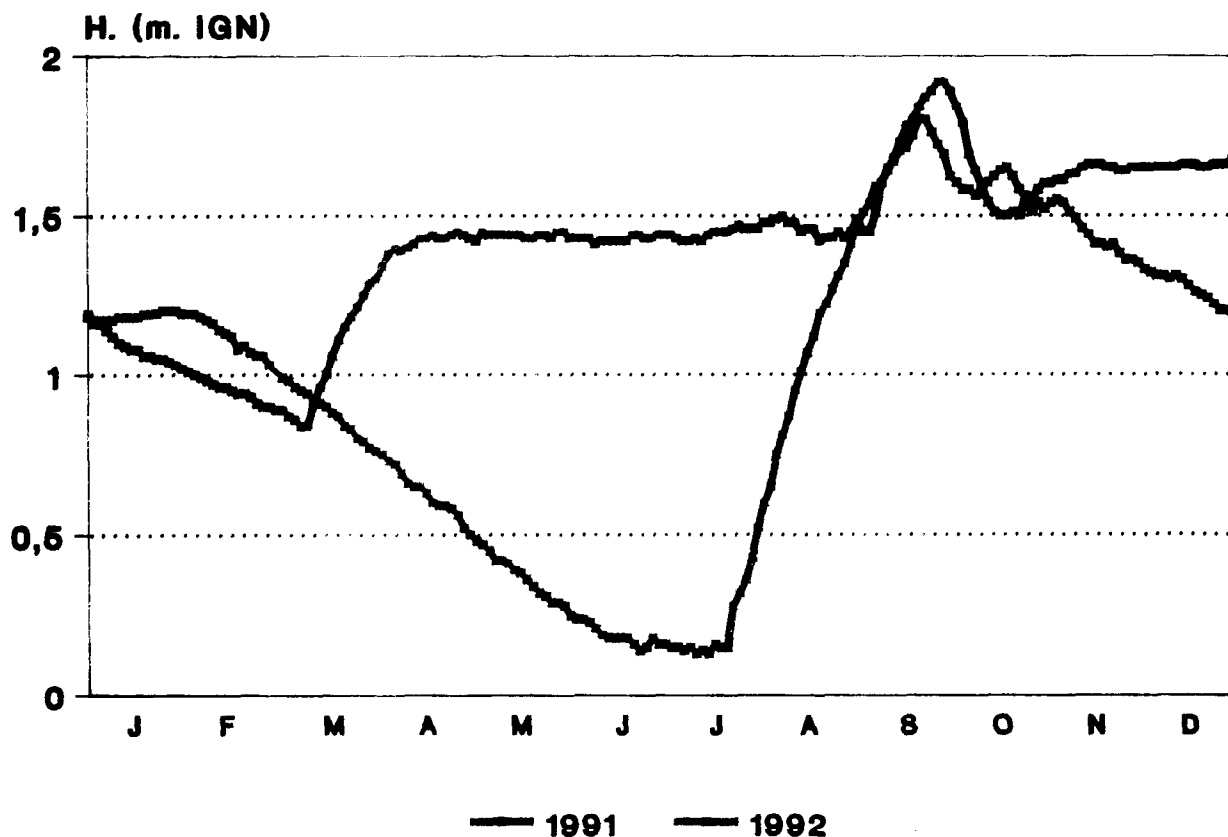


2/12

J. Y. GAC¹, A. COLY², A. NIANG², M.CARN¹, F. X. COGELS¹

PROJET CEE (EQUESEN) TS 2 0198 F EDB

BILAN HYDROLOGIQUE DU LAC DE GUIERS EN 1992
VERS UNE GESTION CONCERTEE DES CRUES DU FLEUVE SENEGAL ?



Evolution du niveau du lac de Guiers en 1991 et 1992



Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: AX 16937 Ex: 1

Mars 1993

¹ Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM), B.P. 1386, Dakar (Sénégal)

² Université Ch. A. DIOP, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Département de Géographie, Dakar (Sénégal)



J. Y. GAC¹, A. COLY², A. NIANG², M.CARN¹, F. X. COGELS¹

PROJET CEE (EQUESEN) TS 2 0198 F EDB

**BILAN HYDROLOGIQUE DU LAC DE GUIERS EN 1992
VERS UNE GESTION CONCERTÉE DES CRUES DU FLEUVE SENEGAL ?**

Résumé :

Le long processus d'aménagement (barrages et endiguements des rives) du Sénégal s'est achevé en 1992, année-test de gestion rationnelle des ressources en eau de ce fleuve sahélien. Le bilan hydrique est tout à fait singulier dans la chronique des observations depuis 1976. Le rehaussement du plan d'eau de la réserve de Diama généré par la crue artificielle de Manantali a eu entre autres conséquences une élévation record (1,92 m IGN) du niveau du lac de Guiers et une inondation de longue durée et sur plus de 90 km de la vallée du Ferlo. Le souci légitime d'assurer un bon remplissage du lac de Guiers ne doit pas cependant constituer un leurre devant la nécessité de préserver aussi la qualité de l'eau et masquer les risques d'eutrophisation du milieu.

Mots clefs

Lac de Guiers, Sénégal, bilan hydrologique, environnement, gestion de l'eau, aménagement.

Mars 1993

¹ Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM), B.P. 1386, Dakar (Sénégal)

² Université Ch. A. DIOP, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Département de Géographie, Dakar (Sénégal)

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
I. - PROBLEMATIQUE DE GESTION DU LAC DE GUIERS EN 1992	2
A.- L'ETAT DES OUVRAGES ET LES PHASES DU BILAN	2
1. Gestion des barrages en 1992	3
2. Les phases hydrologiques	4
B. - CHRONOLOGIE DES EVENEMENTS EN 1992, EVOLUTION DU NIVEAU DU PLAN D'EAU LACUSTRE ET SON UTILISATION	11
1. Evolution du niveau du lac en 1992	11
a) Phase d'isolement	11
b) Remplissage part la crue artificielle	12
c) Arrivée de la crue fluviale	12
2. Particularité de l'année 1992	12
3. Principaux utilisateurs de l'eau du lac de Guiers	12
a) La Compagnie Sucrière Sénégalaise	12
b) La Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal	13
c) La Société d'Exploitation et d'Aménagement du Delta	13
II. - LE BILAN HYDROLOGIQUE EN 1992	14
A. - LES COMPOSANTES DU BILAN : ANALYSE ET FORMULATION DES FICHIERS DU LOGICIEL	14
1. Le logiciel de gestion prévisionnelle des eaux (LGPLG)	14
2. Les composantes du bilan : mise en forme des fichiers	15
a) Les fichiers relatifs aux apports en eau	15
b) Les fichiers relatifs aux pertes en eau	16
B. - BILAN HYDROLOGIQUE EN 1992	17
1. Période d'isolement du lac (état FOF)	17
2. Période de jonction avec le fleuve (état OOF)	18
3. Période de libre circulation des eaux (état OOO)	19
a) Le lac en surplomb du fleuve et du Ferlo	19
b) Nouvelle phase de remplissage	19
4. Bilan hydrologique global	20
CONCLUSION	21
BIBLIOGRAPHIE	22
ANNEXES	

INTRODUCTION

L'année 1992 a été marquée par l'achèvement de la construction de la digue de rive droite du fleuve Sénégal. Après l'édification des barrages de Diama en 1985 et de Manantali en 1987, la réalisation de cet ouvrage dans la basse vallée clôture le long processus d'aménagement de l'ensemble du bassin versant du Sénégal commencé en 1983 avec l'éphémère barrage en terre de Rheune.

En annihilant les déversements potentiels vers le delta mauritanien, la digue rive-droite offre la possibilité de gérer - *au niveau souhaité* - le plan d'eau de la retenue d'eau douce située en amont du barrage de Diama et en corollaire la cote du lac de Guiers. A cet égard, l'année 1992 a constitué une année de transition entre un mode de gestion expérimental des eaux dans le delta et celui appliqué à court terme.

Cette année-test s'est traduite par une évolution saisonnière inhabituelle du niveau du plan d'eau du lac de Guiers. Il en découle une problématique hydrologique tout à fait singulière dans la chronique établie depuis 1976 par COGELS et *al.* (1990), GAC et *al.* (1991, 1992). Malgré un fonctionnement simple, la rupture d'une des digues de la bordure nord-ouest du lac et un apport fluvial trop important ont profondément modifié les règles de gestion jusque-là établies. Les nouvelles conditions hydrologiques reposent avec acuité le problème d'une gestion intégrée du dispositif fluvio-lacustre. Elles confirment aussi la nécessité d'une connaissance prospective et concertée de l'utilisation des ressources en eau.

Le logiciel de gestion prévisionnelle des eaux du lac de Guiers (LGPLG) mis au point par COGELS et *al.* (1992) qui dans ses options de programme simule les différentes alternatives de fluctuations du niveau lacustre a été utilisé pour établir, non cependant sans difficulté, le bilan hydrologique en 1992.

Note :

Pour plus d'informations sur la situation géographique, le contexte géologique, les caractéristiques morphologiques, la chronologie des aménagements successifs et les bilans annuels des pertes et des sorties d'eau dans le lac de Guiers...le lecteur pourra se reporter utilement aux ouvrages suivants dont les références figurent dans la bibliographie de cet article :

GAC et COGELS (1982, 1983); COGELS et GAC (1983 a, b); COGELS (1984); COGELS et GAC (1984), GAC et COGELS (1984); GAC et COGELS (1986 a, b); GAC (1987); GAC et *al.* (1987); COGELS et GAC (1988); COGELS et GAC (1990 a, b, c); LEGER et *al.* (1990); COGELS et *al.* (1991); GAC et *al.* (1991); EVORA (1991); EVORA et *al.* (1991); COGELS et GAC (1992); GAC et *al.* (1992); COGELS et *al.* (1992 a, b); COLY et *al.* (1992); NIANG et *al.* (1992); COGELS et *al.* (1993)

I.- LA PROBLEMATIQUE DE LA GESTION HYDROLOGIQUE DU LAC EN 1992

L'alimentation du lac de Guiers est liée aux ouvertures et fermetures des deux barrages installés sur le chenal aménagé de la Taoué qui le relie au fleuve Sénégal. Elles régissent la circulation des masses d'eau, qui, selon le sens des écoulements, engendre remplissage ou déversement de la réserve lacustre.

A - L'ETAT DES OUVRAGES ET LES PHASES DU BILAN

La dynamique hydrologique du lac est contrôlée par trois ouvrages hydrauliques. Deux sont installés en amont sur le canal de la Taoué : il s'agit du pont-barrage de Richard-Toll (B1) et de celui de N'Dombo (B2). Le troisième, la digue de Keur Momar Sarr, se situe à l'extrémité sud du lac : il permet de réguler les déversements vers la vallée du Ferlo (Fig.1).

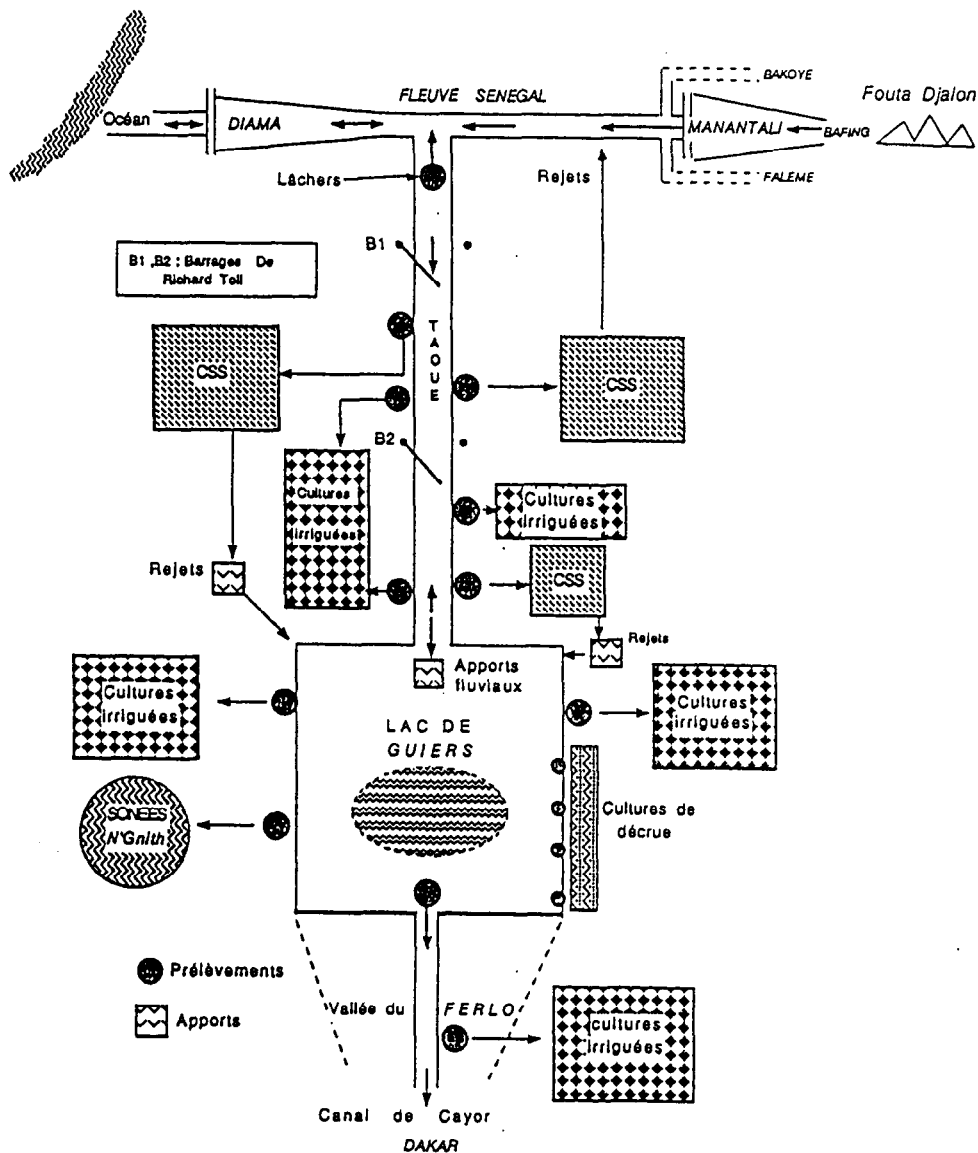


Fig. 1 - Principales infrastructures autour du lac de Guiers.

1. Gestion des barrages en 1992

Elle a été particulièrement simple au cours de l'année. Le barrage de Richard-Toll (B1) est resté ouvert et celui de N'Dombo (B2) n'a été fermé que du 1 janvier au 9 mars 1992. Cette option de gestion au niveau du canal de la Taoué est à rapprocher de la "tentative de normalisation partielle des crues du Sénégal par le barrage de Manantali" évoquée par GAC et *al.* (1992). L'eau étant disponible en quantité suffisante, l'irrigation des casiers sucriers de la CSS n'a pas sollicité les eaux du lac. Cette option devra être confirmée dans la gestion future.

Le barrage de N'Dombo fermé le 15 novembre 1991 a été réouvert le 9 mars 1992. Ce rétablissement de la liaison entre le fleuve et le lac est précoce comparé à celle de 1991 (le 12 juin) et à la normale interannuelle observée autour du 1 juillet par COGELS et *al.* (1992).

La submersion de la vallée du Ferlo a lieu à partir du 29 septembre à la cote maximale de 1,92 m IGN (élévation record du plan d'eau depuis 1970). La date d'ouverture de la digue de Keur Momar Sarr correspond sensiblement à celle des années précédentes depuis la première remise en eau du Ferlo en 1988 (Tableau 1). La fermeture de Keur Momar Sarr étant conseillée quand la cote du lac s'abaisse en dessous de 1,30 m IGN, les déversements se sont prolongés au-delà du 31 décembre 1992 date à laquelle le plan d'eau lacustre se situait à 1,68 m IGN.

Tableau 1

Dates d'ouverture de la digue de Keur Momar Sarr depuis 1988

(cote IGN, durée en jours, volumes en millions de m³)

Année	1988	1989	1990	1991	1992
Ouverture	20.09	31.08	09.10	28.08	29.09
Cote	1,88	1,30	1,42	1,32	1,92
Fermeture	04.11	18.10	13.12	20.11	31.12*
Cote	1,48	1,62	1,28	1,40	1,68
Durée	45	49	65	84	94
Volumes déversés	46	75	(7,8) ¹	nd.	nd.

* en termes de bilan pour l'année civile 1992

¹ valeur douteuse (GAC et *al.* 1991)

nd. : non déterminé

Les combinaisons d'ouverture et de fermeture des barrages permettent de subdiviser l'année 1992 en trois épisodes qui induisent six phases dans le fonctionnement hydrologique du lac.

2. Les phases hydrologiques

Les situations ou phases potentielles au cours d'une année hydrologique ont été précisées par GAC et *al.* (1992). Elles correspondent aux différentes alternatives de gestion des ouvrages qui engendrent flux et reflux des masses d'eaux entre le fleuve Sénégal et le lac de Guiers d'une part, entre le lac de Guiers et la vallée du Ferlo d'autre part. Dans le cadre de la dynamique hydrique actuelle 13 phases ont été répertoriées lors de l'établissement du bilan en 1991. Depuis cette année, d'autres possibilités, qui ajoutent encore à la complexité du système, sont générées par la remise en eau de la cuvette du Ndiaël. Cette éventualité a en effet été envisagée lors de la rupture de la digue du nord-est du lac. Rappelons que cette digue se situe à proximité de la brèche colmatée du Nieti Yone dit des "trois chemins", ancien chenal de liaison entre le lac et le Ndiaël.

En termes de bilan hydrique, ces différentes situations intègrent ou non les différentes composantes de l'équation générale des variations de la contenance du lac entre un état final V_f et un état initial V_i .

Formulation de l'équation générale : $\delta V = V_f - V_i$

$$(V_f + V_{p0} + V_r + V_{r'} + V_{fl}) - (V_e + V_{p1} + V_{p'1} + V_{p2} + V_{lf} + V_{lf'} + V_{ir})$$

Apports	Pertes
V_f : apports fluviaux	V_e : évaporation
V_{p0} : apports des pluies	V_{p1} : pompages CSS (Ouest)
V_r : rejets CSS (casier Ouest)	$V_{p'1}$: pompages CSS (Est)
$V_{r'}$: rejets CSS (casier Sud)	V_{p2} : pompages SONEES
V_{fl} : Transferts Ferlo-lac	V_{lf} : transferts lac-Ferlo
	$V_{lf'}$: transferts lac-fleuve
	V_{ir} : pompages SAED (ouest)

Dans le tableau 2 sont présentées toutes les possibilités synchrones ou non des combinaisons d'ouverture et de fermeture des trois ouvrages. Les pertes ou les apports, qui selon la phase choisie, peuvent participer au bilan hydrologique du lac sont en fonction du sens des transferts d'eaux indiqués par un signe + ou - . Il n'a pas été tenu compte des pertes (pompages de la SONESS et évaporation) ni des apports (pluies et rejets des zones irriguées) qui contribuent de manière continue à la baisse ou à l'élévation du plan d'eau du lac.

L'éventualité d'une remise en eau du Ndiaël n' a pas été envisagée à la suite des travaux de MIETTON et HUMBERT (1991) qui précisent que " le choix du tracé d'adduction d'eau vers la cuvette du Ndiaël doit prendre en compte non seulement les solutions techniques actuelles mais également celles qui pourraient naître de d'autres travaux envisagés dans le cadre du P.D.R.G. (Plan Directeur d'aménagement de Rive Gauche). En clair, l'amenée par le Nieti Yone, ne se justifie que si la remise en eau doit être réalisée très rapidement. S'il n'y a aucun caractère d'urgence, l'amélioration de l'alimentation sur l'axe Gorom aval-Lampsar devrait permettre de reconsidérer l'hypothèse d'une amenée par les chenaux beaucoup plus courts du nord (Bombol ou Ndiaël) ".

Tableau 2

Les différents états du lac engendrés par l'ouverture (O) ou la fermeture (F) des barrages B₁, B₂ et de la digue de Keur Momar Sarr (KMS). Les flèches précisent le sens des écoulements. Le signe (+) indique que le terme correspondant participe au bilan hydrique du lac et le signe (-) qu'il en est exclu.

Phases	Etat des ouvrages			Apports		Pertes				
	B ₁	B ₂	KMS	V _F	V _{FL}	V _{LF}	V _{Lf}	V _{p1}	V _{p'1}	
1	F	O	F	-	-	-	-	+	+	
2	F	O =>	O	-	-	-	+	+	+	
3	F	O <=	O	-	+	-	-	+	+	
4	O	F	F	-	-	-	-	-	+	
5	O	F =>	O	-	-	-	+	-	+	
6	O	F <=	O	-	+	-	-	-	+	
7	O =>	O	F	+	-	-	-	-	-	
8	O <=	O	F	+	-	+	-	+	+	
9	O =>	O =>	O	+	-	-	+	-	-	
10	O <=	O <=	O	-	+	+	-	+	+	
11	O <=	O =>	O	-	-	+	+	+	+	
<u>Cas particuliers</u>										
12	F	F	F	-	-	-	-	-	+	
13	F	F	O	-	+/-	-	+/-	-	+	

ApportsV_F : apports du fleuve au lacV_{FL} : apports du Ferlo au lacPertesV_{LF} : pertes du lac vers le fleuveV_{Lf} : pertes du lac vers le FerloV_{p1} : pompages de la CSS dans le lacV_{p'1} : pompages sur la rive Est de la Taoué

Le tableau 3 indique les modalités de gestion des ouvrages et les différentes phases observées au cours de l'année 1992. L'année se scinde en trois épisodes caractérisés dans l'ordre chronologique par des situations OFF, OOF et OOO. Le découpage en six phases découle du sens des transferts d'eaux.

Tableau 3

Episodes et phases observées en 1992
(Hi et Hf hauteur initiale et finale, δH variation de niveau)

Episodes	Ouvrages		Phases	Niveaux du lac(IGN)		
	B2	KMS		Hi	Hf	δH
<u>01/01 - 08/03</u>	F	F	4	1,19	0,84	0,35
<u>09/03 - 28/09</u>						
le 09/03	O (25 %)	F	7 ou 8	0,84	0,84	0,00
10/03 - 28/09	O (44 %)	F	7 ou 8	0,84	1,92	1,08
<u>29/09 - 31/12</u>						
29/09 - 24/10	O (44 %)	O	9,10,11	1,92	1,50	0,42
24/10 - 31/12	O (44 %)	O	9,10,11	1,50	1,68	0,18

Les pourcentages indiqués entre () correspondent au degré d'ouverture du barrage de Ndombo (Bz)

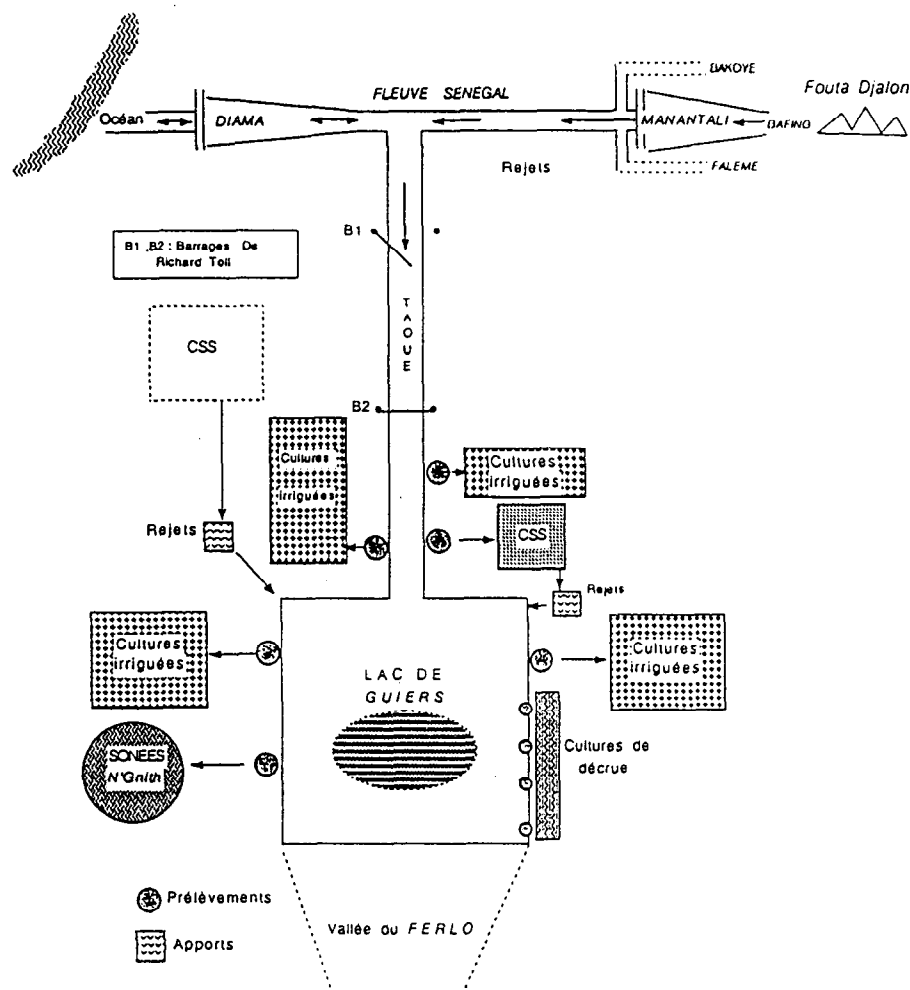
Les phases hydrologiques en 1992 sont donc les suivantes :

- phase 4 pour l'épisode 1 (lac isolé, fonctionnement en vase clos),
- phases 7 ou 8 pendant l'épisode 2 et de la liaison entre le fleuve et le lac,
- phases 9,10 ou 11 pendant l'épisode 3 (libre circulation des eaux entre le fleuve et le Ferlo via le lac de Guiers).

La phase, 4 qui se déroule du 1 janvier au 8 mars, correspond à l'interruption de la liaison entre le fleuve et le lac (Fig.2). Celui-ci évolue en système fermé avec comme unique apport les rejets des zones irriguées et les quelques rares précipitations. Les pompages de la CSS et de la SAED sont réduits mais les pertes par évaporation sont importantes et le niveau du lac s'abaisse de façon régulière. L'équation du bilan est la suivante :

$$[4] \quad V_f - V_i = (V_{p0} + V_r + V_{r'}) - (V_E + V_{p2} + V_{p'1} + V_{ir})$$

Figure 2.- Schéma du dispositif lacustre en phase 4



Le deuxième épisode qui s'étend du 9 mars au 28 septembre correspond à une crue artificielle rendue possible par les lâchers de Manantali et l'élévation du plan d'eau de la retenue de Diama. Les deux barrages sur la Taoué sont ouverts, la digue de Keur Momar Sarr est fermée. C'est la situation classique d'hivernage. L'évolution relative des plans d'eau du fleuve et du lac gère les flux et reflux des masses d'eaux au cours des phases 7 ou 8 (Fig. 3 et 4). Les équations respectives sont les suivantes :

$$[7] \quad V_f - V_i = (V_f + V_{p0} + V_r + V_{r'}) - (V_e + V_{p2})$$

$$[8] \quad V_f - V_i = (V_{p0} + V_r + V_{r'}) - (V_e + V_{LF} + V_{p2} + V_{p1} + V_{p'1} + V_{ir})$$

En phase 7 l'ensemble des pompages de la CSS et de la SAED sont considérés comme prélevé dans le fleuve. Ils n'interviennent pas dans le bilan hydrique du lac. La phase 8 est un anachronisme (GAC et al. 1992). La retenue de Diama est en contrebas du lac, les masses d'eaux lacustres refluent vers le fleuve et tous les prélèvements se font à partir du lac. Cette situation a cependant été d'actualité en 1992.

Figure 3. - Schéma du dispositif lacustre en phase 7

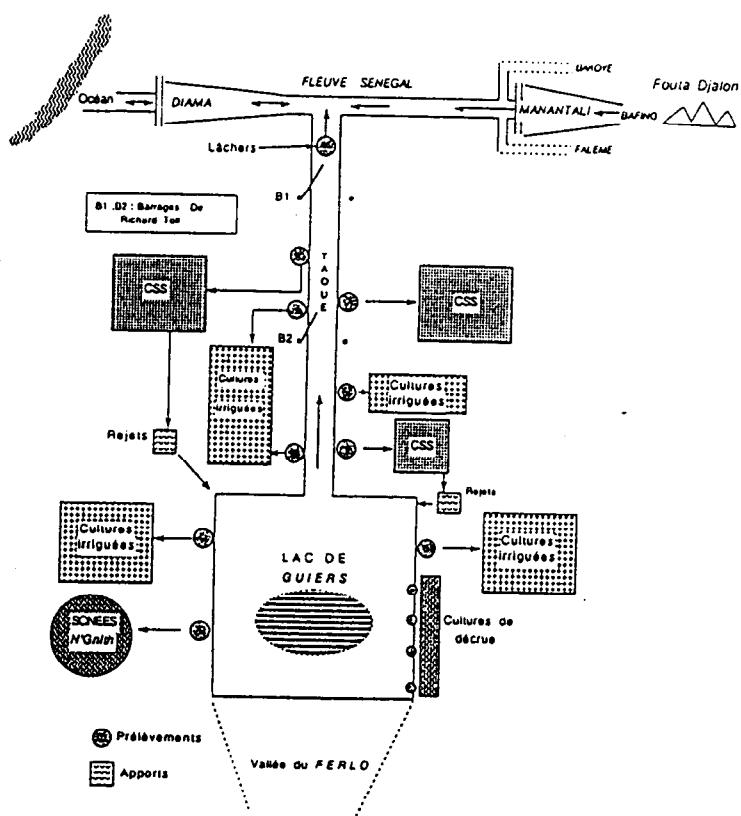
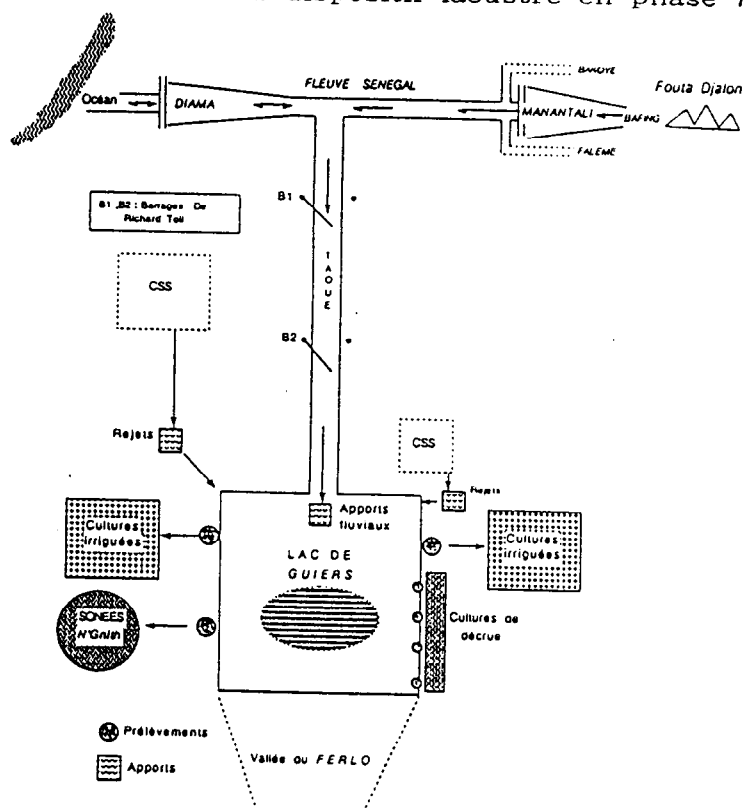


Figure 4.- Schéma du dispositif lacustre en phase 8

La troisième période du 29 septembre au 31 décembre voit l'ensemble du dispositif évoluer en milieu ouvert. L'ouverture de la diguée de Keur Momar Sarr, considérée comme "raisonnable" à partir de la cote + 1,30 m IGN, rétablit les conditions naturelles de libre circulation des eaux entre le fleuve et la vallée du Ferlo via le lac de Guiers. La distinction en trois phases ne résulte que du sens des écoulements. La phase 9 (Fig.5) répond aux soucis de gestion concertée de l'écosystème fluvio-lacustre en y intégrant la vallée fossile du Ferlo. La phase 10 (Fig. 6) qui correspond aux écoulements du Ferlo vers le fleuve est peu probable et très hypothétique dans le contexte climatique et hydrologique actuel. La phase 11 (Fig. 7) qui conduit à la situation du lac en position haute par rapport au fleuve et au Ferlo ne peut-être qu'éphémère et fugace.

$$[9] \quad V_f - V_i = (V_F + V_{p0} + V_R + V_{R'}) - (V_E + V_{Lf} + V_{ir})$$

$$[10] \quad V_f - V_i = (V_{p0} + V_{fL} + V_R + V_{R'}) - (V_E + V_{LF} + V_{p2} + V_{p1} + V_{p'1} + V_{ir})$$

$$[11] \quad V_f - V_i = (V_{p0} + V_R + V_{R'}) - (V_E + V_{LF} + V_{Lf} + V_{p2} + V_{p1} + V_{p'1} + V_{ir})$$

Il ressort de cette brève présentation que les situations les plus avantageuses pour le lac sont les phases 4 et 7. Ces options d'une durée de 10 mois en 1992 ont cependant donné lieu à quelques dysfonctionnements (submersion de cultures et rupture de digue).

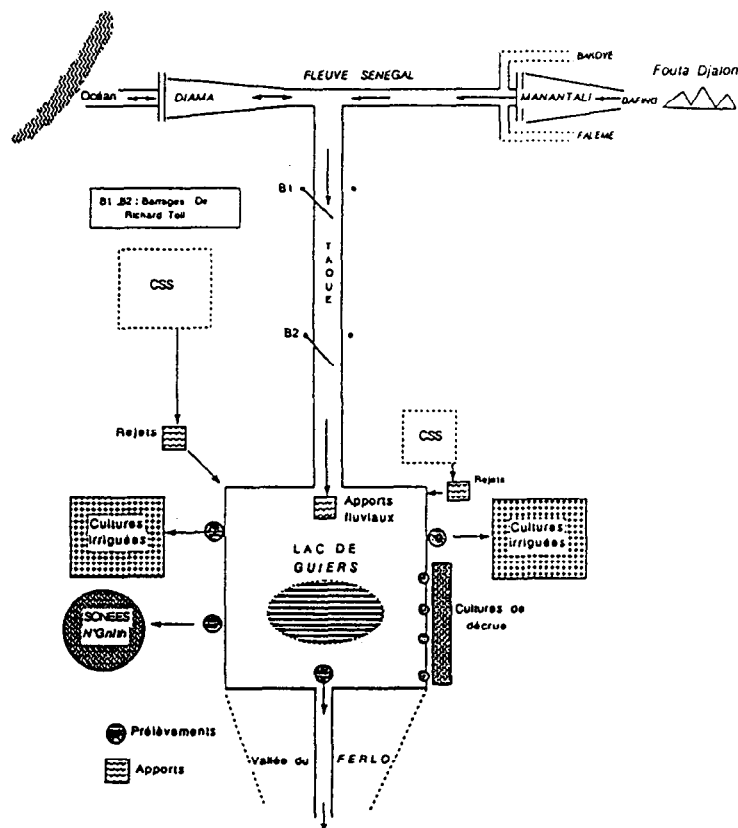


Figure 5.- Schéma du dispositif lacustre en phase 9

Figure 6. - Schéma du dispositif lacustre en phase 10

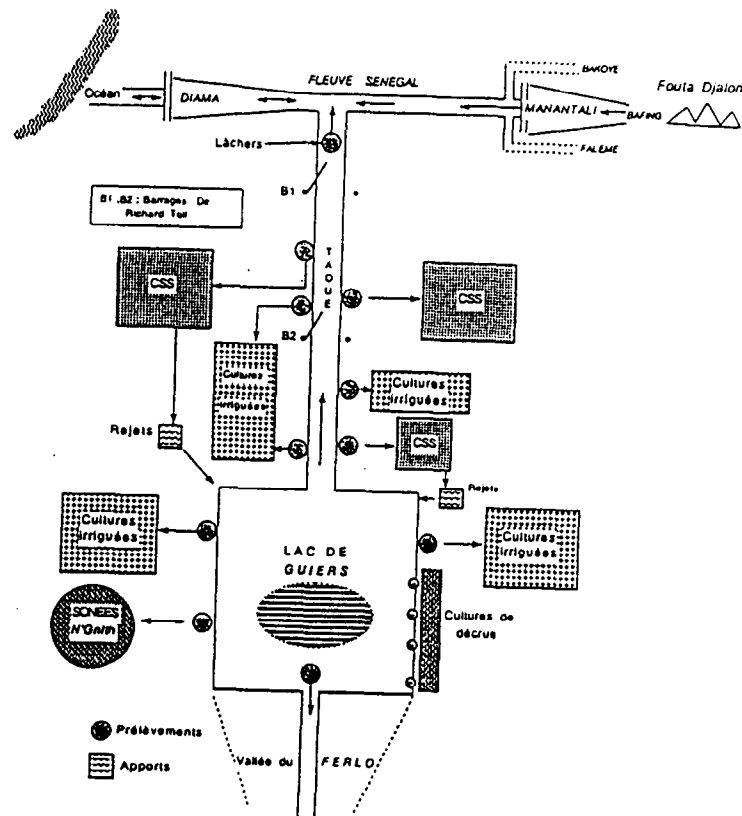
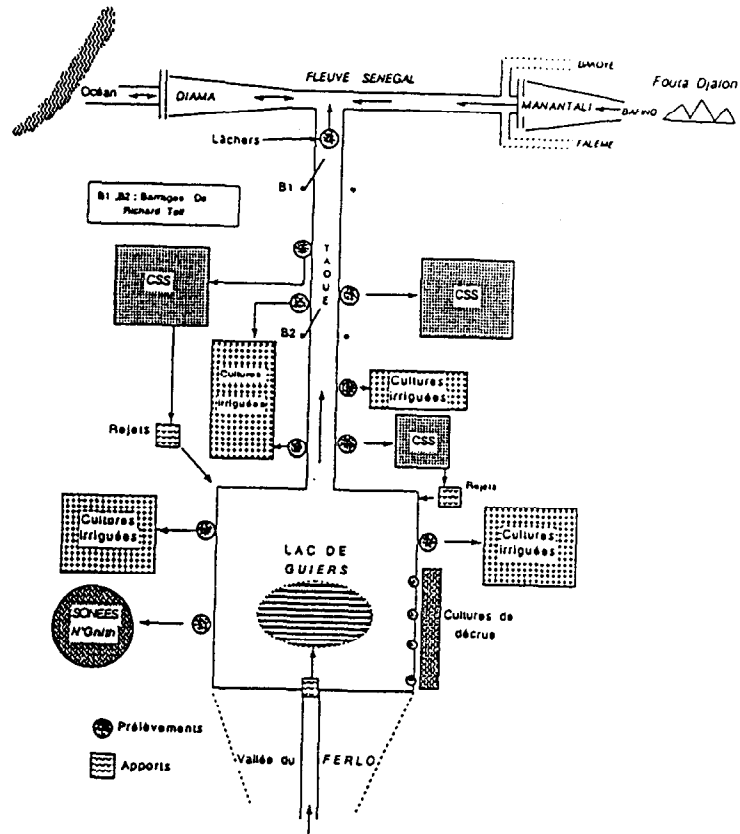


Figure 7. - Schéma du dispositif lacustre en phase 11

B. - CHRONOLOGIE DES EVENEMENTS EN 1992, EVOLUTION DU NIVEAU DU PLAN D'EAU LACUSTRE ET SON UTILISATION

Les variations de niveau du lac de Guiers sont suivies à la station de Ngnith. Les observations à l'échelle de la tour d'exhaure sont quotidiennes et de bonne qualité (Tableau I en annexe). On ne note que quelques rares imprécisions par vents forts.

1. Evolution du niveau du lac en 1992

L'évolution du niveau du lac en 1992 est tout à fait inhabituelle (Fig. 8). Elle déroge aux variations classiques observées depuis le début des enregistrements en 1970.

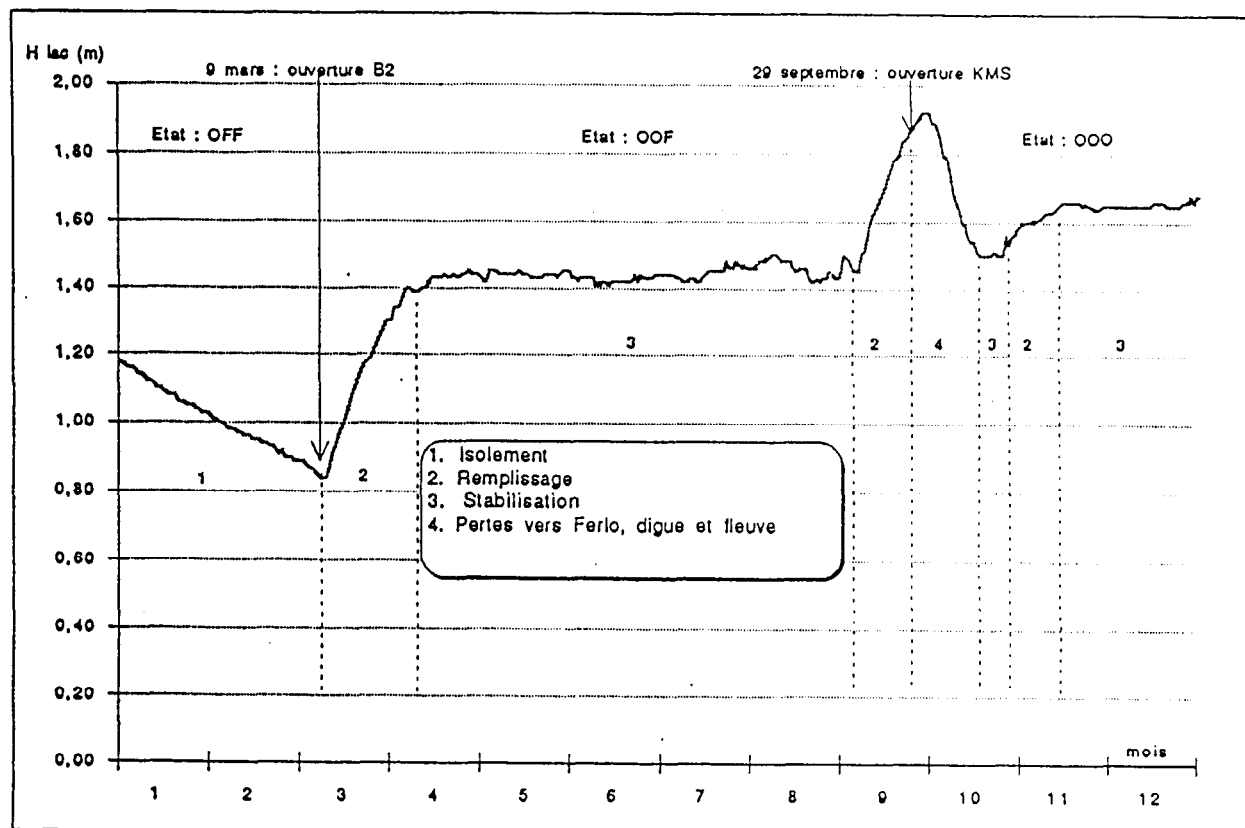


Figure 8.- Evolution du niveau du lac en 1992

a) Phase d'isolement du 1 janvier au 8 mars

Cette première période de 68 jours est marquée par une baisse progressive du niveau. Le lac, en situation OFF, évolue en vase clos. Les apports sont réduits et les pertes essentiellement dues à l'évaporation sont importantes. La cote IGN varie de 1,19 m à 0,84 m entre le 1 janvier et le 8 mars. Cette cote minimale de 0,84 m est tout à fait remarquable; elle constitue en effet, depuis 1970, l'élévation la plus importante du lac lorsqu'annuellement celui-ci passe par son extension minimale.

b) Remplissage du lac par la crue artificielle

Le 7 mars le niveau particulièrement élevé de la retenue de Diama aboutit (à la demande de la SONEES) à l'ouverture précoce du barrage B2 de N'Dombo. Le début du remplissage du lac est patent deux jours plus tard à l'échelle de Ngnith. La cote passe de 0,84 m le 9 mars à 1,40 m le 12 avril. **En un mois, les cultures de décrue sur les rives du lac sont submergées par 56 cm d'eau !!!**. Le niveau se stabilise ensuite jusqu'au 7 septembre (1,50 m IGN). Cette dernière période correspond à l'établissement d'un pseudo-équilibre entre le fleuve et le lac ou entre le lac et le fleuve, les transferts d'eau pouvant s'établir dans les deux sens. Il est par ailleurs tout à fait vraisemblable de n'attribuer qu'au seul Bafing ces afflux d'eau, le Bakoye et la Falémé subissant encore, en ce début de mars, des étiages prononcés.

c) Arrivée de la crue fluviale

L'onde de crue est observée le 8 septembre. En 23 jours le plan d'eau lacustre passe de 1,50 m à 1,92 m cote maximale de l'année enregistrée du 28 au 30 septembre. Il s'agit aussi du remplissage le plus important depuis 20 ans. Cette situation est à mettre en rapport avec l'achèvement de la digue de la rive droite.

L'ouverture de la digue de Keur Momar Sarr le 28 septembre entraîne la submersion de la vallée du Ferlo et la baisse rapide du lac jusqu'à la cote de 1,50 m IGN le 17 octobre. Il est vraisemblable aussi que des transferts d'eau ont lieu du lac vers le fleuve (phase 11 éphémère et fugace évoquée précédemment comme alternative possible). La brièveté de cette situation aboutit à un nouveau remplissage entre le 25 octobre et le 13 novembre (1,65 m IGN). L'année se termine ensuite par un nouvel équilibre entre les plans d'eau et la stabilisation du niveau du lac. A la date du 20 mars 1993 la digue de Keur Momar Sarr est toujours ouverte.

2. Particularité de l'année 1992 dans l'évolution globale depuis 1976

La figure 9 précise la tendance globale de l'évolution du niveau du lac entre 1976 et 1992. Après une relative stabilité autour de 0,50 m IGN entre 1976 et 1983, la position moyenne du plan d'eau indique une nette tendance à une hausse continue de 1984 à 1992. Elle découle des aménagements successifs entrepris sur l'environnement fluvio-lacustre.

3. Les principaux utilisateurs de l'eau du lac de Guiers

a) La Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS)

L'installation de la CSS dans la région de Richard-Toll date de 1970 (GUYONNET, 1980). Elle prenait à cette époque le relais de la Société de Développement Rizicole du Sénégal (SDRS) créée dans les années 1950. L'exploitation couvre aujourd'hui une superficie de 6.440 hectares répartis en trois casiers :

- 6.000 ha pour les casiers Nord (Est et Ouest)
- 440 ha pour le casier Sud dénommé Taoué 2.

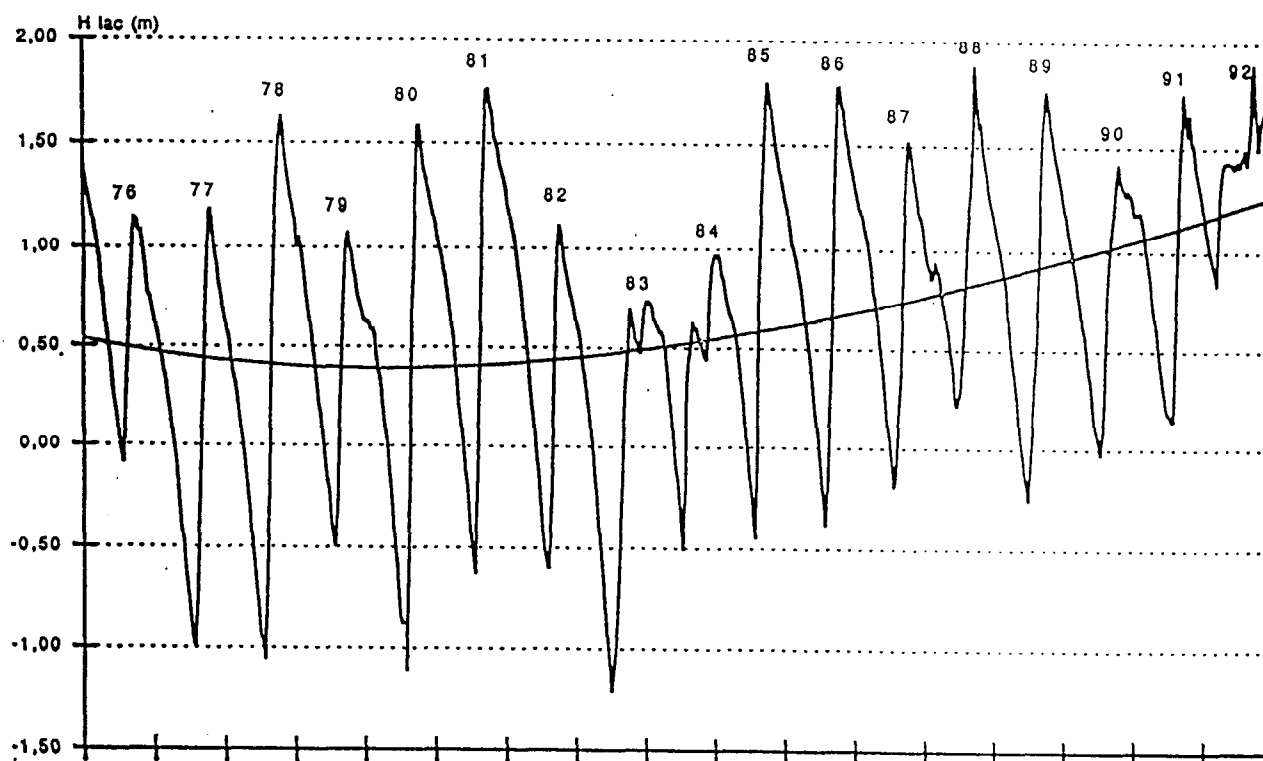


Figure 9. Variations du niveau du lac de 1976 à 1992

En 1992 les prélèvements pour l'irrigation de la canne à sucre se sont élevés à 100 m³/ha/jour. Rappelons que ces pompages ont essentiellement lieu à partir de l'eau du fleuve. Simultanément la CSS rejette dans le lac les eaux de drainage du casier Nord-Ouest (91.000 m³/jour) et du casier Taoué 2 (21.240 m³/jour).

b) La Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal

La SONEES est installée à Ngnith dans la partie centrale du lac. L'usine de traitement des eaux pour l'alimentation en eau potable de la presqu'île du Cap Vert pompe quotidiennement des volumes de l'ordre de 40.000 m³/jour. La SONEES comptabilise tous les jours ses prélèvements (voir Tableau II en annexe). Les estimations des volumes bruts pour 1992 s'élèvent à 15 millions de m³ (41.000 m³/jour).

c) La Société d'Aménagement et d'Exploitation du Delta (SAED)

Depuis décembre 1990, la SAED a développé de part et d'autre de la Taoué deux types d'exploitation agricole : casier rizicole en rive Ouest et polyculture en rive Est. Les prélèvements d'eau qui évoluent selon la variété culturale et le calendrier agricole ont été précisés par GAC et *al.* (1992).

II. - LE BILAN HYDROLOGIQUE EN 1992

Au terme des conditions hydrologiques vécues en 1992, des modalités de gestion, des conditions d'exploitation, le calcul du bilan peut s'effectuer à l'aide du logiciel de gestion prévisionnelle des eaux du lac de Guiers (LGPLG) mis au point par COGELS et *al.* (1992). L'établissement du bilan est assez simple pendant les 10 premiers mois de l'année (états OFF et OOF) ; il s'avère beaucoup plus difficile à quantifier lorsque l'ouverture des trois ouvrages (état OOO) recrée, en fin d'année, les conditions naturelles de la libre circulation des eaux.

A - LES COMPOSANTES DU BILAN : ANALYSE ET FORMULATION DES FICHIERS DU LOGICIEL

1. Le logiciel de gestion prévisionnelle des eaux (LGPLG)

Le logiciel LGPLG, dans sa conception initiale, a été décrit par EVORA et *al.* (1991) sur la base du modèle mis au point par le laboratoire de géochimie de l'ORSTOM. Son emploi et la procédure de mise en forme des différents fichiers ont été présentés par COGELS et *al.* (1992).

Il permet de :

- simuler la gestion quantitative de la réserve du lac sur la base de scénarios d'exploitation assujettis à la fermeture et à l'ouverture des barrages,
- faciliter à priori les prises de décision quant au choix d'une gestion optimale de la dépression lacustre,
- identifier plus précisément les contraintes de gestion additionnelles générées par de futurs aménagements.

Le menu principal du programme comporte 7 sous-menus qui servent à la mise en forme, à la visualisation graphique des fichiers et aux calculs. Le logiciel procède par itérations successives aux estimations des pluies, de la surface et du volume du lac en fonction des hauteurs d'eau... (COLY, 1992) et génère des fichiers réponses (Tableau 4) selon les alternatives et les options de la simulation. Notons cependant que le logiciel est inadapté pour le calcul du bilan lorsque la digue de Keur Momar Sarr est ouverte.

Rappelons que les 4 options de simulation proposées par COGELS et *al.* (1992) sont les suivantes :

- cote du lac fixée en fin de période de simulation,
- cote du lac fixée en début de période de simulation,
- cote du lac réajustée (jour après jour éventuellement) en cours de simulation,
- apport fluvial hors saison 1992) et/ou transfert du lac vers Diama (situation connue en 1992).

Tableau 4

Liste des fichiers à introduire (X) et générés par les calculs (R) selon les options de simulation choisies (COGELS et al. 1992).

Fichiers	Options			
	1	2	3	4
Fleuve	X	X	R	R
Rejets CSS	X	X	X	X
Précipitations	X	X	X	X
Pompages CSS	X	X	X	X
Pompages SONEES	X	X	X	X
Pompages Canal du Cayor	X	X	X	X
Pompages irrigation	X	X	X	X
Pompages supplémentaires	X	X	X	X
Evaporation	X	X	X	X
Cote du lac	R	R		
Cote du lac réajustée			R	
Cote du fleuve à Rd Toll	R	R		
Volume évaporé	R	R	R	R
Evolution fixée du plan d'eau lacustre			X	X
Jonction lac-fleuve			X	X

2. Les composantes du bilan : mise en forme des fichiers

Il s'agit de l'ensemble des fichiers contenus dans le LGPLG et nécessaires à l'établissement du bilan. La mise en forme prend corps après la connaissance des variations de "l'état" des ouvrages et des périodes qu'ils induisent. La participation ou l'exclusion des termes du bilan au niveau des différentes phases ainsi définies, l'introduction des données peut être réalisée.

a) Les fichiers relatifs aux apports en eau au lac

- le fichier "rejets CSS" au lac (V_r et V_r') concerne le cumul des eaux de drainage des casiers Nord-Ouest et Taoué 2. L'élaboration du fichier prend en compte une période de 366 jours en introduisant un volume de $0,112 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

- le fichier des précipitations enregistre les hauteurs journalières des pluies. Le programme calcule en fonction de la surface du lac et du taux de ruissellement sur la portion "sèche" du bassin versant les apports pluviométriques au cours de chacune des périodes. Le cumul des précipitations en 1992 est de 138,8 mm traduisant un déficit de 33 % par rapport à la moyenne interannuelle (208 mm) enregistrée entre 1976 et 1991. L'apport au lac par les eaux de pluie se chiffre à 37,94 millions de m^3 (Tableau 5).

Tableau 5

Apports pluviométriques (V_{p0}) en 1992 (en 10^6 m^3)

Date	Pluie (mm)	Cote (m)	Surface (km^2)		V_{p0}		Total
			lac	Bassin	Direct	Ruis	
03/02	1,3	1,00	239,7	114,3	0,312	0,015	0,327
11/02	4,9	0,96	237,5	116,5	1,164	0,057	1,221
12/02	1,0	0,96	237,5	116,5	0,238	0,012	0,250
16/07	9,3	1,44	262,2	91,8	2,438	0,085	2,523
07/08	6,8	1,49	264,6	89,4	1,799	0,061	1,860
19/08	3,8	1,46	263,2	90,8	1,000	0,035	1,035
20/08	8,4	1,43	261,8	92,2	2,199	0,077	2,276
26/08	10,4	1,45	262,7	91,3	2,732	0,095	2,827
31/08	37,2	1,45	262,7	91,3	9,772	0,340	10,112
01/09	0,7	1,50	265,1	88,9	0,186	0,006	0,192
09/09	41,2	1,55	267,4	86,6	11,017	0,357	11,374
18/09	10,9	1,78	277,8	76,2	3,028	0,083	3,111
22/09	2,9	1,84	280,4	73,6	0,813	0,021	0,834
					36,698	1,244	37,942

b) Les fichiers des pertes en eau du lac

Il s'agit des différents pompages de la CSS (V_{p1} et $V_{p'1}$), de la SAED (V_{ir}), de la SONEES (V_{p2}) et de l'évaporation (V_E).

- le fichier "pompage CSS" totalise l'ensemble des prélèvements de la CSS. Il est établi de manière à respecter le sens des transferts d'eau : en phase 4 prise en compte de $V_{p'1}$ (pompages du casier Taoué 2), en phase 7 et 9 les prélèvements de la CSS s'opèrent à partir du fleuve, en phase 8 et 11 l'intégralité des besoins pour l'irrigation de la canne à sucre est assurée à partir de l'eau du lac.

- les pompages de la SAED (V_{ir}) sont saisis avec l'option "pompages d'appoint" afin d'éviter les calculs fastidieux du sous menu "irrigation". Les prélèvements varient mensuellement selon le type de culture et selon l'état des barrages (GAC et al. 1992). En effet l'irrigation des casiers rizicoles de la SAED s'effectue simultanément de part et d'autre du barrage de Ndombo (B2). En phase 4 (B2 fermé) seul 40 % des besoins en eau pour la culture du riz sont prélevés dans le lac (Tableau 6).

- les pompages de la SONEES ont été introduits sur une tranche de 366 jours sur la base des données fournies par l'usine de traitement des eaux de Ngnith (41.000 m^3/jour).

- le fichier "évaporation" nécessite au préalable de prendre en compte les mesures de l'évaporation en bac classe A de la station de Richard Toll. Ces observations quotidiennes sont ensuite traduites en hauteurs d'eau

évaporé sur le lac en utilisant les coefficients mensuels E_{lac}/E_{bac} précisés sur le long terme (1976/1989) par COGELS et al. (1991)

Tableau 6

Prélèvements journaliers (fleuve et lac) de la SAED en 1992 (en m³).

Mois	Riz (500 ha)	Tomate (150 ha)	Total/ha	Total/jour
Janvier	0	100	100	15.000
Février	140	100	240	85.000
Mars	200	100	300	115.000
Avril	200	100	300	115.000
Mai	200	0	200	100.000
Juin	150	0	150	75.000
Juillet	0	0	0	0
Août	150	0	150	75.000
Septembre	210	0	210	105.000
Octobre	210	0	210	105.000
Novembre	210	100	310	120.000
Décembre	0	100	100	15.000

B.- BILAN HYDROLOGIQUE EN 1992

Les composantes du bilan hydrologique pour les deux premières périodes allant du 1 janvier au 28 septembre sont directement quantifiables par le logiciel (LGPLG). En revanche pour le dernier épisode il n'a pas été possible d'évaluer séparément les déversements du lac vers le fleuve, du lac vers le Ferlo ou encore du lac vers les casiers du Nord-Est après la rupture de la digue.

1. - Période d'isolement du lac (état FOF)

Elle s'étend sur 68 jours du 1 janvier au 8 mars. Le plan d'eau s'abaisse de 35 cm (1,19 - 0,84), la contenance du lac diminue de 86 millions de m³ et sa superficie se réduit de 19 km².

Bilan en millions de m³ (Mm³)

<u>Apports</u>		<u>Pertes</u>	
V_{p0}	: 1,80	V_E	: 87,44
V_r	: 6,19	$V_{p'1}$: 2,99
$V_{r'}$: 1,44	V_{p2}	: 2,79
		V_{ir}	: 2,15
Total	: 9,43		: 95,37

Variations de volume : - 85,94 Mm³

Toutes les composantes du bilan hydrique sont connues à l'exception de l'évaporation déduite à partir de l'équation 4. Elle s'élève à 87,44 Mm³ ce qui correspond à une colonne d'eau de 36,4 cm ou encore à une évaporation moyenne de 5,4 mm/jour. L'évaporation représente à elle seule 92 % des pertes en eau du lac. Les apports des pluies sont relativement importants pour cette période de l'année. Elles correspondent aux manifestations du "Heug" découlant de la pénétration d'air polaire dans le talweg qui sépare les cellules des Açores et de Lybie.

2.- Période de jonction avec le fleuve (crue artificielle et crue naturelle), (état 00F)

Elle s'étend sur 204 jours du 9 mars au 28 septembre. Le plan d'eau s'élève de 1,08 m (0,84 - 1,92), le volume du lac augmente de 281,3 Mm³ et la superficie de 53 km². A sa cote maximale de 1,92 m IGN, le volume du lac est de 633 Mm³.

L'établissement du bilan de cette période a été l'occasion de tester l'option du logiciel "Apport fluvial et transfert vers Diama". Les objectifs fixés (par la SONEES) d'un remplissage précoce du lac par une crue artificielle à partir du 9 mars plaident à priori pour une phase 7.

Les calculs aboutissent à des aberrations pour 18 jours lors de la stabilisation des plans d'eau fluvio-lacustre : le 31 mai, en juillet (5,16 et 27), en août (7, du 12 au 14, du 17 au 20 et le 27) en septembre (du 1 au 3, le 9 et le 28) : à l'évidence une phase 8 (c'est à dire des transferts du lac vers le fleuve) s'impose pour ces 18 journées. Il faut cependant noter que les observations *in situ* du sens des écoulements ne confirment pas toujours ce résultat. Ceci démontre que le logiciel de gestion présente des imperfections et qu'il reste à améliorer. Le constat actuel débouche sur une évaluation des transferts lac-fleuve de l'ordre de 22,86 Mm³.

Bilan en millions de m³ (Mm³)

<u>Apports</u>		<u>Pertes</u>	
V _{p0}	: 36,14	V _E	: 350,67
V _r	: 18,57	V _{p1}	: 10,80
V _{r'}	: 4,28	V _{p'1}	: 0,79
V _F	: 632,50	V _{p2}	: 8,36
		V _{ir}	: 16,71
		V _{LF}	: 22,86
	-----		-----
Total	: 691,49		: 410,19

Variations de volume : + 281,30 Mm³

L'évaporation est importante (85 % des pertes) mais elle ne représente qu'un peu plus de la moitié de l'apport fluvial. Elle correspond à une tranche d'eau de 1,72 m ou encore à une évaporation moyenne journalière de l'ordre de 6,3 mm. Les pompages de la CSS sont réalisés dans le lac au moment des transferts des masses d'eaux lacustres vers la retenue de Diama. L'augmentation des prélèvements de la SAED est à rapprocher du développement de l'activité culturelle de contre-saison. L'apport fluvial qui globalement correspond à un débit moyen de 35 m³/s est assez proche des estimations faites par le BCEOM au cours de jaugeages réalisés lors de l'hivernage 1992.

3. Période de libre circulation des eaux (état 000)

Cette période qui s'étend du 29 septembre au 31 décembre est très complexe du fait de l'ouverture vers la vallée du Ferlo. Les débits qui transitent à Keur Momar Sarr sont inconnus. La rupture de la digue du Nord Ouest ajoute encore à la difficulté d'établir le bilan des masses d'eau. Sans connaissance précise des volumes déversés (V_D) au nord-ouest il est apparu nécessaire de scinder cette période en 2 épisodes et d'envisager successivement une phase 11 et une phase 9.

a) Position haute du lac par rapport au fleuve et au Ferlo

L'hypothèse d'une position haute du lac par rapport au fleuve et à la vallée du Ferlo (phase 11) nous paraît la plus probable pour cet épisode qui dure du 29 septembre au 24 octobre. Elle trouve sa justification dans l'abaissement rapide et important (1,92 - 1,50) du plan d'eau : 42 cm en 26 jours. Le volume du lac diminue de 113,90 Mm³.

Bilan en millions de m³ (Mm³)

<u>Apports</u>		<u>Pertes</u>	
V_{D0}	: 0,00	V_E	: 53,06
V_R	: 2,37	V_{P1}	: 15,60
$V_{R'}$: 0,55	$V_{P'1}$: 1,14
		V_{P2}	: 1,07
		V_{ir}	: 2,73
		V_{Lf}	: ?
		V_{LF}	: ?
		V_D	: ?
	-----		-----
Total	: 2,92		: 73,60 + ?

Variations de volume : - 113,90 Mm³

On en déduit que le cumul des pertes simultanées du lac vers le fleuve, la vallée du Ferlo et la digue du Nord-est s'élève à 43, 22 Mm³. Ces pertes, sensiblement équivalentes à celles provoquées par l'évaporation (7,4 mm/jour), auront au moins eu l'avantage de tester la résistance des digues à un rehaussement excessif (et d'ailleurs prévu dans le plan directeur d'aménagement de la vallée du fleuve) du niveau du lac.

b) Nouvelle phase de remplissage

Cette nouvelle phase de remplissage est attestée par un rehaussement du plan d'eau à partir du 25 octobre avant une dernière phase de stabilisation des niveaux et à l'installation d'un nouvel équilibre fluvio-lacustre jusqu'à la fin de l'année.

Cette situation coïncide sans aucun doute avec la réfection de la digue du nord-ouest. Le niveau du lac s'élève de 18 cm (1,50 - 1,68). L'augmentation de volume au cours de ce dernier épisode de 68 jours, considéré comme une phase 9, est de 48,67 Mm³. Le terme circonstanciel V_D disparaît du bilan.

Bilan en millions de m³ (Mm³)

<u>Apports</u>		<u>Pertes</u>	
V _{p0}	: 0,00	V _E	: 99,89
V _r	: 6,19	V _{p2}	: 2,79
V _{r'}	: 1,44	V _{Lf}	: ?
V _F	: ?		
-----		-----	
Total	: 7,63 + ?		: 102,68 + ?

Variations de volume : + 48,67 Mm³

Le lac se remplit par le Nord et se vide au Sud. Le bilan entre l'apport fluvial et les déversements vers la vallée du Ferlo se traduit par un appoint supplémentaire au lac de 143,72 Mm³.

4. - Bilan hydrologique global

L'importance respective des différentes composantes du bilan hydrologique du lac en 1992 est précisée dans le Tableau 7.

Tableau 7

Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1992 (10⁶ m³)

Période	1	2	3a	3b	Année
Phases	4	7/8	11	9	
Apports	9,43	691,49	2,92	151,35	855,19
V _{p0}	1,80	36,14	-	-	37,94
V _r	6,19	18,57	2,37	6,19	33,32
V _{r'}	1,44	4,28	0,55	1,44	7,71
V _F	-	632,50	-	-	632,50
V _{F-VLf}	-	-	-	143,72	143,72
Pertes	95,37	410,19	116,82	102,68	725,06
V _E	87,44	350,67	53,06	99,89	591,06
V _{p2}	2,79	8,36	1,07	2,79	15,01
V _{p1}	-	10,80	15,60	-	26,40
V _{p'1}	2,99	0,79	1,14	-	4,92
V _{LF}	-	22,86	-	-	22,86
V _{ir}	2,15	16,71	2,73	-	21,59
V _{Lf+VLF+Vd}	-	-	43,22	-	43,22
Vf-Vi	- 85,94	281,30	- 113,90	48,67	130,13

CONCLUSION

L'année 1992 a manifestement constitué une année-test de la gestion optimale des ressources en eau du Sénégal dans le contexte de l'après-barrages. La construction dans la basse vallée du fleuve de la digue de rive-droite a permis de rehausser le niveau de la réserve de Diama et en corollaire à particulariser le bilan hydrologique du lac de Guiers.

Parmi les effets spectaculaires, on peut noter un remplissage précoce du lac (dès mars) par la crue artificielle, une stabilisation haute (1,40 m IGN) tout à fait inhabituelle du plan d'eau en fin de saison sèche, un remplissage secondaire par la crue naturelle avec une élévation record depuis 20 ans du plan d'eau (1,92 m IGN), la rupture des endiguements dans la partie nord-ouest du lac et une submersion de longue durée et sur plus de 90 km de l'ancienne vallée asséchée du Ferlo. L'eau serait en effet arrivée aux portes du village de Yang Yang à plus de 90 km en amont de Keur Momar Sarr. La création artificielle de cette importante nappe d'eau superficielle est sans conteste l'un des résultats les plus significatifs de l'année 1992.

Par rapport à 1991, l'année 1992 se termine par une augmentation de volume de 130 Mm³ qui à elle seule suffirait à satisfaire les besoins annuels en eau potable de la presqu'île du Cap vert. Les composantes essentielles du bilan hydrologique restent inchangées : apport fluvial (91 %) et pertes par évaporation (82 %). L'accès aux quantités d'eaux déversées vers la vallée du Ferlo est délicat, leur évaluation se faisant en couple avec l'apport fluvial au lac quand les conditions naturelles de libre circulation des eaux sont rétablies. L'étendue de la lame de submersion permet d'estimer l'importance de l'inondation à près de 100 Mm³.

Ces résultats qui pourraient donner lieu à un certain optimisme doivent cependant être tempérés par trois considérations majeures :

- la submersion inopinée des cultures de décrue sans concertation préalable avec les riverains du lac est une aberration,
- la rupture des endiguements fragilise les modèles établis sur leur résistance réelle à des rehaussements excessifs du niveau lacustre,
- la modification sensible du spectre chimique vers un adoucissement des eaux se traduit par un "boom" algal (développement de macrophytes enracinés et surtout de prairies flottantes de *Pistia Stratiotes*) et peut accélérer les processus d'eutrophisation.

Le souci légitime d'assurer un bon remplissage du lac et une submersion conséquente de la vallée du Ferlo ne doit pas constituer un leurre devant la nécessité de préserver aussi la qualité des eaux.

Enfin le logiciel de gestion des eaux du lac de Guiers a, dans sa version actuelle, montré ses limites. Il est impératif de l'adapter dans un cadre plus global en l'intégrant aux outils mathématiques développés par les hydrologues sur la simulation de la gestion de la retenue de Manantali (Simulsen) et sur la propagation des crues (naturelles ou artificielles) dans la vallée du Sénégal (Progresen). La gestion multiforme du fleuve Sénégal et de ses dépendances ne peut qu'en être valorisée. Elle implique que certaines résolutions soient rapidement prises, suivant en cela les recommandations de GAC et al. (1992) au niveau du lac de Guiers: équipement limnimétrique sophistiqué, nivellement précis des échelles, jaugeages quotidiens aux deux extrémités du lac et surveillance rigoureuse des ouvrages.

BIBLIOGRAPHIE

- COGELS F.X. (1984) - Etude limnologique d'un lac sahélien: le lac de Guiers (Sénégal). *Thèse doctorale*, Fondation Universitaire de Luxembourg, Arlon, Belgique, 329 p.
- COGELS F.X., CARN M., EVORA N.D. et GAC J.Y. (1992) - Utilisations et applications pratiques du modèle d'aide à la gestion des eaux du lac de Guiers (modèle LGPLG). Alternatives de gestion actuelle et future. *Rapport CEE, projet EQUENSEN*, 47 p.
- COGELS F.X., CARN M. et GAC J.Y. (1992) - Evolution annuelle et interannuelle des chlorures dans le lac de Guiers à N'gnith de 1973 et 1991. *Rapport CEE, projet EQUENSEN*, 40 p.
- COGELS F.X., DACRUZ EVORA N. et GAC J.Y. (1991) - L'évaporation du lac de Guiers (Senegal) de 1976 à 1989. Bilan et essai d'interprétation. *Rapport CEE (projet EQUENSEN)*, 25 p.
- COGELS F.X., GAC J.Y. (1983) - Circulation et salinité des eaux du lac de Guiers: problèmes de développement et modèle de gestion. *Colloque de l'I.S.E.*, Dakar, 9-11 mai, pp. 25-40.
- COGELS F.X., GAC J.Y. (1983) - La chlorinité des eaux du lac de Guiers. Bilans quantitatif et qualitatif et perspectives. *Colloque de l'I.S.E. (Institut des Sciences de l'Environnement)*, sur " *Le lac de Guiers: problématique d'environnement et de développement*", Dakar, 9-11 mai 1983, pp. 41-58.
- COGELS F.X., GAC J.Y. (1984) - Evolution hydrogéochimique du lac de Guiers (Sénégal) au cours de la sécheresse au Sahel. X^{ème} Réunion Annuelle des Sciences de la Terre (R.A.S.T.), Bordeaux, I.G.B.A.. *Bulletin de la Société Géologique de France*, p. 141.
- COGELS F.X., GAC J.Y. (1988) - La gestion hydrologique et la valorisation des ressources du lac de Guiers (Sénégal) par l'utilisation d'un modèle mathématique. II^{ème} *Colloque de limnologie Française*, Aussois (mai 1988), 12 p.
- COGELS F.X., GAC J.Y. (1990) - Bilan limnologique du lac de Guiers avant la mise en fonction du barrage de Diama : hydrologie, qualité et gestion des eaux. *Rapport ORSTOM, Dakar, projet CEE (EQUENSEN)*, 38 p.
- COGELS F.X. et GAC J.Y. (1991) - A quantitative model for the management of a sahelian lake in the Senegal basin : the lake of Guiers. *Proceed. of the VIIth World Congress on Water Resources* 13-18 mai 1991, Rabat (Maroc). Abstract, sous thème B², pp. 23-26.
- 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 ORSTOM, Dakar, projet CEE (EQUENSEN)*, 60 p.
- COGELS F.X. et GAC J.Y. (1992).- Lakes of the world: lac de Guiers (Sénégal, West Africa). *Newsletter*, Ilec (International Lake Environment Committee foundation, for better lake management), Japon, n° 20, p. 6-7, décembre, 1992.

COGELS F.X., NIANG A., CARN M., GAC J.Y. (1993).-. Recherche d'une station de référence pour un suivi qualitatif régulier des eaux du lac de Guiers. *Rapport CEE, projet EQUÉSEN*, 15 p.

COLY A. (1992) - Le lac de Guiers: modalités de gestion hydrologique et approche quantitative en 1991. Rapport de stage de DEA de Géographie physique et *Rapport CEE, projet EQUÉSEN*, 38 p.

EVORA N.D. (1991) - Détermination de l'évaporation et bilans hydrologiques du lac de Guiers (Sénégal). *Mémoire de maîtrise, Faculté Polytechnique de Mons*, (Belgique). 80 p.

EVORA N.D., GAC J.Y., COGELS F.X. (1991) - Logiciel de gestion prévisionnelle (LGPLG) des eaux du lac de Guiers. *Rapport CEE, projet EQUÉSEN*, 56 p.

GAC J.Y. (1987) - L'évolution du plan d'eau du lac de Guiers (Sénégal). Les barrages de Rheune et de Diama: deux opportunités. *Rapport multigr.* ORSTOM, Centre de Dakar, 24p.

GAC J. Y. (1991) - Environnement et qualité des eaux du fleuve Sénégal. *Rapport CEE, projet EQUÉSEN*, n° 4, avril 1991, 122 p.

GAC J.Y., COGELS F.X. (1982) - Le lac de Guiers, bilans hydriques. Evaporation d'une nappe d'eau libre en zone sahélienne (Sénégal). *Cah. ORSTOM, Sér.Géol.*, XII, 1, pp. 21-43

GAC J.Y., COGELS F.X. (1983) - Aménagements et évolution hydrogéochimiques du lac de Guiers depuis 1916. *Colloque de l'AUPELF sur "Barrages en terre et développement des zones rurales en Afrique"*, Thiés (Sénégal), 11-16 avril, 18p.

GAC J.Y., COGELS F.X. (1984) - L'après barrage au Sénégal: gestion future (quantitative et qualitative) des eaux du lac de Guiers. *Rapport multigr.* ORSTOM, Centre de Dakar, 23 p.

GAC J.Y., COGELS F.X. (1986) - Etude chimique des eaux du lac de Guiers (Sénégal) et leur évolution annuelle. Approche des mécanismes de la régulation hydrogéochimique. *Géodynamique*, vol. 1, n°2, pp.121-134.

GAC J.Y., COGELS F.X. (1986) - Le lac de Guiers : l'environnement actuel et essai d'évaluation des effets futurs des aménagements de la vallée du fleuve Sénégal. *Water Quality bull.*, Ottawa (Canada), XI, 2, pp. 82-87.

GAC J.Y., COGELS F.X., VINCKE P.P.(1987) - Le lac de Guiers. In Part III of "African wetlands and shallow water bodies - Zones humides et lacs peu profonds d'Afrique.(M.J. BURGIS, J.J. SYMOENS). *Travaux et Documents ORSTOM* , Paris, n° 211, pp. 204-211

GAC J.Y., COGELS F.X., APPAY J.L., BOUCHEZ J.M., DUPREY J.L., LABROUSSE B., ORANGE D. (1990) - Reconnaissance géochimique sur les eaux de la lame de submersion de la vallée morte du Ferlo (Sénégal). *Rapport ORSTOM, Dakar, projet CEE (EQUÉSEN)*, 85 p.

GAC J.Y., COGELS F.X., EVORA N., LABROUSSE B. (1991) - Le bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990. *Rapport CEE (projet EQUÉSEN)*, 20 p.

GAC J.Y., CARN M., COGELS F.X., EVORA N. (1992) - Fonctionnement et bilan hydrologique du lac de Guiers (Sénégal) en 1991. *Rapport CEE, projet EQUÉSEN*, 40 p.

GUYONNET J.P. (1990) - SUCRE : le pari de Richard-Toll. In *Afrique Agriculture*, n° 69, pp.20-46.

LEGER D., SCHMIT J.P., YOULA M., COGELS F.X., GAC J.Y. (1990) - Etude d'un écosystème aquatique sahélien. Composition chimique élémentaire des eaux du lac de Guiers (Sénégal). *Rapport du CECI (Centre Canadien d'Etudes et de Coopération Internationale)*, 85 p.

MIETTON M., HUMBERT J. - (1991) - Le projet de remise en eau du N'diael (Sénégal). Préfaisabilité hydraulique, bilan hydrologique et impacts. *Rapport CEREG - U.R.A. 95, CNRS, Université Louis Pasteur (ULP) de Strasbourg*, 75 p.

NIANG A. (1992).- Premières approches pour la mise au point d'un modèle de gestion intégrée des eaux du lac de Guiers. Rapport de stage de DEA de Géographie physique et *Rapport CEE, projet EQUÉSEN*, 38 p.

Annexe

Tableau I : Cotes (en m IGN) du lac de Guiers en 1992

Tableau II : Prélèvements de la SONEES à Ngnith

Tableau I

Cotes (en m IGN) du lac de Guiers en 1992

JOUR	JANV	FEVR	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DEC
1	1,19	1,01	0,89	1,30	1,43	1,43	1,44	1,46	1,50	1,89	1,60	1,65
2	1,17	1,01	0,89	1,34	1,42	1,43	1,44	1,46	1,49	1,89	1,60	1,65
3	1,16	1,00	0,88	1,34	1,42	1,42	1,44	1,48	1,48	1,87	1,60	1,65
4	1,16	1,00	0,87	1,35	1,45	1,43	1,44	1,48	1,45	1,84	1,60	1,65
5	1,16	0,99	0,87	1,38	1,45	1,43	1,44	1,48	1,45	1,79	1,61	1,65
6	1,15	0,98	0,86	1,40	1,45	1,43	1,43	1,49	1,45	1,79	1,61	1,65
7	1,14	0,98	0,85	1,40	1,44	1,43	1,43	1,49	1,50	1,74	1,61	1,65
8	1,14	0,98	0,84	1,39	1,44	1,43	1,42	1,50	1,51	1,69	1,62	1,65
9	1,13	0,97	0,84	1,39	1,44	1,41	1,42	1,50	1,55	1,66	1,63	1,65
10	1,12	0,97	0,84	1,39	1,44	1,41	1,42	1,49	1,60	1,64	1,63	1,65
11	1,12	0,96	0,87	1,40	1,44	1,42	1,43	1,48	1,62	1,60	1,63	1,65
12	1,11	0,96	0,91	1,40	1,44	1,42	1,43	1,48	1,64	1,59	1,64	1,65
13	1,10	0,96	0,93	1,41	1,44	1,41	1,42	1,48	1,66	1,55	1,65	1,65
14	1,10	0,95	0,96	1,42	1,45	1,42	1,42	1,48	1,68	1,54	1,66	1,65
15	1,09	0,95	0,98	1,43	1,44	1,42	1,43	1,45	1,70	1,54	1,66	1,66
16	1,09	0,95	1,00	1,43	1,44	1,42	1,44	1,45	1,73	1,51	1,66	1,66
17	1,08	0,94	1,03	1,43	1,44	1,42	1,45	1,46	1,75	1,50	1,66	1,66
18	1,08	0,94	1,06	1,43	1,43	1,42	1,45	1,46	1,78	1,50	1,66	1,66
19	1,08	0,94	1,09	1,44	1,43	1,42	1,45	1,46	1,79	1,50	1,66	1,66
20	1,06	0,93	1,11	1,43	1,43	1,42	1,45	1,43	1,80	1,50	1,66	1,65
21	1,06	0,93	1,13	1,43	1,43	1,42	1,45	1,42	1,83	1,50	1,65	1,65
22	1,06	0,92	1,15	1,44	1,43	1,44	1,45	1,42	1,84	1,51	1,66	1,65
23	1,05	0,91	1,17	1,43	1,44	1,42	1,48	1,43	1,85	1,50	1,65	1,65
24	1,05	0,92	1,18	1,43	1,44	1,44	1,46	1,42	1,87	1,50	1,65	1,65
25	1,05	0,90	1,19	1,44	1,44	1,43	1,46	1,43	1,88	1,50	1,64	1,66
26	1,04	0,90	1,21	1,44	1,44	1,43	1,47	1,43	1,89	1,56	1,64	1,66
27	1,04	0,90	1,23	1,45	1,43	1,43	1,48	1,45	1,90	1,53	1,64	1,66
28	1,03	0,89	1,25	1,44	1,44	1,43	1,46	1,44	1,92	1,55	1,65	1,68
29	1,03	0,89	1,27	1,44	1,45	1,44	1,47	1,43	1,92	1,56	1,65	1,66
30	1,03		1,29	1,44	1,45	1,44	1,46	1,43	1,92	1,58	1,65	1,68
31	1,02		1,30		1,45		1,46	1,45		1,59		1,68

Tableau II

Volumes bruts prélevés et volumes traités (m³) par la SONEES

Année	Eau Prélevée		eau Traitée Total
	Total	/jour	
1973	7.970.554	21.840	7.646.529
1974	11.289.040	30.930	9.660.492
1975	14.878.105	40.760	13.527.064
1976	16.996.010	46.440	15.261.600
1977	15.543.480	42.580	13.097.050
1978	11.311.350	30.990	9.247.052
1979	12.672.170	34.720	10.063.718
1980	14.577.769	39.830	12.325.693
1981	17.424.000	47.740	14.956.610
1982	16.637.070	45.580	13.846.400
1983	n.d.	> 28.800	10.506.771
1984	n.d.	> 40.270	14.738.748
1985	15.876.620	43.500	14.447.958
1986	15.955.500	43.710	14.799.176
1987	16.485.422	45.170	15.090.609
1988	14.856.994	40.590	13.589.295
1989	15.264.792	41.820	13.865.540
1990	15.094.225	41.350	14.130.540
1991	14.422.695	39.510	13.495.920
1992	14.863.460	40.610	13.980.970