

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES
DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE



**PREMIERES APPROCHES POUR
LA MISE AU POINT D'UN MODELE
DE GESTION INTEGREE DES EAUX
DU LAC DE GUIERS**

**D.E.A de Géographie Physique
RAPPORT DE STAGE**

Présenté par Awa NIANG

**Sous la direction de
François Xavier COGELS et Jean Yves GAC
ORSTOM - Dakar**

avec l'appui de la CEE, projet EQUÉSEN TS 2 0198 F EDB

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : LE LAC DE GUIERS AVANT ET APRES LE BARRAGE DE DIAMA FONCTIONNEMENT ET BILAN HYDROLOGIQUE

1- LE CADRE NATUREL DU LAC

2- FONCTIONNEMENT GENERAL DU LAC DE GUIERS AVANT LE BARRAGE DE DIAMA

2.1- Fonctionnement du lac entre 1916 et 1976

2.2- De 1976 à 1985

3- FONCTIONNEMENT DU LAC DE GUIERS DEPUIS 1985

4- BILAN HYDROLOGIQUE GENERAL DU LAC DE GUIERS

4.1- Les apports

4.2- Les pertes

4.3- Bilan moyen du lac entre 1976 et 1991

CONCLUSION 1

DEUXIEME PARTIE : RECHERCHE D'UNE STATION DE REFERENCE POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DU LAC DE GUIERS

1- RELATION GENERALE ENTRE LE VOLUME ET LA CHLORINITE DU LAC

2- RELATIONS ENTRE LA CHLORINITE DU LAC ET CELLE DE LA STATION DE NGNITH

2.1- Relation générale

2.2- Relations hors périodes de remplissage

3- RELATIONS ENTRE LA MINERALISATION GLOBALE DU LAC ET CELLE DE LA STATION DE
NGNITH

CONCLUSION 2

TROISIEME PARTIE : GESTION QUALITATIVE DES EAUX DU LAC DE GUIERS

1- LE CANAL DU CAYOR, UN NOUVEAU VISAGE POUR LE LAC

2- COMMENT STABILISER LA CHLORINITE DANS LE LAC ET A KEUR MOMAR SARR ?

2.1- Test 1 : Avant Diama

2.2- Test 2 : Après Diama

3- GESTION QUANTITATIVE ET QUALITATIVE

3.1- Simulation 1 : période pré Canal du Cayor

3.2- Simulation 2 : période post Canal du Cayor

CONCLUSION 3

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A V A N T - P R O P O S

Depuis 1985, la mise en fonction du barrage de Diama a placé l'ensemble de la vallée du Sénégal au centre d'une importante politique dite de l'après-barrage qui à terme devra aboutir au développement agro-industriel de l'ensemble de la région. Le lac situé dans la basse vallée du fleuve Sénégal, occupe une place prépondérante dans cette politique mais surtout, dans l'alimentation en eau de la ville de Dakar dont le projet du Canal du Cayor constitue un des plus grands espoirs.

Dans le cadre du stage de D.E.A (Diplôme d'Etudes Approfondies) de Géographie physique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, il m'a été donné de participer avec le Laboratoire de Géochimie de l'ORSTOM dirigé par Jean Yves GAC, au programme EQUESSEN "Environnement et qualité des eaux du Sénégal", TS 2 0198 F EDB financé par la CEE. Mon stage a été axé principalement sur le volet concernant la qualité des eaux du lac de Guiers.

Ce stage a d'abord été possible grâce à Monsieur Philippe MATHIEU représentant de l'ORSTOM au Sénégal que je remercie très vivement.

J'adresse mes plus sincères remerciements à Monsieur François Xavier COGELS qui tout au long de mon stage m'a dirigé avec beaucoup d'attention et de patience. Je lui témoigne encore une fois ma gratitude et mes remerciements pour tous les efforts fournis pour m'encadrer.

Ma participation au programme EQUESSEN a été possible grâce à Monsieur Jean Yves GAC, principal animateur du projet. Son enthousiasme est devenu légendaire au Sénégal. Qu'il soit assuré de mon respect et remercié pour la confiance qu'il m'a spontanément et durablement accordée.

Mes remerciements s'adressent également à Michel CARN, Noël EVORA, Hubert SANE, Lamine SAGNA, ainsi que Souandy BADJI pour leur collaboration et leur soutien. Ma reconnaissance va aussi à mes "compagnons de route": Adrien COLY, Moukaramou LAWANI et Rokhaya NDIAYE en souvenir d'un "certain naufrage" sur le lac de Guiers.

Ce stage a été pour moi l'occasion de découvrir d'autres méthodes d'approche en hydrologie et en géochimie, les problèmes généraux de la qualité des eaux liés à la mise en valeur d'un milieu lacustre, d'entrer en contact avec des chercheurs confirmés et bénéficier de leurs expériences et de leurs conseils.

I N T R O D U C T I O N

L'état actuel du lac de Guiers est le résultat des changements radicaux et successifs intervenus dans ce milieu depuis 1916 jusqu'à la mise en fonction du barrage anti-sel de Diama en 1985. La construction de ce barrage entre dans le cadre d'une politique globale de mise en valeur du fleuve Sénégal.

La fonction du barrage installé à 50 km en amont de l'embouchure du fleuve Sénégal dans l'océan, à Diama, répond à un double objectif :

- d'une part isoler l'ensemble de la Basse Vallée du fleuve Sénégal de la remontée des eaux marines.
- d'autre part créer à l'amont du barrage un lac de retenue d'une capacité de 250 millions de m³.

Le barrage de Manantali complète le dispositif, stabilise les débits du Sénégal à Bakel autour de 300 m³/s et doit permettre l'irrigation de 275.000 ha, la navigation jusqu'à Kayes, et la production d'électricité (800 GWh/an).

Le projet "Canal du Cayor" est un projet à long terme destiné à l'alimentation en eau de la région de Dakar. Le Canal du Cayor aura son point de départ à l'extrémité sud du lac de Guiers.

Ces aménagements ont directement et indirectement affecté le cadre naturel du lac. Leurs effets sont particulièrement sensibles au niveau de son fonctionnement, de son bilan hydrologique et de la qualité de ses eaux.

Notre étude s'articule autour de trois thèmes principaux :

- Le fonctionnement et le bilan hydrologique général du lac durant la période 1976-1989 et en relation avec l'entrée en fonction du barrage de Diama.
- L'évolution générale de la chlorinité des eaux du lac entre 1979 et 1992 et le test de Ngnith comme future station de référence du suivi qualitatif. Chlorures dissous et minéralisation globale des eaux seront les deux paramètres étudiés.
- La simulation de la gestion qualitative des eaux du lac dans le contexte de la réalisation du projet du Canal du Cayor

PREMIERE PARTIE :
LE LAC DE GUIERS AVANT ET APRES LE BARRAGE DE DIAMA :
FONCTIONNEMENT ET BILAN HYDROLOGIQUE

1- LE CADRE NATUREL DU LAC

Le lac de Guiers est une dépression orientée NNE-SSW de 50 km de long et de 7 km de large au maximum, soit une surface moyenne de 250 km² pour un volume moyen de 400 millions de m³ à la cote 1 m IGN. Il est situé entre 15°55' et 16°23' de latitude Nord et entre 16°04' et 16°12' de longitude Ouest.(fig 1)

Le lac de Guiers est l'élément aval du réseau hydrographique fossile du Ferlo long de 602 km dont il constituait à l'origine le déversoir et qui drainait un bassin versant de 37000 Km².

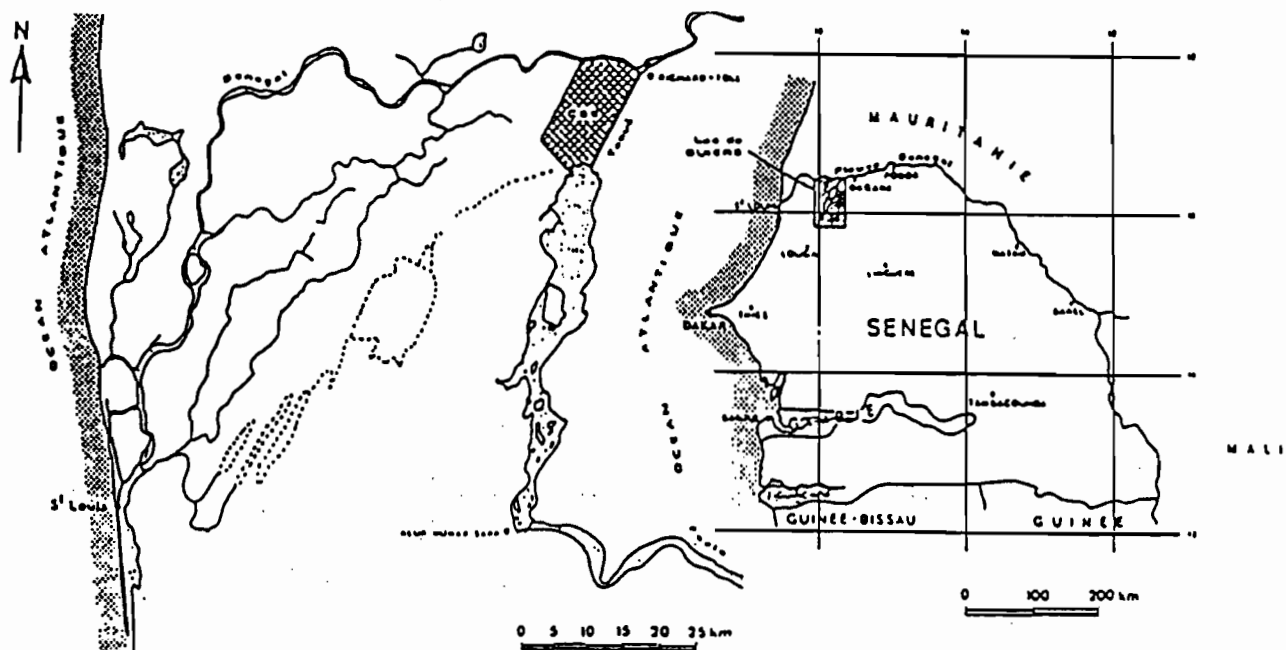


Fig. 1 : Localisation géographique du lac de Guiers

A l'origine le lac communiquait avec le fleuve Sénégal par un marigot sinueux de 26 km, la Taoué, remplacé aujourd'hui par un canal rectiligne de 17 km.

Le lac de Guiers se divise en trois grandes régions naturelles : (fig 2), COGELS, 1984.

- La région nord limitée par le seuil de Foss et l'île de Nouk-Pomo et qui contient 85% du volume des eaux du lac.
- La région centrale qui s'étend jusqu'au seuil de Sier.
- la région sud limitée par la digue de Keur Momar Sarr qui la sépare de l'ancienne vallée morte du Ferlo.

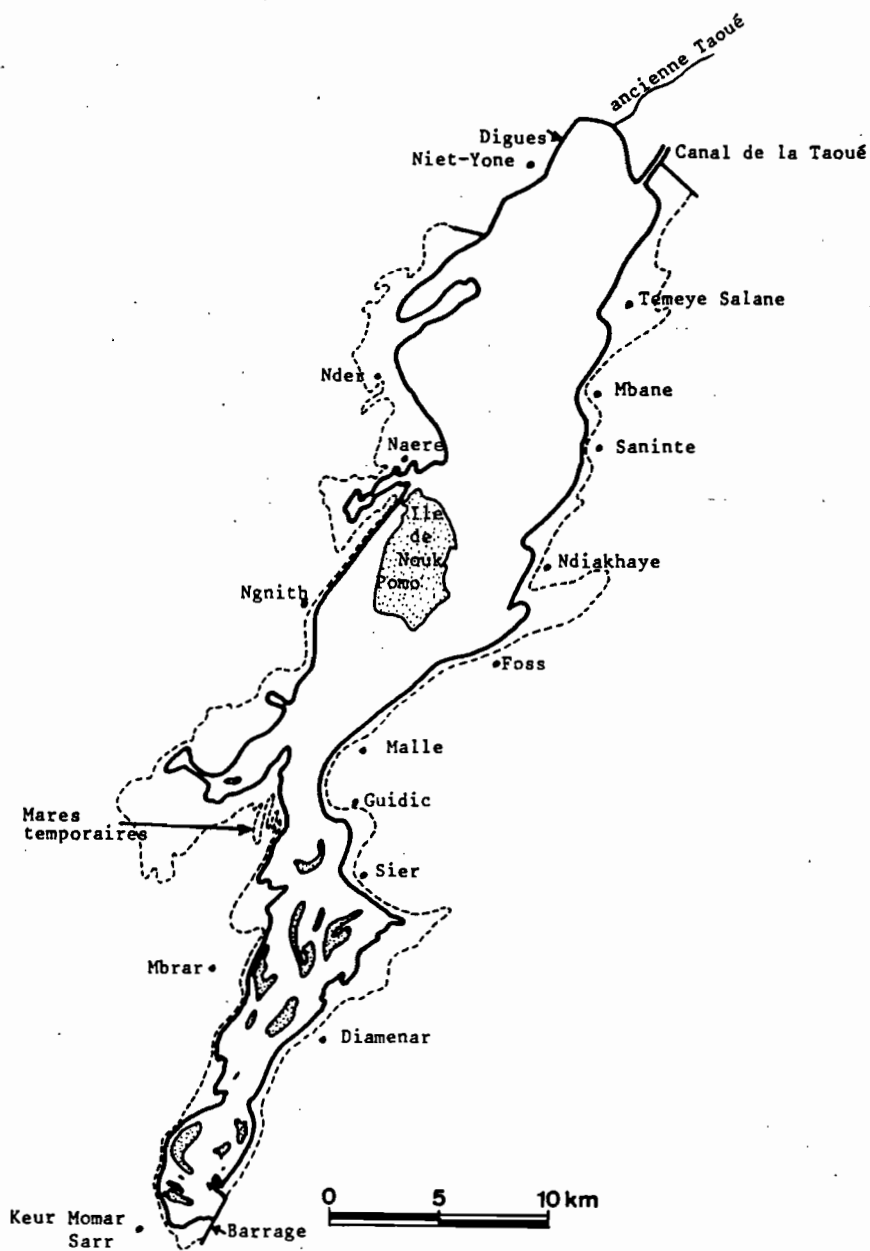


Fig. 2 : Les régions naturelles du lac

Le lac est alimenté en eau par le fleuve Sénégal lors de ses crues annuelles. Ses eaux sont exploitées principalement pour l'irrigation par la CSS(1) et la production d'eau potable par la SONEES(2).

(1) Compagnie Sucrière Sénégalaise

(2) Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal

2- FONCTIONNEMENT GENERAL DU LAC DE GUIERS AVANT LE BARRAGE DE DIAMA

2.1- Fonctionnement du lac entre 1916 et 1976

Jusqu'en 1916, le lac de Guiers fonctionnait en système naturel, avec son remplissage largement tributaire des crues et décrues du fleuve Sénégal ainsi que de celles du réseau hydrographique du Ferlo. Jusqu'en 1976, on note les étapes suivantes:

- 1- De 1916 à 1947 : Les premiers aménagements sur la Taoué avec l'édification annuelle d'une digue en terre pour empêcher l'entrée des eaux salées dans le lac.
- 2- En 1947 : construction du premier pont-barrage sur la Taoué à Richard Toll.
- 3- De 1947 à 1956 : la riziculture se développe au Nord-ouest du lac.
- 4- En 1956 la digue de Keur Momar Sarr est construite et isole le lac du Ferlo.
- 5- En 1969 : la SONEES installe l'usine de traitement des eaux à Ngnith en rive ouest.
- 6- 1970 marque l'abandon de la riziculture et le début de l'exploitation de la canne à sucre par la CSS à Richard Toll.
- 7- Depuis 1974 le canal de la Taoué a relayé l'ancien marigot et améliore le remplissage du lac.

Entre 1916 et 1976 le fonctionnement hydrologique annuel du lac de Guiers se divise en deux phases distinctes schématisées par la figure n°3:

PHASE 1 : remplissage lors des crues du fleuve Sénégal : le pont-barrage B1 est ouvert, en moyenne du 15 Juillet au 15 Octobre.

PHASE 2 : isolement le reste de l'année avec B1 fermé pour empêcher l'intrusion d'eau salée. Le lac évolue alors en fonction de l'évaporation et des pompages de la CSS depuis 1970 et de la SONEES depuis 1969.

2.2- De 1976 à 1985

Durant cette période allant de 1976 à la mise en fonction du barrage anti-sel de Diama en Novembre 1985, cette région a connu de nombreux bouleversements résultants d'une part de la rigueur des conditions climatiques et d'autre part des besoins d'une population très affectée par le manque d'eau.

Cette période est surtout marquée par la diminution des volumes moyens annuels du lac et l'augmentation des prélèvements hydro-agricoles. Certaines années, les remplissages médiocres et l'augmentation des prélèvements ont entraîné des situations hydrologiques extrêmes comme en 1980 par exemple.

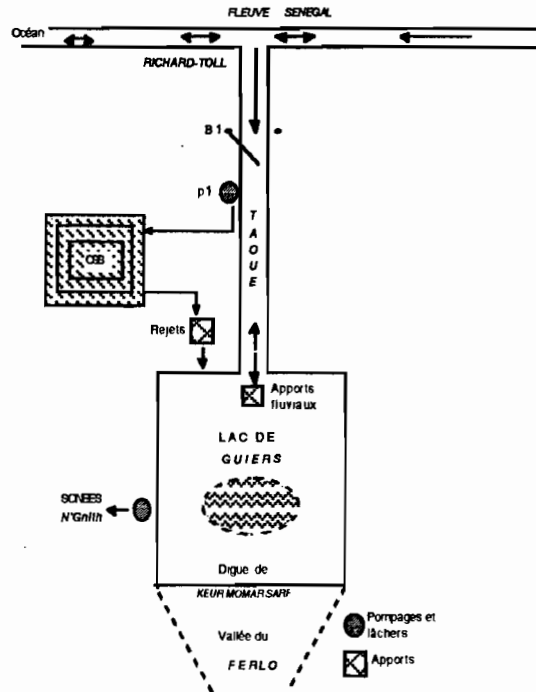


Fig. 3 : Schéma de fonctionnement du lac de 1976 à 1979.

Les aménagements réalisés se sont succédés comme suit :

- 1- 1979 : mise en service du pont-barrage de Ndornbo(B2) sur la Taoué, à 500 m de celui de Richard Toll.
- 2- La CSS développe son exploitation et installe une deuxième station de pompage sur la rive est de la Taoué en 1980.

Schématiquement, le fonctionnement du lac (fig 4) comporte trois phases:

PHASE 1 : En moyenne du 15 Juillet au 15 octobre : remplissage du lac par les crues du fleuve Sénégal; les barrages B1 et B2 restent ouverts.

PHASE 2 : Du 15 Octobre au 15 Février, la SONEES prélève ses eaux dans le lac et la CSS dans le fleuve; B1 reste ouvert et B2 est fermé.

PHASE 3 : Du 15 Février au 15 Juillet, la CSS et la SONEES pompent toutes deux leurs eaux dans le lac; B1 est fermé pour empêcher l'arrivée des eaux salées tandis que B2 est ouvert pour permettre à la CSS de pomper ses eaux d'irrigation à partir du lac.

Ce type de fonctionnement présente le désavantage d'être largement dépendant de l'importance des étiages du fleuve Sénégal et en corollaire de la précocité de l'arrivée de la langue salée à Richard Toll (GAC et al. 1990).

La nécessité d'isoler l'eau du fleuve des eaux de mer s'est alors imposée. Et c'est dans ce but que le barrage de Diama a été érigé.

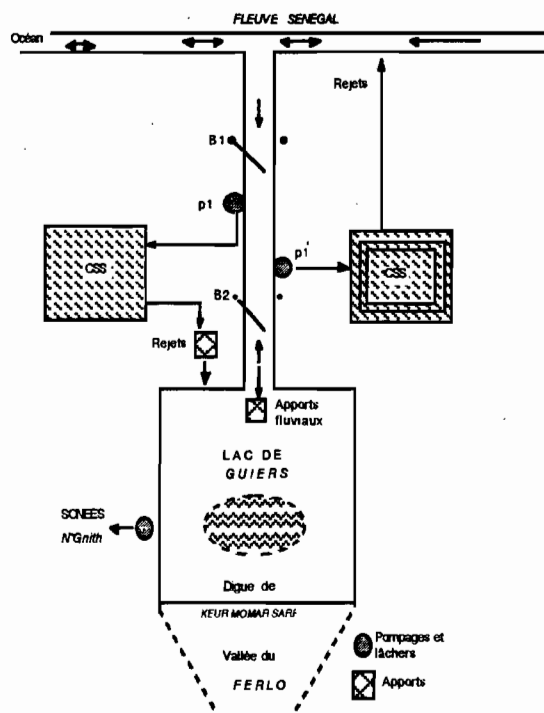


Fig. 4 : Schéma de fonctionnement du lac de 1980 à 1983

3- FONCTIONNEMENT DU LAC DE GUIERS DEPUIS 1985

La mise en service du barrage de Diama le 14 Novembre 1985 a suscité de nombreux espoirs au niveau de l'agro-industrie et des exploitations traditionnelles. L'entrée en fonction du barrage de Manantali en 1988 a complété le dispositif.

L'alimentation du lac en eau douce est maintenant possible toute l'année; les barrages de Richard Toll (B1) et de Ndombo (B2) sont ouverts ou fermés en fonction des besoins de la CSS. En phase de remplissage, la digue de Keur Momar Sarr est ouverte pour permettre l'évacuation des eaux très minéralisées du sud du lac vers le Ferlo. Ce fut le cas en 1988, 1989 et 1991.

Le fonctionnement du lac tourne désormais autour de 2 scénarios (fig 5) que sont l'ouverture ou la fermeture des deux barrages sur la Taoué et de la digue de Keur Momar Sarr au sud du lac.

La courbe de variation du niveau du Guiers (fig 6) traduit nettement l'influence du barrage de Diama. En effet, avant 1985, les variations annuelles présentaient de très larges amplitudes; la cote -1,00 m IGN n'était pas exceptionnelle en fin d'année hydrologique. Depuis 1985, le niveau du lac n'est jamais descendu au delà de -0,50 m IGN avec une diminution très sensible des amplitudes de variation annuelles de niveau qui s'explique par l'amélioration du remplissage et la diminution des pompages.

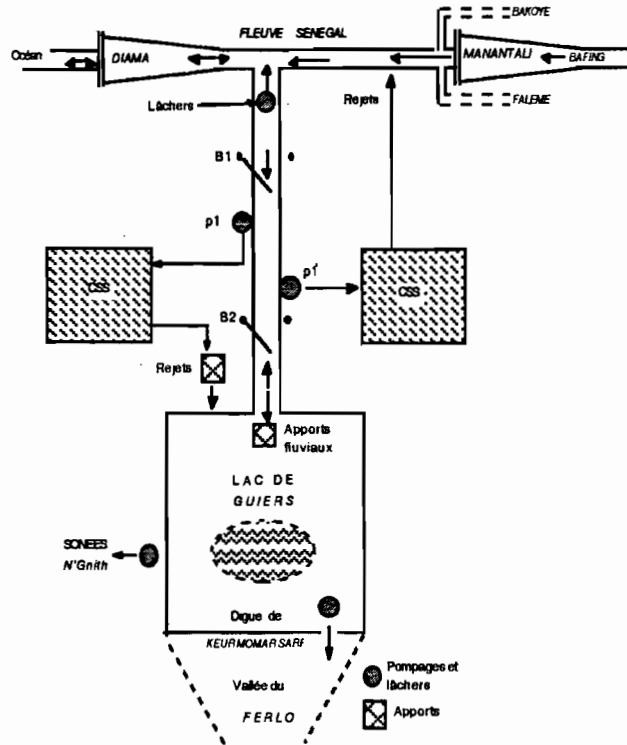


Fig 5 : Schéma du fonctionnement du lac depuis 1985

Le barrage de Richard Toll étant resté ouvert depuis juillet 1987, la CSS pompe donc l'essentiel de ses eaux directement dans le fleuve où elles sont douces toute l'année. Notons enfin l'augmentation de la demande en eau liée à l'extension des périmètres irrigués autour du lac.

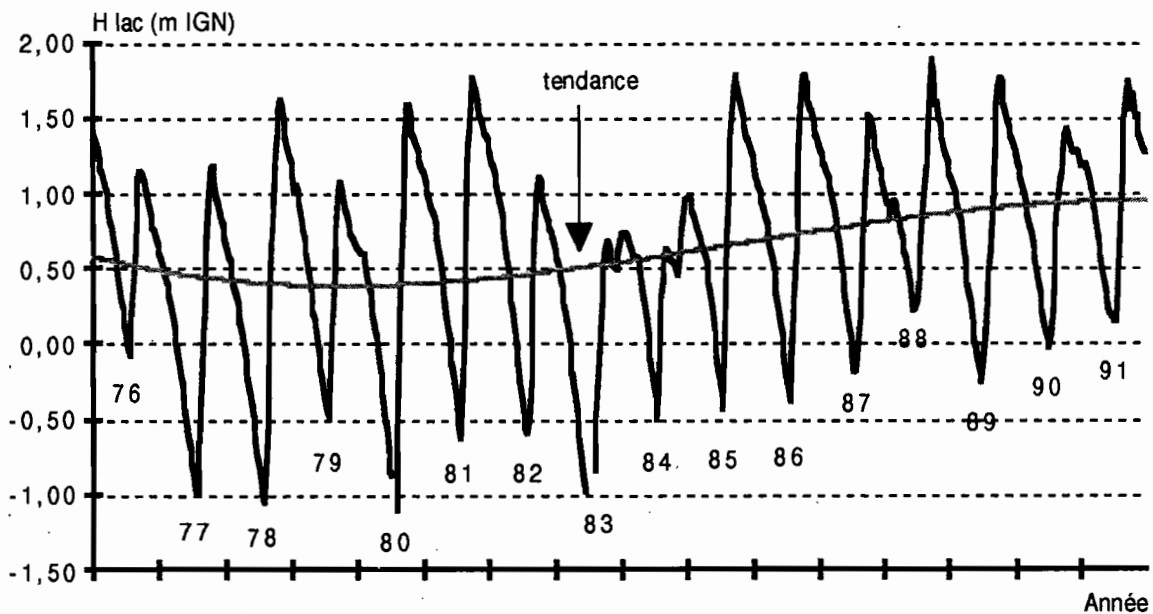


Fig 6 : Variations du niveau du lac de 1976 à 1991 et tendance générale

4- BILAN HYDROLOGIQUE GENERAL DU LAC DE GUIERS

Le bilan hydrologique du lac de Guiers résulte des apports et des prélèvements durant une période déterminée qui peut être soit l'année civile, l'année hydrologique ou alors l'intervalle de temps entre deux crues. L'équation générale du bilan s'écrit sous la forme :

$$V_2 - V_1 = (V_F + V_{po} + V_r) - (V_E + V_{p_1} + V_{p_2} + V_{p_3} + V_{LF})$$

V_1 représente l'état initial tandis que V_2 représente l'état final.

APPORTS

- V_F : Apports fluviaux
- V_{po} : Apports des pluies
- V_r : rejets

PERTES

- V_E : Evaporation
- V_{p_1} : Pompage CSS
- V_{p_2} : Pompage SONEES
- V_{p_3} : Lâchers vers le Ferlo
- V_{LF} : Transferts Lac/Fleuve

Les différentes composantes du bilan hydrologique du lac sont présentées par la figure 7, (GAC J. Y. et al, 1992).

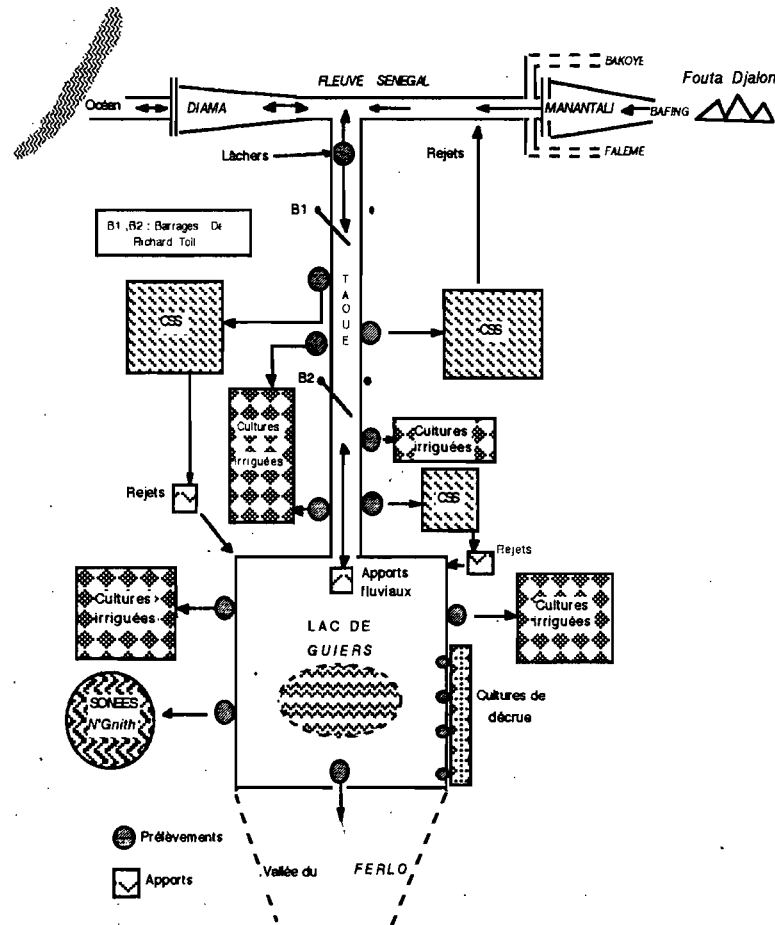


Fig 7 : Les composantes du bilan hydrologique du lac

4.1- Les apports

a)- Les apports fluviaux (V_F) dépendent des disponibilités en eau dans le fleuve Sénégal. Avant le barrage de Diama leur intervention était régulée par l'ouverture des barrages sur la Taoué (B1 et B2) et se faisait généralement du 15 juillet au 15 Octobre. Le maximum des apports fluviaux a été noté en 1983/84 avec 595.10^6 m^3 .

b)- Les apports des pluies (V_{po}) dont l'évolution est directement liée à celle des conditions climatiques. Les valeurs extrêmes notées entre 1976 et 1991 sont de 85.10^6 m^3 en 1978 et 6.10^6 m^3 en 1983.

c)- Les rejets en provenance des zones irriguées (V_r). Il s'agit essentiellement des eaux de drainage des casiers de la CSS. Ces apports sont très chargés en sels, pesticides, engrais et produits chimiques divers et sont déversés dans la partie Nord du lac. Leur influence sur la qualité des eaux du lac est sensible.

4.2- Les pertes

Parmi les pertes, on distingue :

a)- les pertes par évaporation (V_E) : Elles ont augmenté depuis 1985, en même temps que la surface moyenne annuelle du lac.

b)- les pompages de la CSS (V_{p1}) : Jusqu'en 1985, ces prélèvements se faisaient presque exclusivement sur le lac durant plus de huit mois dans l'année (15 Octobre - 15 Juillet). Depuis la mise en fonction du barrage de Diama, l'essentiel des pompages de la CSS s'effectue à partir des eaux fluviales.

c)- les pompages de la SONEES (V_{p2}) : Les prélèvements d'eau effectués par la SONEES sont destinés à l'alimentation de la région de Dakar en eau potable. Les eaux sont traitées à la station de Ngnith. Les volumes moyens journaliers pompés sont passés de $30\ 000 \text{ m}^3$ en 1976 à $42\ 000 \text{ m}^3$ en 1989.

d)- les lâchers vers le Ferlo (V_{p3}) : Ils ont débuté en 1988 dans le but de chasser les masses d'eau très minéralisées du sud du lac. Ces transferts se font par l'ouverture de la digue de Keur Momar Sarr en fin de phase de remplissage lorsque le lac est à une hauteur suffisante.

e)- les transferts lac/fleuve (V_{LF}) se font par le biais du canal de la Taoué et sont conditionnés par une ouverture simultanée des barrages B1 et B2. Ils sont destinés à compenser les déficits ponctuels du fleuve Sénégal lors des étiages exceptionnels comme ce fut le cas en 1983, 1984, 1988, 1989, 1990, 1991.

Le bilan qui établit le solde entre les pertes globales et les apports ne fait que traduire les différents scénarios du fonctionnement. Chaque nouveau type de fonctionnement induit un nouveau changement dans les termes du bilan et dans le bilan lui même.

4.3- Bilan moyen du lac entre 1976 et 1991

Le bilan hydrologique moyen du lac de Guiers (tableau n°1, fig 8) pour la période 1976-1991 a été établi par COGELS et al (1990, 1991, 1992).

Année	VF	Vpo	Vr	VE	Vp1	Vp2	Vp3	VLF	Bilan
76/77	320,6	65,2	30,3	410,2	108,5	10,9	0,0	0,0	-113,5
77/78	439,2	40,8	29,2	385,4	122,6	10,3	0,0	0,0	-9,1
78/79	526,4	85,3	29,9	437,4	128,8	10,8	0,0	0,0	64,6
79/80	323,2	58,8	86,7	432,4	80,9	10,7	0,0	0,0	-55,3
80/81	518,6	57,0	30,6	455,1	91,6	10,8	0,0	0,0	48,7
81/82	516,4	69,1	32,3	494,4	108,4	13,5	0,0	0,0	1,6
82/83	377,7	18,5	28,7	388,9	71,5	14,1	0,0	20,0	-69,4
83/84	595,3	5,8	31,1	467,4	58,3	15,4	0,0	3,8	88,4
84/85	489,7	24,8	32,7	479,3	53,9	15,5	0,0	0,0	-1,5
76/85	456,3	47,2	36,8	438,9	91,6	12,4	0,0	2,6	-5,1
85/86	547,5	35,5	30,9	543,8	47,3	15,3	0,0	0,0	7,5
86/87	536,3	46,2	26,7	505,3	53,0	14,8	0,0	0,0	38,1
87/88	534,3	31,4	30,9	477,4	3,3	14,7	0,0	12,5	88,6
88/89	492,0	59,8	27,3	508,7	31,6	14,9	45,9	51,4	-73,2
1990	500,1	43,5	30,2	537,6	6,7	15,3	7,8	14,1	-7,7
1991	570,8	42,0	40,9	529,7	34,1	14,4	16,8	56,9	1,8
85/91	530,2	43,1	31,1	517,1	29,3	14,9	11,7	22,5	9,2
76/91	484,0	45,7	34,7	468,2	68,3	13,4	4,4	10,1	0,3

Tableau 1 : Bilan hydrologique moyen du lac de 1976 à 1991 (en millions de m³)

Les apports moyens annuels calculés sont de 564 millions m³ et se répartissent comme suit:

- 86% pour les apports fluviaux
- 8% pour les apports des pluies
- 6% pour les rejets

L'apport maximal annuel a été noté en 1991 avec 654 millions de m³ tandis que le minimum s'est chiffré à 416 millions de m³ en 1976/77.

La moyenne interannuelle des pertes est quasi identique à celle des apports soit:

- 83 % pour les pertes par évaporation
- 12% pour les pompages de la CSS
- 2.4% pour les pompages de la SONEES
- 0.8% pour les lâchers vers le Ferlo
- 1.8% pour les transferts lac/fleuve

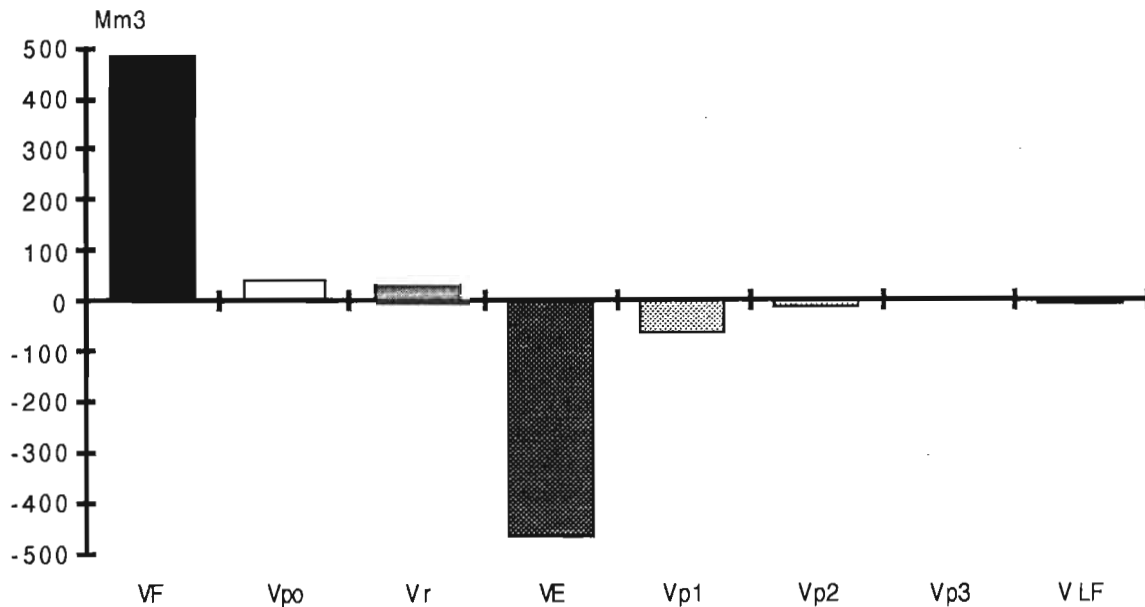


Fig 8 : Représentation schématique du bilan hydrologique moyen annuel

Les échanges réciproques entre les eaux de surface et les nappes souterraines n'ont pas été pris en compte.

Dans le bilan hydrologique général entre 1976 et 1991, l'effet du barrage de Diama est sensible.

En effet entre 1976 et 1985 le bilan hydrologique général du lac accuse un déficit de 5 millions de m^3 . Les pertes moyennes annuelles se chiffrent à 546 millions de m^3 tandis que les apports s'élèvent à 540 millions de m^3 . Le bilan déficitaire du lac durant cette période s'explique par deux faits principaux :

- Les faibles apports fluviaux liés aux mauvaises conditions pluviométriques sur le haut bassin du fleuve Sénégal et le lac.
- L'augmentation des transferts d'eau du lac vers le fleuve destinées à compenser le déficit hydrométrique de ce dernier.
- La croissance des besoins des cultures irriguées.

A partir de 1985 on note un changement important dans le bilan hydrologique du lac. La moyenne des apports annuels passe à 604 millions de m^3 soit une augmentation de 12% environ par rapport à la moyenne 1976/1985. Au même moment, les pertes ont augmenté de 9% par rapport à la période antérieure et se chiffrent à 596 millions de m^3 .

Paradoxalement, cette augmentation est due à celle de l'évaporation liée à l'augmentation de la surface moyenne du lac favorisée par les remplissages plus importants. Le bilan global est positif et s'élève à 9.19 millions de m^3 avec cependant quelques années déficitaires.

Il en résulte que les quantités d'eau stockées annuellement dans le lac de Guiers sont en croissance depuis l'ouverture du barrage de Diama.

CONCLUSION 1

La comparaison du fonctionnement et des bilans hydrologiques avant et après la mise en fonction du barrage de Diama montre nettement l'effet bénéfique de l'ouvrage sur les volumes d'eau stockés annuellement dans le lac. De ce point de vue déjà, les retombées du barrage sur le Guiers sont positives.

Mais si le barrage a rendu les eaux fluviales douces toute l'année, augmenté les apports au lac, et entraîné le développement hydro-agricole de la région, il n'a cependant pas éliminé les éléments minéraux dissous antérieurement stockés dans le lac surtout dans la partie Sud.

C'est précisément pour les évacuer et éviter leur transfert au niveau des eaux pompées à l'usine de Ngnith que la digue de Keur Momar Sarr avait été ouverte pour la première fois en 1988, puis de nouveau en 1989, 1990 et 1991.

**DEUXIEME PARTIE:
RECHERCHE D'UNE STATION DE REFERENCE POUR LE SUIVI DE
LA QUALITE DES EAUX DU LAC DE GUIERS**

Les eaux du lac sont régulièrement analysées à la station de la SONEES à Ngnith depuis 1973. Le suivi de la qualité générale des eaux a fait l'objet de deux campagnes d'échantillonnage à dix années d'intervalle sur les 13 stations du lac indiquées à la figure 9. La première qui couvre la période 1979-1982 comporte 28 séries de prélèvements et la seconde qui s'étend de 1989 à 1992 compte 23 séries d'échantillonnages

L'objectif des deux campagnes est d'abord de dresser le bilan global de la minéralisation des eaux puis de tester la station de Ngnith comme station de référence pour le suivi qualitatif futur du lac.

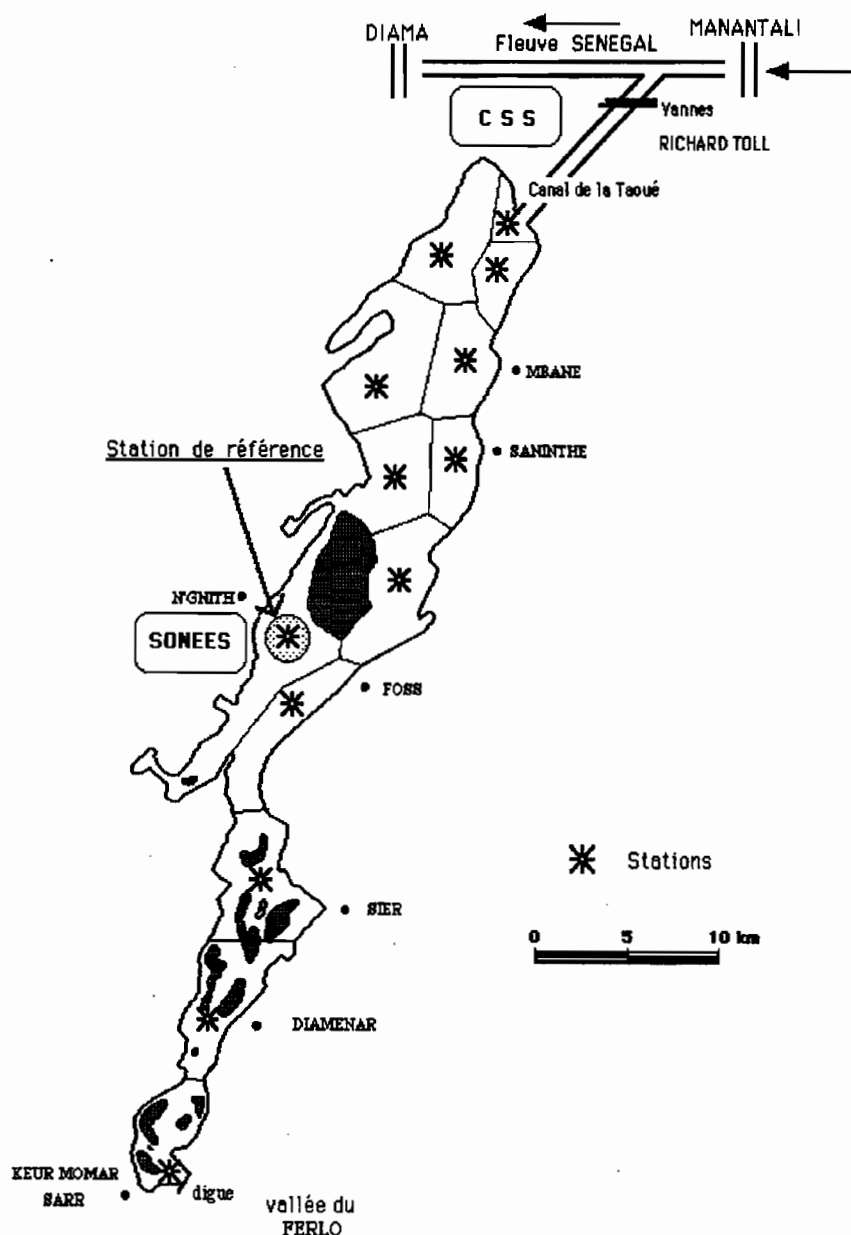


Fig 9 : Carte du lac : emplacement des 13 stations d'échantillonnage et localisation de la station de référence

METHODOLOGIE

A chacune des 13 stations, est attribuée une zone d'influence théorique dans laquelle les eaux sont considérées comme étant de même qualité. Le volume de chaque zone est calculé suivant le niveau du plan d'eau du lac mesuré quotidiennement à l'échelle limnimétrique de la station de Ngnith.

La mesure de la concentration en chlorure dissous et le calcul du poids total de l'élément à chacune des 13 stations du lac et pour chaque série d'échantillonnages permet de connaître le poids total de chlorure dissous dans le lac et d'en déduire la concentration moyenne en mg/l.

Le même processus permet naturellement d'évaluer les concentrations en sulfates, potassium, magnésium, calcium etc...

La minéralisation globale quand à elle est obtenue par addition des différentes concentrations des éléments majeurs mesurées à chaque échantillonnage; elle est exprimée en mg/l.

Ngnith sera testée tout d'abord pour les chlorures puis pour la minéralisation globale.

1- RELATION GENERALE ENTRE LE VOLUME ET LA CHLORINITE DU LAC

Le tableau n°2 indique les hauteurs et volumes d'eau, le tonnage et la concentration moyenne du lac en chlorure ainsi que celle de la station de Ngnith mesurés lors des deux campagnes d'analyses. Le rapport entre le tonnage en chlorures et le volume du lac (en millions de m³) donne la concentration moyenne en mg/l.

La relation entre le volume du lac et la concentration moyenne en chlorures n'est pas linéaire; elle est de type exponentiel, avec un coefficient de corrélation de 0,93 (fig 10).

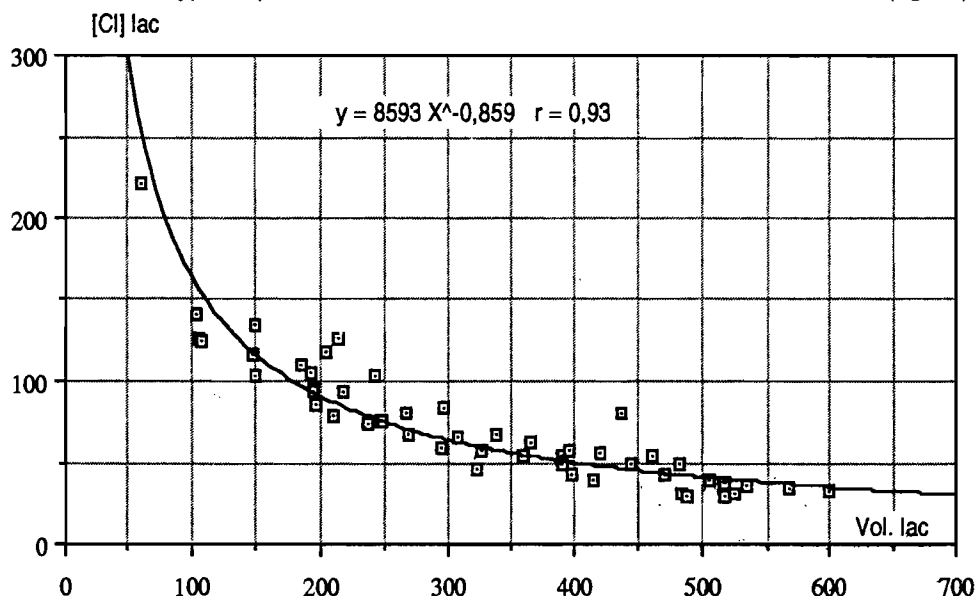


Fig 10 : Relations entre le volume et la chlorinité du lac

D'une manière générale la concentration en chlorures diminue lorsque le volume du lac augmente et vice versa (fig 11). Aucune différence n'apparaît entre les relations en cours de phase de remplissage et en période d'isolement.

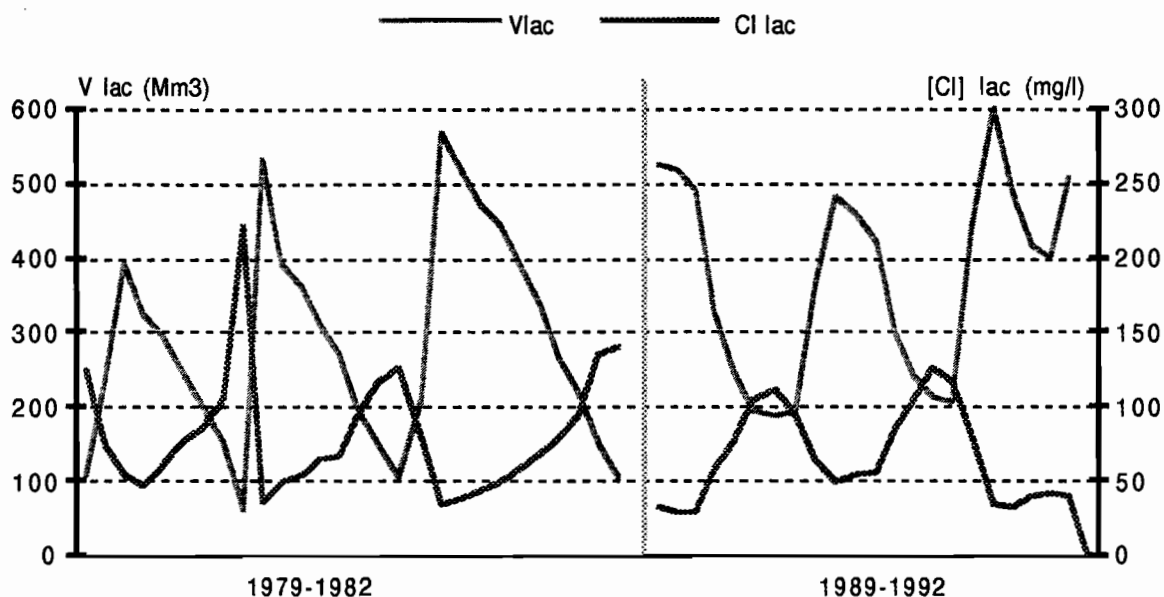


Fig 11 : Evolution générale du volume et de la chlorinité du lac aux deux campagnes d'échantillonnage

Cependant, la comparaison des résultats obtenus lors des deux périodes d'étude montre que à volume égal, on observe en 1989-92 une concentration supérieure à celle qu'on mesurait lors de la première campagne (Fig 12). Cette situation est très liée aux rejets des eaux de drainage des zones irriguées dans la partie Nord du lac qui ont progressivement entraîné l'augmentation du taux de chlorures dissous.

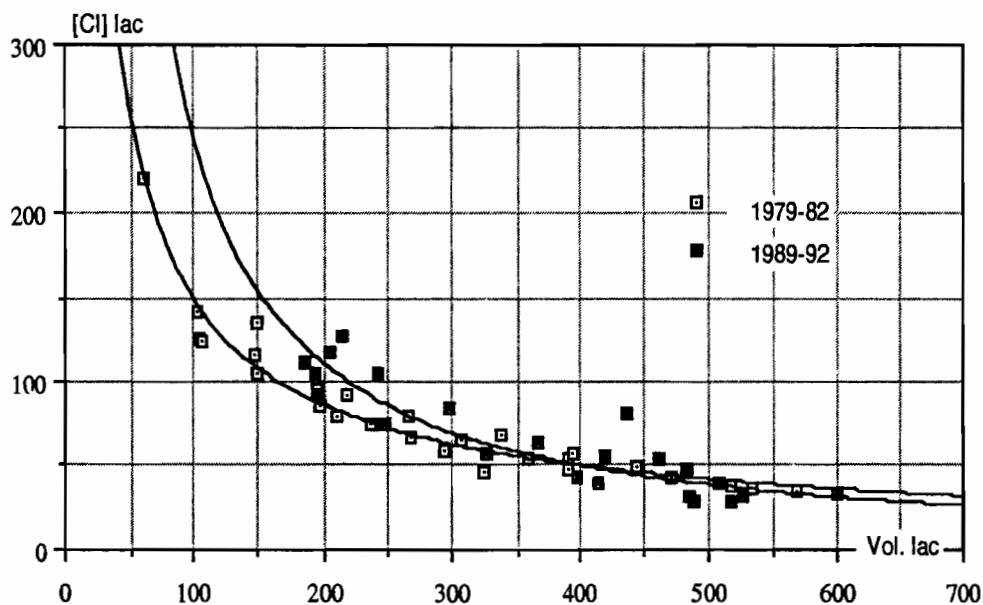


Fig 12 : Relations générales entre la chlorinité et le volume du lac en 1979-82 et en 1989-92

Séries	DATE	PHASE	H LAC	V LAC	M CI	[CI] lac	[CI] 12	MGI. lac	MGI. 12
			m	Mm3	tonnes	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
S1	27/7/79	R	-0,49	107,9	13379	124,0	127,6		
S2	23/8/79	R	0,30	236,1	17428	73,8	102,8		
S3	16/10/79		1,00	390,1	20989	53,8	53,2		
S4	7/12/79		0,72	324,2	15022	46,3	46,0		
S5	7/2/80		0,59	295,5	17582	59,5	49,0		
S6	14/3/80		0,35	245,9	18474	75,1	60,3		
S7	12/4/80		0,09	197,3	16970	86,0	78,0		
S8	8/5/80		-0,20	149,4	15532	104,0	113,4		
S9	15/7/80		-0,90	59,8	13190	220,7	414,8		
S10	28/9/80	R	1,55	532,6	19383	36,4	34,0		
S11	21/1/81		1,00	390,1	18885	48,4	34,0	225,3	183,9
S12	17/2/81		0,87	358,8	19501	54,4	38,3	235,5	186,1
S13	17/3/81		0,65	308,6	20115	65,2	45,4	278,1	231,9
S14	7/4/81		0,46	268,0	17993	67,1	49,6	298,7	248,7
S15	12/5/81		0,08	195,5	18544	94,9	68,8	390,6	317,9
S16	10/6/81		-0,21	147,8	17235	116,6	106,4	421,8	419,7
S17	7/7/81		-0,51	105,3	13217	125,5	126,9	476,6	504,6
S18	10/8/81	R	0,16	209,8	16614	79,2	128,4	290,2	406,5
S19	14/10/81	R	1,68	567,8	19768	34,8	32,6	166	154,7
S20	17/11/81		1,49	516,4	19613	38,0	32,6	181,2	161,1
S21	22/12/81		1,32	471,3	20391	43,3	35,5	194,6	171,8
S22	8/1/82		1,22	445,4	21826	49,0	38,3	229,4	189,5
S23	16/2/82		1,02	395,0	22704	57,5	44,0	252,3	202,8
S24	15/3/82		0,78	337,8	22830	67,6	51,8	277,9	228,3
S25	18/4/82		0,45	266,0	21194	79,7	63,8	323,3	272,7
S26	11/5/82		0,20	217,2	20155	92,8	74,5	367,4	318,4
S27	17/6/82		-0,20	149,4	20116	134,7	107,1	505,3	415,1
S28	17/7/82		-0,52	104,0	14644	140,8	185,1	500,1	634,4
S1	8/9/89	R	1,52	524,6	16628	31,7	46,1	167,7	202,7
S2	9/11/89		1,49	516,6	14860	28,8	33,7	159,2	180
S3	29/11/81		1,38	487,3	14202	29,2	31,2	152,1	167
S5	19/3/90		0,73	326,5	18658	57,2	46,8	264,4	241,6
S7	5/5/90		0,36	247,9	18512	74,7	74,5	315	294,6
S8	12/6/90		0,07	193,8	20227	104,4	81,6	400,3	353,1
S9	23/6/90	R	0,02	185,1	20432	110,4	102,8	426,9	395,5
S10	12/7/90	R	0,08	195,5	18114	92,7	99,3	376,3	431,2
S11	15/8/90	R	0,90	366,0	22985	62,8	74,5	260,3	323,8
S12	3/10/90	R	1,36	482,0	23316	48,4	56,7	225	263,1
S13	12/12/90		1,28	461,0	24997	54,2	49,6	227	234,4
S14	10/2/91		1,12	420,0	23149	55,1	42,6	245,9	250,9
S15	18/4/91		0,60	297,7	24844	83,5	74,5	327,6	301,8
S16	1/5/91		0,33	242,0	25160	104,0	85,1	402,5	353,4
S17	19/6/91		0,18	213,5	26981	126,4	99,3	474,5	415,4
S18	18/7/91		0,13	204,4	24013	117,5	109,9	474,1	464,5
S19	21/8/91	R	1,19	437,8	35370	80,8	102,8	304,5	383,4
S20	24/9/91	R	1,80	600,6	20071	33,4	56,7	147,1	244,1
S21	26/11/91		1,37	484,6	15427	31,8	39,0	157,2	183,6
S22	14/1/92		1,10	415,0	16200	39,0	39,0	183,4	184,1
S23	18/3/92	R	1,03	397,6	16873	42,4	46,1	193,5	225,8
S24	12/5/92	R	1,45	505,9	19737	39,0	39,0	193,7	199,6

Tableau 2 : Résultats d'analyse des deux campagnes d'échantillonnage : lac et station 12

Les lâchers des eaux de la zone sud du lac vers la vallée du Ferlo intervenus annuellement depuis 1988 rendent encore plus complexes la compréhension de l'évolution spatio-temporelle de la chlorinité.

2- RELATIONS ENTRE LA CHLORINITE DU LAC ET CELLE DE LA STATION DE NGNITH

Ngnith au centre Ouest du lac devrait ultérieurement servir de référence pour le suivi qualitatif des eaux du lac de Guiers. Pour cela, il faut tester le plus précisément possible les relations entre la teneur de cette station comparativement à la concentration moyenne du lac.

2.1- Relations générales

Les données corrélées ici concernent à la fois les périodes de remplissage (PR) et les périodes hors remplissage (HPR).

La meilleure corrélation trouvée est de type logarithmique (fig 13) et s'écrit:

$$([Cl] \text{ lac}) = 2,264 ([Cl] 12)^{0,812} \quad r = 0,90$$

$([Cl] \text{ lac})$ = concentration moyenne en chlorure du lac

$([Cl] 12)$ = concentration moyenne de la station de Ngnith

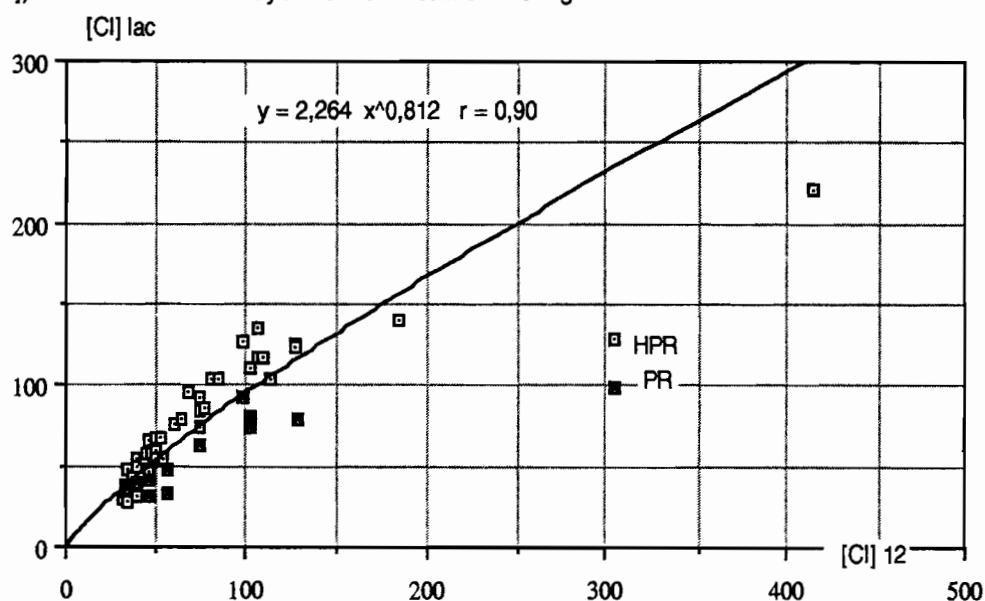


Fig 13 : Relations entre la chlorinité du lac et celle de la station 12 aux périodes de remplissage et hors périodes de remplissage

On remarque une nette différence entre les points correspondants aux périodes de remplissage et hors périodes de remplissage.

En phase de remplissage, et surtout à son début, la relation est quelque peu faussée du fait que les eaux de la région nord sont presque entièrement diluées tandis que celles de Ngnith et celles du sud ne sont pas encore atteintes par les eaux fluviales, nettement plus douces.

2.2 Relations hors périodes de remplissage

En considérant maintenant uniquement les périodes hors remplissage, la corrélation entre la concentration moyenne du lac et celle la station de Ngnith est nettement meilleure avec un coefficient de 0,94 (fig 14). La relation s'écrit:

$$([Cl] \text{ lac}) = 2,330 ([Cl]12)^{0,822} \quad r = 0,94$$

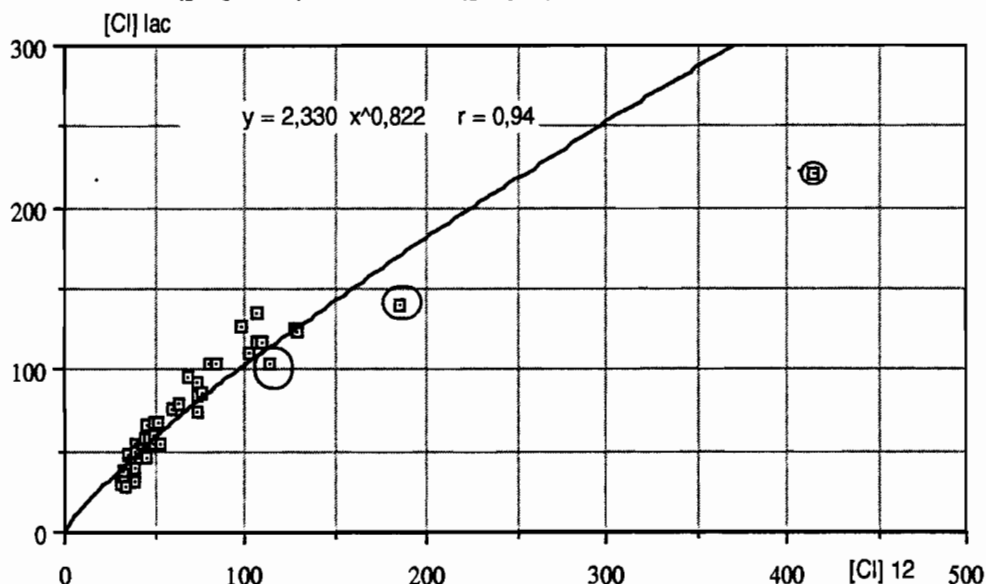


Fig 14 : Relations entre la chlorinité du lac et celle de la station 12 hors période de remplissage

La relation est encore légèrement perturbée par les points correspondants aux cotes du lac inférieures à -0,50 m encerclées sur la figure 14.

En effet, à partir de -0,50 m, des seuils apparaissent dans le sud du lac qui morcellent et isolent la région méridionale. Les grandes mares ainsi formées évoluent indépendamment en bassin évaporant fermé et les corrélations avec les données enregistrées à Ngnith au même moment deviennent évidemment hasardeuses.

Sans tenir compte des corrélations relatives aux cotes inférieures à -0,50 m, la relation s'écrit (fig 15):

$$([Cl] \text{ lac}) = 6,747 + 1,047 ([Cl] 12) \quad r = 0,95$$

Le bon coefficient de corrélation nous amène à conclure que pour les chlorures, Ngnith peut servir de référence en dehors des phases de remplissage et pour des côtes supérieures à -0,50 m.

Aujourd'hui avec l'exploitation de Diama et Manantali, il très peu probable que le niveau du lac dépasse ce seuil de -0,50 m (voir figure 6).

La corrélation proposée pourra ainsi être utilisée à l'avenir pour assurer le suivi de la chlorinité des eaux du lac. Il serait intéressant de poursuivre cette étude en testant individuellement les autres éléments en solution.

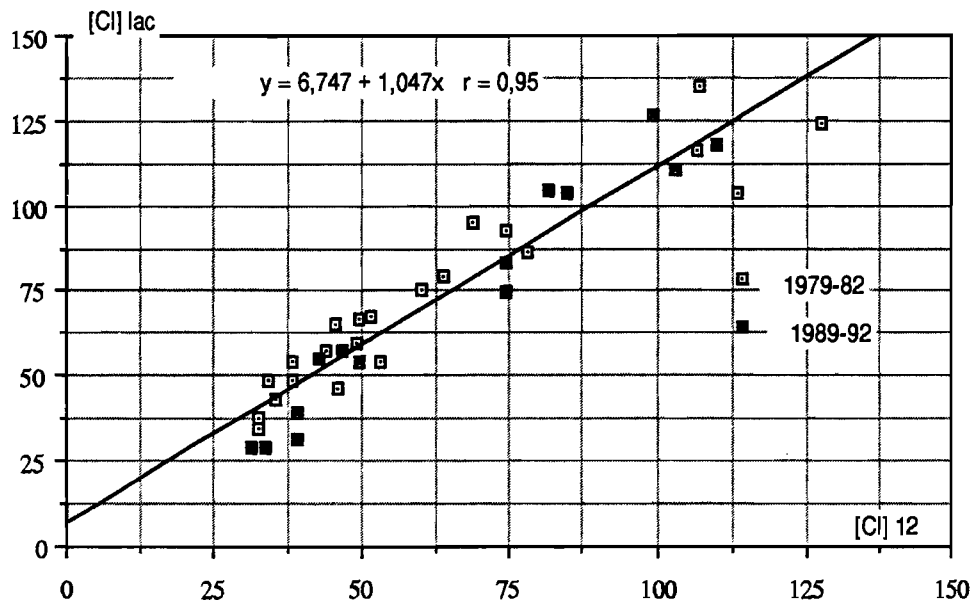


Fig 15 : Relations entre la chlorinité du lac et celle de la station 12 hors périodes de remplissage et pour des cotes supérieures à -0,50 m

3- RELATIONS ENTRE LA MINÉRALISATION GLOBALE DU LAC ET CELLE DE LA STATION DE NGNITH

Le suivi de la minéralisation globale des eaux du lac s'est fait aux mêmes périodes que celle de la chlorinité. Elle intègre l'ensemble des éléments chimiques majeurs mesurés lors des deux campagnes. Il s'agit des chlorures (Cl), des sulfates (SO₄), du calcium (Ca), du magnésium (Mg), du sodium (Na), du potassium (K) et de l'alcalinité (H CO₃)

Les données corrélées (tableau 3) concernent uniquement les périodes hors remplissage, pour des cotes supérieures à -0,50 m et sans les dix premières séries de la campagne 1979-82. En effet, la minéralisation globale pour ces dix premières séries n'a pas été calculée par manque de moyens analytiques pour le dosage des sulfates, sodium et potassium

La relation trouvée (fig 16), définie par régression simple est significative; elle s'écrit:

$$(MGI \text{ Lac}) = 8,259 + 1,128 (MGI \text{ 12}) \quad r = 0,96$$

MGI : minéralisation globale

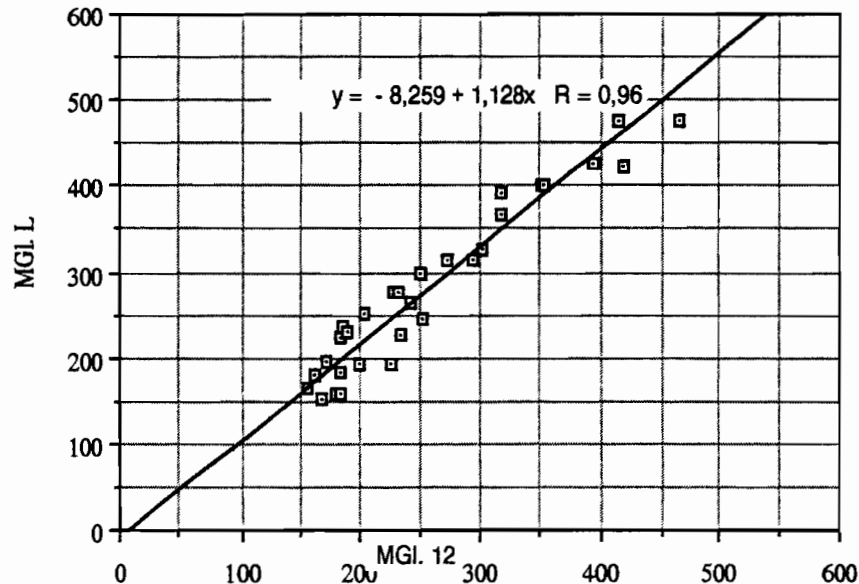


Fig 16 : Relations entre la minéralisation globale du lac et celle de la station 12 hors périodes de remplissage et pour des cotes supérieures à -0,50 m

Le coefficient de corrélation (0,96) confirme les résultats obtenus avec les chlorures.

CONCLUSION 2

Dans le contexte actuel, la station de Ngnith est tout à fait valable comme station de référence pour le suivi de la qualité générale des eaux du lac de Guiers .

Cependant, la réalisation du projet Canal du Cayor pourrait dans le futur apporter d'importantes modifications hydrologiques dans le dispositif fluvio-lacustre. En effet, au vu des besoins prévisibles du canal, le lac devra être alimenté plusieurs fois dans l'année, avec toutes les conséquences que cela suppose du point de vue de la qualité générale des eaux.

Le jeu des ouvertures et fermetures des pont-barrages sur la Taoué devra être alors envisagé non seulement d'un point de vue quantitatif mais aussi sur le plan qualitatif.

Les relations définies ici devront être alors révisées et adaptées aux nouveau dispositif hydrologique et tenir compte également du devenir des rejets de la CSS dans le lac et de l'importance de l'agriculture irriguée développée sur son pourtour.

TROISIEME PARTIE : **GESTION QUALITATIVE DES EAUX DU LAC DE GUIERS**

Entre 1985 et aujourd'hui, les mises en fonction des barrages de Diama à l'aval et de Manantali à l'amont ont d'une part assuré au Guiers des remplissages moyens annuels de plus en plus importants et d'autre part contrôlé les remontées d'eau marine salée jusqu'à Richard Toll en limitant leur extension spatiale à l'estuaire.

Différents modèles de gestion ont été testés pour rentabiliser au maximum les eaux stockées dans le lac. Un modèle de gestion quantitative a même été mis au point au Laboratoire de Géochimie de l'ORSTOM(1); il s'agit du LGPLG (Logiciel de Gestion Prévisionnelle des eaux du Lac de Guiers) conçu par Noël EVORA (1991).

Cependant, le problème de la qualité des eaux du lac n'en est pas pour autant résolu et cela tient à deux faits principaux :

- Le déversement au nord du lac par l'usine de la CSS des rejets des eaux de drainage qui sont très chargés en minéraux dissous divers. Les analyses montrent qu'elles contiennent en moyenne 250 à 300 mg/l de chlorures pour un volume moyen journalier de 0,085 Mm³; soit environ 7000 à 9000 tonnes de sel déversées annuellement dans les eaux du lac.

- La zone sud du lac autour de Keur Momar Sarr est restée très minéralisée malgré des remplissages plus importants. Seuls les transferts d'eau annuels vers le Ferlo à partir de 1988 ont permis une légère baisse de la minéralisation.

Ces deux faits combinés compliquent évidemment le suivi de l'évolution qualitative du Guiers et suscitent à juste titre interrogations, et parfois, inquiétudes quand à leurs conséquences sur la qualité des eaux dans le canal du Cayor

1- LE CANAL DU CAYOR, UN NOUVEAU VISAGE POUR LE LAC DE GUIERS.

Le projet du canal du Cayor peut être considéré en quelque sorte comme la phase ultime à l'aménagement du lac de Guiers et de ses pourtours. Sa réalisation suppose des préalables - Diama et Manantali entre autre, même s'ils ne sont pas encore opérationnels à 100 %.

En effet, depuis 1985, le lac est rempli à des hauteurs suffisantes et génère même des excédents qui servent soit d'appoint à Diama, soit à la vallée fossile du Ferlo recréant ainsi une certaine dynamique dans cette région asséchée depuis plus de 30 ans.

(1) Institut Français de Recherche pour le Développement en Coopération

Si les transferts vers Diama sont difficilement quantifiables, par contre on a évalué qu'en 1988, 1989 et 1990, environ 2 Mm³ d'eau ont été annuellement envoyés vers le Ferlo pendant le mois de Septembre. Il faut préciser à nouveau que ces transferts vers le Ferlo étaient destinés à atténuer la très forte minéralisation des eaux de la zone sud.

Le futur canal du Cayor aura son point de départ au sud du lac à l'emplacement actuel de la digue de Keur Momar Sarr. Ses pompages prévus sont d'environ 1,05 Mm³ par jour soit 12,5 m³/s auxquels s'ajouteront ceux des périmètres irrigués qui ne manqueront pas de se développer sur son pourtour.

L'inconvénient majeur c'est que le canal va pomper ses eaux directement au sud du lac là où les eaux sont les plus minéralisées et que cette eau est destinée surtout à l'usage domestique. Ce qui évidemment laisse supposer, tout au moins au début du fonctionnement du canal, d'importants investissements en matière de traitement des eaux.

D'ou donc la nécessité de contrôler l'évolution de la chlorinité des eaux du lac et essayer d'assurer ainsi aux futurs pompages du Cayor une concentration minimale en chlorures.

2- COMMENT STABILISER LA CHLORINITE DANS LE LAC ET A KEUR MOMAR SARR ?

Les tonnages actuels de chlorures notés dans le lac de Guiers peuvent se classer en deux catégories :

- la part rejetée par la CSS quotidiennement
- celle qui y était stockée antérieurement à Diama et qui se concentre surtout dans la région sud, c'est à dire depuis le seuil de Sier jusqu'à Keur Momar Sarr.

Le tonnage moyen journalier de chlorures dissous présent dans le lac est en fait un bilan entre les entrées et les sorties de chlorures et le tonnage initial au jour 1. Ce bilan s'exprime de la manière suivante :

$$MCI_{lac} = MCI_i + MCI V_r + MCI V_F - MCI V_{p2} - MCI V_{ir} - MCI V_{p3}$$

MCI : tonnage de chlorures

MCI_i : tonnage de chlorures initial

V_r : rejets de la CSS

V_F : apports du fleuve Sénégal au lac

V_{p2} : pompages de la SONEES

V_{ir} : pompages pour l'irrigation

V_{p3} : lâchers vers le Ferlo ou pompages canal du Cayor

Le but du calcul est d'évaluer l'évolution annuelle de la qualité moyenne des eaux du lac et celle prévisible à l'extrémité sud du lac, connaissant l'évolution quotidienne du niveau du Guiers, les volumes pompés, rejetés et apportés au lac et leur qualité respective. L'évaporation du lac vient compliquer le calcul; les hauteurs d'eau évaporées quotidiennement ont été estimés précisément par COGELS et Al, 1991.

Nous avons testé différents scénarios d'évolution de la chlorinité à l'aide d'un modèle très simple qui est en cours d'expérimentation. Il sera développé ultérieurement.

Les hypothèses initiales que nous avons posées sont les suivantes :

1. V_F apporte des tonnages négligeables en chlorures
2. Les tonnages pompés par V_{p2} et V_{p3} sont évalués à l'aide d'une régression liant la qualité moyenne du lac à celle de Ngnith et Keur Momar Sarr.
3. V_{ir} pompe ses eaux à une concentration égale à la moyenne du lac
4. Les précipitations ont une concentration en chlorures dissous nulle.

La finalité de cette modélisation est de pouvoir imposer au lac l'évolution de sa chlorinité et surtout de la stabiliser à un seuil jugé acceptable tant pour les besoins futurs du canal du Cayor que pour l'exploitation des périmètres irrigués. Pour cela nous avons simulé deux périodes : une période avant Diama et une période après Diama.

2.1- La période avant Diama

La situation que nous présentons ici est calée sur une situation hydrologique pré Diama; nous simulons en fait les années 1984 et 1985. Les conditions de ce test sont :

1. cote de départ (1 ^{er} Jan 1985)	=0,73 m IGN
2. MCI_i (estimé)	=14577,5 tonnes
3. [Cl] lac (concentration du lac)	=44,65 mg/l
4. [Cl] V_F (moyenne)	=3,00 mg/l
5. V_r (constant)	= 0,085 Mm ³
6. [Cl] V_r (moyenne)	= 300 mg/l + test à 100 et 50 mg/l
7. V_{p2} (constant)	= 0,040 Mm ³
8. [Cl] V_{p2} (régression)	= [Cl] lac + 6,747 / 1,047
9. [Cl] V_{ir}	= [Cl] lac
10. [Cl] V_{p3} (régression)	= 0,507 * ([Cl] lac) ^{0,505}

Les figures 17 à 19 présentent l'évolution théorique de chlorinité pour les deux années; elle montre la très forte influence des rejets de la CSS sur les concentrations à Keur Momar Sarr et confirme une fois de plus la relation entre le volume et la chlorinité du lac.

- Pour $[Cl] Vr$ égale à 300 mg/l (fig 17), la concentration du lac dépasse les 200 mg en début de phase de remplissage. Au même moment, la chlorinité atteint une pointe de 1300 mg/l lors de la seconde année. Hors phase de remplissage la chlorinité du lac se situe en dessous de 100 mg.

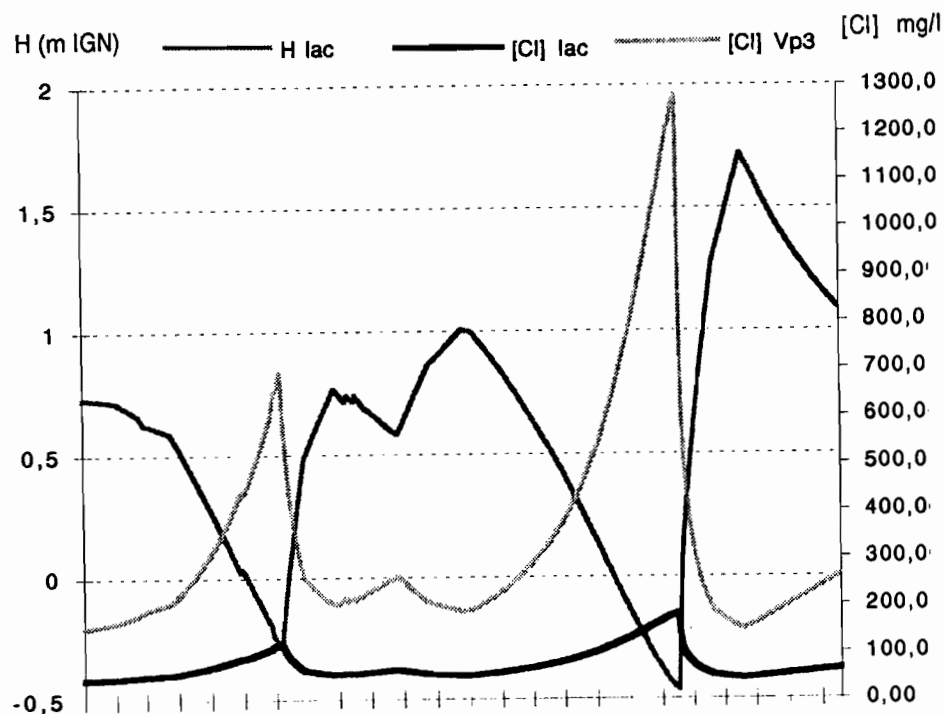


Fig. 17 : Test 1, $[Cl] Vr = 300$ mg/l

- Pour $[Cl] Vr$ égale à 100 mg/l (fig 18), la différence est sensible avec deux pics de salinité pour le lac : le premier à 100 mg et le second à environ 110 mg. A Keur Momar Sarr la concentration maximale se situe aux alentours de 650 mg.

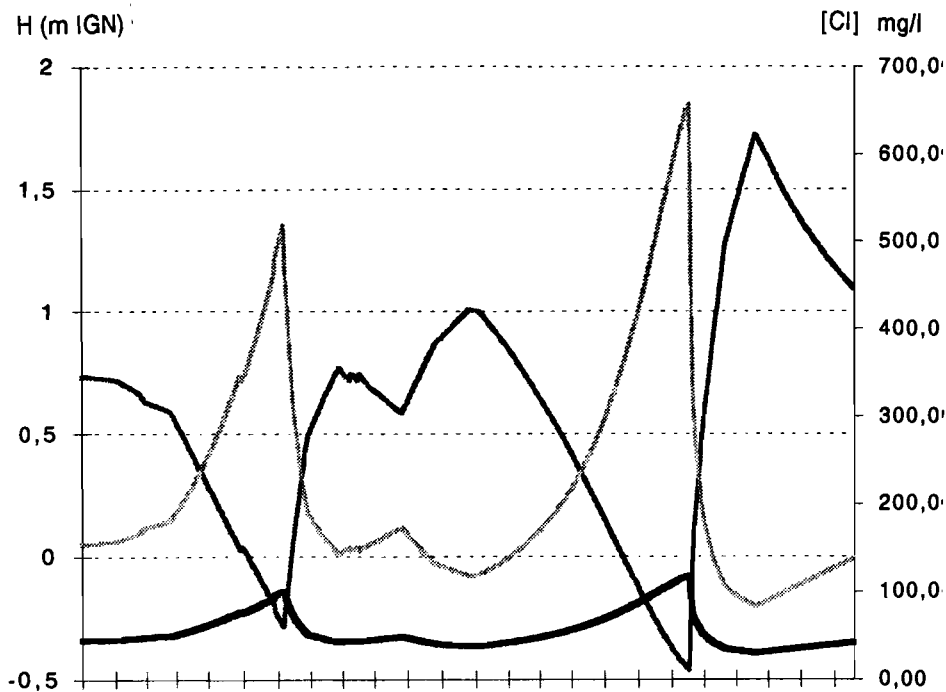


Fig 17 : Test 1, [Cl] Vr = 100 mg/l

- Pour [Cl] Vr égale à 50 mg/l (fig 19), la situation est idéale, avec une concentration moyenne du lac stabilisée en dessous de 100 mg/l en début de phase remplissage. Hors remplissage, les concentrations notées sont en général très en dessous de 50 mg/l.

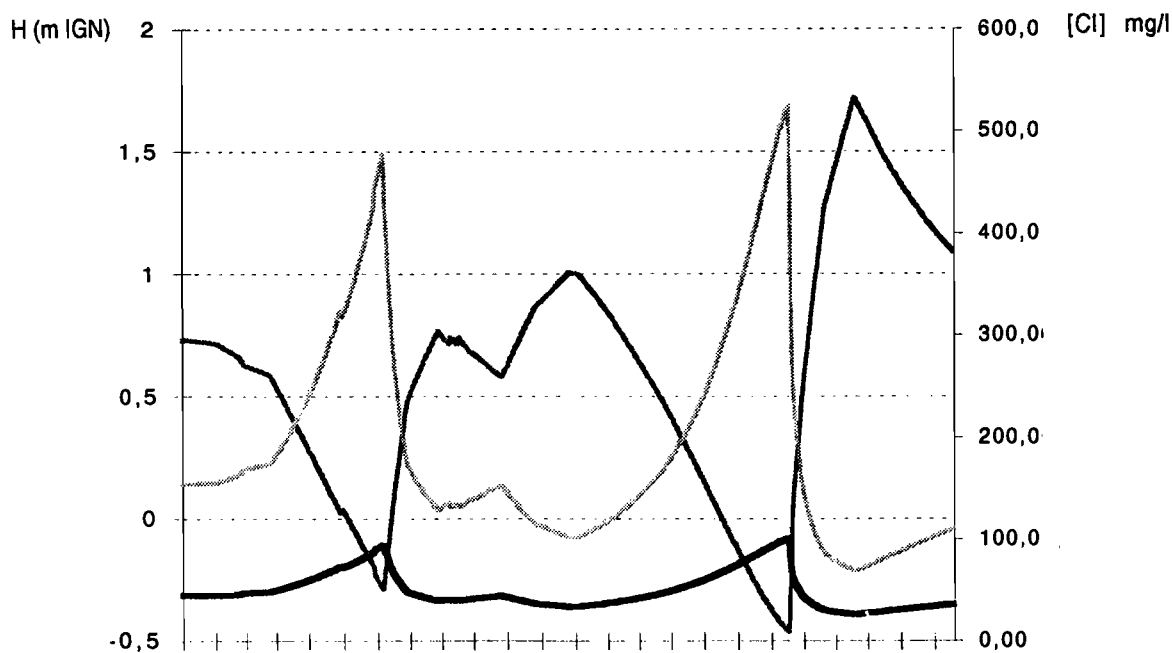


Fig 19 : Test 1, [Cl] Vr = 50 mg/l

L'influence des rejets durant cette période est aggravée par l'importance de l'évaporation moyenne journalière (+ 1 Mm³ par jour) et la faiblesse des pompages allié à des remplissages insuffisants.

2.2- La période après Diama

Vu les conditions hydrologiques nouvelles liées à l'exploitation de Diama, nous nous sommes calés sur une cote de départ à 1,21 m IGN au 1^{er} Janvier 1990 et on y a ajouté les transferts vers le Ferlo. Les hypothèses de départ sont les suivantes :

1. cote de départ (1er Jan 1990)	= 1,21 m IGN
2. MCI_i (estimé)	= 23531,5 tonnes
3. [Cl] lac initiale	= 53,13 mg/l
4. [Cl] V_F (moyenne)	= 3,00 mg/l
5. V_r (constant)	= 0,085 Mm ³
6. [Cl] V_r (moyenne)	= 300 mg/l + test à 100 et à 50 mg/l
7. V_{p2} (constant)	= 0,050 Mm ³
8. [Cl] V_{p2} (régression)	= [Cl] lac + 6,747 / 1,047
9. [Cl] V_{ir}	= [Cl] lac
10. VE	= HE * surface lac
11. [Cl] V_{p3}	= 0,507 * ([Cl] lac) ^{0,505}

En imposant les mêmes variations au niveau des teneurs en chlorures dans les rejets, on obtient les résultats suivants :

- Pour [Cl] V_r égale à 300 mg/l (fig 20) on perçoit la différence avec la situation avec qui prévalait avant Diama, la chlorinité moyenne du lac se situe toujours en dessous de 100 sauf en début de phase de remplissage. A Keur Momar Sarr la concentration maximale n'est plus que de 750 mg/l.

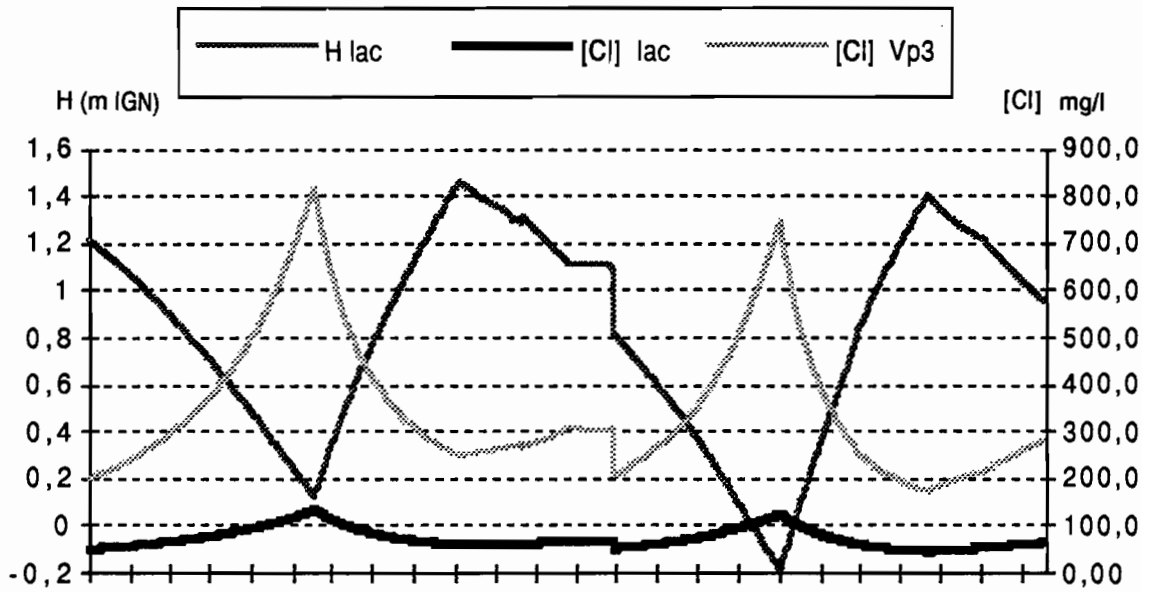


Fig 20 : Test 2, [Cl] Vr = 300 mg/l

- Pour [Cl] Vr égale à 100 mg/l (fig 21), la différence est sensible sur la moyenne du lac; à Keur Momar Sarr, la baisse est très légère.

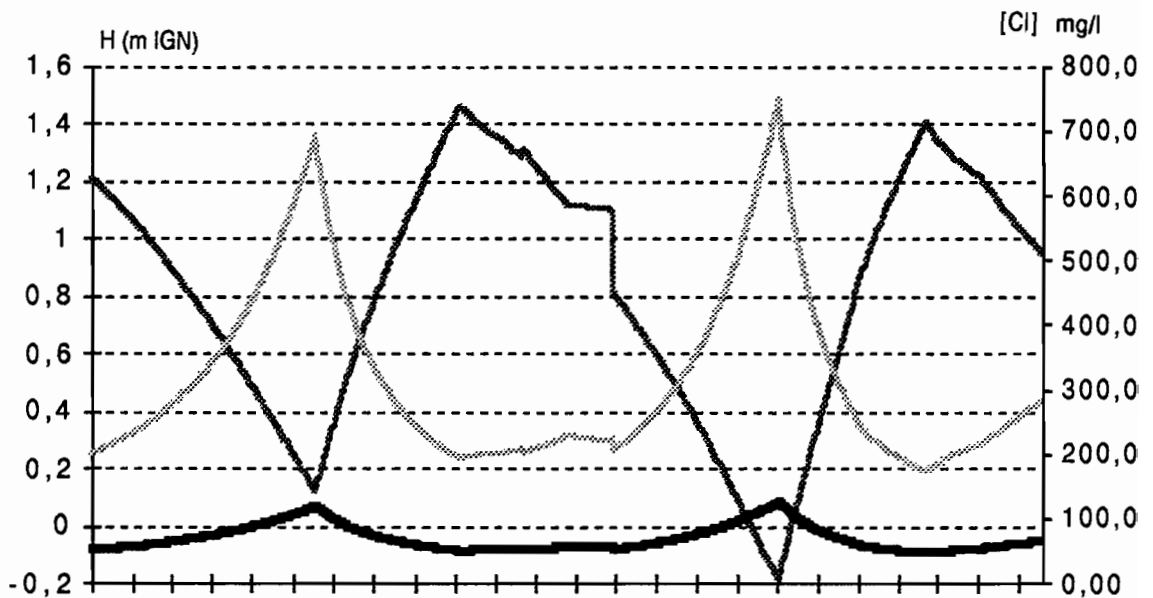


Fig 21 : Test 2, [Cl] Vr = 100 mg/l

- Pour [Cl] Vr égale à 50 mg/l (fig 22) la situation s'améliore. Les teneurs en chlorures sont acceptables dans le lac et Keur Momar Sarr.

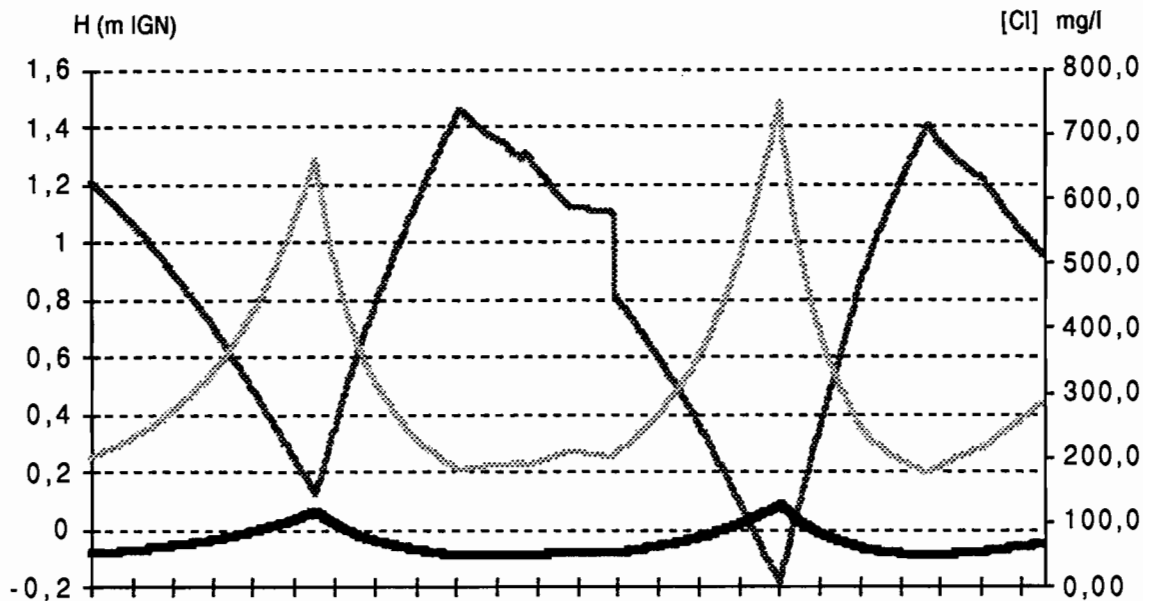


Fig 22 : Test 2, [Cl] Vr = 50 mg/l

On voit nettement l'effet bénéfique des lâchers vers le Ferlo sur l'évolution de la chlorinité tant dans le lac qu'à Keur Momar Sarr; l'importance de la concentration dans les rejets nuit encore à la stabilisation du paramètre et détermine les fortes variabilités des teneurs au site de Keur Momar Sarr..

En conclusion, le maintien de la chlorinité moyenne des eaux du lac à une concentration de 100 mg/l n'est réalisable que dans les conditions suivantes :

- 1- Le lac doit être rempli à des hauteurs suffisantes pour permettre une dilution des eaux assez importante.
- 2- Le taux moyen de chlorures contenu dans les rejets de la CSS doit être compris entre 100 et 50 mg/l.
- 3- Les lâchers d'eau vers le Ferlo doivent être poursuivis pour permettre une amélioration de la situation actuelle.

Les rejets de la CSS restent encore à l'heure actuelle l'élément à contrôler et à suivre . Le taux de chlorures contenu dans ces rejets est déterminant sur l'évolution qualitative des eaux du Guiers. La poursuite des transferts vers le Ferlo pourrait à la longue entraîner une déminéralisation de plus en plus poussée de la région sud. La relation très significative qui existe entre le volume et la chlorinité moyenne du lac montre que le meilleur modèle de gestion est celui qui englobe à la fois le double aspect quantitatif qualitatif.

3- GESTION QUANTITATIVE ET QUALITATIVE

L'intégration du quantitatif au qualitatif autorise une gestion d'ensemble des eaux du lac de Guiers; elle permet en même temps de contrôler l'évolution de la cote du lac et celle de la chlorinité moyenne. Dans l'optique d'une réalisation du Canal du Cayor, c'est un atout non négligeable.

Cependant, le modèle de gestion intégrée des eaux du lac de Guiers en est encore au stade expérimental. Les résultats des premiers tests figurent dans cette dernière partie.

Deux périodes ont été simulées :

- la période pré Canal du Cayor qui correspond à la situation hydrologique actuelle
- la période post Canal du Cayor basée sur une situation hydrologique théorique simulant l'exploitation du canal.

3.1- Simulation 1 : période pré Canal du Cayor

Cette simulation est basée sur les données hydrologiques des années 1990 et 1991. La cote du lac suit la même évolution que celle réellement mesurée. Le but étant de satisfaire les besoins du lac en eau tout en abaissant progressivement la concentration en chlorures dissous.

L'évolution que nous voulons imposer requiert certaines conditions :

- 1 - cote du lac imposée du 1er Janvier 1990 au 31 Décembre 1991
- 2 - [Cl] lac au 1er Janvier calculée par régression
- 3 - VF fluctuant pour maintenir la cote imposée
- 4 - [Cl] VF = 3 mg/l
- 5 - Vr = 0,085 Mm³ par jour
- 6 [Cl] Vr = 300 mg/l + test à 100 et à 50 mg/l
- 7 - Vir du 1er Avril au 30 Juin
- 8 - Vp2 = 0,05 Mm³ par jour
- 9 - [Cl] Vp2 calculée par régression
- 10 - Vp3 = 2 Mm³ par jour du 1er au 30 Septembre chaque année
- 11 - [Cl] Vp3 calculée par régression

Cette évolution de la chlorinité est théorique (Fig 23) mais réalisable; elle confirme l'effet bénéfique des lâchers d'eau vers le Ferlo. Cette simulation permet aussi de connaître avec précision les volumes fluviaux nécessaires pour respecter une évolution préalablement imposée du niveau lacustre.

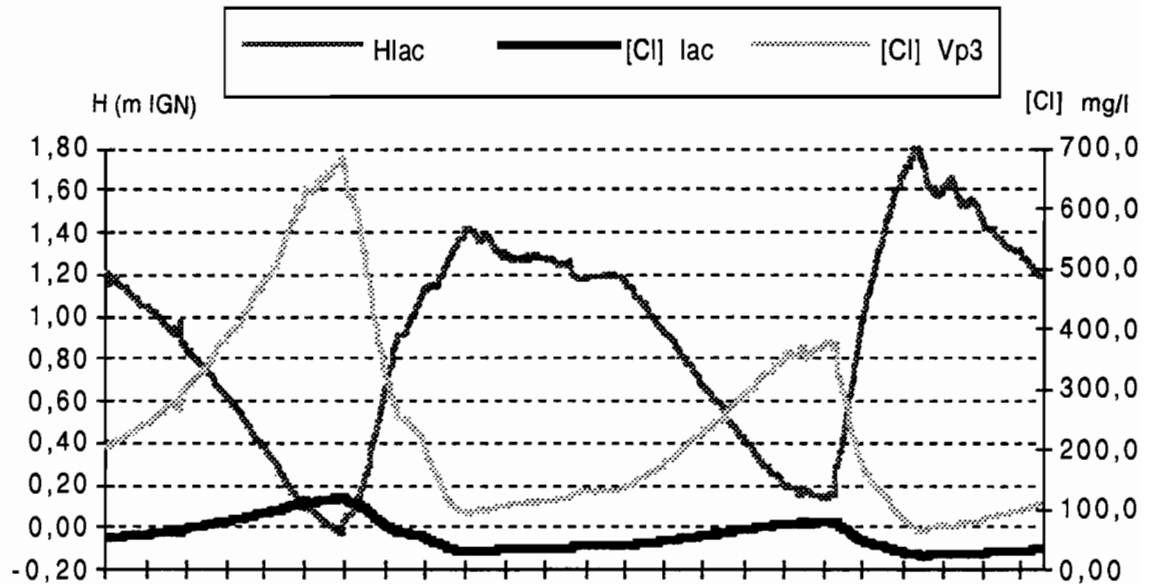


Fig 23 : Simulation 1, [Cl] Vr = 300 mg/l

L'abaissement du taux de chlorures dans les rejets à 100 mg (Fig 24) stabilise déjà le paramètre lors de la deuxième année. La moyenne du lac atteint environ 10 mg/l en fin de simulation.

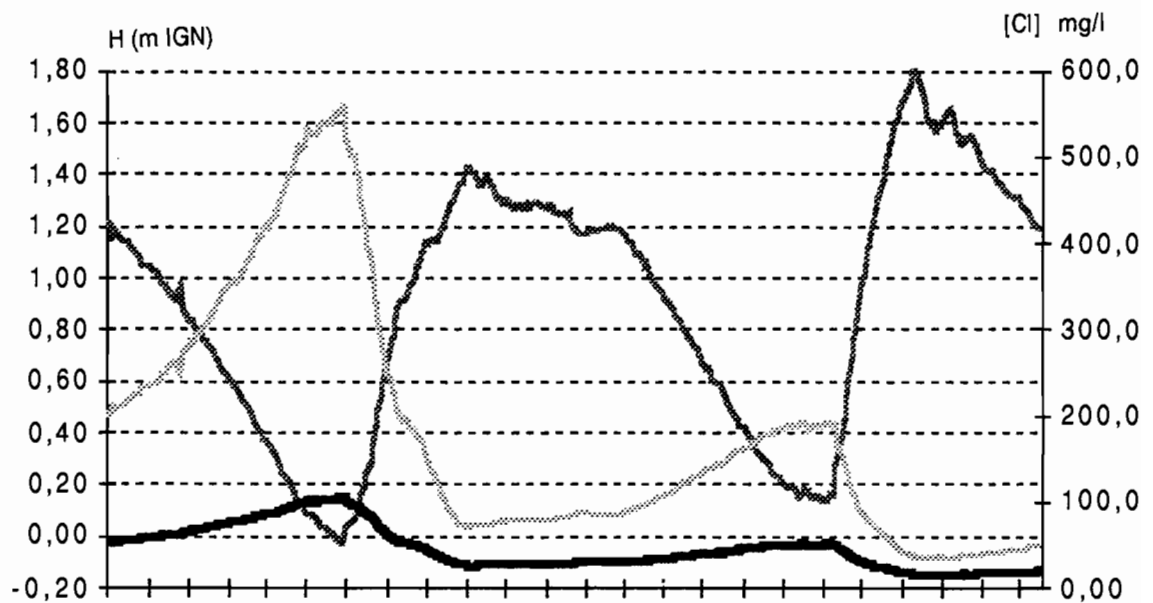


Fig 24 : Simulation 1, [Cl] Vr = 100 mg/l

A 50 mg/l (Fig 25), on peut espérer une déminéralisation plus rapide de la région sud; mais le problème est le respect de cette norme

Plus tard, le perfectionnement du modèle permettra de calculer le temps nécessaire à la déminéralisation des eaux à Keur Momar Sarr. Mais à l'heure actuelle la poursuite des transferts vers le Ferlo s'avère nécessaire.

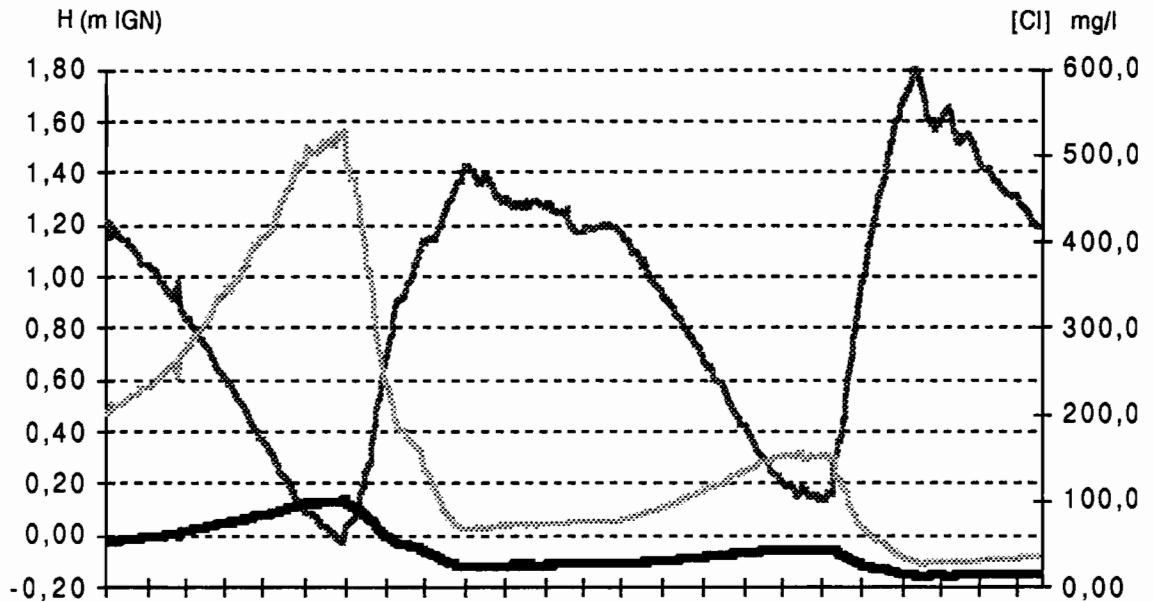


Fig 25 : Simulation 1, [Cl] Vr = 50 mg/l

3.2- Simulation 2 : période post Canal du Cayor

Les futurs pompages du canal du Cayor sont estimés à 1,05 Mm³ par jour soit plus de 380 Mm³ par an, ce qui suppose évidemment des hauteurs d'eau suffisantes toute l'année dans le lac.

Les conditions que nous avons posées pour cette simulation sont les suivantes :

- 1 - cote de départ au 1er Janvier : 2,50 m IGN (après 1992)
- 2 - [Cl] lac au 1er Janvier estimée
- 3 - VF fluctuant pour maintenir la cote imposée
- 4 - [Cl] VF = 3 mg/l
- 5 - Vr = 0,085) Mm³ par jour
- 6 - [Cl] Vr = 300 mg/l + test à 100 et à 50 mg/l
- 7 - Vp2 = 0,05 Mm³ par jour
- 8 - [Cl] Vp2 calculée par régression
- 9 - Vp3 1,05 Mm³ par jour
- 10 - [Cl] Vp3 calculée par régression

Les pompages du Canal du Cayor représentent environ 40 tonnes de chlorures évacués par jour. Le maintien d'un taux de 300 mg/l dans les rejets n'empêche pas la baisse progressive et continue des chlorures dans le lac et surtout à Keur Momar Sarr (Fig 26). Au bout d'une année, les teneurs sont du même ordre.

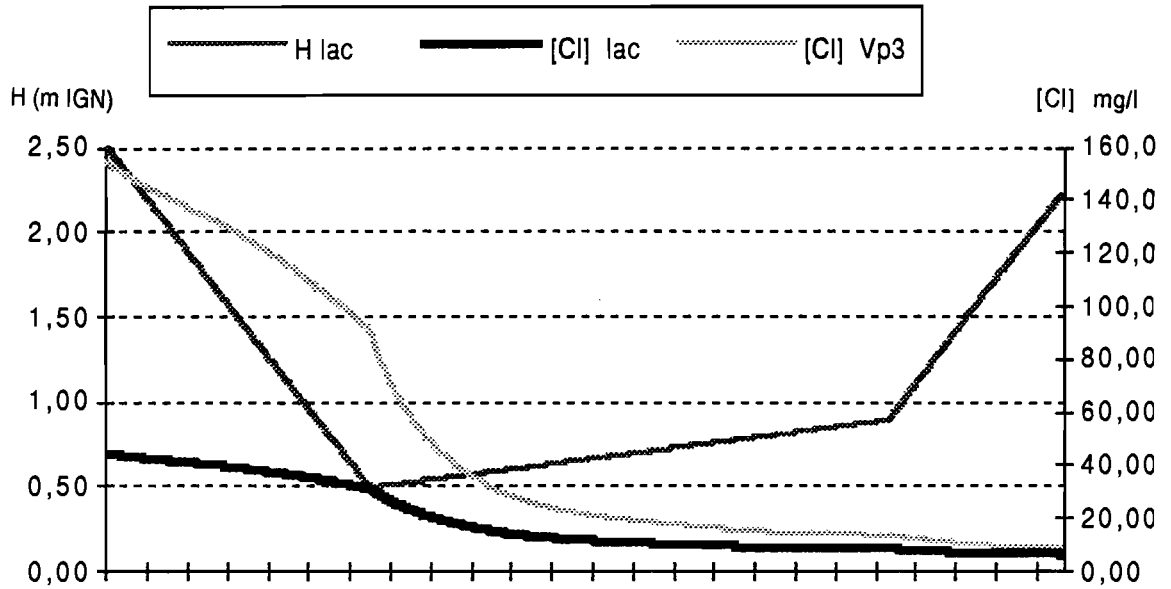


Fig 26 : Simulation 2, [Cl] Vr = 300 mg/l

A 100 mg/l (Fig 27), la chlorinité est presque nulle lors de la deuxième année. Les huit derniers mois, la concentration moyenne du lac est supérieure à celle de Keur Momar Sarr.

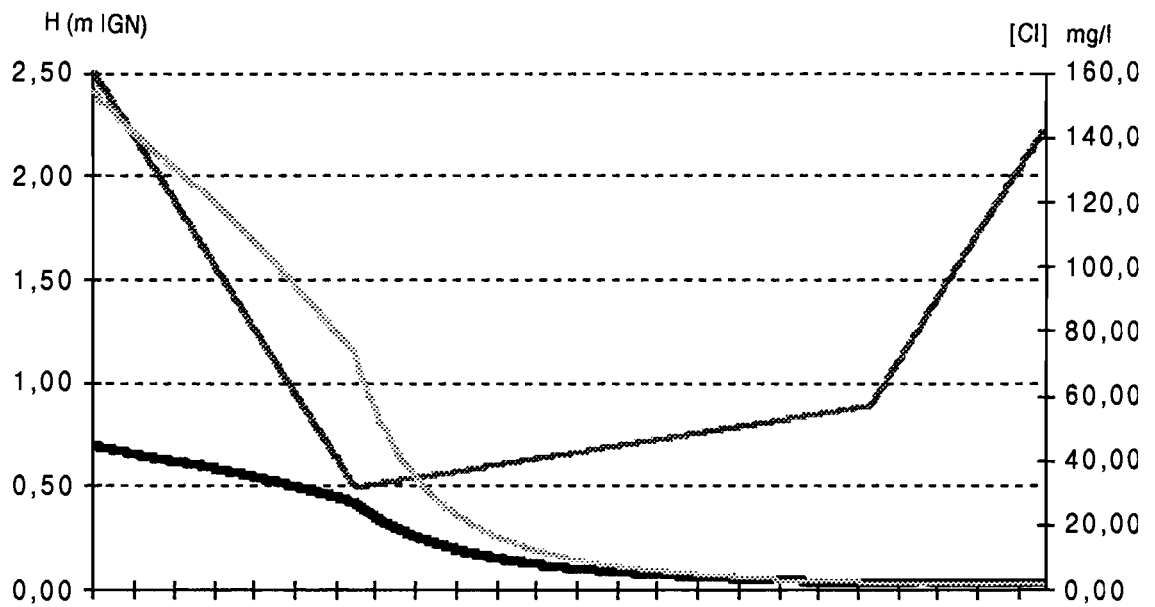


Fig 27 : Simulation 2, [Cl] Vr = 100 mg/l

A 50 mg/l (Fig 28), la concentration est nulle durant les sept derniers mois.

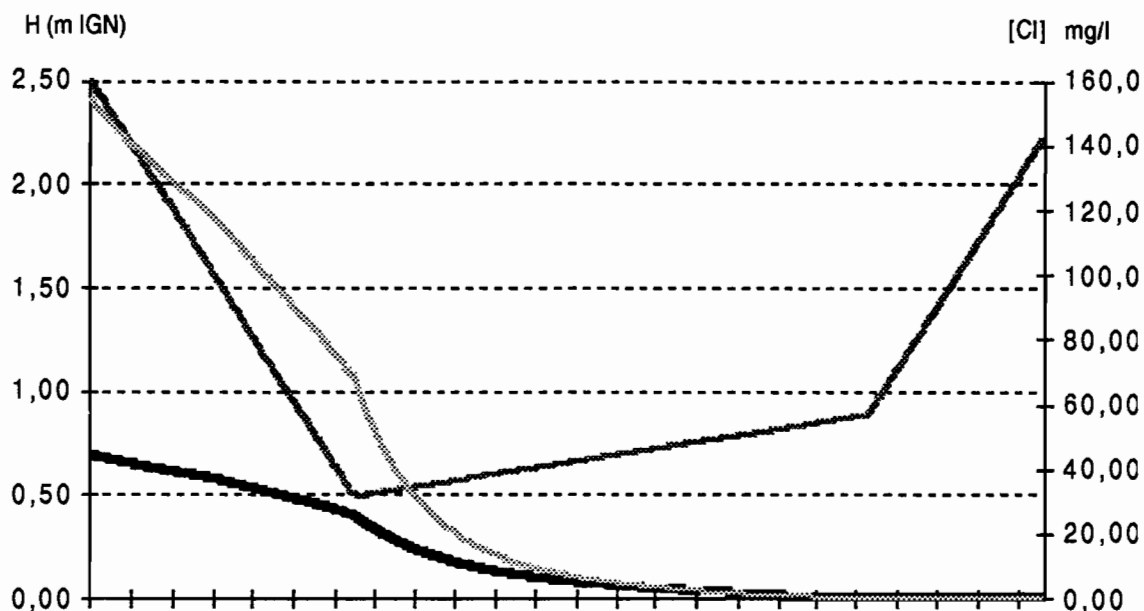


Fig 28 : Simulation 2, [Cl] Vr = 50 mg/l

CONCLUSION 3

Le modèle de gestion intégrée dont nous présentons ici les esquisses devra être amélioré et testé sur de nombreuses situations avant d'être utilisé.

Son importance réside dans le fait qu'il montre la nécessité d'un contrôle des déversements de l'usine de la CSS. Ces derniers exercent une très forte influence sur l'évolution de la chlorinité moyenne du lac et sur celle de Keur Momar Sarr au sud.

Le modèle devra être complété par l'intégration de l'ensemble des paramètres hydrologiques tels que les apports pluviaux et tenir compte aussi des dépôts et redissolution de sel sur les zones exondées.

CONCLUSION GENERALE

A l'avenir le lac de Guiers sera amené à jouer un rôle agro-économique de plus en plus important, surtout après la réalisation du projet Canal du Cayor. La réserve d'eau ne pourra plus être gérée comme par le passé.

L'idéal serait une gestion concertée entre les différents exploitants c'est à dire la CSS, la SONEES, les propriétaires de périmètres irrigués et plus tard le canal du Cayor

L'évolution des hauteurs d'eau depuis 1985 conforte notre confiance quand au remplissages futurs. Cependant, Diama et Manantali devront fonctionner à pleine capacité pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau. La prolifération des petits périmètres irrigués est aussi un facteur de déséquilibre du bilan hydrologique moyen annuel; leurs pompages devront être suivis et rester en conformité avec les besoins des plantes cultivées.

Au plan qualitatif, les différents tests effectués montrent l'importance des rejets de la CSS sur la minéralisation du lac en général et sa chlorinité en particulier. L'application d'un modèle de gestion intégrée suppose imposer à la CSS une norme en matière de concentration dans leurs rejets. Cette condition est un des préalables à poser pour assurer au futur canal une concentration minimale en éléments chimiques dissous dans ses pompages.

Le contrôle de la qualité des eaux sera d'autant plus fiable que la station de Ngnith est tout à fait indiquée pour servir station de référence du lac de Guiers.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

COGELS F. X (1984) - Etude limnologique d'un lac sahélien: le lac de Guiers (Sénégal). Thèse doctorale, Fondation Universitaire Luxembourgeoise (FUL), Arlon (Belgique), 3 tomes, 329 p.

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

COGELS F. X., CARN M., GAC J. Y. (1992) - Evolution annuelle des chlorures dans le lac de Guiers à Ngnith de 1973 à 1991. Rapport CEE, projet EQUÉSEN, (TS 0198 F EDB) et rapport ORSTOM Dakar, 30 pages.

COGELS F. X., CARN M., EVORA N., GAC J. Y. (1992) - Utilisation et application 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 EQUÉSEN, TS 2 0198 F EDB et rapport ORSTOM, Dakar, 46 p.

COGELS F. X., EVORA N. D., GAC J. Y. (1991) - L'évaporation du lac de Guiers (SENEGAL) de 1976 à 1989. Bilan et essai d'interprétation. Rapport CEE, projet EQUÉSEN, TS 2 0198 F EDB et rapport ORSTOM, Dakar, 25 p. + annexes;

COLY A. (1992) - Le lac de Guiers, modalités de gestion hydrologique et approche quantitative en 1991. Rapport de stage D.E.A, ORSTOM Dakar, 37 p.

EVORA N., GAC J. Y., COGELS F. X. (1991) - Logiciel de gestion prévisionnelle des eaux du lac de Guiers (LGPLG). Rapport CEE, projet EQUÉSEN, TS 2 0198 F EDB et rapport ORSTOM, Dakar, 12 p. + annexes.

GAC J. Y., COGELS F. X., EVORA N., LABROUSSE B. (1991) - Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990. Rapport CEE, projet EQUÉSEN, (TS 2 0198 F EDB) et rapport ORSTOM Dakar, 20 p.

GAC J. Y., COGELS F. X., EVORA N. (1992) - Fonctionnement et bilan hydrologique du lac de Guiers en 1991. Rapport CEE, projet EQUÉSEN, (TS 2 0198 F EDB) et rapport ORSTOM Dakar, 40 p. + annexes.

GAC J. Y., APPAY J. L., LABROUSSE B. (1990) - L'intrusion des eaux océaniques dans la basse vallée du Sénégal au cours du XX^{ème} siècle. Rapport ORSTOM, Dakar projet CEE (EQUÉSEN), 52 p.

RODIER J. (1980) - L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. DUNOD Technique, Paris.1135 p.