jaugeages successifs et ceux calculés auparavant par l'équation du bilan hydrologique du lac. Par ailleurs, la représentativité de l'évaporation du bac flottant, mis en place sur le canal principal d'irrigation depuis la fin janvier 1990, par rapport à l'évaporation réelle du lac a également été testée.

I.- DESCRIPTION SUCCINTE DU LAC DE GUIERS

Situé en rive gauche du fleuve Sénégal dans la région du delta (Fig. 1), le lac de Guiers est une réserve d'eau douce exploitée principalement à des fins d'irrigation et de production d'eau potable. Le lac se présente comme une dépression allongée de 50 km de longueur environ. Sa largeur maximale est de 7 km. Dans son "état moyen", le lac couvre une superficie de 200 km² pour un volume de 225 millions de m³, le plan d'eau se situant à la cote + 0,40 m IGN. Le canal rectiligne de la Taoué assure la jonction fleuve-lac et permet l'alimentation de la réserve lacustre par la crue fluviale.

Les plus importants utilisateurs de l'eau de la réserve lacustre sont la CSS (Compagnie Sucrière Sénégalaise) et la SONEES (Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal). La CSS exploite par irrigation près de 7 000 ha de canne à sucre. L'usine de traitement de la SONEES à Ngnith participe à l'approvisionnement en eau potable de Dakar et des grandes agglomérations urbaines situées sur le parcours de la conduite qui dessert la métropole sénégalaise.

Au sud du lac, la digue de Keur Momar Sarr isole, depuis 1956, le lac de la vallée morte du Ferlo.

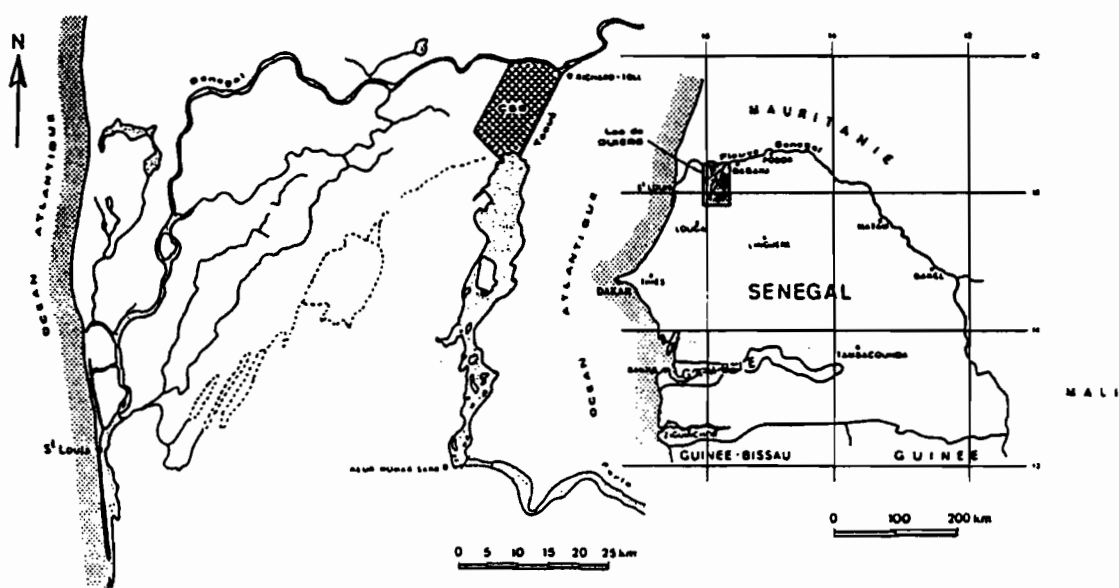


Fig. 1 - Localisation géographique du lac de Guiers.

1.- Caractéristiques morphologiques de la dépression lacustre

La surface et le volume du lac sont les éléments de base du calcul du bilan hydrologique (Fig. 2).

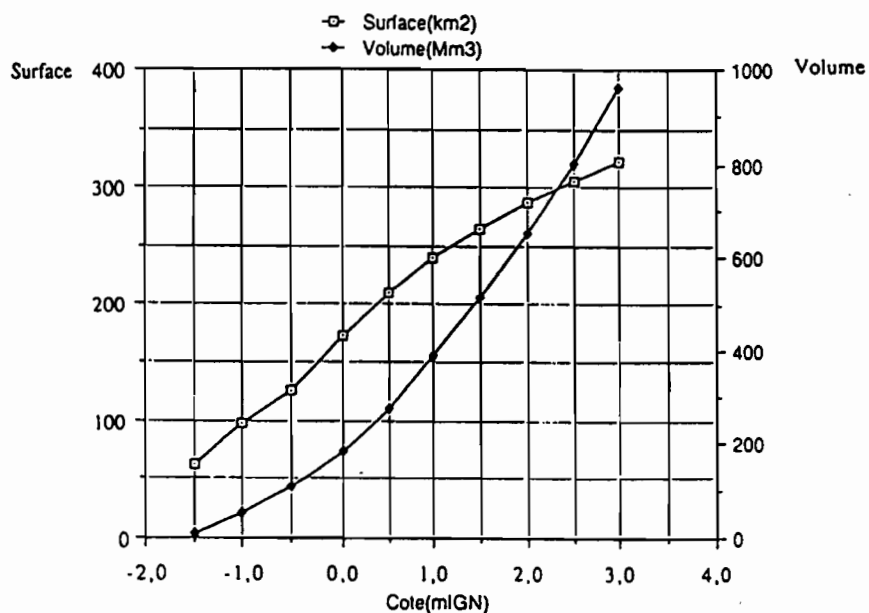


Fig. 2 - Relation entre la cote du plan d'eau du lac (m IGN), sa surface (km²) et son volume (millions de m³).

a) La surface

La surface du lac est calculée en fonction de la cote du plan d'eau pour différentes tranches d'altitude. La cote du lac (H) est exprimée en mètres par rapport au 0 IGN et la surface (S) en km². Les formules suivantes sont utilisées pour des cotes comprises entre -1,75 et + 3,00 m IGN.

Cote du lac (m)	Surface (km ²)
de - 1,75 à - 1,51	$S = 121,255 + 85,194 \ln (H+2)$
de - 1,50 à - 0,51	$S = 98,399 (H+2)^{0,662}$
de - 0,50 à + 3,00	$S = 58,603 + 164,822 \ln (H+2)$

b) Le volume

Une équation polynomiale permet d'évaluer la contenance du lac en fonction du niveau du plan d'eau exprimé en m IGN. La formule est valable pour des cotes comprises entre -1,50 m et + 2,00 m IGN :

$$V = 181,69 + 169,54 H + 39,48 H^2 + 1,137 H^3 - 1,246 H^4 - 0,411 H^5$$

V est exprimé en millions de m³.

2.- Equation générale du bilan hydrologique

L'équation du bilan hydrologique du lac s'établit à partir de la connaissance des différents termes d'entrées et de sorties d'eau de la réserve lacustre (Fig. 3). Durant une période déterminée, le bilan entre un état initial V₁ et un état final V₂ s'écrit :

$$V_2 - V_1 = \Delta V = (V_F + V_{p0} + V_r) - (V_E + V_{p1} + V_{p2} + V_{p3} + V_{LF})$$

APPORTS

VF : apports fluviaux
 Vp0 : apports des pluies
 Vr : rejets CSS

PERTES

VE : évaporation
 Vp1 : pompages de la CSS
 Vp2 : pompages de la SONEES
 Vp3 : lâchers vers le Ferlo
 VLF : transferts lac/fleuve

L'équation générale du bilan hydrologique ne prend pas en compte les pertes par infiltration et les échanges entre les nappes et les eaux de surface car ces deux composantes potentielles du bilan sont considérées comme étant du même ordre de grandeur.

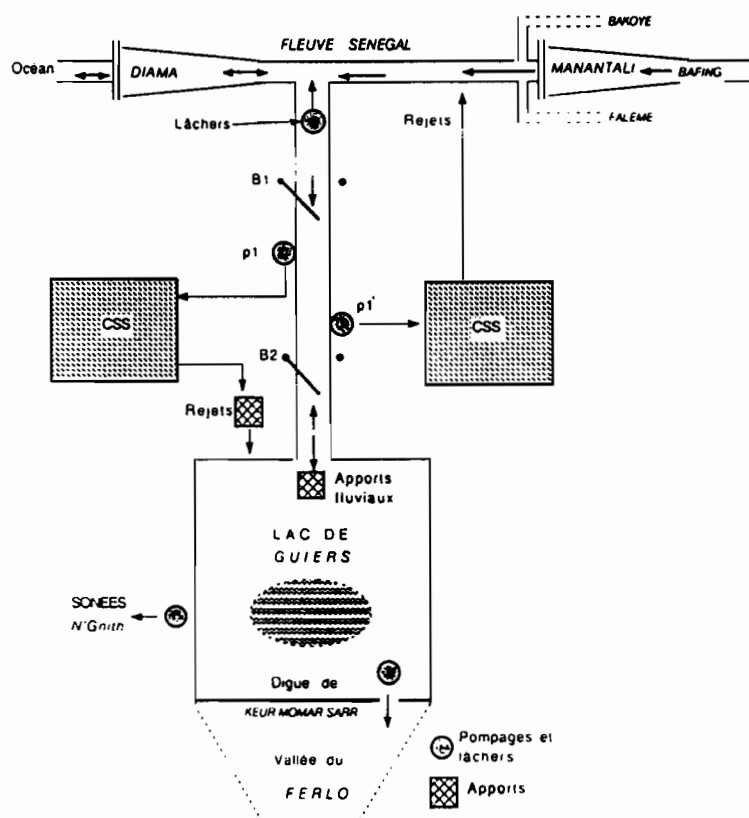


Fig. 3- Les différents termes du bilan hydrologique du lac de Guiers.

II. - FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE GENERAL DU LAC DE GUIERS

1 - Aménagements principaux sur le système fluvio-lacustre

Les différents aménagements construits sur le fleuve Sénégal ou sur le pourtour immédiat du lac n'ont pas été sans conséquences sur le fonctionnement hydrologique du lac de Guiers. Les causes essentielles de cette transformation de l'environnement sont naturellement liées à une sécheresse persistante et à des ressources en eau de plus en plus limitées en raison des faibles remplissages du lac.

Dans son régime naturel, le fleuve Sénégal était marqué dans sa période de basses eaux par une remontée saline engendrée par les étiages sévères du fleuve Sénégal (GAC et al 1981, 1986 a, 1986 b, 1990, 1991). Chronologiquement, cette remontée saline autrefois néfaste par la pénétration d'eau saumâtre dans le lac a été contrecarrée par la construction du pont-barrage de Richard-Toll sur la Taoué (1947) et la mise en service des barrages en terre de Kheune I et II (1983 et

1984) sur le fleuve Sénégal. Le barrage en terre de Kheune I construit à 50 km en aval de Richard-Toll et mis en service le 25 novembre 1983 a permis un relèvement du plan d'eau lacustre et empêché ainsi son assèchement probable après un faible remplissage du lac, la crue fluviale de 1983 ayant été l'une des plus faibles du siècle (OLIVRY, 1984). Après la destruction de Kheune I sous les assauts de la crue de 1984, un scénario identique à celui de l'année précédente risquant de se reproduire, la brèche de Kheune I est colmatée donnant naissance à Kheune II. Auparavant la construction d'un deuxième pont-barrage sur la Taoué, celui de Ndombo en 1980, permettait à la CSS de retarder le début de ses prélèvements dans la réserve lacustre.

Avant 1980, deux phases distinctes marquent donc l'année hydrologique du lac, une phase de baisse progressive du niveau des eaux due aux différents prélèvements effectués et à l'évaporation et une phase de remontée du plan d'eau lacustre lors de la crue fluviale. Postérieurement à 1980, une troisième phase fait son apparition, la sollicitation maximale de la dépression lacustre étant différée suite à la possibilité pour la CSS de prolonger ses pompes dans le fleuve.

La remontée saline est définitivement circonscrite à 50 km de l'embouchure après la mise en eau du barrage anti-sel de Diama le 14 novembre 1985. La retenue de Diama permet théoriquement désormais des remplissages complémentaires du lac en dehors de la période de crue fluviale.

Le barrage de Manantali édifié sur le Bafing, branche-mère du fleuve Sénégal est mis en eau au printemps 1987. Il est destiné principalement à la régularisation partielle des crues fluviales (environ 60 %) et à la production d'énergie électrique. Les débits transitant à Richard-Toll sont donc en partie liés à l'exploitation du réservoir amont de Manantali.

2. - Fonctionnement hydrologique actuel du lac

Les ouvertures et fermetures des ponts-barrages de Richard-Toll (B1) et de Ndombo (B2) édifiés sur la Taoué et celles de la digue de Keur Momar Sarr conditionnent le fonctionnement hydrologique du lac de Guiers. Cinq phases distinctes ont été répertoriées et à chacune d'entr'elles correspond une équation simplifiée du bilan hydrologique. Il peut arriver que toutes les phases n'interviennent pas au cours d'une même année (exemple des 3 phases de 1990).

a) Phases 1 et 2 (isolement du lac)

Au cours de ces deux phases, le lac de Guiers évolue en système fermé. L'un des ponts-barrages de la Taoué est fermé

de la réserve lacustre. En phase 1, la CSS pompe directement dans le fleuve, le pont-barrage B2 étant fermé. Par contre en phase 2 le pont-barrage B1 est fermé, la CSS effectue alors ses prélèvements dans la réserve lacustre.

Le bilan pour ces deux phases s'écrit :

$$\text{Phase 1 : } V_2 - V_1 = (V_{p0} + V_r) - (V_E + V_{p2}) \quad (1)$$

$$\text{Phase 2 : } V_2 - V_1 = (V_{p0} + V_r) - (V_E + V_{p1} + V_{p2}) \quad (2)$$

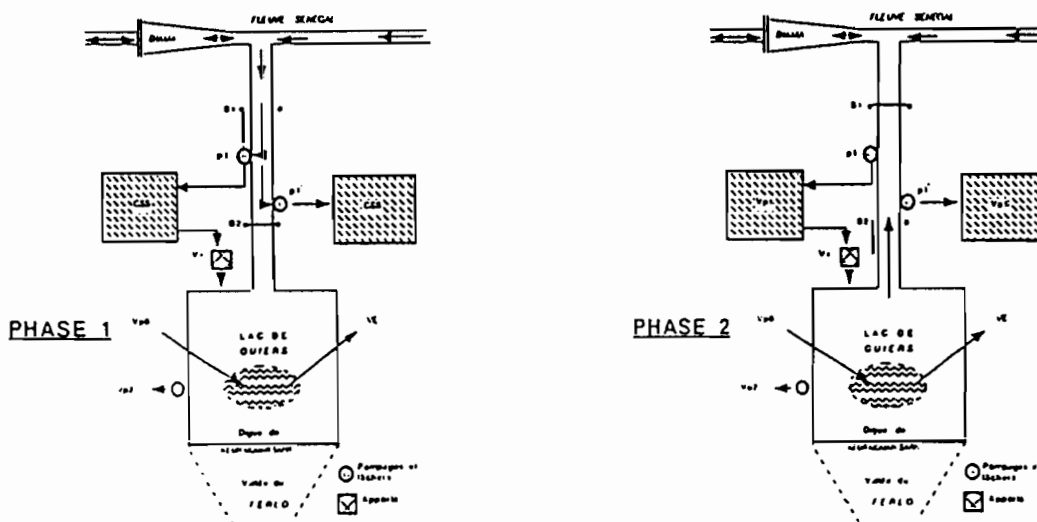


Fig. 4 - Phases 1 et 2 d'isolement du lac.

b) Phases 3 et 4 (phases de libre circulation des eaux).

Les deux ponts-barrages B1 et B2 sont ouverts et la jonction lac-fleuve est réalisée (Fig. 5). La position relative des plans d'eau du fleuve Sénégal et du lac de Guiers impose alors le sens du courant dans le canal de la Taoué.

Le remplissage du lac s'opère pendant la phase 3 soit par la crue fluviale soit par les déversements des eaux de la réserve de Diama selon les positions respectives des plans d'eau. Les pompages V_{p1} ne sont pas pris en compte dans le bilan.

En phase 4, le sens des écoulements dans la Taoué s'inverse et le lac se vide dans la retenue de Diama. Les pompages de la CSS sont effectués dans le lac.

Le bilan pour ces deux phases est :

$$\text{Phase 3 : } V_2 - V_1 = (V_F + V_{p0} + V_r) - (V_E + V_{p2}) \quad (3)$$

$$\text{Phase 4 : } V_2 - V_1 = (V_{p0} + V_r) - (V_E + V_{p1} + V_{p2} + V_{LF}) \quad (4)$$

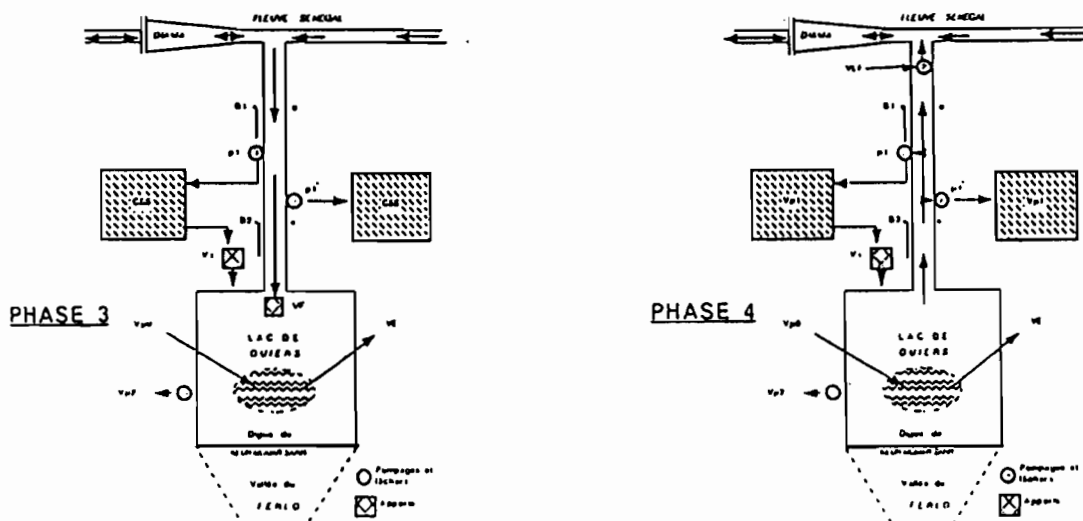


Fig. 5 - Relation fleuve/lac en phases 3 et 4.

c) Phase 5

Elle intervient avec l'ouverture des vannes de la digue de Keur Momar Sarr et le déversement des eaux du lac dans la vallée morte du Ferlo est alors réalisé. Cette phase est toute récente car les premiers lâchers d'eau vers le Ferlo ont été réalisés en 1988. Cette opération a été reconduite en 1989 et 1990. La phase 5 peut se dérouler simultanément à l'une des quatre autres phases. Dans ce cas, il suffit de rajouter le terme V_{p3} aux pertes de l'une ou l'autre des équations (1) à (4).

3. - La gestion des ouvrages et la succession des phases en 1990

a) Correction de la cote du plan d'eau à Ngnith

Les cotes originales relevées quotidiennement à l'échelle limnimétrique de Ngnith (usine de traitement de la SONEES) qui est calée sur le 0 IGN sont affectées, à certaines périodes de l'année, d'erreurs de lecture. Entre autres, la cote du plan d'eau est passée de 1,26 m à 1,38 m du 5 au 6 octobre soit une remontée de 12 cm. Cette brutale remontée ne peut s'expliquer au regard du niveau du plan d'eau dans la Taoué. En effet, il serait logique de penser que les signes annonciateurs d'une telle variation du plan d'eau à Ngnith seraient, au préalable, perceptibles dans la Taoué (Fig. 6).

Après le 6 octobre, les cotes se maintiennent à des niveaux qui confirment l'existence d'anomalies avant cette date. Le 3 octobre, une équipe de l'ORSTOM relève une cote de 1,37 m à l'échelle de Ngnith alors que les relevés de la

SONEES indiquent une cote de 1,26 m. Du 25 septembre au 5 octobre, les cotes de la SONEES ont donc été corrigées pour aboutir à une évolution du plan d'eau beaucoup plus conforme à la réalité (Fig. 6). Certaines erreurs ponctuelles ont également été constatées et vérifiées. Les cotes du lac pour l'année 1990, après correction, figurent en annexe.

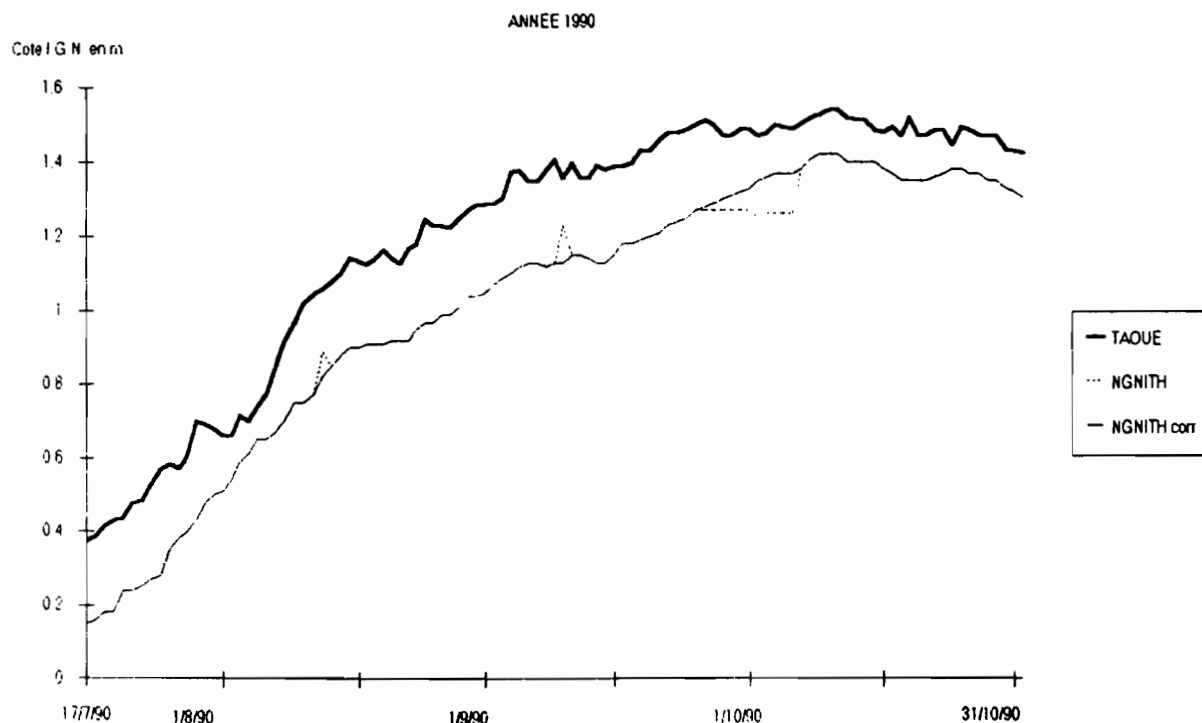


Fig. 6 - Correction des cotes à Ngnith

b) Gestion des ponts-barrages de la Taoué et de la digue de Keur Momar Sarr

Le pont-barrage de Richard-Toll (B1) est resté ouvert durant toute l'année 1990. Celui de Ndombo (B2) est fermé jusqu'au 20 juin où a lieu une ouverture partielle des vannes (10 vannes sur 32). Le flot fluvial à travers toutes les vannes a eu lieu le 17 juillet. A la fin de l'année, Ndombo est encore ouvert.

Les vannes de la digue de Keur Momar Sarr sont ouvertes le 8 octobre. Il est procédé à une fermeture partielle des vannes le 11 octobre, la vanne ouest n'ayant pas été refermée complètement. Le 13 décembre, la fermeture complète de la vanne ouest est effective.

La particularité de la succession des phases en 1990 réside dans l'absence de la phase 2, période des pompages de la CSS dans le lac. Ceux-ci n'ont pu avoir lieu que pendant la

phase 4 de décembre lors des transferts vers la réserve de Diama. Le terme V_{p1} ne représente en 1990 qu'une faible composante du bilan du lac.

c) Les phases du fonctionnement hydrologique du lac en 1990

Périodes	Phases
Du 01/01 au 20/06	1
Du 21/06 au 08/10	3
Du 09/10 au 13/12	3+5
Du 14/12 au 19/12	4
Du 20/12 au 23/12	3
Du 24/12 au 26/12	4
Le 27/12	3
Du 28/12 au 31/12	4

Ces 8 phases successives sont illustrées par la figure 7 qui indique l'évolution du plan d'eau du lac en 1990.

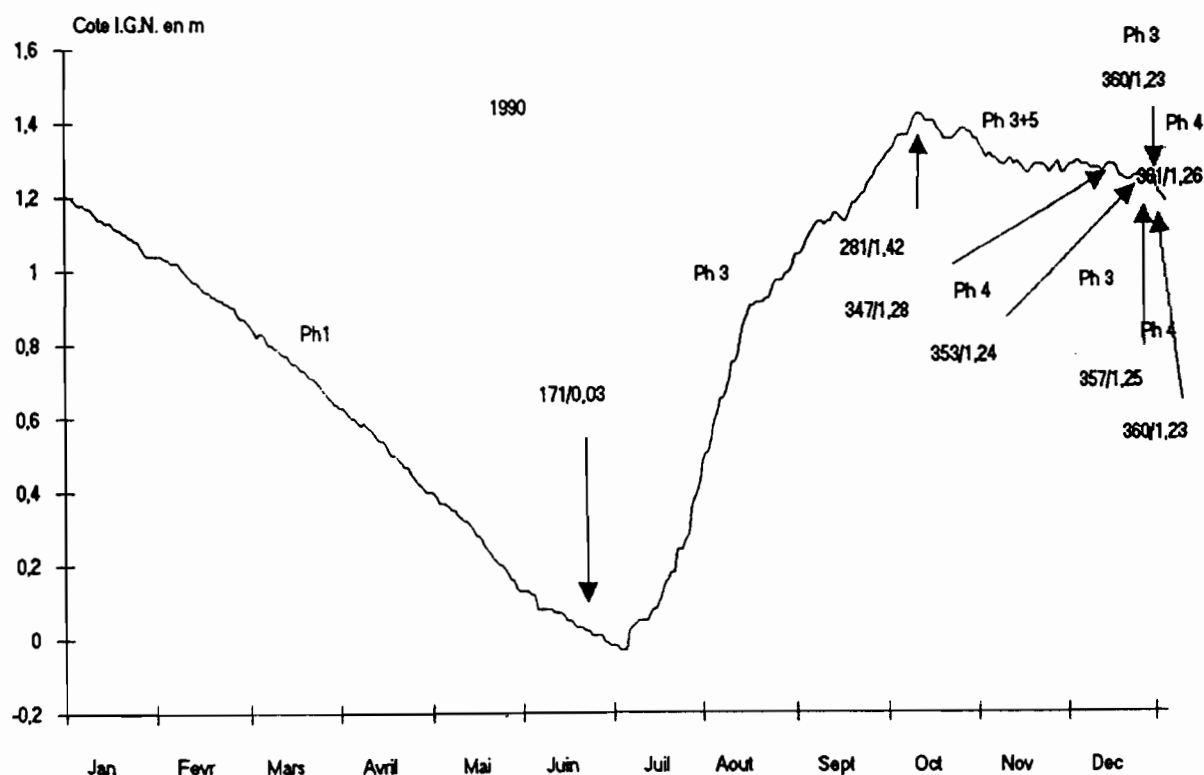


Fig. 7 - Evolution du niveau du lac et position des 8 phases en 1990

A partir du 9 octobre, l'établissement des phases est rendu difficile par l'ouverture simultanée des ponts-barrages

de Richard-Toll , de Ndombo et des vannes de la digue de Kéur Momar Sarr. Le sens du courant dans la Taoué n'étant pas connu, le choix d'une phase par rapport à une autre découle d'hypothèses posées lors du calcul du bilan.

III. - BILAN HYDROLOGIQUE DU LAC EN 1990

1. Le bilan au cours des 8 périodes

a) Période du 1 janvier au 20 juin 1990 (phase 1)

Le plan d'eau du lac s'abaisse de 1,21 m à 0,03 m. La variation de volume s'élève à 256 millions de m³. Le lac évolue en système fermé, les pertes sont essentiellement dues à l'évaporation :

$$\begin{aligned} V_2 - V_1 &= (V_{p0} + V_r) - (V_E + V_{p2}) \\ - 256,1 &= (1,01 + 13,02) - (262,95 + 7,18) \end{aligned}$$

Remarque :

Pendant cette période, les premiers calculs du bilan ont été entrepris à partir des données de l'évaporation observées dans un bac flottant placé depuis janvier 90 dans le chenal principal d'alimentation des champs de canne à sucre. Dans ces conditions on considère que le terme V_r est inconnu et que l'évaporation du lac correspond à celle du bac flottant. Il en résulte une estimation du débit moyen journalier des rejets de la CSS de 300 000 m³/jour. Cette valeur est très largement supérieure au rejets mesurés entre novembre 86 et octobre 89 (83 000 m³/jour en moyenne). Le bac flottant surévalue nettement l'évaporation réelle du lac. Les causes principales qui peuvent être évoquées sont l'étroitesse du chenal, la faible profondeur du bac...

b) Période du 21 juin au 8 octobre 1990 (phase 3)

L'ouverture des deux ponts- barrage sur la Taoué le 21 juin provoque le début du remplissage du lac. Les apports de la crue ne sont cependant pas suffisamment importants pour équilibrer les pertes par évaporation, le niveau du lac continue de baisser jusqu'au 4 juillet où il se situe à sa cote minimale de - 0,03 m. La faible variation de volume notée au cours de cet épisode (1,68 Mm³) a été incluse dans le bilan global de la phase de remplissage.

$$\begin{aligned} V_2 - V_1 &= (V_F + V_{p0} + V_r) - (V_E + V_{p2}) \\ 311,05 &= (407,10 + 42,41 + 9,66) - (143,50 + 4,62) \end{aligned}$$

Les apports du fleuve s'avèrent naturellement prépondé-

rants sur toutes les autres composantes du bilan hydrologique. La cote maximale est atteinte à la fin de cette période avec + 1,42 m du 8 au 10 octobre. Entre le 15 juillet et le 30 septembre, les jaugeages effectués sur la Taoué ont permis d'établir l'hydrogramme des écoulements (Fig. 8) et d'estimer à 354 millions de m³ le volume d'eau ayant transité dans le canal en direction du lac. Pour la même période l'équation du bilan évalue l'apport fluvial à 331 millions de m³ soit une différence de 6,5 %. Les résultats quasi-similaires confirment la validité des deux méthodes d'estimations pour l'année 1990 mais aussi pour l'ensemble des bilans hydrologiques de 1976 à 1989 présenté par COGELS et al. (1990).

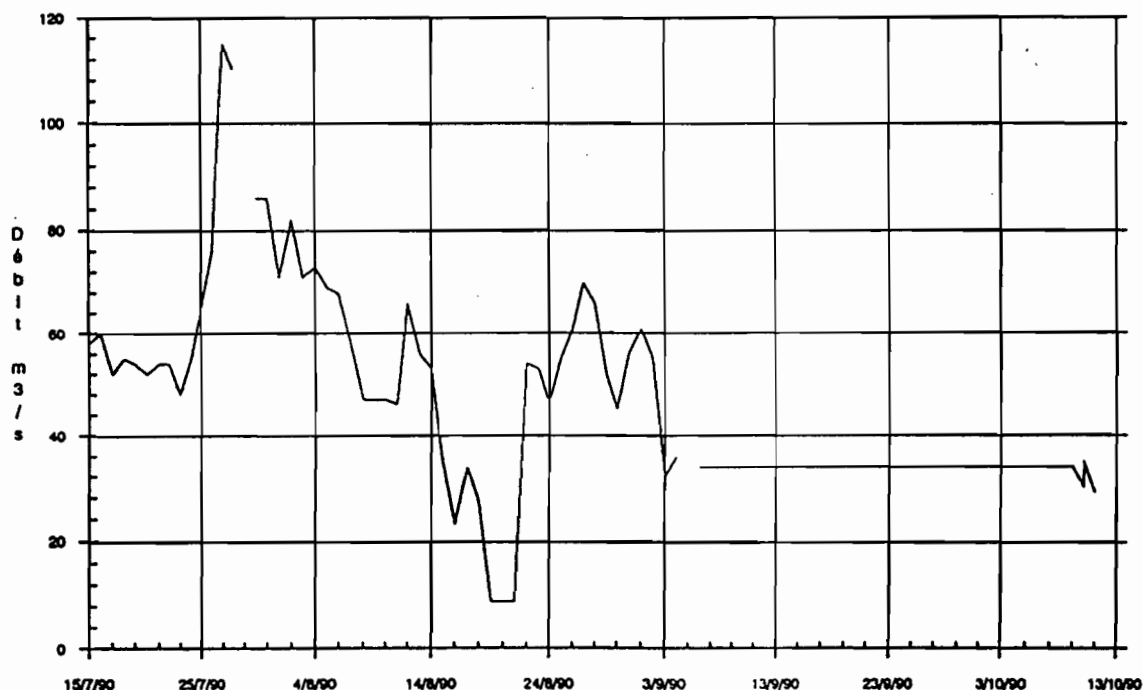


Fig.8 - Hydrogramme de la Taoué (LAMAGAT et al. 1990).

c) Période du 9 octobre au 31 décembre 1990

Elle se décompose en 6 phases dont les durées respectives sont difficiles à évaluer du fait d'une part de la libre circulation des masses d'eaux entre le fleuve Sénégal, le lac de Guiers et la vallée du Ferlo et d'autre part de l'absence d'informations sur le sens de leurs déplacements.

Du 9 octobre au 13 décembre (phase 3 + 5)

Cette période tient compte des déversements (V_{p3}) vers la vallée du Ferlo, pour la troisième année consécutive. L'importance de la section transversale offerte aux écoulements des eaux lacustres au droit des buses de la digue de Keur Momar Sarr amène à distinguer les épisodes du 9 au 11 octobre et du

12 octobre au 13 décembre. Dans ces deux cas, l'équation du bilan hydrologique global comporte deux inconnues (V_f et V_{p3}), l'évaporation étant estimée. La différence entre les apports fluviaux et les lâchers vers le Ferlo se traduit, pour le lac, en termes de débits d'entrée (D_f) et de sortie (D_f et D'_f) pour différencier les deux sous périodes pendant lesquelles l'apport fluvial est considéré comme se faisant à un rythme constant.

Le système d'équation (détail en annexe) est le suivant :

$$D_f - D_f = 0,173 \text{ m}^3/\text{jour} \quad (5) \qquad D_f - D'_f = 1,087 \text{ m}^3/\text{jour} \quad (6)$$

On admet ensuite que l'importance relative des déversements vers le Ferlo (D_f et D'_f) est fonction du rapport entre les sections de transfert ($D'_f/D_f = 1/13$). La résolution des trois équations permet d'estimer les valeurs de D_f et de D'_f à 0,99 et 0,08 millions de m^3/jour et de D_f à environ 1,16 Mm^3/jour . On en déduit les apports V_f à 76,8 millions de m^3 et les déversements (V_{p3}) vers le Ferlo à 7,78 millions de m^3 .

Cette phase aboutit au bilan hydrologique suivant :

$$V_2 - V_1 = (V_f + V_{p0} + V_r) - (V_{p2} + V_{p3} + V_E)$$

$$-36,85 = (76,80 + 0,08 + 5,84) - (2,77 + 7,78 + 109,02)$$

Le bilan est négatif, le lac descend de + 1,42 à + 1,28 m.

Du 14 au 19 décembre (phase 4)

Le lac se déverse dans le fleuve ou la réserve de Diama, son niveau s'abaisse de 4 cm (de 1,28 m à 1,24 m) en 6 jours lors de l'intervention de la phase 4.

$$V_2 - V_1 = V_r - (V_{p1} + V_{p2} + V_{LF} + V_E)$$

$$-10,37 = 0,56 + (3,11 + 0,25 + 0,18 + 7,39)$$

Du 20 au 23 décembre (phase 3)

Le niveau du fleuve se situant au-dessus de celui du lac le sens du courant s'inverse et le lac se remplit pendant 3 jours passant de la cote 1,23 m à 1,26 m.

$$V_2 - V_1 = (\bar{V}_r + V_f) - (V_{p2} + V_E)$$

$$2,59 = (0,37 + 7,29) - (0,17 + 4,91)$$

Le bilan est positif pour la dépression lacustre.

Du 24 au 26 décembre (phase 4)

La phase 4 se réinstalle pendant 3 jours et le niveau

descend de 1,25 m à 1,23 m. Une équation analogue à la phase 4 précédente donne le résultat suivant :

$$- 5,17 = 0,28 - (1,55 + 0,13 + 0,09 + 3,68)$$

Le 27 décembre (phase 3)

La position relative des plans d'eau fluvio-lacustre impose de considérer une nouvelle phase 3 de remplissage selon l'équation suivante pour expliquer la remontée du niveau de 3 cm (de 1,23 à 1,26 m) :

$$V_2 - V_1 = (V_r + V_F) - (V_{p2} + V_E)$$

$$7,76 = (0,09 + 8,94) - (0,04 + 1,23)$$

Du 28 au 31 décembre (phase 4)

Le plan d'eau lacustre est en surélévation par rapport à celui du fleuve et provoque une dernière phase de transfert vers la réserve de Diama. Le niveau descend de 1,26 à 1,18 m.

$$V_2 - V_1 = V_r - (V_{p1} + V_{p2} + V_{LF} + V_E)$$

$$- 20,59 = 0,37 - (2,07 + 0,17 + 13,83 + 4,89)$$

2. Le bilan global pour l'année 1990

Au cours de l'année 1990, le plan d'eau du lac de Guiers a évolué entre + 1,21 m (le 1/01) et + 1,18 m (le 31/12) apports et pertes ayant été du même ordre de grandeur. Les cotes extrêmes ont été observées le 4 juillet (- 0,03 m) et le 9 octobre (+ 1,42 m).

Tableau 1

Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990 (millions de m³)

HL1 et HL2 : cote du lac au début et à la fin des phases

HLm et SLm : hauteur et surface moyennes pendant chaque phase

V2 - V1 : variation du volume du lac

Périodes	jours	phases	HL1 m	HL2 m	HLm m	SLm km ²	V2-V1 Mm ³	Vp0 Mm ³	Vr Mm ³	VF Mm ³	Vp1 Mm ³	Vp2 Mm ³	Vp3 Mm ³	VLF Mm ³	VE Mm ³
01/01 - 20/06	171	1	1,21	0,03	0,62	217,36	-256,10	1,01	13,02	0,00	0,00	7,18	0,00	0,00	262,95
21/06 / 08/10	110	3	0,03	1,42	0,73	223,83	311,05	42,41	9,66	407,10	0,00	4,62	0,00	0,00	143,50
09/10 - 13/12	66	3+5	1,42	1,28	1,35	257,87	-36,85	0,08	5,84	76,80	0,00	2,77	7,78	0,00	109,02
14/12 - 19/12	6	4	1,28	1,24	1,26	253,38	-10,37	0,00	0,56	0,00	3,11	0,25	0,00	0,18	7,39
20/12 - 23/12	4	3	1,24	1,25	1,25	252,62	2,59	0,00	0,37	7,29	0,00	0,17	0,00	0,00	4,91
24/12 - 26/12	3	4	1,25	1,23	1,24	252,36	-5,17	0,00	0,28	0,00	1,55	0,13	0,00	0,09	3,68
27 / 12	1	3	1,23	1,26	1,25	252,62	7,76	0,00	0,09	8,94	0,00	0,04	0,00	0,00	1,23
28/12 - 31/12	4	4	1,26	1,18	1,22	251,34	-20,59	0,00	0,37	0,00	2,07	0,17	0,00	13,83	4,89
BILAN	365						-7,67	43,50	30,21	500,13	6,73	15,33	7,78	14,11	537,56

Le tableau I montre que les composantes essentielles du bilan hydrique global sont les apports fluviaux et les pertes par évaporation qui représentent respectivement 87,2 % des entrées et 92,4 % des sorties. Comparativement aux résultats acquis par COGELS et al. (1990) sur l'ensemble de la période 1976/1989, les processus d'évaporation ont été nettement plus importants (10 %) au chapitre des pertes : la réduction des pompages de la CSS et les faibles déversements vers la vallée du Ferlo en sont les principales causes.

Traduit en hauteurs d'eau, le bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990 se résume comme ci-dessous :

Apports totaux (2,52 m) dont : fleuve (2,20 m), précipitations (0,19 m) et rejets de la CSS (0,13 m).

Pertes totales (2,56 m) dont : évaporation (2,37 m), pompages de la SONEES (0,07 m), transferts du lac vers le fleuve (0,06 m), déversements vers le Ferlo (0,03 m) et pompages de la CSS (0,03 m).

CONCLUSION

Ce bilan fait ressortir plusieurs particularités sur la gestion de l'ensemble fluvio-lacustre en 1990 :

- Le remplissage par la crue fluviale n'a pas donné le résultat que l'on pouvait escompter de la gestion optimale de la réserve amont de Manantali qui en fin de compte s'est traduite en 1990 par un module livré dans la vallée de 225 m³/s . Cette valeur situe les écoulements de la crue artificielle parmi les 3 plus faibles du siècle. Avec une équivalence en hauteur d'eau de 2,20 m pour le remplissage du lac, l'année 1990 se place très nettement en dessous des années 1983 et 1984 qui, avec des modules quasi-identiques, avaient occasionnés des remplissages de 2,83 m et de 2,81 m. Rappelons qu'à cette époque les 2 barrages de Diama et de Manantali n'étaient pas en service.

- Les apports par les précipitations (190 mm) sont demeurés extrêmement faibles et dans le cycle de la sécheresse persistante.

- Les rejets par les cultures irrigués sont d'une remarquable constance. Le fait nouveau est que leur volume annuel est plus de quatre fois supérieur aux pompages de la CSS. La forte minéralisation de ces rejets risque à court terme de provoquer une sursalure des eaux de la zone nord du lac.

- Les transferts du lac vers le fleuve n'ont pas été nécessités comme en 1988 et en 1989 par la position relative des plans d'eau amont et aval du barrage de Diama au moment

des marées d'équinoxe. Ces transferts qui se sont soldés par une perte équivalente à 60 cm d'eau auraient pu être évités par une gestion plus rationnelle des deux barrages sur le canal de la Taoué.

En conclusion, le bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990 démontre, s'il l'était encore nécessaire, l'extrême difficulté pour gérer de façon rationnelle l'ensemble des aménagements mis en place sur le dispositif fluvio-lacustre. Il est urgent de se pencher sur les dernières expériences vécues pour concevoir et bâtir les modèles de demain qui devront aussi prendre en compte les scénarios envisageables dans la perspective du futur canal du Cayor.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

COGELS F.X., GAC J.Y., APPAY J.L., EVORA N., LABROUSSE B. (1990).- Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989. Rapport CEE, DG XII, Bruxelles, Projet EQUÉSEN, TS 2 0198 F EDB, 60 p.

GAC J.Y., MONTEILLET J., FAURE H. (1981).- Marine shorelines in estuaries as a palaeoprecipitation indicators. Symposium on "Variation in the global water budget", Oxford 1981, Ed. A. Street Perrot et al. (1983), Reidel Publ. Cie, pp. 361-370.

GAC J. Y., CARN M., SAOS J.L. (1986a).- L'invasion marine dans la basse vallée du fleuve Sénégal. I- Période 1903-1980. Revue d'hydrobiologie Tropicale, 19, 1, pp. 3-17.

GAC J. Y., CARN M., SAOS J.L. (1986b).- L'invasion marine dans la basse vallée du fleuve sénégal. II- Période 1980-1983, proposition d'un nouveau modèle d'intrusion continentale des eaux océaniques. Rvue d'Hydrobiologie Tropicale, 19, 2, pp. 93-108.

GAC J.Y., APPAY J.L., LABROUSSE B. (1990).- L'intrusion des eaux océaniques dans la basse vallée du Sénégal au cours du XXème siècle. Rapport CEE, DG XII, Bruxelles, Projet EQUÉSEN, TS 2 0 198 F EDB, 52 p.

GAC J.Y. (1991).- Salt water intrusion in the Senegal river valley. VII ème Congrès Mondial des ressources en Eau " L'eau et le développement dans la perspective du 21 ème siècle ". Rabat, mai 1991, pp. 1-12.

LAMAGAT J.P., SEGUIS L., DUBEE G., PEPIN Y. (1991).- Campagne de jaugeages sur le canal de la Taoué (Hivernage 1990). Rapport OMVS/ORSTOM, Dakar, 11 p.

OLIVRY J.C. (1984).- Contribution de la prévision en hydrologie à l'éventuelle maîtrise des ressources déficitaires du fleuve Sénégal pour la saison sèche 1983-1984. Rapp. multigr., ORSTOM, Dakar, 9 p.

Annexes

1. Hauteurs limnimétriques du lac de Guiers en 1990.
2. Calcul des déversements vers la vallée morte du Ferlo.
3. Photographie du bac flottant installé en janvier 1990.
4. Débits dans la Taoué de juillet à septembre 1990.

Annexe 1

LES COTES (en m IGN) DU LAC DE GUIERS A LA STATION DE NGNITH
(1990)

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déce
1	1,21	1,04	0,86	0,63	0,40	0,13	-0,02	0,51	1,07	1,35	1,31	1,29
2	1,20	1,04	0,85	0,63	0,39	0,13	-0,03	0,54	1,09	1,36	1,30	1,28
3	1,20	1,03	0,84	0,62	0,37	0,12	-0,03	0,59	1,10	1,36	1,30	1,28
4	1,19	1,03	0,82	0,61	0,37	0,12	-0,03	0,61	1,12	1,36	1,29	1,28
5	1,18	1,02	0,83	0,60	0,37	0,08	0,02	0,65	1,13	1,36	1,28	1,27
6	1,18	1,02	0,83	0,60	0,36	0,08	0,03	0,65	1,13	1,38	1,28	1,27
7	1,18	1,02	0,82	0,59	0,35	0,08	0,04	0,67	1,12	1,41	1,29	1,27
8	1,17	1,01	0,80	0,58	0,35	0,08	0,05	0,70	1,13	1,42	1,30	1,27
9	1,17	1,00	0,80	0,59	0,34	0,08	0,05	0,75	1,13	1,42	1,28	1,26
10	1,16	0,99	0,79	0,58	0,33	0,08	0,05	0,75	1,15	1,42	1,29	1,27
11	1,15	0,98	0,79	0,57	0,32	0,07	0,05	0,77	1,15	1,40	1,28	1,28
12	1,14	0,97	0,78	0,56	0,32	0,07	0,07	0,82	1,14	1,40	1,27	1,28
13	1,14	0,97	0,77	0,55	0,31	0,07	0,08	0,85	1,13	1,40	1,26	1,28
14	1,13	0,96	0,77	0,54	0,30	0,06	0,08	0,88	1,13	1,40	1,26	1,27
15	1,13	0,95	0,76	0,54	0,28	0,05	0,10	0,90	1,15	1,38	1,27	1,25
16	1,13	0,94	0,75	0,53	0,28	0,05	0,13	0,90	1,18	1,37	1,28	1,25
17	1,12	0,94	0,75	0,51	0,27	0,04	0,15	0,91	1,18	1,35	1,28	1,24
18	1,11	0,93	0,74	0,50	0,25	0,03	0,16	0,91	1,19	1,35	1,28	1,24
19	1,11	0,93	0,73	0,50	0,24	0,03	0,18	0,91	1,20	1,35	1,28	1,24
20	1,10	0,92	0,73	0,49	0,23	0,03	0,18	0,92	1,21	1,35	1,27	1,25
21	1,10	0,92	0,72	0,48	0,22	0,02	0,24	0,92	1,23	1,36	1,26	1,25
22	1,09	0,91	0,71	0,47	0,21	0,02	0,24	0,92	1,24	1,37	1,27	1,25
23	1,09	0,91	0,71	0,47	0,20	0,01	0,25	0,95	1,25	1,38	1,28	1,25
24	1,08	0,90	0,70	0,45	0,20	0,01	0,27	0,97	1,27	1,38	1,29	1,24
25	1,08	0,90	0,69	0,44	0,19	0,01	0,28	0,97	1,28	1,37	1,26	1,23
26	1,06	0,88	0,68	0,43	0,18	0,01	0,35	0,99	1,29	1,37	1,26	1,23
27	1,05	0,87	0,67	0,42	0,16	-0,01	0,38	0,99	1,30	1,35	1,27	1,26
28	1,04	0,87	0,66	0,41	0,16	-0,01	0,40	1,01	1,31	1,35	1,28	1,21
29	1,04		0,65	0,40	0,14	-0,02	0,43	1,04	1,32	1,33	1,28	1,20
30	1,04		0,64	0,40	0,13	-0,02	0,48	1,04	1,33	1,32	1,29	1,19
31	1,04		0,64		0,13		0,50	1,05		1,30		1,18

Annexe 2

CALCUL DES DEVERSEMENTS DU LAC DE GUIERS VERS LE FERLO

Les déversements des eaux du lac de Guiers vers la vallée du Ferlo ont été effectués entre le 9 octobre et le 13 décembre. Dans une première phase (du 9 au 11 octobre) toutes les vannes de la digue de Keur Momar Sarr ont été partiellement ouvertes; ensuite du 12 octobre au 13 décembre les écoulements ne se sont produits que par la seule vanne Est.

Dans les 2 cas, l'équation du bilan hydrologique du lac de Guiers s'écrit :

$$V_2 - V_1 = (V_F + V_{p0} + V_r) - (V_E + V_{p1} + V_{p2} + V_{p3})$$

L'existence d'un apport fluvial autorise à considérer que les pompages de la CSS n'interviennent pas dans le bilan du lac ($V_{p1} = 0$).

Du 9 au 11 octobre 1990 (3 jours)

- Cote initiale du lac	: 1,42 m	$V_1 = 497,861 \text{ Mm}^3$
- Cote finale du lac	: 1,40 m	$V_2 = 492,550 \text{ Mm}^3$
En Mm^3 (millions de m^3)		

$$V_r = 0,268 \quad V_{p0} = 0 \quad V_{p2} = 0,126 \quad V_E = 5,973$$

$$V_F - V_{p3} = 492,550 - 497,861 + 0,126 + 5,973 - 0,268 = 0,52$$

$$\text{Soit en termes de débit : } D_F - D_f = 0,173 \text{ Mm}^3/\text{jour (1)}$$

Du 12 octobre au 13 décembre 1990 (63 jours)

cote initiale du lac	: 1,40 m	$V_1 = 492,550 \text{ Mm}^3$
cote finale du lac	: 1,28 m	$V_2 = 461,013 \text{ Mm}^3$

$$V_r = 5,569 \quad V_{p0} = 0,08 \quad V_{p2} = 2,646 \quad V_E = 102,943$$

$$V_F - V_{p3} = 461,013 - 492,55 + 2,646 + 102,943 - 5,569 - 0,08 = 68,403$$

$$\text{Soit en termes de débit : } D_F - D'_f = 1,087 \text{ Mm}^3/\text{jour (2)}$$

Par ailleurs le rapport entre les deux surfaces de transferts étant de 1/13, on admet que : $D'_f / D_f = 1/13$ (3).

La résolution des 3 équations donne :

$$\begin{aligned} D_F &= 1,16 \text{ Mm}^3/\text{jour} \\ D_f &= 0,99 \text{ Mm}^3/\text{jour} \\ D'_f &= 0,08 \text{ Mm}^3/\text{jour} \end{aligned}$$

Annexe 3

PHOTOGRAPHIE DU BAC FLOTTANT DANS LE CHENAL PRINCIPAL
D'ALIMENTATION DES CASIERS SUCRIERS DE LA C.S.S

(cliché de F.X. Cogels, 1990)



