

LE LAC DE GUIERS : FONCTIONNEMENT, BILANS HYDRIQUES

ÉVAPORATION D'UNE NAPPE D'EAU LIBRE EN ZONE SAHELIENNE (Sénégal)

F. X. COGELS (1), J.-Y. GAC (2)

(1) Institut des Sciences de l'Environnement (I.S.E.), Faculté des Sciences, Université de Dakar (Sénégal)
Fondation Universitaire Luxembourgeoise (F.U.L.), 140, rue des Déportés 6700 Arlon (Belgique).

(2) O.R.S.T.O.M., Hann, B.P. 1386 Dakar (Sénégal).

RÉSUMÉ

Situé en dessous du niveau de la mer, le lac de Guiers est alimenté par le fleuve Sénégal. A son maximum d'extension il couvre une superficie de 300 km² et contient 800 millions de m³ d'eau. Le milieu est très instable, les variations annuelles du plan d'eau peuvent atteindre 3 mètres. Son histoire hydrologique a été profondément marquée à la fin du siècle dernier par la remontée de la mer dans le fleuve. L'importance de l'évaporation des eaux du lac a été chiffrée à 6,1 mm/jour et corrélée à celle mesurée en bac classe A (9,96 mm/jour). Le bilan hydrique établi pour les trois dernières années met en évidence le rôle essentiel joué par l'évaporation (80 % des pertes totales) et les apports fluviaux (77 % de l'alimentation) dans la « respiration » hydrologique du lac de Guiers.

ABSTRACT

THE LAKE OF GUIERS: ITS PHYSIOGNOMY AND WATER BALANCES. EVAPORATION OF AN OPEN WATER TABLE IN THE SAHELIAN ZONE (Senegal)

The lake of Guiers which is situated below sea level is fed by the Senegal river. Its maximum area amounts to 300 km² and its water capacity to 800 millions of m³. The water level is very unstable and its annual variations are likely to reach 3 metres. At the end of the last century, it was characterized by the elevation of the sea level in the river. The evaporation of the lacustrine waters was evaluated at 6,1 mm/day and was correlated with this measured in the class A pan (9,96 mm/day). The water balance which was calculated for the last three years reveals the essential role played by evaporation (80 % of the total losses) and river inflows (77 % of the drainage) in the "breathing" of the lake of Guiers.

INTRODUCTION

La première localisation précise du lac de Guiers sur un document géographique date probablement du début du XVIII^e siècle. Il figure sous le nom de lac de Paniefoule sur la carte de « l'Afrique Française ou du Sénégal » (fig. 1) dressée en 1726 par DELISLE, premier géographe du Roy. Dans son analyse d'un voyage réalisé autour du lac en 1839 par CAILLE et HUARD-BESSINIÈRE, D'AVEZAC (1840) cite le nom de Paniéfoul, puis de Ngher et inscrit lac de Guier sur sa carte (fig. 1).

L'origine de cette appellation a suscité de nombreuses controverses. Certains suggèrent une défor-

mation du mot « diéri » qui signifie zone exondée. D'autres font le rapprochement avec le nom d'un poisson carnassier (*Hydrocyon* sp.) dénommé « Guer » en langue wolof (LEMMET J. et SCORDEL M., 1918). Le « Ngher » relevé auprès des populations locales par LEUDELLOT et LELIÈVRE (1828) correspond au nom d'un arbuste (*Guiera senegalensis*) qui est encore présent aujourd'hui dans la région. La disparition progressive de cette espèce et son recul vers le sud, laissent supposer que les conditions édaphiques favorables à son développement il y a 150 ans, se sont peu à peu modifiées pour aboutir soit sous les contraintes naturelles, soit sous l'action de l'homme à la situation actuelle.

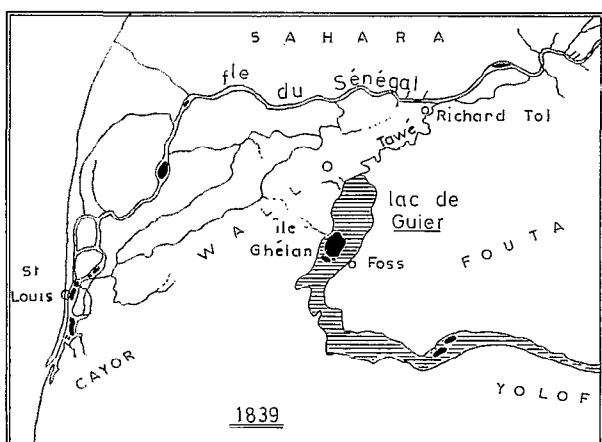
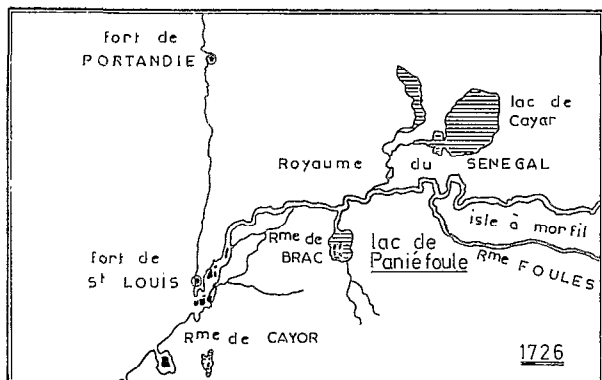


FIG. 1. — Carte de l'Afrique française ou du Sénégal établie par DELISLE G. en 1736. Esquisse du voyage de MM. CAILLE, HUARD-BESSINIÈRE, POTIN-PATTERSON et PAUL'HOLLE au lac Paniéfol dressée par D'AVEZAC M. en 1840.

HISTOIRE HYDROLOGIQUE DU LAC DE GUIERS À LA FIN DU XIX^e SIÈCLE ET AU COURS DU XX^e SIÈCLE

À l'origine, le lac de Guiers faisait partie du réseau hydrographique du Ferlo. Il communiquait avec le fleuve Sénégal par l'intermédiaire d'un marigot sinueux jalonné de seuils et long de 26 km : la Taoué. Crues et décrues de l'amont ou de l'aval engendraient remplissage ou déversement selon les positions respectives des plans d'eau du fleuve, du lac et de la vallée du Ferlo.

Au cours des cent dernières années, l'environnement du lac a profondément changé. Au fil des temps, il s'est adapté à des conditions qui lui sont peu à peu devenues défavorables. Que s'est-il donc passé à la fin du siècle dernier et quels témoignages reste-t-il d'un profond bouleversement du climat?

Tous les auteurs HENRY Y. (1918), HUBERT H. (1921), TROCHAIN M. (1940), GROSMIRE P. (1957) et BRIGAUD F. (1961) s'accordent pour situer entre 1890

et 1900 les premières manifestations salines dans le lac de Guiers (conséquences de l'invasion marine dans le fleuve Sénégal). Il est étonnant de constater la coïncidence de date avec un phénomène qui se passait de l'autre côté de l'Afrique : la réduction brutale de plus de 30 % de la valeur moyenne des débits du Nil (PARIS-TEYNAC E. J., 1962). La liaison entre les deux événements est évidente mais leurs causes qui se situent à l'échelle du continent sont encore mystérieuses. Quoiqu'il en soit, le fonctionnement hydrologique du lac de Guiers va s'en trouver bouleversé avec la mise en place d'une politique de barrages pour éviter la pénétration d'eau salée dans le lac.

Si l'on ne tient compte que des grandes étapes, on peut distinguer dans l'ordre chronologique les cas suivants :

1. Avant 1916, état naturel avec deux périodes :
 - avant 1890, alimentation exclusive du lac en eau douce,
 - après 1890 remontée saline dans le fleuve et possibilités de pénétration du sel dans le lac.
2. De 1916 à 1947-48, ont lieu les premiers aménagements sur la Taoué. Après l'échec de Younes en 1916, les populations édifient chaque année un barrage en terre, emporté par la crue et reconstruit à la décrue.
3. En 1947-1948, construction du pont barrage de Richard-Toll. La communication fleuve/lac est limitée à la période de crue.
4. En 1951, mise en place de casiers rizicoles. Endiguement de la brèche de Niet Yone (nord-ouest) pour éviter les pertes vers la dépression de N'diael.
5. En 1957, construction de la digue de Keur Momar Sarr qui isole la vallée du Ferlo.
6. En 1970, la culture de la canne à sucre se substitue à celle du riz. Une partie des digues du Nord sont surélevées. Implantation aussi de l'usine de traitement des eaux de Ngnith.
7. En 1974, le cours de la Taoué est rectifié pour diminuer les pertes de charge.
8. En 1980, édification d'un second barrage situé 500 m à l'aval du premier pour prolonger le temps de pompage par la C.S.S. dans le fleuve.
9. Vers 1988-1990, statut futur, la construction des barrages de Diama et de Manantali va assurer un meilleur remplissage du lac et maintenir le plan d'eau à une cote plus élevée.

RELATIONS ENTRE LE SÉNÉGAL ET LE LAC DE GUIERS

Depuis un siècle le fonctionnement hydrologique du système fluvio-lacustre a donc profondément évolué sous l'effet des aménagements de plus en plus élaborés. Chaque changement introduisait des conditions nouvelles, et le jeu de nouveaux paramètres dont il n'est pas toujours facile, *a posteriori*, de préciser l'incidence exacte qu'ils ont pu avoir sur

le régime du fleuve et les oscillations du plan d'eau du lac. Aussi cette première approche du bilan hydrologique a-t-elle été limitée à l'étude de trois situations différentes représentées sur la figure 2 :

- l'état naturel (cas n° 1) ;
- les conditions actuelles (cas n° 8) ;
- le stade intermédiaire correspondant à l'isolement du lac au Nord (barrage de Richard-Toll) et au Sud (digue de Keur Momar Sarr) (cas n°s 5+6).

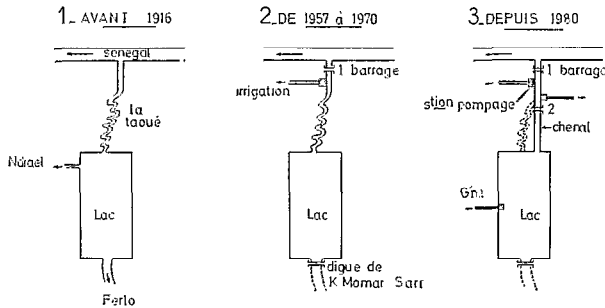


FIG. 2 — Schéma représentatif de trois modèles d'alimentation du lac de Guiers.

Trois situations (fig. 2)

État naturel (avant 1916)

La liaison entre le fleuve et le lac était permanente. Au gré de la crue et de la remontée du flot salé les masses d'eau s'écoulaient librement et par gravité entre les deux milieux. Le système fonctionnait selon le principe des vases communicants. Il était à tout instant à la « recherche » d'un état d'équilibre, différé par le flux et le reflux des eaux dans la Taoué.

Stade intermédiaire (de 1957 à 1970)

Le fleuve et le lac ne communiquaient qu'au moment de l'arrivée de l'onde de crue. Dès l'amorce de la décrue du Sénégal le dispositif de vannes du barrage de Richard-Toll isolait le lac qui avait reçu exclusivement de l'eau douce. Le niveau continuait de baisser dans la Taoué par suite de la diffusion des masses d'eau vers le Sud, phénomène très atténué ensuite par la construction de la digue de Keur Momar Sarr. Son plan d'eau stabilisé, le lac devait alors « survivre » aux pompages destinés à l'irrigation et aux pertes par évaporation et infiltration.

Conditions actuelles (depuis 1980)

La persistance de conditions climatiques défavorables, et l'extension des périmètres d'irrigation ont nécessité depuis 1980 une meilleure gestion des eaux du lac. A crue égale, les pertes de charge sont plus

réduites, et le remplissage plus important que dans le cas précédent. De plus, l'alimentation des parcelles cultivées se poursuit avec l'eau du fleuve tant que l'eau de mer n'atteint pas la hauteur de Richard-Toll. Le lac épargné sur une plus longue période, se maintient à un niveau plus élevé et peut subsister jusqu'à la crue suivante. Le gain pour le lac est substantiel mais, en contrepartie ces conditions nouvelles peuvent se traduire par une intrusion précoce de la langue salée dans le fleuve.

Variations saisonnières de la cote du fleuve et du lac dans les trois situations (fig. 3)

Pour permettre la comparaison entre les trois situations, on suppose, bien que cette probabilité

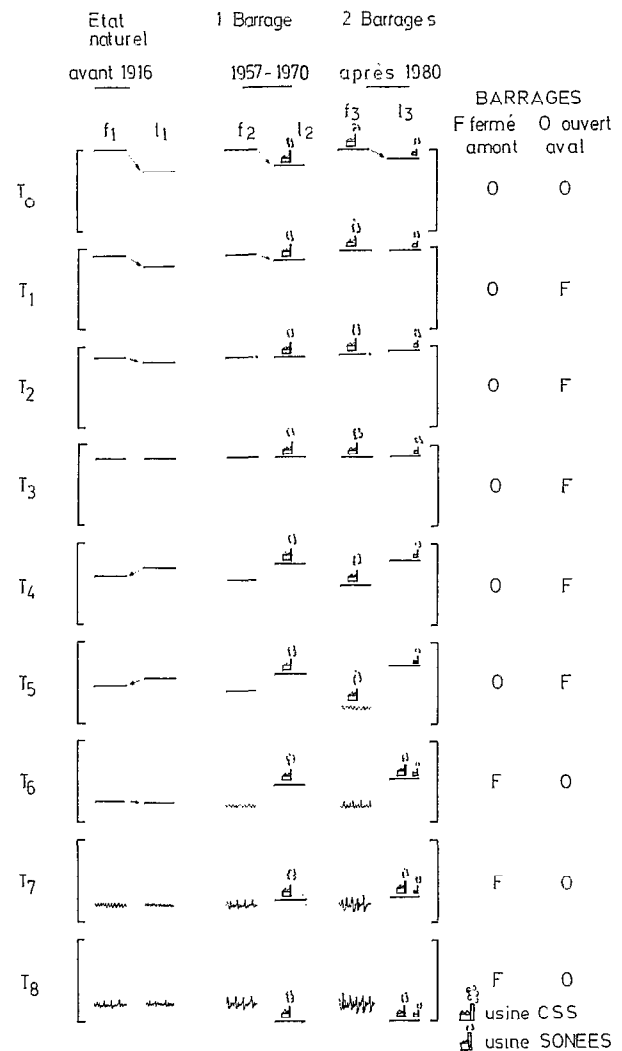


FIG. 3. — Évolution relative au cours d'un cycle hydrologique des plans d'eau du fleuve et du lac dans trois situations différentes (avant 1916, de 1957 à 1970, depuis 1980).

soit quasi nulle, que les conditions d'alimentation par le fleuve sont en tous points identiques dans les différents cas.

Soit f_1, f_2, f_3 et l_1, l_2, l_3 les cotes respectives du fleuve et du lac dans les trois situations envisagées : (1) milieu ouvert, conditions naturelles ; (2) et (3) milieux fermés, stade intermédiaire et conditions actuelles.

T_0 . En général vers la fin de septembre, la cote du fleuve est maximum et égale dans les trois cas ($f_1 = f_2 = f_3$). Tous les barrages sont ouverts, le lac se remplit progressivement mais $l_3 > l_2 > l_1$. Dans les conditions actuelles, le remplissage est plus rapide, le volume reçu plus important et entièrement stocké dans le lac, le plan d'eau est le plus haut. Dans les deux autres cas, les eaux se déversent par le cours sinueux de la Taoué, le volume reçu est le même ; mais dans les conditions naturelles les eaux s'échappent vers la cuvette de Ndiaël et la vallée du Ferlo, le niveau du lac se situe plus bas.

T_1 . La décrue du fleuve est amorcée depuis quelques jours. Dans les deux premiers cas, le lac continue de monter alors que l'équilibre des plans d'eau fluvio-lacustres est déjà réalisé dans le troisième. Cet ajustement précoce entraîne la fermeture du barrage n° 2 et le fonctionnement du lac en vase clos. La situation des niveaux est la suivante : $f_1 = f_2 < f_3$, $l_1 < l_2 < l_3$. L'intervalle de temps entre T_1 et T_0 est très court ce qui limite les pertes par évaporation dans le lac. Elles sont cependant suffisantes pour que :

$$l_3(T_0) < l_3(T_1) < \frac{f_3(T_0) + l_3(T_0)}{2}$$

T_2 . L'équilibre est atteint dans la situation 2, le barrage est fermé et isole le lac. Pendant ce temps en milieu ouvert les eaux du fleuve continuent à se déverser dans la Taoué. Dans les conditions actuelles, le barrage n° 2 est fermé mais le n° 1 est toujours ouvert permettant ainsi l'irrigation des casiers agricoles à partir des eaux du fleuve ; les seules pertes dans le lac sont dues à l'évaporation et au faible soutirage de la station de N'Gnith. S'il est certain que $l_1 < l_2 = f_1 = f_2$, et vraisemblable que $l_2 < l_3$, il est aussi probable que $f_3 > f_1$ et f_2 . En effet, au cours des premiers jours qui suivent la pointe de crue à Bakel (station du fleuve située à l'amont), la décroissance quotidienne des débits est en moyenne de 70 m³. Même en tenant compte d'un amortissement de 50 % dans la vallée, la diminution de volume à Richard-Toll sous le simple jeu du cycle hydrologique est bien supérieure aux quantités d'eau nécessaires à l'irrigation.

T_3 . On aboutit à l'équilibre dans l'exemple d'un fonctionnement à l'état naturel ; le déversement du fleuve vers le lac s'arrête momentanément et le courant s'inverse. Dans les deux autres situations,

l'évolution des deux milieux est analogue au cas T_2 : depuis 1980 les pompages se poursuivent dans le fleuve, alors qu'auparavant de 1957 à 1970, les eaux du lac étaient plus sollicitées par les projets hydro-agricoles. Les différences entre les six plans d'eau sont peu marquées avec cependant un avantage au système de fonctionnement actuel : $f_1 = l_1 \approx f_2 \leq l_2 \approx f_3 \leq l_3$.

Remarques: Moins de 20 jours se sont écoulés depuis la pointe de crue. A partir de cet instant, la chute des débits est plus rapide, le fleuve se situe en contrebas du lac et le dénivelé est accentué par l'importance des pompages.

T_4 . Le schéma des positions relatives du fleuve s'inverse $f_3 < f_2 < f_1$. En milieu ouvert le lac s'écoule vers le fleuve et soutient le débit ; les conditions actuelles protègent le lac mais défavorisent le fleuve. Il est probable que dans la situation intermédiaire, la baisse de niveau du lac, consécutive aux pertes par évaporation et pompages, est moins importante que celle provoquée dans l'état naturel par le reflux des masses d'eau lacustres vers la Taoué et $l_1 < l_2 < l_3$.

T_5 . Le statut dans les deux premières situations ne varie pas. Le stade intermédiaire voit le fleuve, livré à lui-même, poursuivre son cycle hydrologique et se diriger vers l'étiage. Dans les conditions naturelles, le fleuve est de moins en moins soutenu par le lac, les deux milieux évoluent vers un nouvel équilibre. En revanche, le dispositif de fonctionnement actuel engendre un phénomène nouveau dont la précocité n'est guère rassurante pour l'avenir : *l'onde de marée est déjà perceptible à Richard-Toll*. Déjà « moribond » par suite de la réduction des débits d'étiage (conséquence de la sécheresse), le fleuve livre ses dernières ressources aux périmètres irrigués et « agonise » très à l'amont de son embouchure. Le barrage n° 1 à proximité du fleuve et alors fermé et le deuxième situé plus en aval sur la Taoué ouvert, les pompages se poursuivent à partir de l'eau douce du lac. La position des plans d'eau est identique au cas précédent avec $f_3 < f_2 < f_1$ et $l_1 < l_2 < l_3$.

T_6 . Nous avons figuré un possible retour des eaux du fleuve vers le lac (dans les conditions naturelles). Ce changement de sens du courant a pu se produire lorsque les pluies étaient abondantes et la crue très importante. Dans les deuxième cas l'onde de marée envahit le fleuve, et les eaux deviennent saumâtres, dans le troisième, à l'embouchure de la Taoué. Toute l'eau nécessaire à l'irrigation est désormais puisée dans le lac de Guiers, son niveau baisse mais il demeure toujours en position perchée par rapport au fleuve : $f_3 \approx f_2 < l_1 \approx f_1 < l_2 < l_3$.

T_7 . Le phénomène de la marée est général et son action s'exerce avec d'autant plus d'intensité que l'on se rapproche de la période actuelle. Lorsque les

masses d'eau circulent librement, le lac se sale, et le plan d'eau suit de façon amortie et avec retard le mouvement ondulatoire de la marée. Dans les deux autres cas, l'amplitude de la marée règle les variations du niveau du fleuve. Le lac constitue une réserve d'eau douce qui s'amenuise au fur et à mesure de la durée de la saison sèche. La position relative des niveaux s'établit ainsi : $f_1 \simeq l_1 \simeq f_2 \simeq f_3 < l_2 < l_3$.

T_8 . L'invasion marine s'amplifie et gagne l'amont du fleuve. Si la remontée saline est déclenchée par la plus ou moins grande rapidité du tarissement de la crue précédente, son importance sera surtout fonction de la durée de l'étiage, c'est-à-dire de la date d'arrivée de la crue suivante (GAC *et al.*, 1981). Si elle est précoce, le retrait de la langue salée va permettre le réapprovisionnement du lac en eau douce. Si elle est tardive (exemple présenté ici) le lac se situera en contrebas du fleuve et pourra s'assécher dans la partie sud : $l_2 \simeq l_3 < f_1 \simeq l_1 \simeq f_2 \simeq f_3$.

T_9 . La nouvelle onde de crue chasse le sel du lit mineur du fleuve, les plans d'eau fluviolacustres s'élèvent. C'est l'étape ultime avec initialement $l_3 \leq l_2 < l_1 < f_3 < f_2 < f_1$. Plus la remontée a été importante, plus la phase de retrait sera longue. Cet épisode est cependant très court, et avec le flot de la crue les plans d'eau se retrouvent rapidement dans la position relative qui sera la leur lorsque le fleuve atteindra de nouveau sa cote maximum (T_0) : $f_1 = f_2 = f_3$ et $l_1 < l_2 < l_3$.

CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES DE LA DÉPRESSION LACUSTRE

Données antérieures

Dans le cadre des aménagements hydro-agricoles de la basse vallée du fleuve Sénégal, de nombreux organismes et bureaux d'étude ont tenté de préciser les caractéristiques morphologiques du lac de Guiers. Les données les plus précises ont été fournies par ALVAREZ (1956) ; FALL (1961) ; BCEOM, SOGETHA et SOGREAH (1965) et la SOGREAH en 1977 (*in* OMVS, 1979).

La première étude mettait en parallèle les débits qui transitaient dans la Taoué et les variations de la ligne de rivage au moment du remplissage du lac. Les trois dernières tentatives se sont appuyées sur le fond topographique à 1/50 000^e établi en 1958 par la MAS (Mission d'Aménagement du Sénégal). Pour une même cote du plan d'eau, les valeurs de la surface et du volume sont souvent très différentes et vraisemblablement liées au choix du 0 de référence. En effet, les oscillations du niveau sont suivies aux deux échelles de Saninthe (rive est) et de la station de pompage de N'Gnith (rive ouest). D'après ROCHETTE (1974), la cote du zéro de Saninthe est de

—0,48 m IGN, et correspond au niveau moyen des basses mers à Saint-Louis. Le zéro de l'échelle de N'Gnith correspond au 0 IGN défini par le niveau moyen des mers.

Abaques Surfaces-Volumes, modélisation

Depuis 1977, les anciennes digues ont été rehaussées et de nouvelles construites dans la partie nord du lac (fig. 6) modifiant ainsi ses possibilités d'extension et sa capacité de remplissage par l'élimination de tout déversoir. Cela nous a amenés à reconsidérer les anciennes estimations de surface et de volume en prenant comme base la carte bathymétrique (à 1/50 000) établie en 1966 par la SOSETER (Société Sénégalaise de Terrassement) et calée sur le 0 IGN. La réalisation de près de 400 sondages pour différentes hauteurs d'eau à N'Gnith a permis d'apporter quelques précisions et modifications à la carte dressée par la SOSETER, modifications qui concernent essentiellement la partie sud du lac. Pour la région nord, la localisation précise des digues érigées depuis 1968 a été rendue possible grâce à une récente couverture aérienne de cette zone (OMVS 1980).

La carte ainsi établie a été subdivisée en 100 régions, toutes planimétrées aux différentes positions du plan d'eau pour obtenir le maximum de précision. Enfin, l'abaque S-V en fonction des hauteurs d'eau a été établi (fig. 4) et mathématiquement modélisé. À différentes altitudes, la surface et le volume du lac peuvent être calculés à partir des formules suivantes :

Surface

$$\begin{aligned} \text{de } -1,75 \text{ m à } -1,51 \text{ m} : S &= 121,26 + 85,19 \ln (H+2) \\ \text{de } -1,50 \text{ m à } -0,51 \text{ m} : S &= 98,40 (H+2)^{0,662} \\ \text{de } -0,50 \text{ m à } +4,00 \text{ m} : S &= 58,60 + 164,82 \ln (H+2) \end{aligned}$$

la surface (S) est exprimée en km² et la hauteur (H) en mètres.

Volume

$$\begin{aligned} \text{de } -1,75 \text{ m à } -1,51 \text{ m} : V &= 186,53 (H+2)^{4,415} \\ \text{de } -1,50 \text{ m à } -0,51 \text{ m} : V &= 44,07 (H+2)^{2,319} \\ \text{de } -0,50 \text{ m à } +1,99 \text{ m} : V &= 49,48 (H+2)^{1,872} \\ \text{de } +2,00 \text{ m à } +4,00 \text{ m} : V &= 60,29 (H+2)^{1,714} \end{aligned}$$

le volume (V) est exprimé en 10⁶ m³ et la hauteur (H) en mètres.

On peut constater que les calculs ont été menés pour des cotes s'étalant entre —1,75 m et +4,00 m. Or, la hauteur actuelle des digues au sud et au nord-ouest du lac ne permet pas un remplissage au-delà de la cote +2,25 m. Cependant, dans la perspective à court terme de la construction de barrages de retenue sur le cours du fleuve Sénégal (Diama et Manantali), les digues pourraient être rehaussées afin

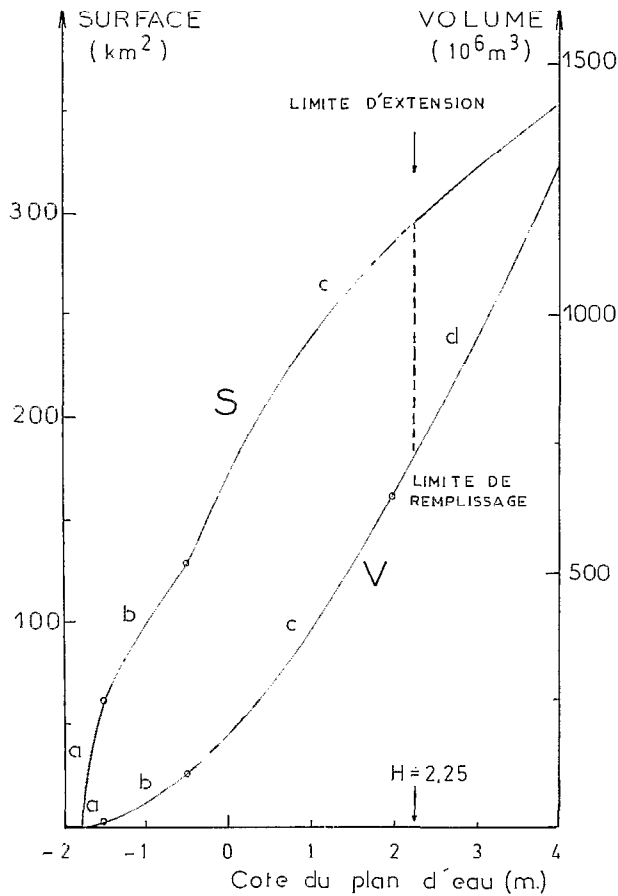


FIG. 4. -- Abaqués donnant la relation entre la superficie (S), le volume (V) du lac en fonction de la hauteur d'eau à l'échelle de N'Gnith.

de permettre le stockage d'une réserve d'eau douce plus importante. Il était par conséquent intéressant de « pousser » les estimations de surface, de volume et de profondeur moyenne jusqu'à la cote de 4,00 m (Tabl. I). A une altitude plus élevée, les déversoirs potentiels seraient trop nombreux et leurs aménagements trop coûteux.

Les grandes régions naturelles du lac

Le lac de Guiers se subdivise en trois grandes régions naturelles (fig. 5-6) :

-- la zone nord, limitée par les endiguements proches du chenal d'alimentation de la Taoué, le seuil de Foss et la presqu'île de Nouk Pomo (Ile Ghélan de D'AVEZAC, 1840) directement assujettie au flot de la crue du fleuve ;

-- la région centrale, milieu plus calme qui s'étend jusqu'au seuil de Sier, soumise aux pompages de la station de traitement des eaux de N'Gnith ;

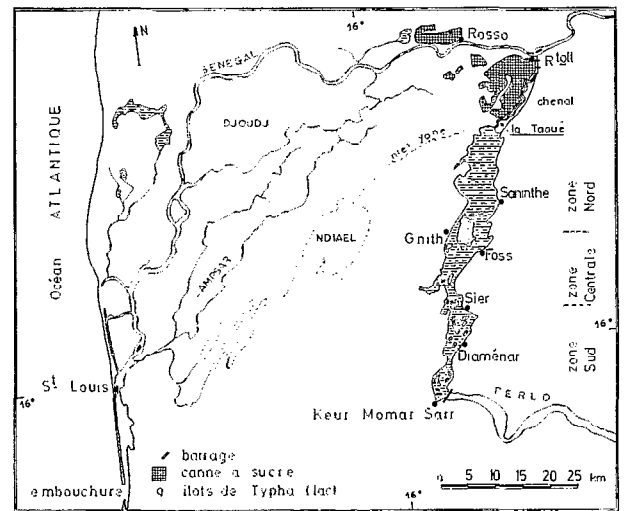


FIG. 5. -- Carte de localisation du lac de Guiers et du Bas-Sénégal d'après une image Landsat du 18.10.1979 (H = 0,98 m à l'échelle de N'Gnith).

-- la partie sud, milieu véritablement lacustre peu profond, séparée de la vallée morte du Ferlo par la digue de Keur Momar Sarr.

Chaque année, le déséquilibre entre la courte période d'alimentation par le fleuve (de 2 à 3 mois) et la longue période d'isolement du lac (de 9 à 10 mois) se traduit par une évolution très rapide du paysage lacustre (fig. 6) :

-- le « grand lac » à la cote hypothétique de +4 m occuperait une superficie de 350 km². Sa profondeur moyenne atteindrait 3,67 m et son volume serait de 1,3 10⁹ m³. Ce remplissage fictif ne détournerait, dans les meilleurs conditions, que 6 % de l'apport moyen annuel du fleuve ;

-- le « grand lac actuel » correspond à la cote maximum de 2,25 m. L'île de Nouk Pomo se réduit d'un tiers et s'éloigne à plus d'un kilomètre des rives du lac ; quelques îlots apparaissent disséminés dans la partie méridionale ;

-- à la cote de 1 m, le retrait du lac est très net (près de 30 % du bassin émergent), la réduction de volume est considérable (près de 70 %), la grande île n'est séparée de la terre ferme que par un chenal très étroit, les bancs sableux s'individualisent au sud ;

-- lorsque le lac est au niveau de la mer, la presqu'île de Nouk Pomo s'est reconstituée, le retrait des eaux est très marqué dans les zones nord et centrale, les îles sableuses occupent de plus en plus d'espace dans la partie sud dont la partie méridionale va être isolée par l'émergence du seuil de Diaménar ;

TABLEAU I

Relations entre la superficie, le volume et la profondeur moyenne du lac de Guiers et la cote IGN observée à l'échelle de N'Gnith.

Cote IGN à Ngnith H (m)	Caractéristiques du lac de Guiers		
	Surface (km ²)	Volume (10 ⁶ m ³)	Profondeur moyenne (m)
- 1,75	3,2	0,4	0,13
- 1,50	62,2	8,9	0,14
- 1,25	80,3	22,7	0,28
- 1,00	98,4	44,1	0,45
- 0,75	114,1	73,3	0,65
- 0,50	125,4	105,7	0,84
- 0,25	150,8	141,1	0,94
Niveau(mer) 0	172,8	180,1	1,04
+ 0,25	192,3	225,3	1,17
+ 0,50	209,6	275,0	1,31
+ 0,75	225,3	328,7	1,46
+ 1,00	239,7	386,9	1,61
+ 1,25	252,9	449,4	1,78
+ 1,50	265,1	516,3	1,95
+ 1,75	276,5	587,5	2,13
+ 2,00	287,1	649,8	2,26
+ 2,25	297,1	719,9	2,43
<i>Submersion des digues actuelles</i>			
+ 2,50	306,5	794,0	2,59
+ 3,00	323,9	951,1	2,94
+ 3,50	339,6	1119,9	3,30
+ 4,00	353,9	1300,1	3,67

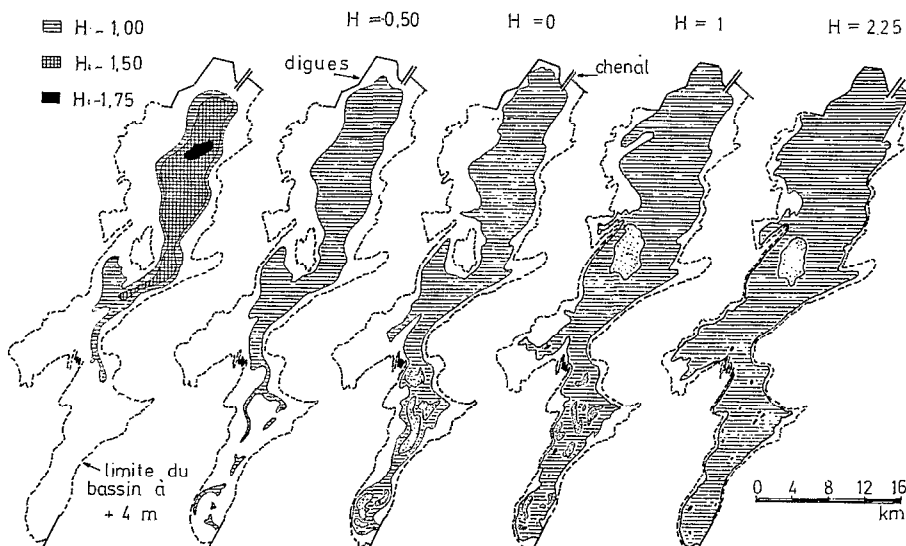


FIG. 6. — Aspects et contours du lac de Guiers à différentes cotes IGN.

— à la cote $-0,50$ m, la partie sud est en voie d'assèchement et se morcelle en une succession de petites étendues d'eau qui évoluent séparément. Dans la partie Nord et centrale les seuls intermédiaires de Foss et de Sier se matérialisent de plus en plus ;

— enfin le « petit lac » qui correspond à des cotes inférieures à -1 m voit les eaux se retirer de la partie centrale. Dans la phase ultime d'assèchement le lac se réduirait à une mare terminale de moins de 4 km^2 .

Conclusions

L'étude du cadre physique du lac de Guiers a permis :

— de caractériser les trois grandes régions naturelles ;

— d'établir dans les conditions actuelles de fonctionnement de nouveaux abaques définissant de manière très précise les relations entre la superficie, le volume, la profondeur moyenne du lac et la cote du plan d'eau ;

— de préciser l'évolution très rapide des paysages lacustres et les différentes phases de retrait qui vont avoir une importance considérable sur les phénomènes de sédimentation chimique ou détritique.

APPORTS MÉTÉORIQUES ET PERTES PAR ÉVAPORATION (1) AU COURS DES TROIS DERNIÈRES ANNÉES (1979, 1980, 1981)

Le lac de Guiers constitue un milieu très instable. Ses contours et sa physionomie se modifient sans cesse, évoluant vers des situations finales extrêmement différentes.

TABLEAU II

Situations extrêmes du lac de Guiers en 1979, 1980, 1981. H : cote IGN, S : surface (en km^2), V : volume (en 10^6 m^3), H_m : profondeur moyenne (m).

	1979	1980	1981
<i>Pont Barrage de Richard-Toll</i>			
- Ouverture	21.07	27.07	21.07
- Fermeture	27.09	3.10	4.10
Temps d'alimentation	68 jours	68 jours	75 jours
<i>Etats du Lac</i>			
<i>Minimum</i>			
H	- 0,52	- 1,10	- 0,63
S	127,6	91,3	121,20
V	109,0	34,5	91,30
H_m	0,88	0,38	0,75
<i>Maximum</i>			
H	27,09	4,10	27,09
S	+ 1,12	+1,62	+ 1,31
V	246,2	270,6	279,1
H_m	416,4	549,9	605,2
H_m	1,69	2,03	2,17

Les situations extrêmes connues par le lac au cours des trois dernières années sont indiquées dans le Tableau II, et représentées sur la figure 7. Le lac a atteint son niveau le plus bas à la fin de la saison

sèche de 1980 (29 juillet) et son niveau le plus haut après l'hivernage de 1981 (27 septembre). Entre ces deux situations extrêmes, qui s'étalent sur 14 mois seulement, la variation de niveau a été de l'ordre

(1) Le terme « évapotranspiration » aurait peut-être été plus indiqué. Cependant, vu la faible superficie relative occupée par la végétation aquatique, nous nous en tiendrons au terme « évaporation ».

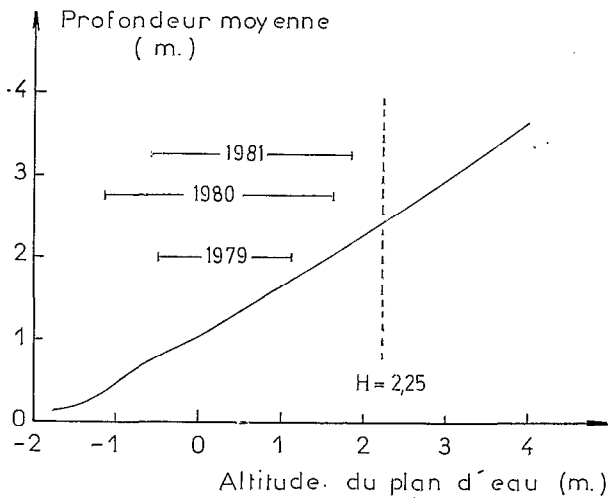


FIG. 7. — Relation entre la profondeur moyenne (en m) et la cote à l'échelle de N'Gnith (en m). Situations extrêmes du lac en 1979-1980 et 1981.

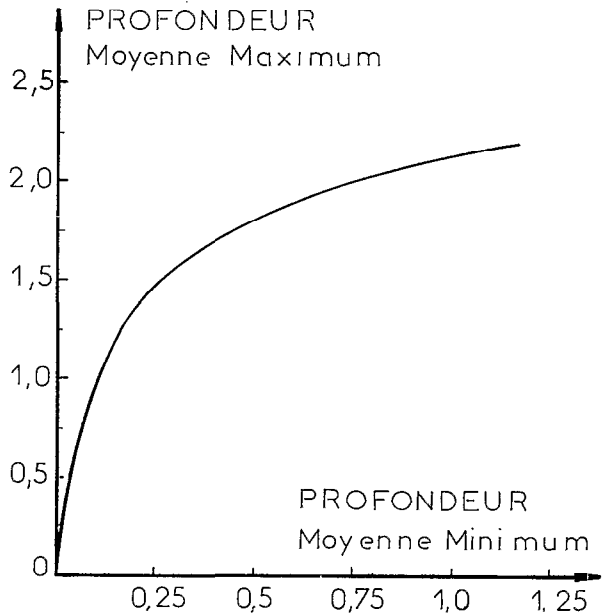


FIG. 8. — Relation entre la profondeur moyenne maximum (en m) déterminée par la crue de l'année n et la profondeur moyenne minimum avant l'arrivée de la crue de l'année $n+1$.

de 3 mètres, ce qui témoigne de la précarité des équilibres et de la profonde instabilité du milieu. A la cote de $-1,10$ m le 29.07.1980, la configuration du lac était celle du « petit lac », les eaux cantonnées dans la partie nord sur une superficie de 92 km^2 avaient une profondeur moyenne de $0,40$ m. A la cote maximale de $1,81$ m, le 27.09.1981, le lac s'étendait sur près de 280 km^2 , sa profondeur moyenne était d'environ $2,20$ m.

Chaque cycle hydrologique, en permettant l'alimentation du lac, introduit des conditions nouvelles tout en supportant les conséquences du cycle précédent, et en s'imposant au cycle qui lui succède. La situation du lac n'est que la résultante des entrées et des sorties d'eau, et, suivant son état au moment de l'arrivée de la nouvelle onde de crue, l'importance du remplissage au cours de l'année n , il est possible de prévoir quelle sera sa physionomie à la fin de la saison sèche de l'année $n+1$ (fig. 8). Ainsi avec une profondeur moyenne maximum de $2,17$ m en 1981, on peut estimer, qu'à conditions climatiques sensiblement identiques aux années précédentes, la profondeur moyenne minimum que l'on observera en 1982 sera de l'ordre de $1,05$ m et que la cote minimale

à l'échelle de N'Gnith se stabilisera entre 0 et $-0,10$ m (fig. 7).

Ces situations extrêmes précisées, on peut maintenant aborder l'étude des différentes composantes du bilan hydrique soit par année civile, soit par cycle hydrologique. Ces différentes composantes peuvent être classées en deux groupes : les entrées et les sorties. A partir d'un état initial V_1 , les entrées sont constituées des :

- apports météoriques : V_{p_0} ;
- apports fluviaux : V_F ;
- rejets des zones irriguées et pompages d'appoint : V_r ;
- apports des nappes phréatiques : V_n .

les sorties par les :

- pompages pour l'irrigation : V_{p_1} ;
 - pompages pour l'alimentation en eau des zones urbaines : V_{p_2} ;
 - pertes par évaporation : V_E ;
 - pertes par infiltration : V_i ;
- et on parvient à un état final V_2 avec :

$$V_2 = V_1 + (V_{p_0} + V_F + V_r + V_n) - (V_{p_1} + V_{p_2} + V_E + V_i)$$

état final = état initial + entrées - sorties

$$\text{ou : } \Delta V = V_2 - V_1 = (V_{p_0} + V_F + V_r + V_n) - (V_{p_1} + V_{p_2} + V_E + V_i)$$

Les apports météoriques (V_{p_0})

Pour plus de commodité les apports par les eaux de pluie ont été calculés par année civile en distinguant deux périodes :

- celle où le lac communique avec le fleuve,
- et celle où l'alimentation est interrompue.

Cette distinction revient approximativement à séparer la saison des pluies de la saison sèche. Les

estimations ont été faites à partir des relevés quotidiens des huit stations de la C.S.S. (Compagnie Sucrière Sénégalaise) situées à Richard-Toll ou dans les environs. Les valeurs moyennes annuelles des précipitations pour ces stations ont été respectivement de 320,0 mm en 1979, de 277,5 mm en 1980 et de 304,8 mm en 1981.

Les variations très rapides de la surface du lac nous ont amenés, afin d'obtenir le maximum de précisions, à distinguer *pour chaque pluie* les quantités d'eau reçues directement par le lac et les apports par ruissellement sur le bassin versant (limité à la cote +4 m IGN). Nous avons adopté un coefficient de ruissellement de 10 %, ce qui peut paraître excessif (1 % d'après IBIZA, 1972 sur le bassin du lac

de Bam en Haute-Volta) et cela pour trois raisons : l'étroitesse du bassin, la rareté de la végétation et la localisation des précipitations les plus intenses, en général au moment où le lac est le plus étendu.

Les résultats pour les trois années sont regroupés dans les tableaux III, IV et V. En refaisant les estimations pour un coefficient de ruissellement de 5 % le volume des apports annuels est compris entre :

64,3.10⁶ m³ et 67,0.10⁶ m³ en 1979
53,1.10⁶ m³ et 55,5.10⁶ m³ en 1980
60,6.10⁶ m³ et 63,0.10⁶ m³ en 1981,

la valeur moyenne pour les trois années est de 60,6.10⁶ m³ soit une *hauteur d'eau moyenne de 170 mm* sur l'ensemble du bassin versant.

TABLEAU III

Apports des eaux de pluie (V_{p0}) en 1979 en 10⁶ m³ : (a) durant la période de communication fleuve/lac ; (b) en dehors de la période d'alimentation par le fleuve.

Date	H (m)	S Lac (km ²)	S _{B.V.} - S _{Lac} (km ²)	P (mm)	V _{p0} Apports (10 ⁶ m ³)		
					Direct	Ruissellement	Total
a) 31.07	- 0,40	136,1	217,3	22,9	3,12	0,50	3,62
10.08	- 0,06	167,8	186,1	80,3	13,47	1,49	14,96
22.08	+ 0,26	193,0	160,9	0,3	0,06	0	0,06
25.08	+ 0,37	200,8	153,1	77,4	15,54	1,19	16,73
28.08	+ 0,40	202,9	151,0	18,8	3,81	0,28	4,09
31.08	+ 0,50	209,6	144,3	0,5	0,11	0,01	0,12
1.09	+ 0,51	210,3	143,6	1,5	0,31	0,02	0,33
12.09	+ 0,80	228,3	125,8	11,3	2,72	0,15	2,87
15.09	+ 0,87	232,4	121,5	21,9	5,09	0,27	5,36
19.09	+ 1,00	239,7	114,2	20,1	4,82	0,23	5,05
27.09	+ 1,05	242,4	111,5	2,3	0,88	0,03	0,71
b) 14.01	+ 1,06	242,9	111,0	4,1	1,00	0,05	1,05
15.01	+ 1,06	242,9	111,0	5,8	1,41	0,06	1,47
19.01	+ 1,05	242,9	111,5	1,4	0,34	0,02	0,36
19.01	+ 1,05	242,4	111,5	1,8	0,44	0,02	0,46
24.05	- 0,02	171,2	182,7	0,1	0,02	0	0,02
10.06	- 0,17	158,2	195,7	11,3	1,87	0,23	2,10
11.06	- 0,18	157,5	198,3	3,9	0,61	0,03	0,64
14.06	- 0,20	155,5	198,4	4,9	0,76	0,10	0,86
3.07	- 0,43	133,0	220,9	0,1	0,01	0	0,01
10.07	- 0,43	133,0	220,9	7,2	0,96	0,16	1,12
11.07	- 0,43	133,0	220,9	0,9	0,12	0,02	0,14
15.07	- 0,46	129,8	224,1	12,0	1,56	0,27	1,83
19.07	- 0,48	127,6	225,3	2,2	0,28	0,05	0,33
3.10	+ 1,05	242,4	111,5	2,1	0,51	0,02	0,53
16.10	+ 1,00	239,7	114,2	8,3	1,99	0,09	2,08

Importance de l'évaporation (V_E) en dehors de la période d'alimentation

Ces périodes ont été (à quelques jours près) identiques au cours des trois années :

1979 : du 1 janvier au 20 juillet et du 27 septembre au 31 décembre, soit 297 jours.

1980 : du 1 janvier au 26 juillet et du 3 octobre au 31 décembre, soit 298 jours.

1981 : du 1 janvier au 20 juillet et du 4 octobre au 31 décembre, soit 290 jours.

Avec V_F = 0, le bilan hydrique mensuel est donné par l'équation :

$$\Delta V = V_{p0} + V_r + V_n - (V_E + V_{p1} + V_{p2} + V_1)$$

ΔV est égal à la variation de volume observée entre le premier et le dernier jour de chaque mois.

$$\text{et } V_E = \Delta V + (V_{p0} + V_r + V_n) - (V_{p1} + V_{p2} + V_1)$$

TABLEAU IV

Apports des eaux de pluie (V_{p0}) en 1980 en 10^6 m^3 : (a) durant la période de communication fleuve/lac ; (b) en dehors de la période d'alimentation par le fleuve.

Date	H (m.)	S lac (km^2)	S - S B. W lac (km^2)	P (mm)	V_{p0} Apports (10^6 m^3)		
					Direct	Ruissellement	Total
a) 29.07	- 1,18	86,3	267,6	27,4	2,36	0,73	3,09
6.08	- 0,75	114,1	239,8	0,7	0,08	0,02	0,10
7.08	- 0,70	117,1	236,8	25,7	3,00	0,61	3,61
8.08	- 0,66	119,4	234,5	21,8	2,60	0,51	3,11
9.08	- 0,59	123,5	230,4	0,3	0,04	0,01	0,05
11.08	- 0,49	126,5	227,4	37,7	4,77	0,86	5,63
12.08	- 0,43	132,9	221,0	2,1	0,28	0,05	0,33
16.08	- 0,22	153,6	200,3	1,4	0,21	0,03	0,24
22.08	+ 0,06	177,7	176,2	1,5	0,26	0,03	0,29
24.08	+ 0,18	187,1	166,8	14,2	2,65	0,34	2,99
27.08	+ 0,35	199,4	154,5	13,0	2,59	0,20	2,79
2.09	+ 0,61	216,7	137,2	24,3	5,26	0,35	5,61
6.09	+ 0,74	224,7	129,2	0,8	0,18	0,01	0,19
15.09	+ 1,05	242,4	111,5	6,6	1,59	0,07	1,66
16.09	+ 1,08	244,0	109,9	7,9	1,93	0,09	2,02
24.09	+ 1,36	258,4	95,5	6,2	1,60	0,06	1,66
30.09	+ 1,56	267,8	86,1	67,4	13,05	0,58	13,63
b) 23.02	+ 0,47	207,6	146,3	1,2	0,25	0,02	0,27
29.02	+ 0,46	206,9	147,0	4,6	0,95	0,07	1,02
22.04	- 0,01	172,0	181,9	0,1	0,02	0	0,02
7.06	- 0,56	125,3	128,6	0,1	0,01	0	0,01
9.07	- 0,98	99,7	254,2	7,1	0,71	0,18	0,89
27.07	- 1,10	91,7	262,2	0,6	0,06	0,02	0,08
7.10	+ 1,60	269,7	84,2	4,0	1,03	0,03	1,11
9.10	+ 1,56	267,8	86,1	0,7	0,19	0,01	0,20
14.10	+ 1,50	265,1	88,8	0,1	0,03	0	0,03

Les pertes par infiltration V_i et l'apport des nappes phréatiques V_n ont été négligés, ce qui revient à admettre que $V_i = V_n$. Ces volumes seront évalués ultérieurement à partir de la composition chimique des solutions.

$$\text{et } V_E = \Delta V + (V_{p0} + V_r) - (V_{p1} + V_{p2})$$

Apports météoriques V_{p0}

Les apports quotidiens par les eaux de pluie, en dehors de la période d'alimentation du lac par le fleuve, sont indiqués dans les tableaux IIIb, IVb et Vb. Les précipitations mensuelles ont également été évaluées en faisant la distinction entre l'apport direct sur le lac et le ruissellement sur le bassin versant.

Les rejets des zones irriguées et les pompages d'appoint V_r

Les surplus d'eau des zones irriguées sont déversés dans l'ancienne Taoué. Ces excédents sont de l'ordre de $85.000 \text{ m}^3/\text{jour}$, ce qui représente un apport moyen mensuel au lac d'environ $2,6.10^6 \text{ m}^3$.

Il faut signaler que du 28 septembre 1979 et jusqu'au 13 février 1980, les eaux utilisées pour l'irrigation de la canne à sucre ont été directement puisées dans le fleuve Sénégal. Afin de pallier le déficit du lac, deux déversoirs temporaires ont été mis en place par la C.S.S. et le Ministère de l'Équipement. Les volumes d'eau du fleuve déversés dans le lac ont été durant cette période de 55.10^6 m^3 (communication orale de M. FALCHETTI de la C.S.S.).

Les prélèvements par pompage vers les périmètres cultivés V_{p1}

Ils sont essentiellement réalisés par la C.S.S. (Compagnie Sucrière Sénégalaise) pour la canne à sucre et par la S.A.E.D. (Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta) pour les cultures vivrières (riz, tomates...) et en quantité négligeable par la SENDA puis la SOCAS (cultures de maïs puis de tomates).

Les besoins des casiers rizicoles de la SAED sont de l'ordre de $12.000 \text{ m}^3/\text{an}/\text{ha}$. En tenant compte des surfaces cultivées et de la durée des pompages, on estime à 16.10^6 m^3 les prélèvements annuels de la SAED.

TABLEAU V

Apports des eaux de pluie (V_{p0}) en 1981 en 10^6 m³ : (a) durant la période de communication fleuve/lac ; (b) en dehors de la période d'alimentation par le fleuve

Date	H (m.)	S _{lac} (km ²)	S _{B.V.} -S _{Lac} (km ²)	p (mm)	V _{p0} Apports (10 ⁶ m ³)		
					Direct	Ruisselement	Total
a) 26.07	- 0,50	125,4	228,5	80,9	10,15	1,35	12,00
27.07	- 0,56	140,1	213,9	15,2	2,13	0,53	2,45
30.07	- 0,30	146,1	207,8	5,5	0,30	0,11	0,37
1.08	- 0,24	151,8	202,1	14,1	2,14	0,23	2,43
3.08	- 0,16	159,1	194,8	1,5	0,24	0,03	0,27
4.08	- 0,05	168,7	185,3	44,0	7,42	0,82	8,24
8.08	+ 0,06	177,7	176,2	5,3	1,03	0,10	1,13
12.08	+ 0,30	195,9	158,0	3,7	0,72	0,05	0,78
27.08	+ 0,86	331,8	122,1	6,9	1,60	0,08	1,68
28.08	+ 0,90	254,1	119,8	3,7	0,87	0,04	0,91
31.08	+ 1,07	243,5	110,4	19,5	4,75	0,22	4,97
2.09	+ 1,20	250,3	103,6	28,2	6,56	0,27	6,83
6.09	+ 1,35	257,9	96,0	23,8	6,14	0,23	6,37
11.09	+ 1,50	265,1	88,9	14,4	3,82	0,13	3,95
17.09	+ 1,68	273,4	80,5	19,6	5,36	0,18	5,52
2.10	+ 1,76	276,9	77,0	3,0	0,83	0,02	0,85
b) 16.01	+ 1,10	245,1	108,8	1,2	0,23	0,01	0,50
17.01	+ 1,09	244,5	109,4	3,3	0,31	0,04	0,35
23.03	+ 0,62	217,4	136,5	3,0	1,72	0,12	1,55
4.05	+ 0,16	185,5	168,4	0,4	0,07	0,02	0,22
7.05	+ 0,15	184,7	169,2	0,2	0,04	0	0,24
24.06	- 0,36	140,1	213,8	2,3	0,32	0,05	0,45
4.07	- 0,43	132,9	221,0	1,1	0,15	0,02	0,17

Les besoins de la canne à sucre sont beaucoup plus importants avec 35.000 m³/an/ha. La C.S.S. a exploité 4.340 ha en 1978-79, 4.590 ha en 1979-80 et près de 5.630 ha au cours de la campagne de 1980-81 (GUYONNET J.-P., 1981) et prélevé quotidiennement 420.000 m³ en 1979, 440.000 m³ en 1980 et 540.000 m³ en 1981.

Au total les prélèvements journaliers de la SAED et de la C.S.S. se sont élevés à 0,47.10⁶ m³ en 1979, 0,49.10⁶ m³ en 1980 et 0,58.10⁶ m³ en 1981.

Les prélèvements de la station de traitement des eaux de N'Gnith V_{p2}

Les pompages de la SONEES (Société Nationale d'Exploitation des Eaux au Sénégal) à N'Gnith sont destinés à l'alimentation de l'agglomération de Dakar. Le débit est de 30.000 m³/jour environ. Au cours d'une année, sans interruption dans les pompages, les pertes pour le lac s'élèvent à 11.10⁶ m³. Les prélèvements de la SONEES sont donc négligeables devant ceux nécessaires aux projets hydro-agricoles et insignifiants comme nous allons le voir devant les pertes subies par évaporation.

L'évaporation

Les différents termes du bilan sont connus. Il devient alors possible d'évaluer les pertes mensuelles subies par le lac sous l'effet de l'évaporation. Les résultats figurent dans les tableaux VI (1979), VII (1980) et VIII (1981). Les pertes par évaporation en dehors de la période d'alimentation du lac par le fleuve ont été du même ordre de grandeur au cours de ces trois dernières années : 357.10⁶ m³ en 1979, 371.10⁶ m³ en 1980 et 384.10⁶ m³ en 1981. Pour cette période, le bilan hydrique (exprimé en 10⁶ m³) s'établit selon les équations suivantes :

$$\Delta V = \begin{matrix} V_E + V_{p1} + V_{p2} \\ \text{entrées} \end{matrix} - \begin{matrix} (V_{p0} + V_p) \\ \text{sorties} \end{matrix}$$

$$1979 : 408,95 = 357,40 + 94,47 + 8,79 - (13,05 + 38,66) \quad (1)$$

$$1980 : 390,11 = 371,49 + 80,36 + 8,52 - (3,63 + 66,63) \quad (2)$$

$$1981 : 455,77 = 384,48 + 91,06 + 8,73 - (3,74 + 24,76) \quad (3)$$

Au cours de cette période d'isolement et de « sur-vice » du lac, sa superficie moyenne a varié de 208 km² en 1979 à 194 km² en 1980 et 211 km² en 1981. Le taux moyen d'évaporation, exprimé en hauteur d'eau a été de 1,72 m (1979), de 1,91 m (1980) et de 1,82 m en 1981.

TABLEAU VI

Importance de l'évaporation (V_E) en 1979 : H : cote du lac le premier du mois (en m), S : surface moyenne du lac au cours du mois (km^2), ΔV : variations de volume durant le mois ($10^6 m^3$); (1) Ouverture du barrage de Richard-Toll le 21.07.1979, (2) Arrêt des pompages de la C.S.S. dans le lac le 1.10.1979, (3) Y compris les déversements des pompages d'appoint prélevés dans le fleuve du 7.12 au 31.12.1979.

1 9 7 9 mois	H (m.)	S (km^2)	ΔV ($10^6 m^3$)	VOLUMES (en $10^6 m^3$)				EVAPORATION		
				V_{P_0}	V_r	V_{P_1}	V_{P_2}	V_E ($10^6 m^3$)	h_E mm / mois	h_E mm / jour
Janvier	1,12	242,9	29,48	3,34	2,64	14,57	0,93	19,96	82,17	2,65
Février	1,00	232,8	55,91	0	2,38	13,16	0,84	44,29	190,25	6,79
Mars	0,76	218,6	53,90	0	2,64	14,57	0,93	41,04	188,17	6,07
Avril	0,51	203,6	58,75	0	2,55	14,10	0,90	46,30	227,41	7,58
Mai	0,21	177,7	50,54	0,02	2,64	14,57	0,93	37,70	212,16	6,84
Juin	0,08	154,6	38,57	3,65	2,55	14,10	0,90	29,77	192,56	6,42
Juillet ⁽¹⁾	-0,33/-0,52	135,4	20,23	3,43	1,70	2,40	0,60	15,36	113,44	5,67
Octobre	1,07	238,8	40,87	2,61	2,64	0 ⁽²⁾	0,93	45,19	189,24	6,10
Novembre	0,90	229,4	36,59	0	2,55	0	0,90	38,24	166,70	5,56
Décembre	0,74	221,4	24,11	0	16,37 ⁽³⁾	0	0,93	39,55	178,64	5,76
TOTAL	-	208	408,95	13,05	38,66	94,47	8,79	357,40	-	-

TABLEAU VII

Importance de l'évaporation (V_E) en 1980 : H : cote du lac le premier du mois (m), S : superficie moyenne du lac au cours du mois (km^2), ΔV : variations de volume durant le mois ($10^6 m^3$); (1) Ouverture du barrage le 27.07.1980, (2) Fermeture du barrage le 3.10.1980, (3) Début des pompages de la C.S.S. le 14.02.1980, (4) Arrêt des pompages de la SONEES du 12 au 31.07.1980, (5) Y compris les déversements des pompages d'appoint prélevés dans le fleuve du 1.01.1980 au 14.02.1980

1 9 8 0 mois	H (m.)	S. (km^2)	ΔV ($10^6 m^3$)	VOLUMES (en $10^6 m^3$)				EVAPORATION		
				V_{P_0}	V_r	V_{P_1}	V_{P_2}	V_E ($10^6 m^3$)	h_E (mm / mois)	h_E (mm / jour)
Janvier	+ 0,63	216,7	8,56	0	31,43 ⁽⁵⁾	0	0,93	39,06	180,25	5,81
Février	+ 0,59	210,5	31,05	1,29	14,95 ⁽⁵⁾	7,84 ⁽³⁾	0,87	38,58	183,28	6,32
Mars	+ 0,44	197,1	46,30	0	2,64	15,19	0,93	32,82	166,51	5,37
Avril	+ 0,20	176,0	53,58	0,02	2,55	14,70	0,90	40,55	230,40	7,68
Mai	- 0,11	145,0	55,89	0	2,64	15,19	0,93	42,41	292,48	9,43
Juin	- 0,49	117,2	46,16	0,01	2,55	14,70	0,90	33,12	282,59	9,42
Juillet ⁽¹⁾	-0,85/-1,10	99,9	26,31	0,97	2,21	12,74	0,36 ⁽⁴⁾	16,39	164,06	6,31
Octobre ⁽²⁾	+ 1,58	284,6	49,58	1,34	2,47	0	0,87	52,52	198,49	6,84
Novembre	+ 1,40	256,8	37,02	0	2,55	0	0,90	38,67	150,58	5,02
Décembre	+ 1,26	249,8	35,66	0	2,64	0	0,93	37,37	149,60	4,83
T O T A L	-	194	390,11	3,63	66,63	80,36	8,52	371,49	-	-

ESTIMATION DES APPORTS FLUVIATILES

Paradoxalement cette étude se termine par l'évaluation des apports les plus importants : ceux du fleuve. L'absence d'équipement limnimétrique sur le chenal de la Taoué ne permet pas en effet de les

chiffrer directement. Autre paradoxe, s'il est courant dans l'étude de milieu lacustre de faire ressortir les approximations nécessaires pour estimer les pertes par évaporation ici, ce sont elles, leur connaissance précise en période d'isolement du lac, qui vont permettre d'appréhender le bilan de l'eau d'un

TABLEAU VIII

Importance de l'évaporation (V_E) en 1981. H : cote du lac le premier du mois (m), S : superficie moyenne au cours du mois (km^2), ΔV : variations de volume durant le mois ($10^6 m^3$); (1) Ouverture des deux barrages le 22.07.1981, (2) Fermeture du barrage aval le 3.10.1981, (3) Début des pompages de la C.S.S. dans le lac le 15.02.1981

1 9 8 1 mois	H (m.)	S (km^2)	ΔV ($10^6 m^3$)	VOLUMES (en $10^6 m^3$)				EVAPORATION		
				V_{p_0}	V_r	V_{p_1}	V_{p_2}	V_E ($10^6 m^3$)	h_E (mm / mois)	\bar{h}_E (mm / jour)
Janvier	+ 1,12	242,1	36,69	1,15	2,64	0	0,93	39,55	163,36	5,27
Février	+ 0,97	233,0	41,93	0	2,38	8,12 ⁽³⁾	0,84	35,35	151,72	5,42
Mars	+ 0,79	220,0	54,43	1,85	2,64	17,98	0,93	40,01	181,86	5,87
Avril	+ 0,54	200,0	68,67	0	2,55	17,40	0,90	52,92	264,60	8,82
Mai	+ 0,19	175,2	53,35	0,12	2,64	17,98	0,93	37,20	212,33	6,85
Juin	- 0,12	147,5	48,91	0,45	2,55	17,40	0,90	33,61	227,86	7,60
Juillet ⁽¹⁾	-0,45/-0,63	126,0	21,20	0,17	1,79	12,18	0,63	10,35	82,14	4,11
Octobre ⁽²⁾	+ 1,76	271,7	65,87	0	2,38	0	0,84	67,35	247,88	8,85
Novembre	+ 1,53	263,4	35,58	0	2,55	0	0,90	37,23	141,34	4,71
Décembre	+ 1,40	257,6	29,20	0	2,64	0	0,93	30,91	119,99	3,87
TOTAL	-	211	455,77	3,74	24,76	91,06	0,73	384,48	-	-

TABLEAU IX

Évaporation moyenne mensuelle en bac classe A et sur le lac (mm/jour). Comparaison de l'intensité de l'évaporation dans trois lacs de la zone soudano-sahélienne (lac de Guiers, lacs de Bam et du Tchad) : (1) valeurs estimées (moyenne), (2) valeur probablement aberrante.

	1 9 7 9			1 9 8 0			1 9 8 1			EVAPORATION MOYENNE		
	E_{Lac}	E_{Bac}	E/EB	E_{Lac}	E_{Bac}	E_L/EB	E_{Lac}	E_{Bac}	E_L/EB	Guiers (Sénégal)	Bam (Hte-Volta)	Tchad (Tchad)
Janvier	2,65	5,83	0,45	5,81	7,27	0,80	5,27	9,20	0,57	4,58	6,04	6,32
Février	6,79	12,00	0,57	6,32	9,60	0,66	5,42	9,82	0,55	6,18	6,50	6,87
Mars	6,07	11,98	0,51	5,87	11,06	0,49	5,87	12,50	0,47	5,77	7,05	7,42
Avril	7,58	13,87	0,55	7,68	14,95	0,51	8,92	14,04	0,63	8,03	7,61	7,71
Mai	6,84	12,51	0,55	9,43	14,18	0,67	6,85	13,57	0,50	7,71	7,75	7,00
Juin	6,47	11,74	0,55	9,42	11,39	0,83	7,60	11,57	0,66	7,83	7,41	6,99
Juillet	5,67	10,05	0,56	6,31	10,16	0,62	4,11	9,85	0,42	5,36	6,12	6,74
Août	(5,61) ¹	8,07	(0,69)	(5,86) ¹	8,08	(0,73)	(5,00) ¹	8,00	(0,62)	(5,49) ¹	5,62	5,87
Septembre	(5,37) ¹	7,73	(0,69)	(5,48) ¹	7,55	(0,73)	(4,38) ¹	7,01	(0,62)	(5,08) ¹	5,74	6,01
Octobre	6,10	8,55	0,71	6,84	8,79	0,78	8,85 ²	8,89	1,00	6,47	6,01	6,56
Novembre	5,56	8,19	0,68	5,02	8,06	0,62	4,71	8,72	0,54	5,10	6,23	6,93
Décembre	5,76	8,15	0,71	4,83	8,12	0,59	3,87	7,64	0,51	4,82	5,81	6,29
ANNEE	5,86	9,87	0,59	6,57	9,98	0,65	5,89	10,07	0,60	6,11	6,49	6,73

écosystème lacustre particulier et original en zone sahélienne.

Relations entre l'évaporation du lac et l'évaporation en bac classe A

La Compagnie Sucrière Sénégalaise de Richard-Toll dispose de deux bacs d'évaporation (type A du Weather Bureau) installés aux stations C_2 et de

Petite Afrique. Les relevés sont quotidiens. Les moyennes mensuelles sont indiquées dans le tableau IX et comparées à celles obtenues pour le lac durant les trois dernières années (fig. 9).

On observe :

— phénomène bien connu, que l'évaporation en bac est toujours supérieure à celle du lac. Le rapport E_L/E_B a varié au cours des trois dernières années de

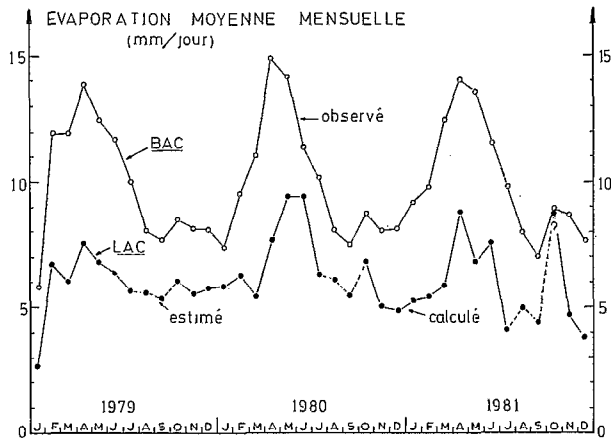


FIG. 9. — Comparaison entre l'évaporation moyenne mensuelle (mm/jour) en bac classe A et du lac de Guiers de 1979 à 1981.

0,42 et 0,83. La valeur de l'évaporation sur le lac en octobre 1981 est probablement surestimée, le rapport E_L/E_B est peu différent de 1 ;

— que les variations saisonnières sont identiques avec des taux d'évaporation très élevés dans les deux cas entre mars et juin (maximum en avril) et très faibles (entre les mois d'août et de janvier ;

— que les pertes par évaporation dans le bac sont les plus réduites au moment de l'ouverture des barrages et du déversement des eaux de crue dans le lac (août et septembre), c'est-à-dire aussi quand les précipitations sont les plus importantes (en moyenne, le lac reçoit au cours de ces deux mois 72 % des précipitations annuelles).

Comment alors estimer l'importance de l'évaporation lorsque le lac est en communication avec le fleuve ?

Une certitude, elle sera obligatoirement inférieure à celle observée dans les bacs d'évaporation ;

une probabilité, le rapport E_L/E_B sera supérieur à la plus faible valeur de ce rapport observée en juillet 1981 (0,42) et inférieur à la valeur maximum relevée en juin 1980 (0,83) ;

une hypothèse plausible, en saison des pluies l'inertie thermique du lac et l'« effet » de bac entrent moins en résonance pour induire des écarts importants entre E_L et E_B . Autrement dit, il est vraisemblable que les rapports E_L/E_B en août et septembre seront supérieurs à ceux du mois de juillet.

De ce faisceau d'arguments, on peut établir la fourchette probable des valeurs E_L/E_B en août et septembre et estimer l'importance de l'évaporation :

	E_L/E_B	E_L (mm)	
		août	septembre
1979	0,56-0,83	4,52-6,70	4,33-6,41
1980	0,62-0,83	5,01-6,71	4,68-6,27
1981	0,42-0,83	3,36-6,64	2,94-5,82

Les coefficients moyens permettant de calculer l'évaporation du lac en fonction de l'évaporation en bac sont respectivement de 0,69, 0,73 et 0,62.

En tenant compte des erreurs d'estimation en août et septembre, l'évaporation moyenne journalière sur le lac a été de : $5,86 \pm 0,18$ mm (1979), $6,57 \pm 0,16$ mm (1980) et $5,89 \pm 0,26$ mm (1981).

La comparaison avec les taux moyens journaliers d'évaporation calculés par POUYAUD B. (1979) pour le lac de Bam (en Haute-Volta) et RIOU C. (1975) pour le lac Tchad montre que ces trois lacs subissent des pertes par évaporation du même ordre de grandeur : 6,11 mm/jour (lac de Guiers), 6,49 mm/jour (lac de Bam) et 6,73 mm/jour (lac Tchad).

Les apports fluviaux (V_F)

Au moment du remplissage du lac, la variation de volume ΔV entre deux cotes du plan d'eau est donnée par l'équation :

$$\Delta V = V_F + V_{p_0} + V_r - (V_{p_1} + V_{p_2} + V_E)$$

entrées — sorties

On admet que V_{p_1} n'entre pas en ligne de compte dans le bilan, les prélèvements d'eau de la C.S.S. se faisant directement dans le fleuve.

$$\text{et } V_F = \Delta V + V_E + V_{p_2} - (V_{p_0} + V_r)$$

ΔV est calculé à l'aide de l'abaque (fig. 4), V_{p_0} est donné dans les tableaux IIIa, IVa et Va, V_{p_2} et V_r sont connus journalièrement. La valeur de V_E est déterminée à partir des estimations fournies dans l'alinéa précédent.

Les apports fluviaux se sont élevés à 327.10^6 m³ en 1979, à 535.10^6 m³ en 1980 et 532.10^6 m³ en 1981 (Tabl. X, XI, XII). Les apports au lac ont été extrêmement faibles en 1979, ce qui l'a conduit comme nous l'avons vu précédemment à la cote de -1,10 m en 1980 et à la configuration du « petit lac ».

À la fin du remplissage du lac, le bilan hydrique s'établit à partir des équations suivantes :

$$\Delta V = V_F + V_{p_0} + V_r - (V_{p_2} + V_E)$$

entrées — sorties

$$1979 : 307,00 = 326,77 + 53,90 + 6,23 - (2,19 + 77,71) \quad (4)$$

$$1980 : 515,50 = 535,34 + 51,88 + 5,97 - (1,95 + 75,74) \quad (5)$$

$$1981 : 514,02 = 532,09 + 59,30 + 6,32 - (2,22 + 81,47) \quad (6)$$

Il est remarquable de constater que dans les conditions actuelles d'alimentation du lac, les apports

fluviales V_F sont du même ordre de grandeur que la variation de volume du lac entre le début et la fin du remplissage ($\Delta V/V_F$ est pratiquement constant : 0,94 en 1979 ; 0,96 en 1980 et 0,97 en 1981). Ce résultat, s'il se confirme, pourrait permettre d'évaluer les apports du fleuve au lac depuis 1947.

BILANS HYDROLOGIQUES DU LAC DE GUIERS EN 1979, 1980 et 1981

Le bilan de l'eau dans le lac de Guiers peut être abordé de deux manières : par année civile ou par cycle hydrologique.

TABLEAU X

Apports fluviaux (V_F) du 21.07.1979 au 27.09.1979 (10^6 m^3) au lac de Guiers.

1 9 7 9 Dates	Nombre de jours n	ΔV (10^6 m^3)	H (m.)	S moyenne (km^2)	Volumes (10^6 m^3)				Evaporation estimée (mm / jour)	V_F (10^6 m^3)
					V_{P_0}	V_{P_2}	V_r	V_E		
21.07 - 31.07	11	9,9	0,12	131,9	3,62	0,33	0,94	8,23	5,67	13,90
1.08 - 10.08	10	51,8	0,34	152,0	14,96	0,30	0,85	8,55	5,61	44,82
11.08 - 15.08	5	23,8	0,14	173,6	0	0,15	0,43	4,87	5,61	28,39
16.08 - 22.08	7	32,8	0,16	186,2	0,06	0,21	0,60	7,31	5,61	39,66
23.08 - 25.08	3	21,2	0,11	196,9	16,73	0,09	0,28	3,31	5,61	7,61
26.08 - 31.08	6	26,1	0,13	205,2	4,21	0,18	0,51	6,91	5,61	28,47
1.09 - 12.09	12	65,0	0,30	219,0	3,20	0,36	1,02	14,11	5,37	75,25
13.09 - 15.09	3	16,1	0,07	230,4	5,36	0,09	0,26	3,71	5,37	14,28
16.09 - 19.09	4	30,8	0,13	236,1	5,05	0,12	0,34	5,07	5,37	30,60
20.09 - 27.09	8	29,5	0,12	243,0	0,71	0,36	1,02	15,66	5,37	43,79
T O T A L	69	307,0	1,62	190,9	53,90	2,19	6,23	77,71	-	326,77

TABLEAU XI

Apports fluviaux (V_F) du 27.07 au 2.10.1980 (10^6 m^3) au lac de Guiers.

1 9 8 0 Dates	Nombre de jours n	ΔV (10^6 m^3)	H (m.)	S moyenne (km^2)	Volumes (10^6 m^3)				Evaporation estimée (mm / jour)	V_F (10^6 m^3)
					V_{P_0}	V_{P_2}	V_r	V_E		
27.07 - 31.07	5	5,59	0,08	93,8	3,09	0	0,43	2,96	6,31	5,03
1.08 - 6.08	6	33,69	0,29	104,6	0,10	0,18	0,51	3,67	5,86	36,93
7.08 - 8.08	2	12,85	0,09	116,8	3,61	0,06	0,17	1,37	5,86	10,50
9.08 - 10.08	2	17,71	0,11	122,6	3,16	0,06	0,17	1,44	5,86	15,88
11.08 - 12.08	2	10,77	0,12	129,4	5,63	0,06	0,17	1,52	5,86	6,55
13.08 - 21.08	9	76,30	0,49	155,3	0,57	0,30	0,85	8,99	5,86	84,07
22.08 - 23.08	2	21,40	0,12	182,4	0,29	0,06	0,17	2,14	5,86	23,14
24.08 - 25.08	2	22,46	0,12	191,5	2,89	0,06	0,17	2,24	5,86	21,70
26.08 - 1.09	7	56,45	0,28	205,4	2,79	0,21	0,60	8,43	5,86	61,70
2.09 - 3.09	2	12,83	0,08	216,7	5,59	0,06	0,17	2,38	5,48	9,51
4.09 - 14.09	11	94,55	0,41	230,5	0,19	0,33	0,94	13,89	5,48	107,64
15.09 - 23.09	9	71,31	0,28	249,7	3,68	0,27	0,77	12,32	5,48	79,15
24.09 - 29.09	6	54,27	0,20	281,7	1,66	0,18	0,51	8,60	5,48	60,88
30.09 - 2.10	4	25,32	0,09	288,6	18,63	0,12	0,34	5,89	5,48	12,36
T O T A L	69	515,50	2,76	192,1	51,88	1,95	5,97	76,74	-	536,34

TABLEAU XII
Apports fluviaux (V_F) du 22.07 au 3.10.1981 (10^6 m^3) au lac de Guiers.

<u>1 9 8 1</u> Dates	Nombre de jours n	ΔV (10^6 m^3)	H (m.)	S moyenne km^2	Volumen (10^6 m^3)				Evaporation estimée (mm / jour)	V_F (10^6 m^3)
					V_{P_0}	V_{P_2}	V_r	V_E		
22.07 - 29.07	8	39,52	0,31	132,7	14,46	0,24	0,68	4,36	4,11	28,98
30.07 - 5.08	7	50,40	0,32	158,5	11,85	0,21	0,60	5,55	5,00	43,71
6.08 - 11.08	6	54,20	0,30	184,4	1,23	0,18	0,51	6,45	5,00	59,19
12.08 - 26.08	15	109,30	0,52	212,7	0,78	0,45	1,28	17,02	5,00	124,71
27.08 - 31.08	5	74,30	0,31	238,1	7,56	0,15	0,43	5,55	5,00	72,01
1.09 - 5.09	5	56,80	0,22	252,3	6,83	0,15	0,43	5,53	4,38	55,22
6.09 - 10.09	5	37,90	0,14	261,3	6,37	0,15	0,43	5,72	4,38	36,97
11.09 - 16.09	6	47,80	0,17	268,6	3,95	0,18	0,51	7,06	4,38	50,58
17.09 - 3.10	17	43,80	0,15	275,8	6,37	0,51	1,45	24,23	4,38	60,72
T O T A L	74	514,02	2,44	223,3	59,30	2,22	6,32	81,47	-	532,09

Par année civile

En 1979

La cote du lac était de +1,12 m le 1^{er} janvier et de +0,63 m le 31 décembre ; les pertes en eau ont donc été supérieures aux gains et le bilan pour le lac est négatif :

$$\Delta V = V_F + V_{P_0} + V_r - (V_E + V_{P_1} + V_{P_2})$$

$$= 326,77 + 66,95 + 44,89 - (435,11 + 94,47 + 10,98)$$

$$\Delta V = - 101,95 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Au cours de l'année le lac a perdu 102 millions de m^3 d'eau par suite de l'intense évaporation et de la faiblesse des apports fluviaux. Si on rapporte ces résultats à la surface moyenne de 205 km^2 occupée par le lac en 1979, le bilan annuel peut être exprimé en mètres de hauteur d'eau (fig. 10) :

Pertes	Gains
Évaporation : - 2,13 m	Apports du fleuve : + 1,59 m
Pompages C.S.S. : - 0,46 m	Apports des pluies : + 0,33 m
Pompages SONEES : - 0,05 m	Rejets de la C.S.S. : + 0,22 m
Déficit : - 0,50 m	

En 1980

Le bilan est positif avec une cote de +0,63 m le 1^{er} janvier et de 1,12 m le 31 décembre ; la situation est inversée par rapport à 1979.

$$\Delta V = 535,34 + 55,51 + 72,60 - (447,23 + 80,36 + 10,47)$$

$$\Delta V = + 125,39 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Les apports du fleuve ont été importants, le gain pour le lac de 125 millions de m^3 . Pour une superficie de 194 km^2 le bilan en hauteur d'eau est le suivant :

Pertes

Gains

Évaporation : - 2,31 m Apports du fleuve : + 2,76 m
Pompages C.S.S. : - 0,41 m Apports des pluies : + 0,29 m
Pompages SONEES : - 0,05 m Rejets de la C.S.S. : + 0,37 m

Gain : + 0,65 m

En 1981

Le bilan est à nouveau positif avec +1,12 m à l'échelle de N'Gnith le 1^{er} janvier et de +1,40 m le 31 décembre.

$$\Delta V = 532,09 + 63,04 + 31,08 - (465,95 + 91,06 + 10,95)$$

$$\Delta V = + 58,25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Les effets de la crue de 1980, alliés à une bonne alimentation en 1981 maintiennent le lac à un niveau élevé (+1,40 m). La superficie moyenne a été de 213 km^2 et le bilan en hauteur d'eau de :

Pertes	Gains
Évaporation : - 2,19 m	Apports du fleuve : + 2,50 m
Pompages C.S.S. : - 0,43 m	Apports des pluies : + 0,29 m
Pompages SONEES : - 0,05 m	Rejets de la C.S.S. : + 0,15

Gain : + 0,27 m

En moyenne pour les trois années étudiées, l'évaporation représente 82 % des pertes totales en eau, les pompages de la C.S.S. 16 % et la station de traitement des eaux 2 %. Les apports sont essentiellement assurés par le fleuve 80 % ; les précipitations y contribuent pour 11 % et les rejets de la C.S.S. pour 9 %.

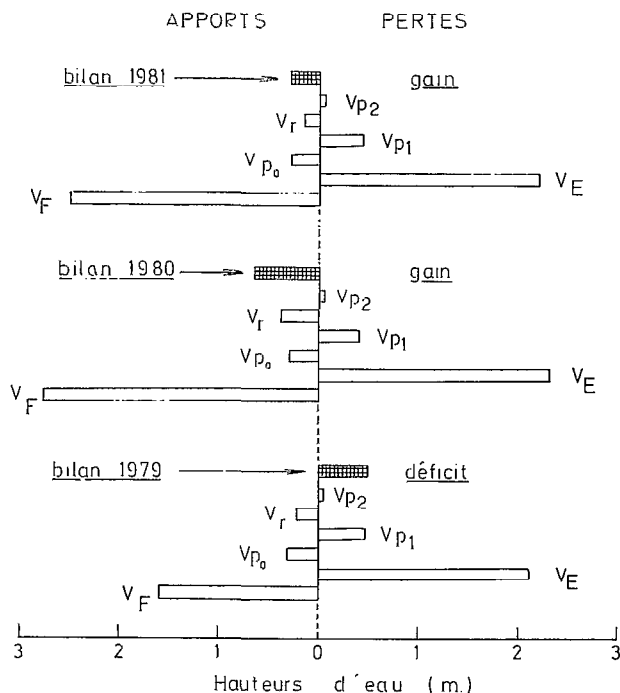


FIG. 10. — Bilans hydriques en 1979, 1980 et 1981 du lac de Guiers (exprimés en mètres de hauteur d'eau). Apports : V_F fleuve, V_{p_0} pluies, V_r rejets et pompages d'appoint de la C.S.S. ; pertes : V_E évaporation, V_{p_1} prélèvements pour l'irrigation de la C.S.S., V_{p_2} pompages de la SONEES pour l'alimentation des zones urbaines.

Par cycle hydrologique

Le calcul du bilan a été mené sur les deux cycles 79/80 et 80/81. Le premier commence le 21.07.1979 et s'achève le 26.07.1980, date de départ du second cycle qui se termine le 22.07.1981. La situation du lac à ces dates est donnée dans le tableau II. Rappelons que les volumes d'eau étaient respectivement de $109,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (21.07.1979), de $34,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (26.07.1980) et de $91,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (22.07.1981).

Le bilan hydrologique entre l'état initial (V_i) et l'état final (V_f) peut s'écrire :

$$V_i + \text{entrées} - \text{sorties} = V_f$$

$$\text{ou } V_i + V_F + V_{p_0} + V_r - (V_E + V_{p_1} + V_{p_2}) = V_f$$

En 1979-1980 (exprimés en 10^6 m^3)

$$109,0 + 326,77 + 58,80 + 86,76 - (443,62 + 80,36 + 10,77) = 46,58$$

En 1980-1981

$$34,50 + 535,34 + 56,96 + 30,82 - (453,29 + 91,06 + 10,71) = 102,56$$

Les bilans sont presque équilibrés ; il reste un volant d'eau non expliqué de $12,08 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en 1979/

1980 et de $11,36 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en 1980/1981. Dans les deux cas, le volume final observé est moins important que celui obtenu par le calcul et indique une sous-estimation des pertes subies par le lac. Plusieurs raisons peuvent être avancées :

- une sous-estimation de l'intensité de l'évaporation au cours du remplissage du lac. En effet, si on reprend les estimations des apports fluviaux avec les valeurs extrêmes de la fourchette que nous avons données pour les taux d'évaporation en août et septembre, le bilan joue cette fois-ci en défaveur des apports. Le volume final obtenu par le calcul est dans les deux cas inférieur à celui observé ;

- des erreurs de précision à l'échelle de N'Gnith ; une variation de 1 cm représente quelques millions de m^3 lorsque le plan d'eau du lac est élevé ;

- le temps de réponse du lac au moment de l'ouverture et de la fermeture des barrages ;

- la non prise en compte des mares terminales de la région sud qui marquent chaque étape de la retraite du lac vers le nord ;

- l'intervention d'un volant d'eau à partir des nappes limitrophes.

L'énumération pourrait continuer..., mais il ne s'agit là que de petits mécanismes, de phénomènes mineurs qui ne doivent pas masquer qu'en tout état de cause *les écarts observés entre la réalité et le calcul représentent moins de 2 % de la masse d'eau mise en jeu au cours de chaque cycle hydrologique.*

En moyenne pour les deux cycles étudiés, l'évaporation représente 82 % des pertes totales, les pompages de la C.S.S. 16 % et les pompages de la SONEES 2 %. Les apports sont tributaires du fleuve à 77 %, des pluies à 11 % et des rejets des zones irriguées à 12 %.

CONCLUSION

L'étude du cadre physique du lac de Guiers, la compréhension de son fonctionnement hydrologique actuel et l'analyse de quelques-unes des situations qu'il a connues dans un passé récent permettent de faire ressortir les points suivants :

(1) à son maximum d'extension ce lac de l'Afrique de l'Ouest n'occupe qu'une superficie de 300 km^2 . Les 800 millions de m^3 d'eau qu'il peut contenir se partagent de façon inégale dans trois grandes régions naturelles (nord, centrale et sud) nettement différentes par leurs caractères morphologiques ;

(2) l'établissement d'abaques S-V et leur modélisation mathématique définissent de manière très précise les relations entre la surface, le volume, la profondeur moyenne du lac et la cote du plan d'eau ;

(3) chaque année, le déséquilibre entre la courte période d'alimentation par le fleuve (2 à 3 mois) et la longue période d'isolement du lac (9 à 10 mois) se traduit par une évolution très rapide du paysage lacustre. Les différentes phases de retrait entre la configuration d'un « grand » lac et les contours d'un « petit » lac soulignent la diversité et l'inégalité de la sédimentation chimique et détritique dans chaque région ;

(4) l'infrastructure actuelle sur le chenal de la Taoué favorise le remplissage du lac et permet de l'« épargner » sur une plus longue période. Le bénéfice pour le lac est substantiel mais la situation du fleuve devient critique avec l'intrusion précoce, dans son lit mineur, de la langue salée ;

(5) la connaissance des termes du bilan hydrique, lors de l'isolement du lac fixe à l'échelle mensuelle la relation liant l'importance de l'évaporation d'une nappe d'eau libre et celle mesurée en bac classe A. Au cours des trois dernières années, l'évaporation moyenne journalière s'est élevée à 9,96 mm/jour pour le bac A, et à 6,11 mm/jour pour le lac de Guiers ($E_L/E_B = 0,61$). L'évaporation moyenne annuelle du lac de Guiers (2,23 m) est inférieure mais du même ordre de grandeur que celle du lac de Bam en Haute-Volta (2,37 m) et celle du lac Tchad (2,46 m) ;

(6) dans les conditions actuelles de fonctionnement les apports fluviaux (V_F) sont sensiblement iden-

tiques à la variation de volume (ΔV) du lac au cours du remplissage.

(7) le bilan hydrique établi pour les trois dernières années par année civile et par cycle hydrologique indique que les pertes en eau du lac de Guiers sont essentiellement dues à l'évaporation (82 %) aux pompages de la C.S.S. (16 %) et aux prélèvements de la SONEES (2 %). Les apports sont surtout tributaires de la crue du fleuve (77 %), des précipitations (11 %) et des rejets des zones cultivées (12 %)

En définitive, l'évaporation et les apports fluviaux sont les moteurs de la « respiration » hydrologique du lac de Guiers. De l'importance de ces deux mécanismes concurrentiels va dépendre la « survie » ou la « mort » du lac.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la direction de la Compagnie Sucièrè Sénégalaise et tout particulièrement M. FALCHETTI du service Hydro-Pédo de la C.S.S. de leur avoir aimablement communiqué les données météorologiques de leurs stations. Nous associons à ces remerciements M. SECK Chef de l'usine de la SONEES à N'Gnith, pour l'aide apportée et la mise à notre disposition des données limnimétriques du lac.

*Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.,
le 2 avril 1982.*

BIBLIOGRAPHIE

- ALVAREZ (J.), 1956. — Rapport sur l'utilisation du lac de Guiers comme réserve pour l'irrigation du delta du Sénégal. *Bull. de la Mission d'Aménagement du Sénégal*, n° 58, 24 p.
- AVEZAC (M. d'), 1840. — Analyse d'un voyage de MM. GAILLE, HUARD-BESSINIÈRE, POTIN-PATTERSON et PAUL'HOLLE au lac Paniefoul et au pays Yolof, en octobre, novembre et décembre 1839. *Bull. de la Soc. de Géogr.*, tome XIV, n° 82 : 193-217.
- BCEOM, SOGETHA-SOGREAH, 1965. — Étude de la suralimentation du lac de Guiers et de l'aménagement hydroagricole du Diovol. II. Étude hydraulique de l'alimentation du lac de Guiers et du recalibrage de la Taoué. République du Sénégal. Ministère de l'Énergie et de l'Hydraulique. Mission d'aménagement du Sénégal, 18 p.
- BRIGAUD (F.), 1961. — Connaissance du Sénégal : l'hydrographie. *Études Sénégalaises*, I.F.A.N., n°s 9, 2, 102 p.
- FALL (O.), 1961. — Complexe Sénégal-Taoué-Lac de Guiers : ses possibilités hydrauliques. *Bull. de la M.A.S.*, tome I, 75 p.
- GAC (J. Y.), MONTEILLET (J.), FAURE (H.), 1981. — Marine shorelines in estuaries as a paleoprecipitation indicator. *Symp. On Variations in the Global Water Budget*, Oxford (U. K.), 9-15 août 1981, 12 p.
- GROSMAIRE (P.), 1957. — Éléments de politique sylvo-pastorale au sahel sénégalais. II. Les conditions du milieu. *Bull. du Service des Eaux et Forêts*, 2-10, 56 p.
- GUYONNET (J.-P.), 1981. — La sucièrè sénégalaise touche au but. *Afrique Agriculture*, 69 : 20-29.
- HENRY (Y.), 1918. — Irrigations et cultures irriguées en Afrique tropicale. Paris, Larose, 8^e, 296 p.
- HUBERT (H.), 1921. — Eaux superficielles et souterraines au Sénégal. Paris, Larose, *Public. Gouvern. Gén. A.O.F.*, 30 p.
- IBIZA (D.), 1972. — Mesure de l'évaporation d'un lac en climat sahélien. Lac de Bam (premiers résultats). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrol.*, vol. IX, 3 : 47-65.
- LEMMET (J.) et SCORDEL (M.), 1918. — Contribution à l'étude agrologique de la vallée du Bas-Sénégal. *Bull. Com. Ét. Hist. Sc. A.O.F.* : 17-56.

- LEUDELLOT (M.) et LELIÈVRE (M.), 1828. — Journal d'un voyage au lac de N'ghier ou Paniéfole. Manuscrit original des Archives Nationales du Sénégal, 14 p.
- O.M.V.S., 1979. — Évaluation des effets sur l'environnement d'aménagements prévus dans le bassin du fleuve Sénégal. *Rapp. de l'O.M.V.S.*, Dakar, 183 p.
- PARIS-TEYNAC (E. J.), 1962. — Contribution à la connaissance du fleuve Sénégal. *Bull. de l'I.F.A.N.*, Dakar, t. XXIV, sér. A, n° 1 : 54-68.
- POUYAUD (B.), 1979. — Étude de l'évaporation d'un lac en climat soudano-sahélien : le lac de Bam (Haute-Volta). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrol.*, vol. XVI, 2 : 78-89.
- RIOU (C.), 1975. — La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique Centrale. *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 80, 236 p.
- ROCHETTE (C.), 1974. — Le bassin du fleuve Sénégal. *Monogr. Hydrol. de l'O.R.S.T.O.M.*, 1, 325 p.
- TROCHAIN (J.), 1940. — Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. Thèse Paris, Librairie Larose, 433 p.