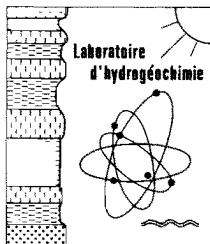


F. X. COGELS

J. Y. GAC

**LA CHLORINITE DES EAUX
DU LAC DE GUIERS:
BILAN QUANTITATIF, QUALITATIF
ET PERSPECTIVES**



MAI 1983

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE DAKAR - HANN



LA CHLORINITE DES EAUX DU LAC DE GUIERS (Sénégal).
BILAN QUANTITATIF, QUALITATIF ET PERSPECTIVES

F.-X. COGELS et J.-Y. GAC

Communication présentée au Colloque de l'ISE "Le lac de Guiers : Problématique régionale d'environnement et de développement sahéliens", Dakar (Sénégal), 9/11 Mai 1983.

In Actes du Colloque, publication ISE-ENDA-UNESCO/MAB (Sous presse).

LA CHLORINITE DES EAUX DU LAC DE GUIERS (Sénégal).
BILAN QUANTITATIF, QUALITATIF ET PERSPECTIVES *

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

RESUME :

Les bilans quantitatifs et qualitatifs des chlorures dans les eaux du lac de Guiers ont été établis sur quatre années (de 1979 à 1982). L'évolution spatiotemporelle des concentrations, suivie au cours de 28 campagnes de prélèvement, dépend de l'importance de l'évaporation, des pompages et des rejets des eaux de drainage de la C.S.S.

La relation entre la concentration moyenne, en chlore des eaux du lac et les teneurs moyennes mesurées à la station d'épuration de N'Gnith met en évidence, une salinisation progressive des eaux lacustres.

Les effets négatifs de l'implantation de la CSS, résident dans l'importance des rejets déversés dans la zone nord du lac. L'augmentation annuelle du stock de chlore, ralentie à l'heure actuelle par les pompages de la C.S.S. (partielle auto-épuration) risque à court terme de transformer le lac de Guiers en réserve inexploitable d'eau saumâtre.

INTRODUCTION :

Situé en rive gauche de la basse vallée du Sénégal, entre 15°40' et 16°25' de latitude nord, le lac de Guiers communique avec le fleuve par l'intermédiaire d'un chenal, long de 17 km (Fig. 1).

Chaque année, au moment de la crue, l'ouverture du pont-barrage de Richard-Toll permet le remplissage du lac. A l'amorce de la décrue, à l'équilibre des plans d'eau fluvio-lacustres, la fermeture des vannes du barrage aval isole le lac qui évolue alors en vase clos jusqu'à la crue suivante. Les eaux se minéralisent sous le contrôle de l'évaporation, des pompages destinés à l'irrigation et à la production d'eau potable et des rejets dans la zone nord des eaux de drainage des plantations de canne à sucre.

L'évolution spatiotemporelle de la concentration des solutions est abordée par l'étude des teneurs en chlore, élément conservatif qui n'entre dans aucun cycle biogéochimique.

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

(2) Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, B.P. 1386, Dakar/Hann (Sénégal).

* Communication présentée au Colloque de l'ISE "Le lac de Guiers : Problématique régional d'environnement et de développement sahéliens", Université de Dakar, 9/11 Mai 1983.

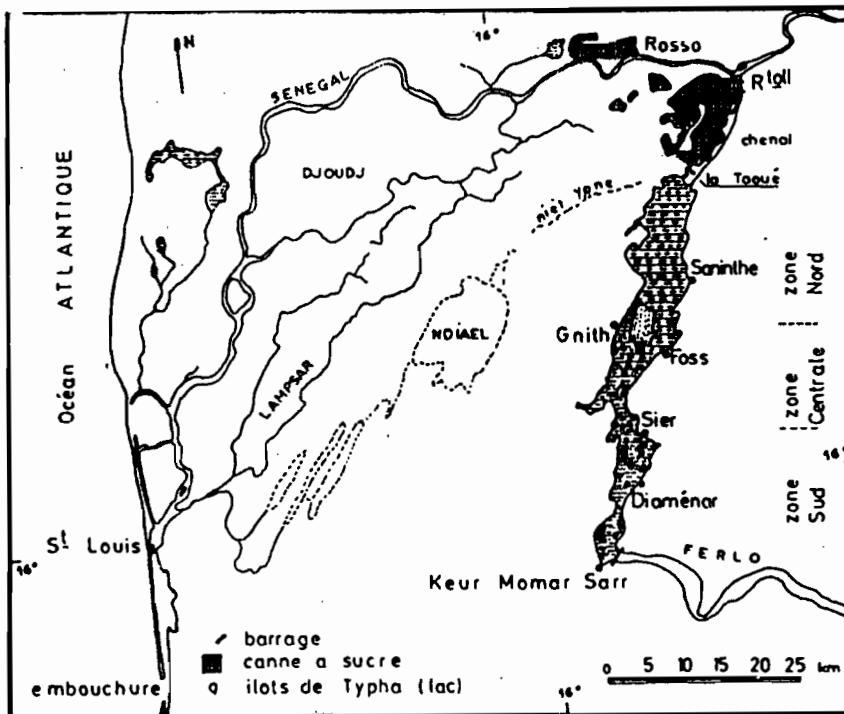


Fig. 1 - Situation géographique du lac de Guiers.

I - LE REGIME HYDROLOGIQUE DU LAC DE GUIERS

Les variations interannuelles du bilan hydrologique de 1976 à 1982, ont été présentées par COGELS et GAC (1982 - 1983a). L'alimentation du lac est essentiellement assurée par la crue du Sénégal (81 %), les apports météoriques (11 %) et les eaux de drainage des zones exploitées par la Compagnie Sucrière Sénégalaise (C.S.S.). Les pertes en eau proviennent en majeure partie de l'intense évaporation (79 %) et des pompages conjugués de la C.S.S. (19 %) et de l'usine de traitement des eaux de la Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal (SONEES) implantée à N'Gnith.

Au cours des six dernières années, le volume d'eau moyen du lac de Guiers a été de 280 millions de m³, sa surface de 210 km² et sa profondeur moyenne de 1,33 m (Fig. 2). L'écart de 11 millions de m³ (soit 2 % de l'ensemble des masses d'eau), correspond au bilan des échanges reciproques entre les eaux libres du lac et les nappes limitrophes. Nos connaissances actuelles ne permettent pas de se prononcer entre une sous-évaluation des apports ou à une surestimation des pertes.

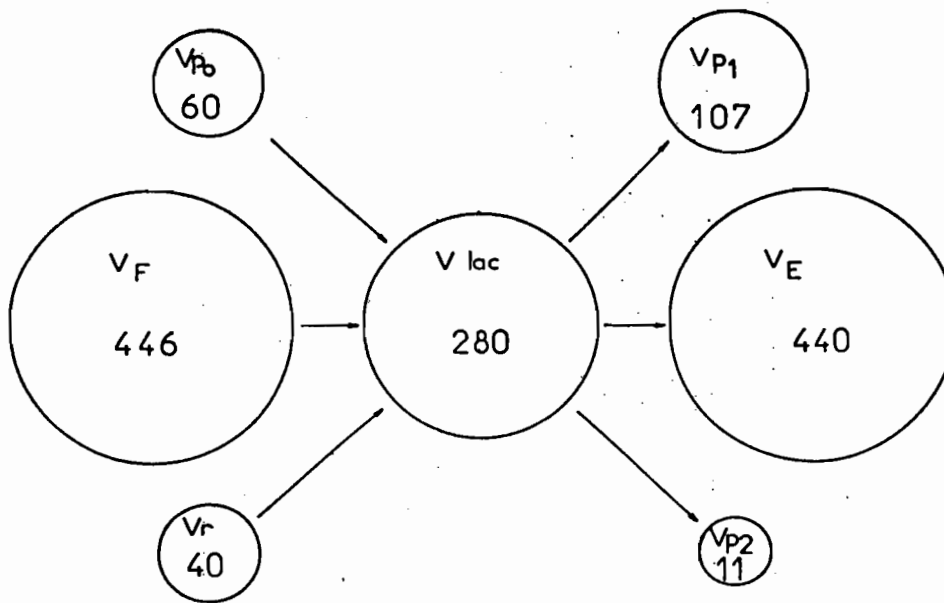


Fig. 2 - Bilan moyen annuel du lac de Guiers (10^6 m^3).
Estimation des apports et des pertes au cours des
six derniers cycles hydrologiques (1976/1981).

II - BILAN ACTUEL ET EVOLUTION STATIOTEMPORELLE DES CHLORURES

L'une des caractéristiques principales des eaux du lac de Guiers, mise en évidence par REIZER (1974), réside dans l'importante variation, observée dans le temps et dans l'espace, des paramètres hydrochimiques. Les eaux méridionales sont nettement plus minéralisées que celles de la région nord, les phases de dilution et de concentration se succédant au rythme saisonnier du rétablissement ou de l'interruption de la liaison entre le fleuve et le lac.

A l'heure actuelle l'augmentation de la salinité des eaux lacustres est essentiellement contrôlée par les processus d'évaporation. Cependant, l'intervention des nappes salées, reliques des anciennes transgressions marines (5 500 B.P., Nouakchottien) ou plus récentes (fin du XIXème siècle, début du XXème), n'est pas à exclure bien que PLAUD (1966) fasse état de l'importance insignifiante des échanges réciproques entre nappes et lac. Enfin, les rejets actuels dans la zone nord du lac, du surplus d'eau des zones irriguées, jouent et joueront de plus en plus un rôle non négligeable sur l'évolution physico-chimique des solutions.

1 - Bilan quantitatif :

Le lac de Guiers a été subdivisé en 7 zones : quatre dans la région nord, dont une au débouché du chenal de la Taoué ; deux dans la partie centrale, la zone 7 contrôlant les effets des pompages de la station de N'Gnith ; la dernière englobe toute la partie méridionale du lac située au-delà du seuil de Sier (Fig. 3).

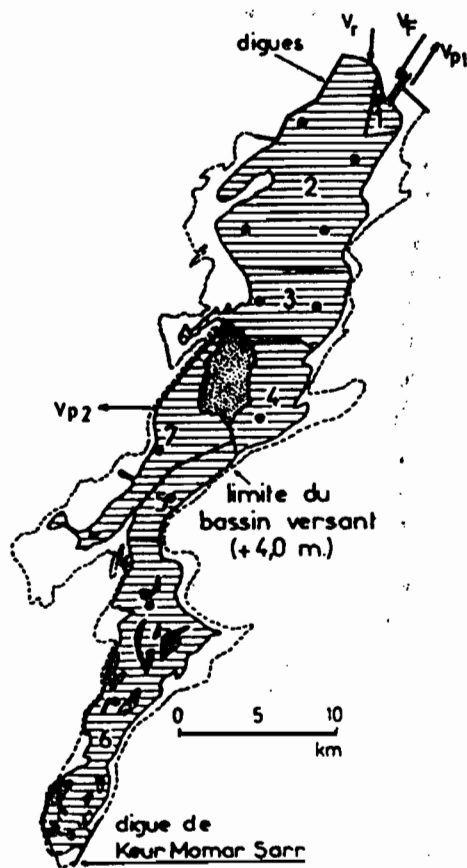


Fig. 3 : Extension des 7 zones dans le lac (schématisé à la cote + 1,00 m IGN). Les pastilles noires indiquent la position des prélèvements d'eau.

TABLEAU I : Variations saisonnières des quantités de chlore (en milliers de tonnes) contenues dans le lac de Guiers (La cote du lac est exprimée en mètres, le volume en millions de m³, la concentration en mg/l).

Date	N°	Cote	Volume	Concentration	Tonnage	Date	N°	Cote	Volume	Concentration	Tonnage
07/07/79	1	- 0,49	106,5	126,5	13,53	12/05/81	15	0,08	194,9	95,1	18,54
23/08/79	2	0,30	235,3	74,0	17,42	10/06/81	16	- 0,21	147,2	117,1	17,23
16/10/79	3	1,00	386,7	54,3	20,99	07/07/81	17	- 0,51	110,7	119,3	13,20
07/12/79	4	0,72	322,1	46,4	14,96	10/08/81	18	0,16	209,2	79,6	16,65
07/02/80	5	0,59	293,9	60,1	17,68	14/10/81	19	1,68	567,1	34,9	19,77
14/03/80	6	0,35	244,9	75,4	18,47	17/11/81	20	1,49	513,6	38,2	19,61
12/04/80	7	0,09	196,7	86,3	16,97	22/12/81	21	1,32	467,7	43,6	20,41
08/05/80	8	- 0,20	148,7	107,6	16,00	13/01/82	22	1,22	441,5	47,1	20,80
15/07/80	9	- 0,90	54,9	240,1	13,18	16/02/82	23	1,02	391,9	54,8	21,46
28/09/80	10	1,55	530,2	36,6	19,38	16/03/82	24	0,78	336,0	63,8	21,43
21/01/81	11	1,00	386,7	48,9	18,91	18/04/82	25	0,45	265,8	74,9	19,91
17/02/81	12	0,87	356,1	54,8	19,50	11/05/82	26	0,20	217,6	86,6	18,85
17/03/81	13	0,65	306,7	65,6	20,12	16/06/82	27	- 0,20	149,9	124,7	18,69
07/04/81	14	0,46	266,8	67,4	17,99	19/07/82	28	- 0,52	104,2	129,4	13,49

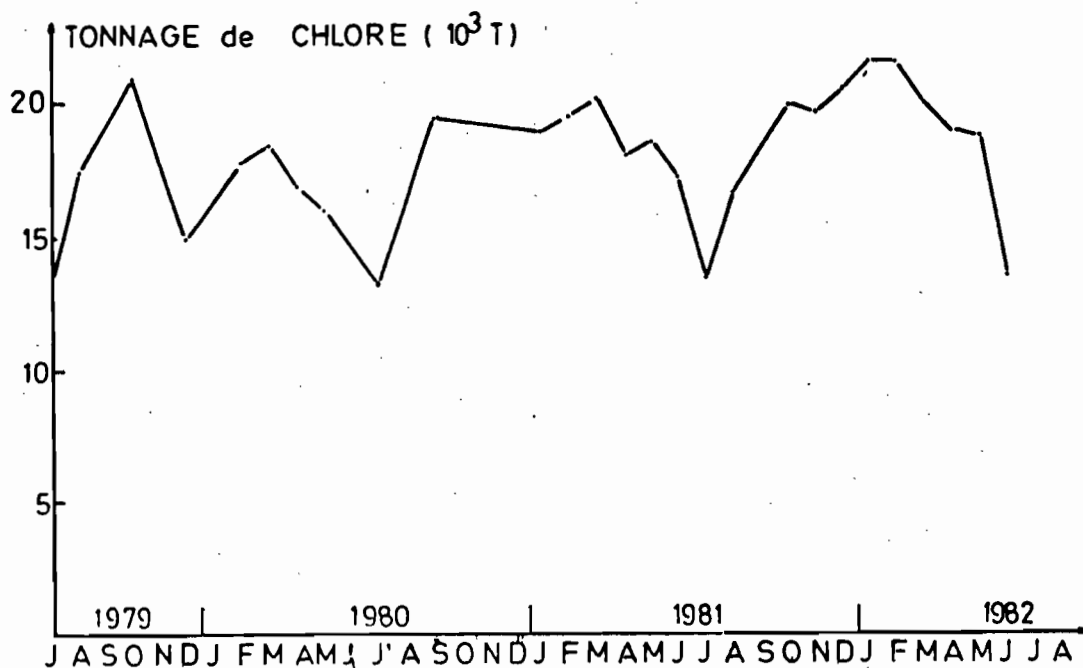


Fig. 4 : Evolution de Juillet 1979 à Juillet 1982 du stock de chlore dissous dans les eaux du lac (milliers de tonnes).

Les surfaces et les volumes respectifs de chaque zone, pour différentes positions du plan d'eau, ont été calculés, à partir des abaques établis par COGELS et GAC (1982). La détermination des teneurs en chlore au cours de 28 campagnes de prélèvements entre Juillet 1979 et Juillet 1982 permet d'évaluer l'importance mensuelle des tonnages de chlorures contenus dans le lac (Tableau I).

Les quantités de chlore, en solution dans les eaux du lac présentent une variation saisonnière importante. Les tonnages augmentent au cours du remplissage, évoluent ensuite de manière irrégulière tout en restant assez élevés, puis diminuent brutalement en fin de saison sèche peu avant l'ouverture des barrages et l'arrivée de la nouvelle onde de crue (Fig. 4).

Les apports annuels de chlore au lac de Guiers proviennent :

- du fleuve : les volumes (V_F) entrés à chaque crue sont connus ; les teneurs en chlore ont été déterminées à partir de prélèvements hebdomadaires effectués dans le fleuve Sénégal à la hauteur du confluent avec la Taoué.
- des pluies : les précipitations journalières (V_{P0}) sur le lac et sur son bassin versant sont estimées à partir des données climatiques de la station de Richard-Toll ; les analyses chimiques ont été réalisées sur les pluies de "l'hivernage" 1981.

- des rejets des cultures irriguées : les déversements quotidiens (V_r) peuvent être évalués à partir du débit et de la durée de fonctionnement de la pompe ; quelques analyses ponctuelles situent l'ordre de grandeur des teneurs en chlore.
- des nappes phréatiques considérées dans cette première estimation du bilan comme étant équilibrés par les pertes par infiltration.

Les pertes en chlore dépendent essentiellement de l'importance des pompages effectués par la CSS (V_{P1}) et par la SONEES (V_{P2}). Les tonnages prélevés peuvent être évalués à partir des analyses effectuées sur les prises d'eau mensuelles dans le chenal de la Taoué et des mesures quotidiennes réalisées à la station d'épuration de N'Gnith.

Il reste l'incertitude sur la participation effective du chlore dans les phases de précipitation et de redissolution de sels au cours du cycle annuel. Il ne s'agit vraisemblablement que de phénomènes mineurs (COGELS et GAC, 1983a) mais qui pourraient devenir plus importants avec la persistance de conditions climatiques défavorables et la morphologie particulière de la dépression locustre marquée par un rapport S/V très élevé.

Les tonnages de chlorures calculés à partir du bilan des entrées et des sorties et ceux déterminés mensuellement à l'aide des concentrations moyennes dans les différentes zones figurent dans le tableau II.

TABLEAU II : Bilan des chlorures (en milliers de tonnes) dans le lac de Guiers de Juillet 1979 à Juillet 1982. Chaque cycle hydrologique débute à l'ouverture des barrages de l'année n et s'achève à l'ouverture de l'année suivante.

Cycle Hydrologique	Apports (¹)			Pertes (¹)		Bilan calculé	Bilan Observé dans le lac $I_i - I_f$
	$V_F + V_{Po} + V_r$			$(V_{P1} + V_{P2})$			
1979/1980	1,46	0,29	9,36	8,37	1,09	1,65	- 1,38
1980/1981	1,82	0,41	8,73	6,89	0,50	3,57	0,50
1981/1982	1,83	0,43	9,49	6,64	0,93	4,18	0,84
Moyenne	1,70	0,38	9,19	7,30	0,84	3,13	- 0,04
% {	Apports	15,1	3,4	81,5	-	-	
	Pertes	-	-	-	89,7	10,3	
⁽¹⁾ V_F : Fleuve		V_{P1} : Pompages de la C.S.S.		$I_i - I_f$: Ecart observé entre le début et la fin de chaque cycle hydrologique			
V_{Po} : Pluies		V_{P2} : Pompages de la SONEES					
V_r : Rejets des zones irriguées							

Ces résultats font apparaître tout d'abord le rôle prépondérant de la CSS dans le bilan des chlorures : les rejets (V_R) représentent 81,5 % des apports et les pompages 89,7 % des pertes. Au cours des trois cycles hydrologiques, la différence moyenne entre le calcul et l'écart observé entre le tonnage initial (T_i) et final (T_f) s'élève à $3,17.10^3$ tonnes : les pertes en chlore du lac ont été de 3 020 tonnes en 1979/1980, de 3 070 tonnes en 1980/1981 et de 3 340 tonnes en 1981/1982.

2 - Interprétation de l'évolution quantitative des chlorures

Pour évaluer la quantité de chlore qui participe éventuellement aux cycles successifs de précipitation et de dissolution, les bilans chiffrés ont, dans un premier temps, été établis en dissociant d'une part la phase de remplissage et d'autre part la phase d'assèchement progressif du lac.

Pendant la période d'alimentation du lac (remplissage) le bilan des entrées et des sorties de chlore est donné par la différence : $V_F C_F + V_{P_0} C_{P_0} + V_R C_R - V_{P_1} C_{P_1}$, V volume, C concentration (les pompages V_{P_2} de la C.S.S. étant réalisés dans le fleuve pendant cette période). Durant l'isolement du lac, les apports du fleuve sont nuls et le gain ou le déficit en chlore du lac est égal à : $V_{P_0} C_{P_0} + V_R C_R - (V_{P_1} C_{P_1} - V_{P_2} C_{P_2})$. Ces bilans calculés pour les deux périodes, au cours des trois derniers cycles hydrologiques sont comparés dans le Tableau III aux différences effectives de tonnages constatés dans le lac ($T_i - T_f$).

TABLEAU III : Gains et déficits du lac en chlorures au cours des phases de remplissage et d'assèchement (en milliers de tonnes)

(1 et 4) Bilan calculé (apports - entrées)

(2 et 5) Bilan effectif (tonnage initial - tonnage final)

(3 et 6) Gains ou déficits au cours des deux périodes

ΔS surfaces inondées (alimentation), surfaces exondées (assèchement).

Cycle Hydrologique	REPLISSAGE				ASSECHEMENT			
	(1)	(2)	(3) Gain	ΔS (km^2)	(4)	(5)	(6) déficit	ΔS (km^2)
1979/1980	3,20	7,45	4,25	121,2	- 1,55	- 8,83	7,28	154,9
1980/1981	3,06	7,23	4,17	178,0	- 0,77	- 6,72	5,95	149,7
1981/1982	4,48	7,11	2,63	156,9	- 0,31	- 6,28	5,97	155,1

La première hypothèse consiste à admettre l'équilibre quantitatif annuel entre les phénomènes de précipitation et de dissolution : l'excédent de chlore lors du remplissage trouvant son origine dans la simple remise en solution des sels déposés au cours de l'assèchement de l'année précédente. On constate, dans cette hypothèse, que les déficits importants au cours de chaque isolement du lac ne sont que partiellement compensés par les gains du cycle suivant. La succession des phases d'assèchement et de remplissage se traduit par des pertes effectives en chlore de $3,11.10^3$ tonnes en 1979/1980 et de $3,32.10^3$ tonnes en 1980/1981.

Ces pertes vraisemblablement dues aux infiltrations ne se situeraient donc qu'au cours de l'assèchement du lac. Afin d'estimer leur importance et les localiser dans le temps et dans l'espace, les transferts d'eau et les flux de sels entre chaque zone ont été déterminés en distinguant :

- la période où n'interviennent que les pompages de la SONEES (de la fermeture du barrage aval à l'arrivée de la langue salée à la hauteur de Richard-Toll).
- la période des pompages simultanés de la SONEES et de la CSS (durée de l'invasion marine au confluent du fleuve Sénégal et de la Taoué).

Le tableau IV récapitule l'importance des excédents et des déficits de chlore, zone par zone, au cours des phases de remplissage et d'assèchement. L'isolement du lac en 1979/1980 se traduit par un déficit de $7,23.10^3$ tonnes, le remplissage en 1980 apporte un excédent de $3,39.10^3$ tonnes, la perte effective de chlore s'élève à 3 740 tonnes en 1979/1980 ; elles sont de 4 560 tonnes en 1980/1981 (Les résultats diffèrent des précédents, les estimations portant sur la période qui s'écoule entre deux invasions marines c'est-à-dire entre deux fermetures du pont-barrage amont).

TABLEAU IV : Bilan des chlorures (en milliers de tonnes) dans les sept zones du lac de Guiers.

Zone	REPLISSAGE			ASSECHEMENT		
	1979	1980	1981	1979/1980	1980/1981	1981/1982
Z 1	3,09	2,76	0,79	- 4,05	- 4,66	- 4,79
Z 2	- 0,88	0,23	0,79	1,60	2,00	3,27
Z 3	- 1,54	- 2,18	0,79	0,52	1,67	1,46
Z 4	- 2,20	- 1,89	0,41	2,93	0,74	0,67
Z 5	1,17	- 0,62	- 1,50	- 1,30	- 0,55	- 0,13
Z 6	4,91	5,80	3,59	- 6,89	- 5,69	- 6,50
Z 7	- 0,03	- 0,70	- 2,37	0,07	- 0,57	0,05
Lac	4,52	3,40	2,50	- 7,12	- 7,06	- 5,97

L'hétérogénéité zonale est remarquable avec des bilans négatifs très marqués dans les régions 1 - 5 et 6. Les excédents les plus importants apparaissent dans les zones 2 - 3 et 4.

Le regroupement des régions nord et centrale (1 - 2 - 3 - 4 et 7) ne laisse apparaître que de très faibles déficits (720 tonnes en 1979/1980, 420 tonnes en 1980/1981) ; ce bilan équilibré suppose des communications interzonales particulièrement importantes lors des pompages simultanés de la CSS et de la SONEES, communications non décélables à partir de l'analyse chimique des solutions. Les régions nord et centrale fonctionnent donc indépendamment de la partie méridionale du lac (zones 5 et 6). Le faible déséquilibre observé résulte vraisemblablement de fuites à travers les digues de la région nord du lac et plus particulièrement au niveau de celle de Niet-Yone très ancienne et en mauvais état. Pour ces deux régions, les excédents les plus importants sont localisés à l'embouchure du chenal de la Taoué (zone 1) : ils s'expliquent par les fortes concentrations des eaux déversées par la CSS et ils sont favorisés par les grandes surfaces exondées lors du retrait des eaux.

Le regroupement des zones 5 et 6 indique que les pertes en chlore (3 120 tonnes en 1979/1980 et 4 150 tonnes en 1980/1981) semblent limitées à la partie méridionale du lac. Il peut s'agir soit d'échanges avec les nappes superficielles ou même perchées soit d'infiltrations ou de fuites au niveau du barrage de Keur Momar Sarr :

- les échanges avec les nappes superficielles sont peu probables ; leur forte minéralisation et la restitution au lac d'eaux salées devraient entraîner un accroissement considérable de la salinité du lac sans aucune mesure avec les observations.
- les pertes par infiltrations semblent peu plausibles par suite des faibles variations de la salinité des nappes, la nature argileuse du sous-sol et l'étanchéité quasi-parfaite du fond du lac de Guiers (PUECH et CHABAL - 1969).

L'hypothèse des fuites au niveau du barrage de Keur Momar Sarr est étayée par plusieurs faits :

- la vétusté du barrage, fissuré en de nombreux endroits
- les pertes en chlore particulièrement importantes, à la station la plus méridionale de la zone 6, au moment où le lac est à son plus haut niveau.
- l'augmentation régulière des concentrations en chlore dans les eaux de l'extrême sud du lac qui indique que les précipitations ne peuvent se produire que dans les phases ultimes d'assèchement (COGELS et GAC - 1983a).

Les fuites se situent au niveau des fissures apparues lors de la saison sèche précédente ; celles-ci se colmatent progressivement au fur et à mesure du passage de l'eau. Les volumes perdus peuvent être estimés à partir de la concentration moyenne des eaux méridional au moment de la fermeture du pont-barrage (400 mg/l en 1979 et environ 350 mg/l en 1980) : en 1979 et 1980, les fuites au niveau de la digue de Keur Momar Sarr auraient été respectivement de 8.10^6 m³ et de 12.10^6 m³ d'eau.

III - RECONSTITUTION DE LA SALINITE DES EAUX DU LAC DE GUIERS LE DEBUT DU SIECLE

1 - Concentration moyenne en chlore dans les eaux du lac de Guiers

Les teneurs moyennes en chlore dans les eaux du lac de Guiers au cours des 28 campagnes de mesure sont indiquées dans le Tableau I. Les concentrations sont, globalement, inversement proportionnelles au volume du lac (Fig. 5) : les valeurs minimales (de l'ordre de 35 mg/l) coïncident avec le remplissage maximum du lac (fin Septembre - Début Octobre, les valeurs maximales (240 mg/l) se situent en fin de saison sèche (Juin et Juillet).

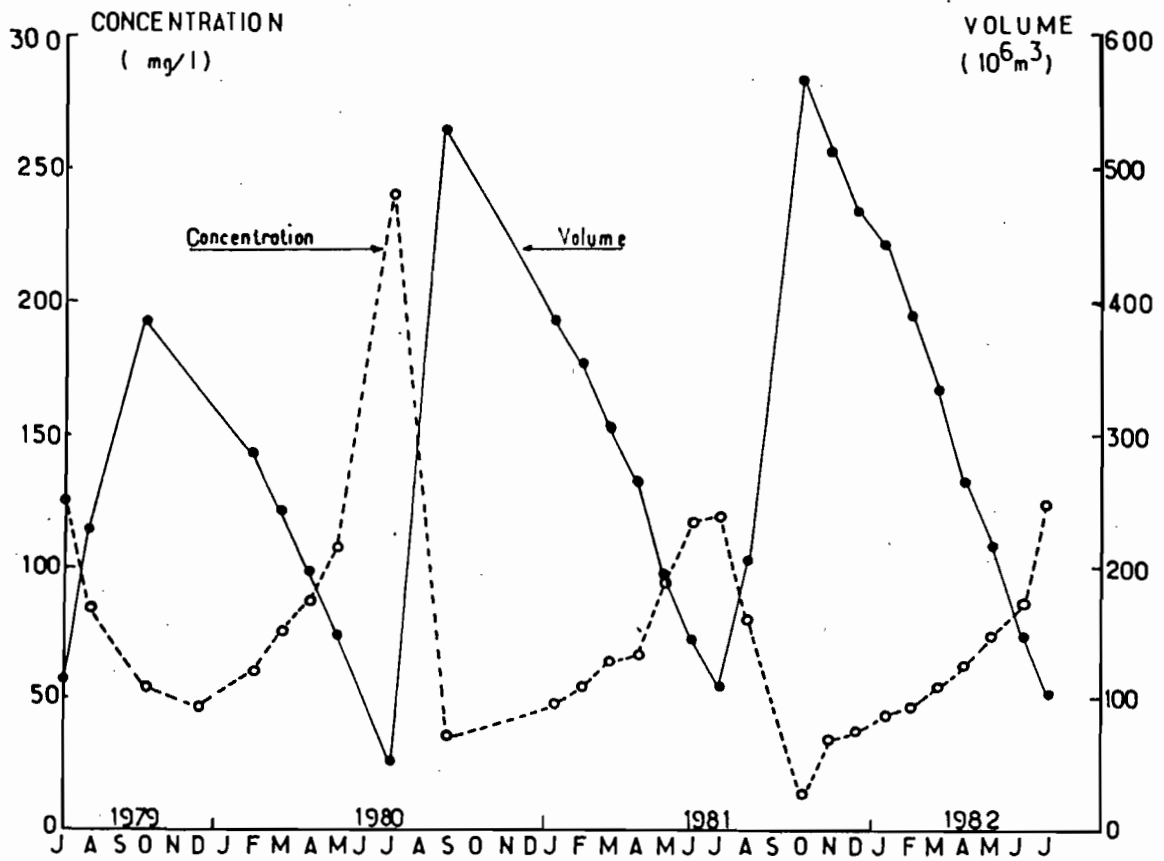


Fig. 5 : Evolution des teneurs en chlore (mg/l) et des volumes (10⁶m³) du lac de Guiers de 1979 à 1982.

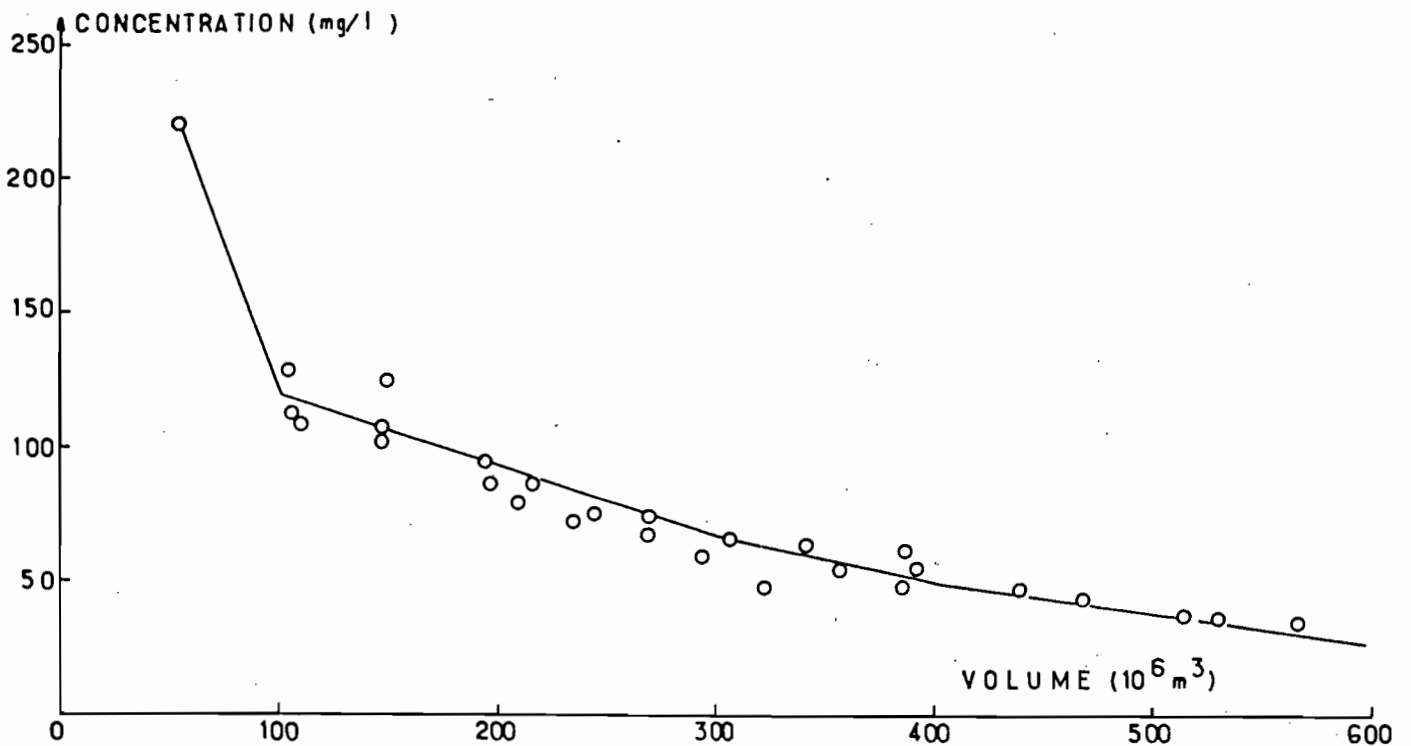


Fig. 6 : Relation entre la contenance (10⁶m³) du lac et la concentration du chlore en solution (mg/l).

La figure 6 montre le parallélisme entre l'évolution des concentrations et l'accroissement de volume du lac. L'allure exponentielle de la courbe indique l'intervention de d'autres facteurs, que la simple évaporation, dans le processus de concentration des solutions. Les rejets de la CSS et les apports fluviaux jouent en effet un rôle non négligeable, les premiers en concentrant les eaux, les seconds en les diluant ; leurs effets se surimposent au jeu de l'évaporation.

Les relations entre la concentration en chlore (C) et le volume (V) du lac sont données par les équations :

$$C = 160,58 e^{-0,003 V} \quad \text{pour } 100.10^6 < V < 600.10^6 \text{ m}^3$$

$$C = 462,98 e^{-0,012 V} \quad \text{pour } 55.10^6 < V < 100.10^6 \text{ m}^3$$

Dans l'ensemble, les concentrations observées, au cours de l'assèchement du lac, sont supérieures aux concentrations théoriques (intervention des rejets). On note cependant quelques anomalies avec les séries 3 - 4 - 10 et 11 qui correspondent à des prélèvements effectués à la fermeture du pont-barrage, période de rééquilibrage des masses d'eau.

2 - Relation entre les concentrations moyennes des eaux du lac et celles de la station de N'Gnith.

Le laboratoire de la SONEES de N'Gnith mesure quotidiennement depuis 1973, la teneur en chlore des eaux prélevées dans le lac. Les concentrations moyennes déduites de ces mesures journalières sont comparées dans le tableau V avec celles du lac déterminées lors des 28 campagnes de prélèvement.

Pour des concentrations en chlore comprises entre 30 et 140 mg/l, la teneur moyenne dans les eaux du lac se déduit de celle de N'Gnith par la relation :

$$C_{(\text{lac})} = 14,601 + 0,918 C_{(\text{N'Gnith})}$$

Au-delà de 140 mg/l et jusqu'à la valeur extrême de 300 mg/l, les concentrations observées à la station de N'Gnith deviennent nettement supérieures à celle du lac. Cette particularité marquée par le fléchissement de la courbe (Fig. 7) s'explique par le reflux vers le nord des eaux fortement minéralisées de la zone méridionale et leur intrusion, en fin de saison sèche dans la zone 7 assujettie aux pompages de la SONEES. La relation entre la concentration moyenne du lac et celle de N'Gnith est donnée par l'équation :

$$C_{(\text{lac})} = 127,40 \ln C_{(\text{N'Gnith})} - 486,6$$

Enfin, les points représentatifs des prélèvements effectués en Août 1979 (n°2) en Septembre 1980 (n°10) et en Août 1981 (n°18) correspondent aux ondes de fermeture du pont-barrage consécutives à la stabilisation des masses d'eau ; les concentrations observées à N'Gnith sont nettement différentes de celles du lac.

3 - Essai de reconstitution de l'évolution de la chlorinité des eaux du lac

a) Depuis 1975 :

L'élimination annuelle (autrement que par pompages) de 3 à 4 000 tonnes de chlore dans la zone sud du lac est comme nous l'avons vu précédemment compensée par le déversement des eaux de drainage dans la zone nord. On peut

TABLEAU V : Concentrations moyennes en chlore (mg/l) dans les eaux du lac et à la station de N'Gnith.

Date	C (Lac)	C (N'Gnith)	Date	C (Lac)	C (N'Gnith)	Date	C (Lac)	C (N'Gnith)
Juillet 1979	126,5	136,0	Septembre 1980	36,6	62,0	Octobre 1981	34,9	38,0
Août 1979	74,0	112,0	Janvier 1981	48,9	34,0	Novembre 1981	38,2	35,0
Octobre 1979	54,3	54,0	Février 1981	54,8	40,0	Décembre 1981	43,6	36,0
Décembre 1979	46,4	50,0	Mars 1981	65,5	48,0	Janvier 1982	47,1	37,0
Février 1980	60,1	50,0	Avril 1981	67,4	57,0	Février 1982	54,8	40,0
Mars 1980	75,4	63,0	Mai 1981	95,1	75,0	Mars 1982	63,8	50,0
Avril 1980	86,3	78,0	Juin 1981	117,1	95,0	Avril 1982	74,9	59,0
Mai 1980	107,6	100,0	Juillet 1981	119,3	131,0	Mai 1982	86,6	74,0
Juillet 1980	240,1	(300,0)	Août 1981	79,6	160,0	Juin 1982	124,7	98,0

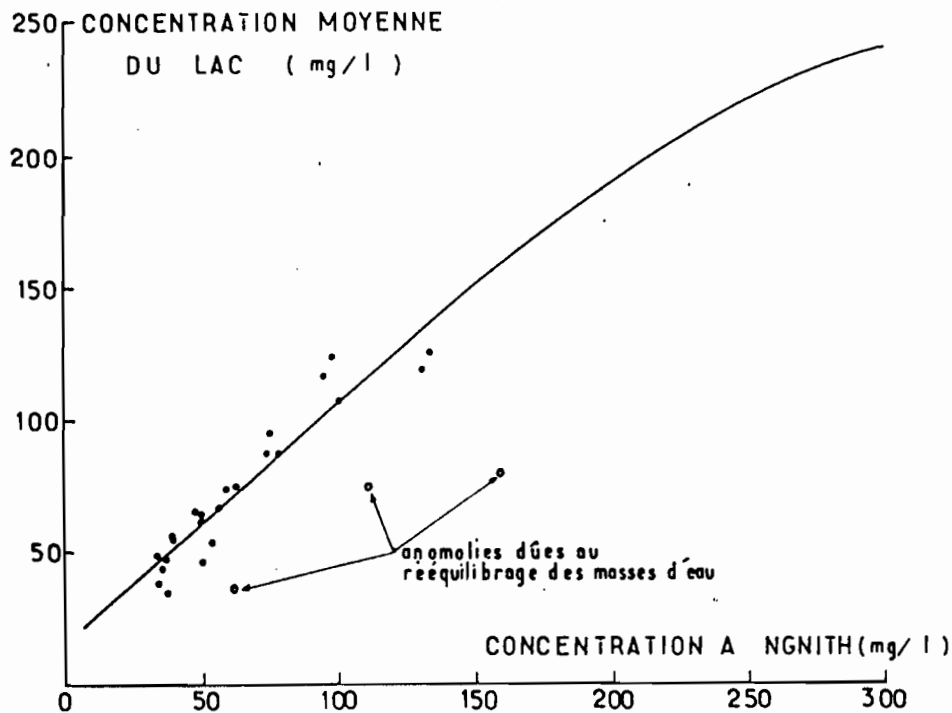


Fig. 7 : Relation entre les concentrations moyennes en chlore dissous dans le lac et à la station de N'Gnith.

donc envisager, en l'absence de ces rejets, avec la poursuite des pompages et en dehors de tout apport autre que par le fleuve et les pluies (2 000 tonnes/an sur la base des données de 1979 à 1982), la tendance du lac à se dessaler progressivement.

A partir des mesures quotidiennes effectuées à N'Gnith et de la relation liant les concentrations de cette station à celles du lac, l'évolution de la salinité du lac a pu être reconstituée depuis 1975 (Fig. 8). Les points représentatifs des concentrations moyennes mensuelles du lac en fonction du volume se disposent sur trois courbes regroupant les années 1975/1976 - 1977/1978 et 1979/1980/1981/1982. On remarque, qu'à contenance égale, les teneurs en chlore dans le lac n'ont cessé de croître depuis 1975. De 1975 à 1976, l'effet des rejets d'eaux de drainage n'était perceptible que lorsque le volume du lac était inférieur à $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, de 1977 à 1978 ce seuil était repoussé à $300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Depuis 1979, année de la construction du second barrage (limitant les pompages de la CSS dans le lac) l'augmentation de la salinité débute lorsque le lac contient moins de $360 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Autrement dit, en sollicitant plus longuement le fleuve, tant que l'eau reste douce à la hauteur de Richard-Toll, la CSS contribue à maintenir le lac à un niveau plus élevé. En revanche, la réduction des pompages dans le lac, en limitant le retour d'une partie des rejets qui transitaient jusqu'à alors par le chenal de la Taoué, conduit à la minéralisation progressive des eaux de la région nord du lac.

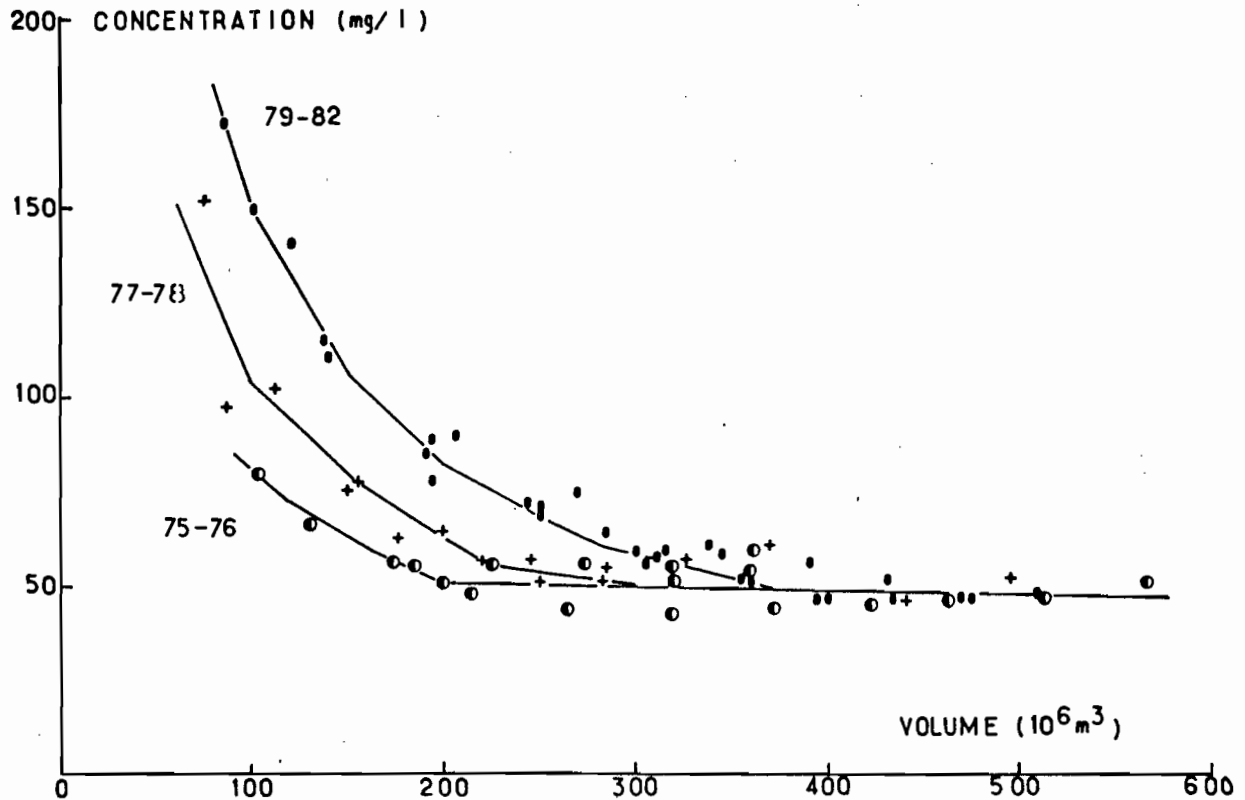


Fig. 8 - Relation entre le volume du lac et la teneur moyenne en chlore dissous.

b) Avant 1975 :

Les points de comparaison entre la salinité actuelle du lac et celle qui prévalait auparavant sont peu nombreux. Il est aussi parfois difficile, parmi les taux de salinité cités par les auteurs, de faire la distinction entre ceux qui correspondent à une intrusion d'eau de mer ou au jeu de l'évaporation.

HENRY (1918) étudia la salure du lac avant et après son envahissement par l'eau de mer en 1914 " En fin Juin 1910, après deux crues supérieures à la moyenne, le degré de salure dans la majeure partie du lac ne dépassait pas 0,58 gr/l. En Mai 1914, après l'invasion marine due à la crue insignifiante de 1913, la salure moyenne du lac variait de 8,12 gr/l à 9,28 gr/l". Jusqu'en 1925, année de l'édification aux basses eaux d'un barrage en terre sur la Taoué, eau douce et eau salée alternèrent dans le lac.

De 1925 à 1948, l'eau douce de la crue fluviale entraînait régulièrement dans le lac, se mélangeait à l'eau saumâtre, dessalant ainsi progressivement le milieu puis retournait vers le fleuve en empruntant l'ancien cours de la Taoué. Cette déminéralisation des eaux lacustres a dû se poursuivre jusqu'à la construction du pont-barrage de Richard-Toll.

Dans les années 50, l'eau du lac était douce. Des photographies aériennes datant de 1953 montrent un important développement de la végétation aquatique (Typhaes) à proximité de Keur Momar Sarr ; l'abondance de la végétation à cette époque est confirmée par les récits de pêcheurs décrivant les difficultés qu'ils éprouvaient à poser leurs filets.

GROSMAIRE (1957) décrit la situation en 1953 "si on regarde le lac depuis une dune de la berge, on voit des rideaux successifs de roseaux séparant des tapis d'herbes... Toute cette verdure baigne dans l'eau et la masque". Le développement de la végétation était favorisé par la faible salure des eaux et la faible profondeur du lac (il communiquait encore avec la vallée du Ferlo et les eaux se répandaient très loin vers l'amont). Cet auteur fait état par ailleurs du dépeuplement des rives du lac qu'il attribue à la prolifération de moustiques favorisée par l'importance de la végétation (fait corroboré par l'existence à l'intérieur des terres de villages portant le même nom que ceux situés aujourd'hui en bordure du lac). Au moment de l'isolement du Ferlo en 1956/1957 par la digue de Keur Momar Sarr, l'eau du lac était douce .

Les eaux du lac se minéralisent à nouveau avec l'installation des casiers rizicoles de Richard-Toll en 1960 sur plus de 6 000 ha: à cette époque une partie des eaux d'irrigation est déjà rejetée dans le lac (REIZER, 1974). L'implantation de la CSS a enfin contribué à accélérer le processus de salinisation des eaux, particulièrement marquée depuis la construction en 1979 d'un second barrage.

En conclusion "l'histoire" de la salinité des eaux du lac de Guiers se résume de la façon suivante :

- avant 1914 : faible salinité, occasionnellement accrue par la pénétration d'eau de mer.
- de 1914 à 1925 : forte ou très forte salinité (en 1914 et 1921 essentiellement).
- de 1926 à 1948 : phase de dessalinisation et développement de la végétation aquatique.
- de 1948 à 1956 : phase stationnaire jusqu'à la mise en place des casiers rizicoles.

- de 1956 à 1968 : salinisation progressive sous l'effet des rejets des casiers rizicoles.
- de 1968 à 1979 : accroissement de la salinité sous l'effet des rejets très importants de la C.S.S.
- de 1979 à 1982 : accroissement très rapide de la salinité depuis la construction d'un second barrage.

IV - CONCLUSION : PERSPECTIVES FUTURES, RISQUES D'HYPERSALINISATION DES EAUX DU LAC DE GUIERS :

La proximité de la station des rejets et de l'embouchure de la Taoué crée, du fait de l'importance des pompages de la CSS, un véritable afflux des masses d'eaux vers le chenal. Des mesures de conductivité effectuées en une centaine de points dans la région nord en Avril 1982 ont montré que les rejets se répandent d'abord vers le sud, puisqu'après avoir contourné les flots dispersés et l'abondante végétation de cette zone, ils prennent sous l'effet des pompages la direction du chenal. Les pompages de la CSS constituent à l'heure actuelle un frein à l'hypersalinisation du lac.

Les futurs barrages de Diama (anti-sel) et de Manantali (régulateur des écoulements du fleuve Sénégal), vont permettre d'avoir toute l'année de l'eau douce à Richard-Toll. L'eau nécessaire aux plantations de canne à sucre sera continuellement puisée dans le fleuve. Le lac réalimenté au moment de la crue, constituera une importante réserve d'eau douce destinée à la production d'eau potable et au développement de la culture maraîchère.

Les effets négatifs résident dans le maintien des rejets dans la zone nord qui risquent à plus ou moins long terme de transformer le lac de Guiers en réserve d'eau saumâtre. En supposant que le rythme actuel des déversements se poursuivent et que l'on double la production d'eau potable à N'Gnith, l'augmentation annuelle de chlore dans le lac sera de l'ordre de 9 500 tonnes. Compte tenu des fuites annuelles dans la partie méridionale du lac (qui pourraient être réduites par la réfection de la digue de Keur Momar Sarr), l'excédent annuel serait d'environ 6 500 tonnes. En quatre années, la concentration en chlore pourrait doubler, situation qui ruinerait tous les espoirs d'une exploitation plus intensive des eaux du lac de Guiers.

B I B L I O G R A P H I E

- COGELS F.-X. et GAC J.-Y. - (1982) - Le lac de Guiers : Fonctionnement, bilans hydriques. Evolution d'une nappe d'eau libre en zone sahélienne (Sénégal) - Cah. ORSTOM, sér. Géol., XII, 1, pp. 41-60.
- COGELS F.-X. et GAC J.-Y. - (1983a) - Aménagement et évolution hydrogéochimique du lac de Guiers (Sénégal) depuis 1916. Actes du Colloque "Barrages en terre et développement des zones rurales en Afrique", 11/16 Avril 1983, Thiès (Sénégal), 18 p.
- COGELS F.-X. et GAC J.-Y. - (1983b) - Circulation et salinité des eaux du lac de Guiers : problèmes de développement et modèle de gestion. Actes du Colloque "Le lac de Guiers : problématique régionale d'environnement et de développement sahéliens", 9/11 Mai 1983, Dakar, Sénégal, 14 p.
- GROSMAIRE P. - (1957) - Eléments de politique sylvo-pastoral au Sahel sénégalais. II. Les conditions du milieu. bull. Service des Eaux et Forêts, Dakar (Sénégal), 2-10, 56 p.
- HENRY Y. - (1918) - Irrigations et cultures irriguées en Afrique Tropicale. Ed. Larose, Paris, 8°, 296 p.
- PLAUD M. - (1966) - Pose de piézomètres et étude de la nappe phréatique autour du lac de Guiers (Sénégal). Rapport du Ministère de l'Energie et de l'Hydraulique du Sénégal, 22 p.
- PUECH-CHABAL - (1969) - Prise d'eau et station de traitement : sondages de reconnaissance. Rapport du Ministère du Plan et de l'Industrie, de la Direction de l'Energie et de l'Hydraulique, 15 p.
- REIZER C. - (1974) - Définition d'une politique d'aménagement des ressources halieutiques d'un écosystème aquatique complexe par l'étude de son environnement abiotique, biotique et anthropique : le fleuve Sénégal moyen et inférieur. Thèse Doctorat, F.U.L., Arlon (Belgique).