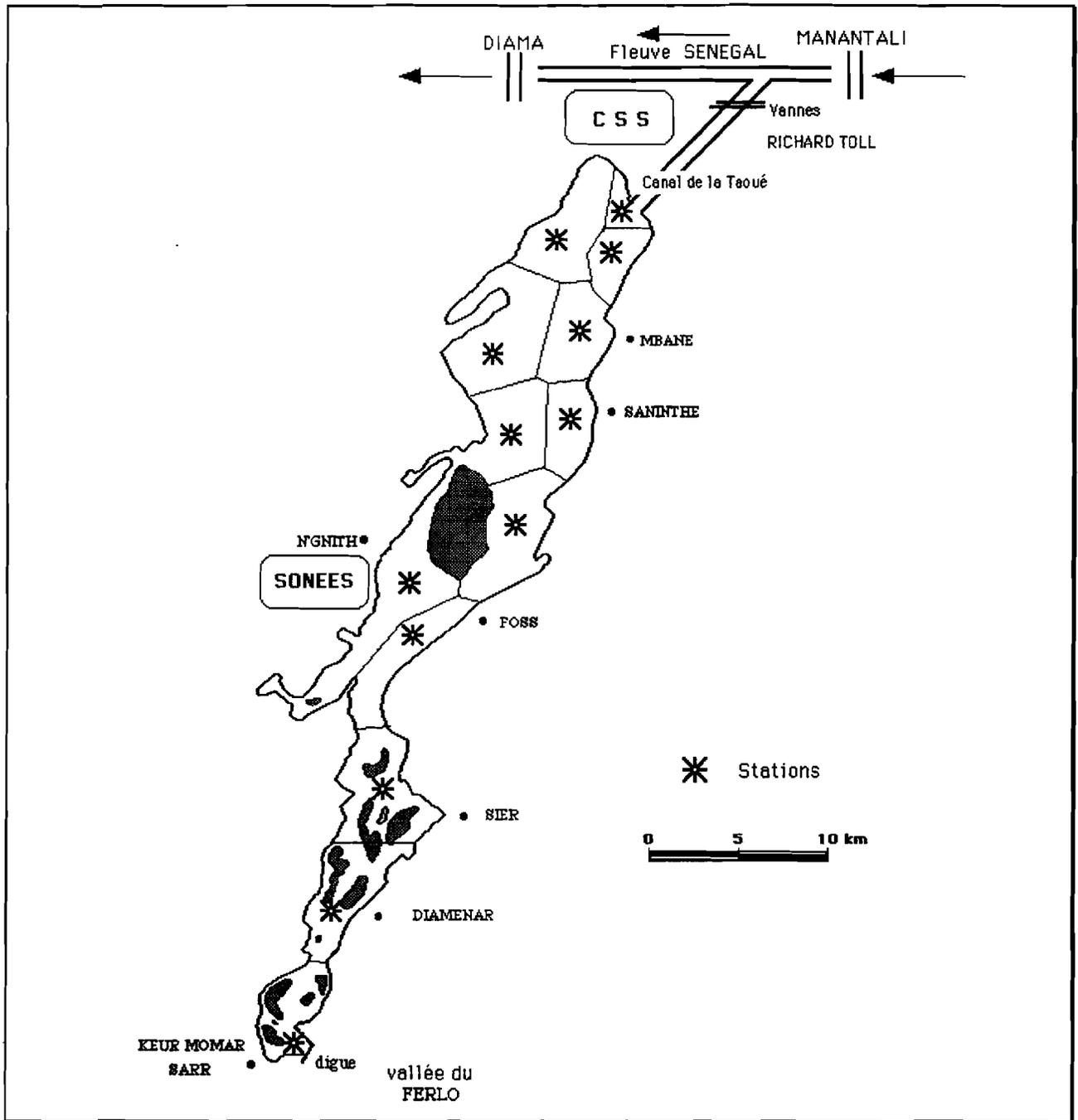


**RECHERCHE D'UNE STATION DE REFERENCE POUR UN SUIVI
QUALITATIF REGULIER DES EAUX DU LAC DE GUIERS**

PROJET CEE (EQUESEN) TS2 0198 F EDB



Janvier 1993

- (1) Fondation Universitaire Luxembourgeoise, av. de Longwy 185, 6700 Arlon, Belgique
- (2) Université Ch. A. DIOP, Département de Géographie, Dakar, Sénégal
- (3) Institut français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), BP 1386, Dakar, Sénégal

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	2
Rappel du fonctionnement hydrologique du lac	
1. METHODOLOGIE DE L'ETUDE	3
a) Périodes	
b) Stations	
c) Paramètres	
2. RESULTATS	3
3. TEST DE LA STATION DE N'GNITH COMME STATION DE REFERENCE	5
3.1. Chlorures	5
3.2. Autres paramètres	8
a) Sodium	8
b) Sulfates	8
c) Alcalinité	9
d) Calcium	10
e) Magnesium	11
f) Potassium	12
g) Minéralisation globale	12
h) Relation entre la chlorinité à N'Gnith et la minéralisation du lac	13
4. RECAPITULATION	13
CONCLUSIONS	14
Références bibliographiques	14

INTRODUCTION

Le suivi qualitatif régulier des eaux du lac de Guiers s'avère un tâche longue et onéreuse tant en coût d'analyses qu'en frais de déplacements en voiture et en bateau. Les études physico chimiques réalisées jusqu'à présent se sont basées sur le suivi de 13 stations réparties sur le Guiers; elles permettent d'évaluer entre autres la qualité physico chimique moyenne de ses eaux. L'un des buts du programme EQUESSEN est la recherche d'une station unique de référence qui doit permettre à l'avenir d'assurer un suivi qualitatif régulier des eaux sur la base d'un seul point d'échantillonnage et non plus de 13 comme actuellement.

Le test de la station de N'Gnith comme station de référence a été retenu. En effet l'usine des eaux de la SONEES (Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal) y dispose d'un laboratoire d'analyses qui effectue quotidiennement les mesures en rapport avec la production d'eau potable. Cette station serait donc une station idéale de référence, de par sa situation centrale et son équipement analytique de base déjà en place. Il reste donc à tester sa valeur de référence en comparant les données qui y sont mesurées avec celles, simultanées, de la qualité moyenne du lac pour les différents éléments dissous. Cette qualité moyenne du lac est calculée d'après celle mesurée aux 13 stations de base réparties sur le plan d'eau. L'étude présentée ici a été effectuée dans le cadre d'un travail de fin d'étude mené à l'ORSTOM (NIANG, 1992).

Rappel du fonctionnement hydrologique du lac

Le fonctionnement hydrologique du Guiers a subi de profondes modifications depuis la mise en service des barrages de Diama et de Manantali :

-Durant la période qui a précédé la mise en fonction du barrage de Diama, son régime hydrologique était sous l'entière dépendance de la crue fluviale annuelle qui l'alimentait 3 mois durant (phase de remplissage), soit en moyenne d'août à octobre, par l'intermédiaire du canal de la Taoué. (Fig. 1).

Le reste de l'année (phase d'isolement) le lac fonctionnait isolé du fleuve et soumis à l'évaporation, aux pompages de la Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) et à ceux de l'usine des eaux de la SONEES à N'Gnith.

Les mauvais remplissages de certaines années, conjugués aux besoins croissants de l'irrigation, ont entraîné des situations limnimétriques extrêmes dans le Guiers comme en 1977, 1978, 1980 et 1983.

-Depuis la mise en service de l'ouvrage de Diama (1986), l'eau douce fluviale est disponible à longueur d'année à la jonction fleuve-lac. La cote atteinte au remplissage est maintenant supérieure à celles enregistrées avant 1986 et les pompages de la CSS à partir du lac, conditionnés auparavant par la remontée plus ou moins précoce de l'eau de mer dans le fleuve, sont maintenant d'origine fluviale la plupart du temps. La baisse annuelle des eaux en période d'isolement est donc ralentie.

Actuellement l'année hydrologique normale reste rythmée par les 2 phases principales, remplissage-isolement comme précédemment.

Pour plus de détails relatifs à l'hydrologie du Guiers et à son évolution au cours des 15 dernières années, nous renvoyons le lecteur aux ouvrages déjà publiés, à savoir principalement : COGELS et al. (1990 et 1991) et GAC et al (1991 et 1992).

1. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

a. Périodes

L'étude de la qualité générale des eaux du Guiers se base sur 2 périodes d'échantillonnages séparées d'une dizaine d'années. La première couvre la période 1979-1982 et comporte 28 séries d'échantillonnages. La seconde s'est intéressée aux années 1989-1992 sur la base de 23 séries de prélèvements.

b. Stations

La fig. 1 localise les 13 principales stations de prélèvements sur le Guiers, identiques aux 2 périodes d'échantillonnages.

A chaque station d'échantillonnage a été attribuée une zone théorique d'influence dans laquelle on considère que les eaux sont de même qualité. Le volume de chaque zone a été calculé en fonction du niveau du plan d'eau mesuré quotidiennement à l'échelle limnimétrique de la station de la SONEES à N'Gnith.

Sur la base de la mesure de la concentration du paramètre X aux 13 stations de base on peut donc calculer, pour un même série d'échantillonnage, le poids total dans le lac de l'élément dissous et ainsi sa concentration moyenne pour l'ensemble du Guiers dont on connaît le volume total.

Signalons enfin que le point d'échantillonnage de référence à N'Gnith est situé 200 m en face de la tour d'exhaure de la SONEES.(cfr. fig.1)

c. Paramètres

L'étude prend en compte les éléments majeurs dissous, soit les chlorures, sulfates, alcalinité, calcium, magnésium, sodium et potassium. La minéralisation globale est ensuite calculée. Les oligo éléments et les paramètres plus spécifiques comme ceux liés à l'eutrophisation des eaux ne sont pas envisagés ici.

2. RESULTATS

Le tableau 1 (en annexe) indique, pour chaque série d'échantillonnage, les paramètres nécessaires aux tests futurs des corrélations entre la qualité moyenne des eaux du Guiers et celle de la station de référence de N'Gnith.

Les groupes de séries d'échantillonnages A et B distinguent respectivement les 2 périodes d'étude soit 1979-82 et 1989-92. Les séries qui correspondent à une phase de remplissage sont indiquées par le sigle "R".

Pour certains paramètres, tels les sulfates, sodium et potassium, les séries A-S1 à A-S10 sont absentes à cause d'un manque de moyen analytique adéquat à l'époque.

Les séries B-S4 et B-S6 ne sont pas indiquées au tableau 1. Il s'agit en effet de 2 séries de mesures intermédiaires qui n'intéressent pas spécifiquement cette étude. Pour ne pas compliquer les appellations, les nomenclatures de base (qui font référence à l'étude complète et détaillée de la qualité du Guiers) ont néanmoins été maintenues.

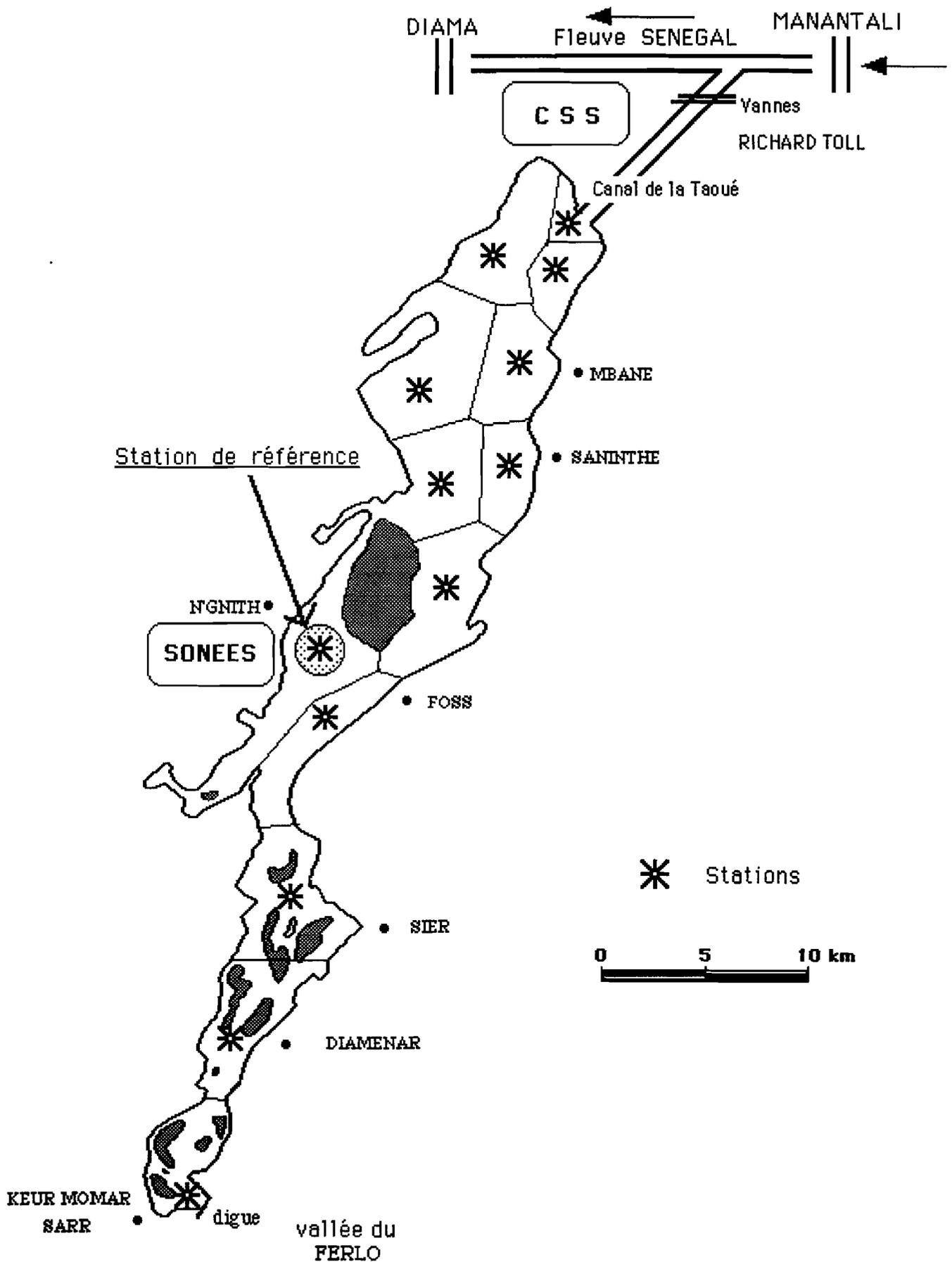


Fig. 1 : Carte du lac, emplacement des 13 stations d'échantillonnage et localisation de la station de référence de N'Gnith.

3. TEST DE LA STATION DE N'GNITH COMME STATION DE REFERENCE

3.1. Chlorures

Ce paramètre peut servir de "témoin" aux corrélations entre la qualité moyenne du lac et celle mesurée à N'Gnith. Son caractère conservatif exclut en effet son intervention dans les cycles biogéochimiques. Le sodium pourrait aussi jouer le rôle de paramètre de base mais n'a pu être mesuré que pour 43 des 53 séries d'échantillonnages.

La fig. 2 indique la corrélation générale qui unit les concentrations moyennes du lac et celles mesurées simultanément à la station de référence de N'Gnith.

La corrélation la meilleure est obtenue par une courbe de type "Puissance" dont le coefficient $r=0.90$.

Les points correspondants aux différentes périodes de remplissage sont précisés sur le graphique et se situent dans leur grande majorité sous la courbe de corrélation. Cette distinction nette entre les corrélations des 2 périodes spécifiques de l'année hydrologique est normale car le déplacement important des masses d'eau en phase de remplissage rend impossible la stabilisation du gradient de chlorinité nord-sud tel qu'on l'observe en phase d'isolement. D'autre part, le délai de dilution des apports fluviaux dans le lac lors de son remplissage est relativement important; les effets sont assez rapides (quelques jours) dans la région nord du Guiers mais par contre beaucoup retardés (10 à 20 jours) dans les régions centre et sud.

La corrélation est par conséquent faussée en période de remplissage.

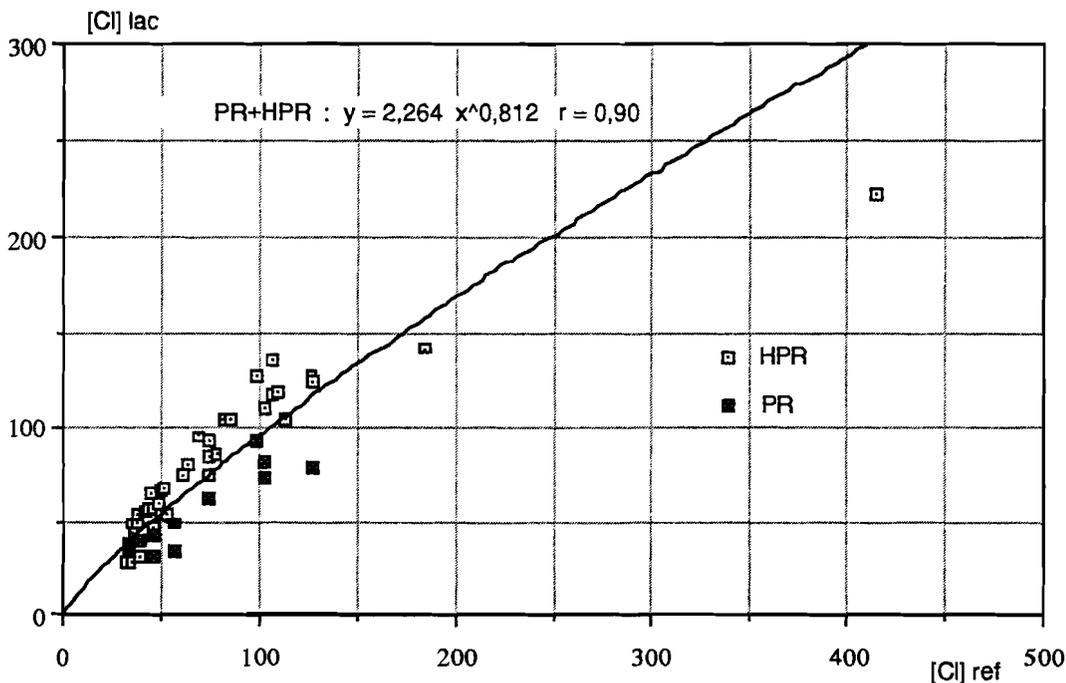


Fig. 2 : Relation entre les concentrations en chlorures moyennes du lac et celles mesurées simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) pour l'ensemble des 2 périodes d'échantillonnages. PR : Période de remplissage du lac ; HPR : Hors période de remplissage (Isolement).

La fig. 3 confirme cette première observation en indiquant séparément la corrélation des 12 points correspondants aux mesures effectuées en phases de remplissage du lac et des 39 points des phases d'isolement.

-En phase de remplissage la meilleure corrélation obtenue est linéaire avec un bon coefficient r de 0.91 mais qui est cependant à considérer avec des réserves. En effet, la période qui sépare la date d'ouverture des vannes du canal de la Taoué à Richard Toll de celle de la mesure de qualité d'eau "in situ" influence sans doute beaucoup la qualité de la corrélation observée. En début de phase de remplissage, la corrélation est mauvaise à cause d'un gradient de salinité dans le lac trop perturbé, avec des eaux fluviales très douces dans la zone nord tandis que les zones méridionales du Guiers ne sont pas encore atteintes par le flot; par contre, en fin de phase de remplissage, la dilution des eaux lacustres par les eaux fluviales est générale et terminée, un nouveau gradient de salinité s'est installé et stabilisé, et la corrélation s'améliore.

Il reste cependant que toute extrapolation des mesures effectuées à N'Gnith à l'ensemble du lac par la formule proposée semble assez hasardeuse durant la période de remplissage du Guiers.

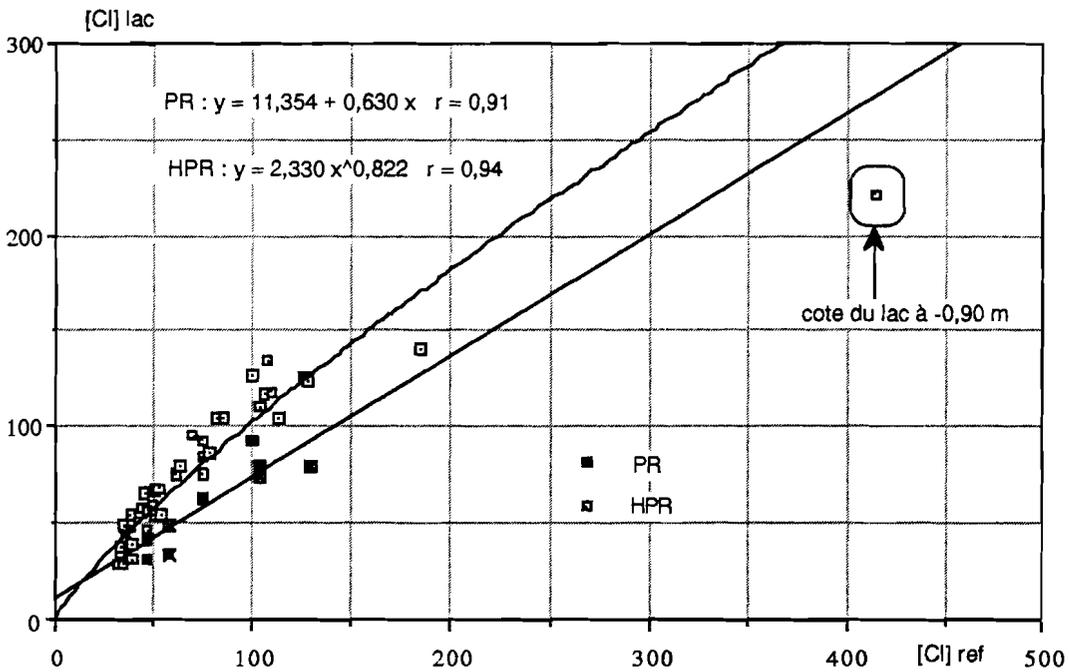


Fig. 3 : Relation entre les concentrations en chlorures moyennes du lac (mg/l) et celles mesurées simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) en phases de remplissage et d'isolement, considérées séparément. PR : Période de remplissage du lac ; HPR : Hors période de remplissage (Isolement)

-En phase d'isolement la meilleure corrélation est de type "Puissance" avec un coefficient r de 0.94. Un point se détache nettement dans le graphique. Il correspond à la série de mesure de juillet 1980 où la cote du lac avait atteint un record à la baisse soit -0.90 m. Or, à partir de la cote -0.50 m, des seuils apparaissent dans le sud du lac qui morcellent et isolent la région méridionale du reste du plan d'eau. Les grandes mares ainsi formées évoluent indépendamment en bassin évaporant fermé et les corrélations avec les mesures enregistrées à N'Gnith au même moment deviennent évidemment impossibles, les processus de minéralisation des eaux étant alors complètement indépendants.

La fig. 4 prend ensuite en considération les seuls points correspondants aux phases d'isolement du lac et pour les cotes supérieures à -0.50 m.

La meilleure corrélation obtenue est cette fois linéaire avec un coefficient $r=0.95$. Les points correspondants à la période d'analyses 1989-92 ne sont pas nettement différenciables de ceux de la période 1979-82.

La relation générale s'écrit :

$$\text{Chlorinité moyenne des eaux du lac} = (\text{Chlorinité mesurée à N'Gnith} * 1.047) + 6.747$$

Dans le cas des chlorures, la station de N'Gnith peut donc servir de station de référence pour le suivi qualitatif du lac du moins sous les conditions énoncées à savoir en dehors des périodes de remplissage et pour des niveaux supérieurs à -0.50 m.

Remarque : A l'avenir et compte tenu des conditions hydrologiques futures liées à l'exploitation des ouvrages de Diama et de Manantali, il est quasi exclu que le niveau du lac soit inférieur à cette cote limite de -0.50 m.

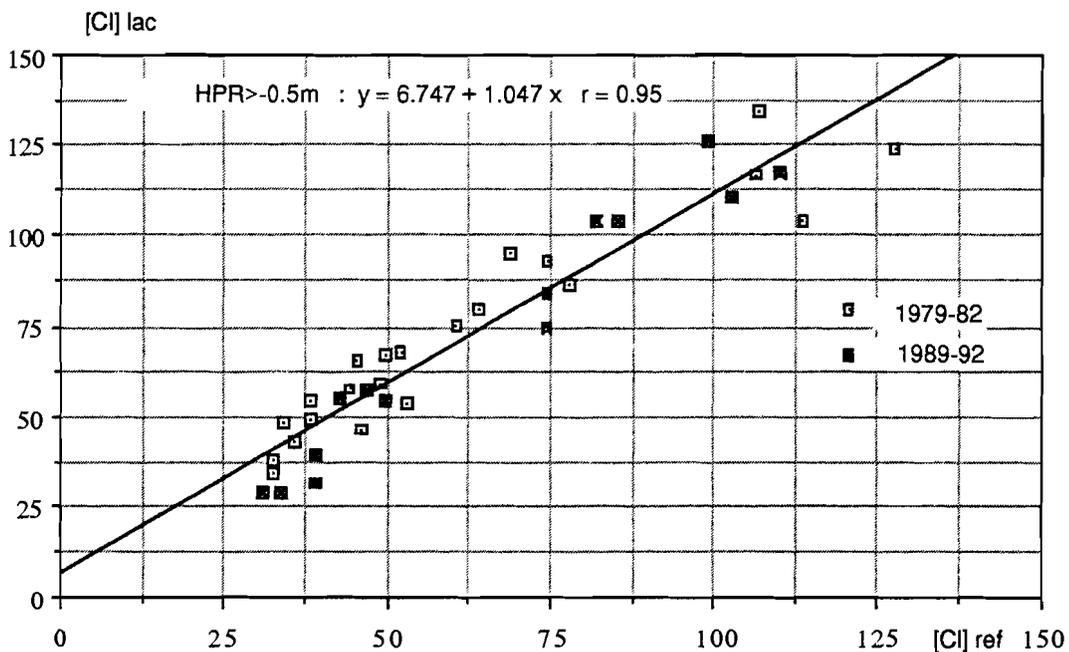


Fig. 4 : Relation entre les concentrations en chlorures moyennes du lac et celles mesurées simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

3.2 Autres paramètres

a) Sodium

L'autre paramètre conservatif qu'est le sodium permet une excellente corrélation entre sa teneur moyenne dans le lac et celle mesurée à N'Gnith aux périodes correspondantes (fig. 5). En respectant les mêmes conditions que dans le cas chlorures, le coefficient de corrélation est dans ce cas de 0.96 soit un peu meilleur que pour le paramètre précédent. Le nombre de corrélations prises en compte est cependant moindre (7 de moins que pour les chlorures) ce qui peut expliquer cela.

L'intérêt de la station de N'Gnith comme station de référence pour assurer le suivi qualitatif des eaux du Guiers se confirme donc, du moins dans le cas des éléments très conservatifs tels chlorures et sodium.

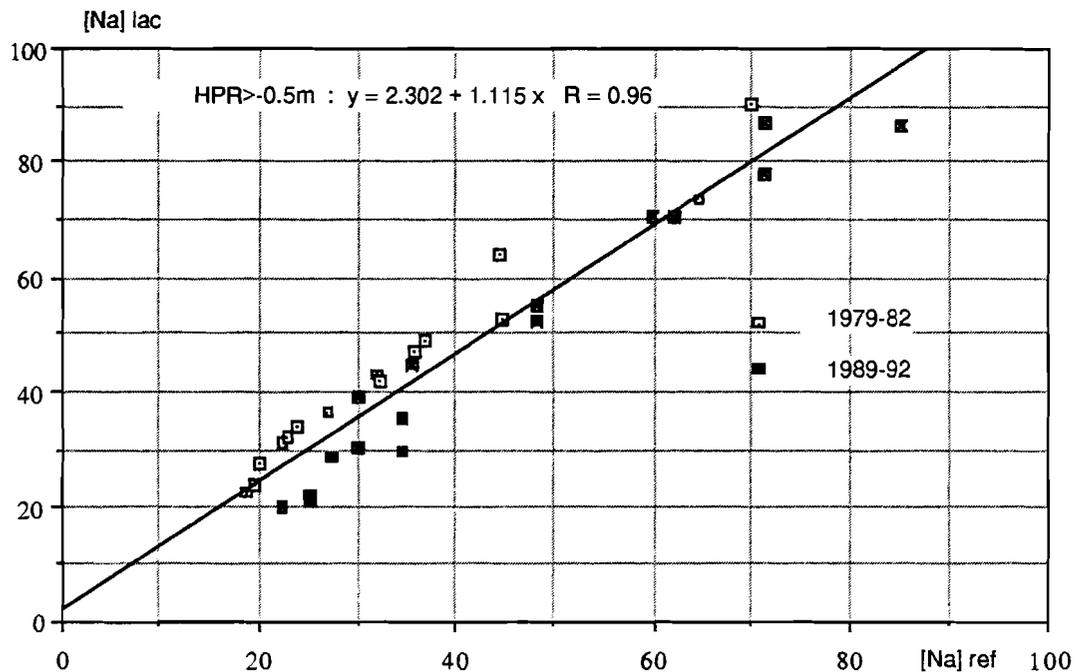


Fig. 5 : Relation entre les concentrations en sodium moyennes du lac et celles mesurées simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

b) Sulfates

La corrélation entre la concentration moyenne de l'élément dissous dans le lac et celle enregistrée à N'Gnith au même moment est indiquée à la figure 6.

Le caractère non conservatif de l'élément est clairement mis en évidence. La corrélation est assez faible ($r=0.89$) et la dispersion des points s'explique par l'intervention de l'élément dans les cycles géochimiques soit :

-Une consommation des sulfates au niveau du sédiment, très élevée comme l'ont déjà démontré les études précédentes (COGELS et GAC, 1987). D'autre part, une sulfato-réduction importante a été mise en évidence dans la région sud du lac.

-Un relargage déjà constaté dans la zone nord du Guiers.

Consommation et relargage sont ponctuels et expliquent les importantes différences de concentrations constatées d'un échantillon à l'autre et d'une série d'échantillonnages à la suivante. L'extrapolation à l'ensemble du lac des mesures en sulfates effectuées à la station de N'Gnith est donc très aléatoire.

L'étude des points de corrélation de la fig. 6 indique une nette différence entre les 2 périodes d'échantillonnages. Considérées séparément, les 2 relations ont un coefficient r respectivement de 0.93 et 0.98. La réduction du nombre de points de corrélation favorise ici son étroitesse. Néanmoins la nette différence entre les 2 périodes est à attribuer en premier lieu à la limitation des déversements de sulfates à la station de rejets des eaux de drainage de la CSS à l'extrémité nord du plan d'eau. En effet l'emploi de gypse (CaSO_4) à grande échelle pour le désalement des sols était auparavant la principale origine de l'élément dans le lac

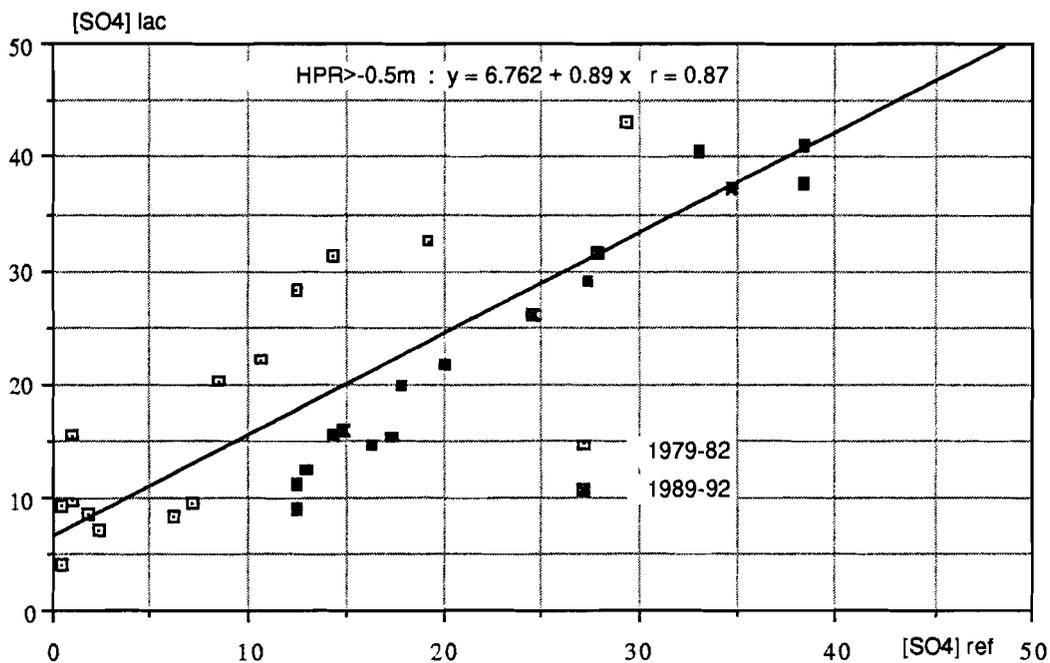


Fig.6 : Relation entre les concentrations en sulfates dissous moyennes du lac et celles mesurées simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

c) Alcalinité

Carbonates et bicarbonates dissous ont été regroupés et la relation entre leur concentration moyenne dans le lac et celle de la station de référence de N'Gnith est indiquée à la fig. 7.

Cette relation entre les 2 groupes de paramètres est relativement bonne malgré le caractère non conservatif des éléments. En effet :

- les bicarbonates sont libérés dans le milieu par le processus de sulfato-réduction.
- ils sont consommés pour la formation des argiles, participent au processus de formation de la calcite et entrent aussi dans le cycle biologique en servant à l'élaboration des coquilles de mollusques aquatiques.

Aucune différence significative n'est perceptible entre les mesures des 2 époques d'échantillonnages.

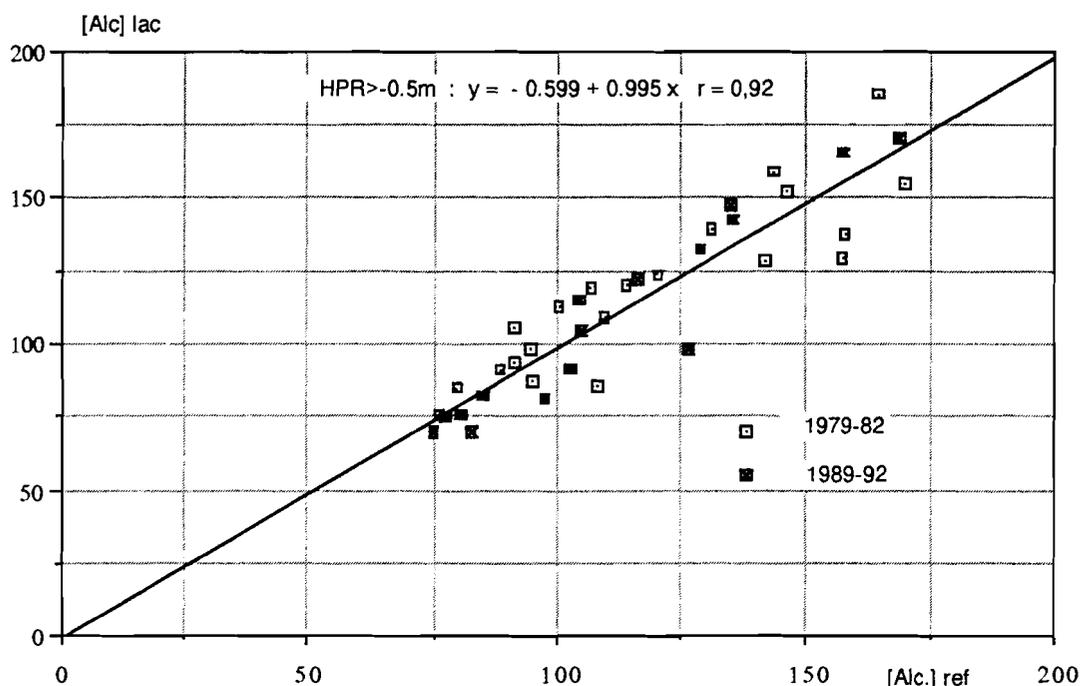


Fig.7 : Relation entre l'alcalinité moyenne du lac et celle mesurée simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à - 0.50 m.

d) Calcium

Cet élément intervient également dans les cycles biogéochimiques :

- Sa régulation est conditionnée tout d'abord par la précipitation de la calcite dans les zones sursaturées par rapport à l'élément. C'est le cas dans la région méridionale du Guiers, durant la majeure partie de l'année.

- La fixation de l'élément par les mollusques aquatiques pour l'élaboration des coquilles constitue une cause certaine de sa consommation au vu de l'importance de la population malacologique du Guiers. D'autre part, la redissolution des coquilles vides réintroduit l'élément dans le cycle biogéochimique.

Tout ceci entraîne bien sur des variations sensibles des concentrations en calcium dont l'évolution n'est donc pas liée uniquement au taux de minéralisation des solutions imposé par le processus d'évaporation.

La fig. 8 indique la relation entre la teneur moyenne des eaux et celle de la station de référence pour l'ensemble des 2 périodes; le coefficient de corrélation r est de 0.91.

Considérées séparément les 2 périodes d'échantillonnages se caractérisent par 2 corrélations bien distinctes avec un coefficient r de 0.89 pour la période 1979-82 et de 0.95 pour celle de 1989-92. Cela s'explique par une plus grande stabilité de l'élément dissous durant la seconde période, soumis moins nettement aux effets de la précipitation à cause de la minéralisation globale plus faible de l'eau du lac.

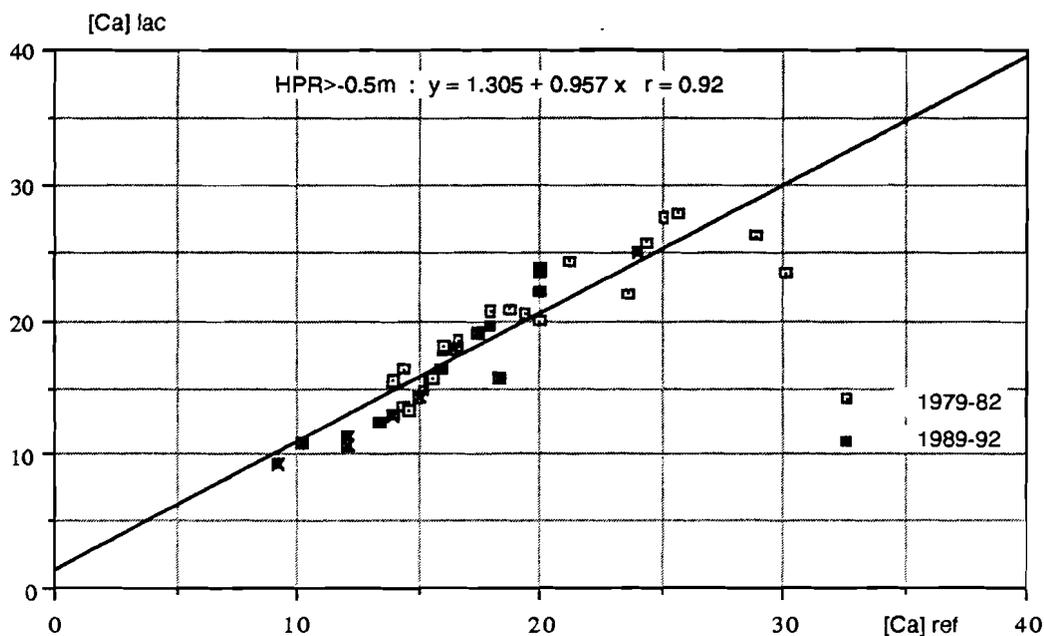


Fig. 8 : Relation entre les concentrations en calcium moyennes du lac et celles mesurées simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

e) Magnesium

La corrélation est excellente et indique le caractère conservatif de l'élément du moins pour les taux de minéralisation qui nous concernent ici.

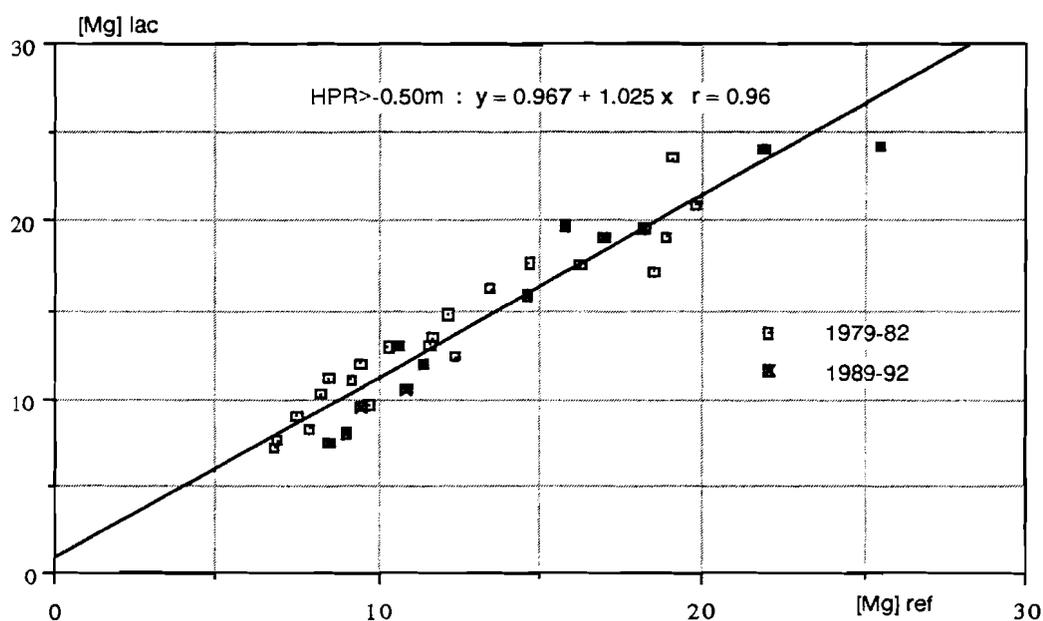


Fig. 9 : Relation entre les concentrations en magnésium moyennes du lac et celles mesurées simultanément à N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

Les processus biologiques de régulation n'interviennent que peu dans le cycle du magnésium et le coefficient de corrélation r (0.96) témoigne d'une remarquable stabilité de l'élément dissous du même ordre que celle des chlorures.

f) Potassium

L'intervention du potassium dans les cycles géochimiques a été mise en évidence dans la région méridionale du lac (COGELS et GAC, 1987) mais pour des taux de minéralisation des eaux élevés, devenus peu habituels aujourd'hui grâce aux bons remplissages du lac de ces dernières années. L'élément intervient également dans le cycle biologique, consommé par la végétation aquatique. La corrélation entre la teneur moyenne du lac et la concentration mesurée à la station de référence est très bonne (0.96) et autorise l'extrapolation des résultats de N'Gnith à la qualité moyenne du Guiers.

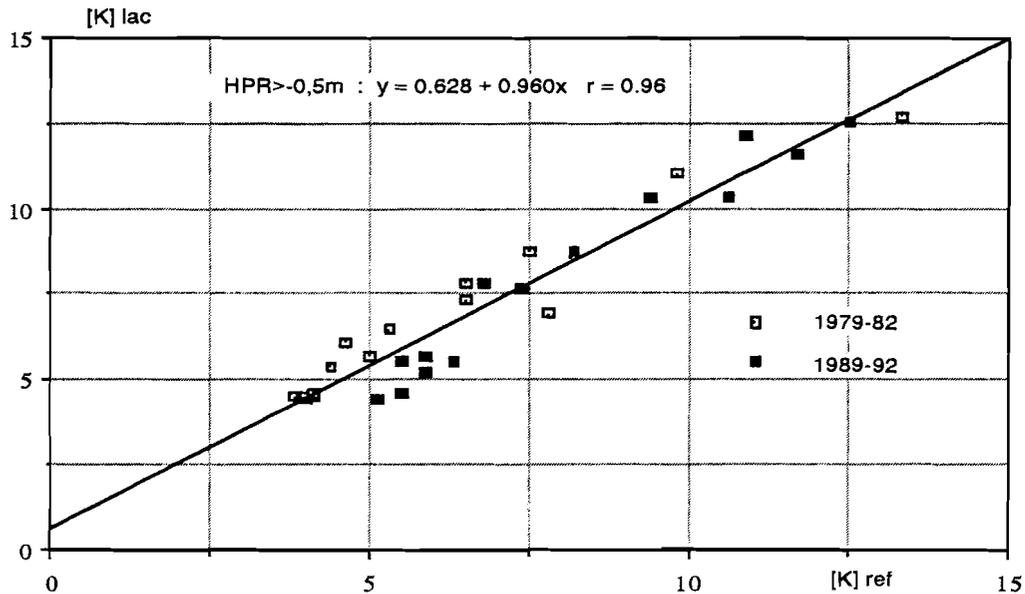


Fig. 10 : Relation entre la concentration en potassium moyennes du lac et celles mesurées simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

g) Minéralisation globale

La corrélation proposée est excellente comme le montre la fig. 11, avec un coefficient r de 0.96.

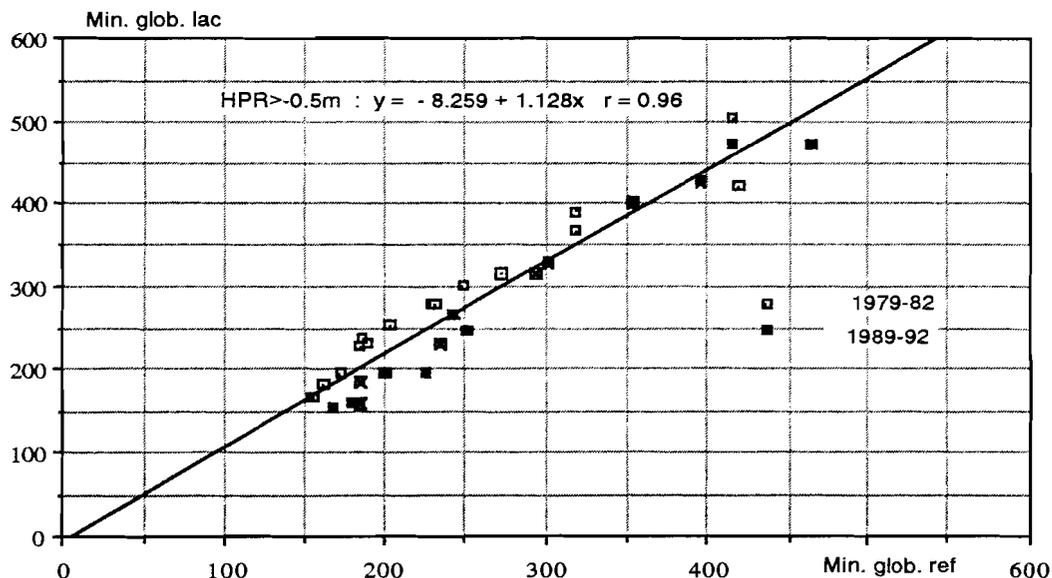


Fig. 11 : Relation entre la minéralisation globale moyenne du lac et celle mesurée simultanément à N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à - 0.50 m.

h) Relation entre la chlorinité à N'Gnith et la minéralisation globale des eaux du lac

Enfin on constate une très bonne corrélation entre la concentration des eaux en chlorures à N'Gnith et la minéralisation globale moyenne du lac comme l'indique la fig.12. Cette dernière corrélation peut être particulièrement intéressante et facile d'emploi pour un suivi régulier des eaux du Guiers, les chlorures dissous étant dosés quotidiennement au laboratoire de l'usine de la SONEES. L'analyse des autres paramètres n'y est effectuée qu'épisodiquement.

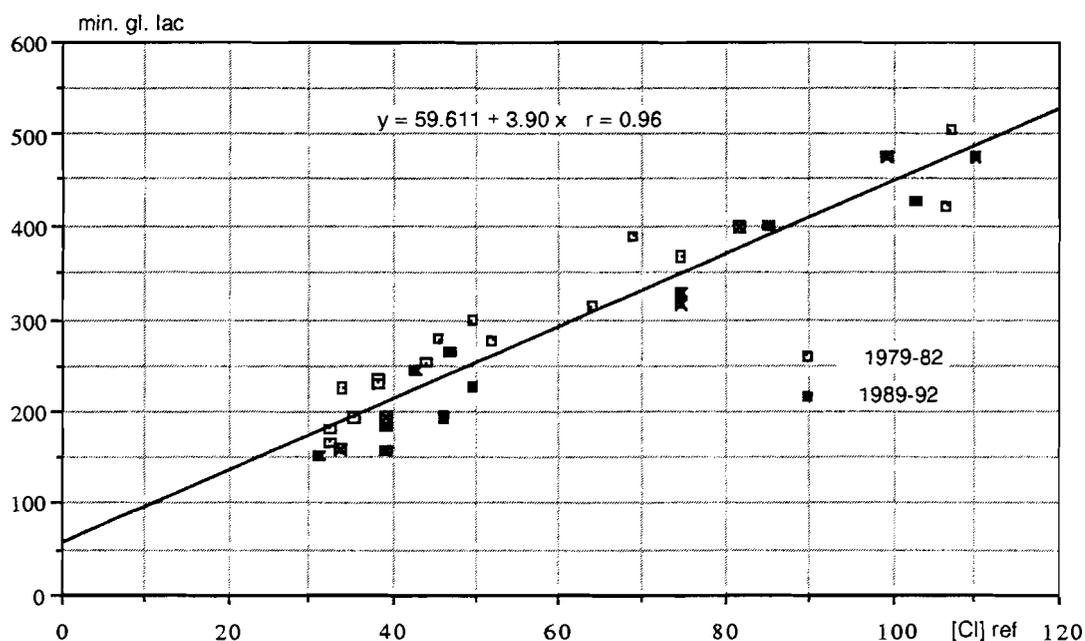


Fig. 12 : Relation entre la minéralisation moyenne du lac et la teneur en chlorures mesurée à N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

4. RECAPITULATION

Le tableau 2 récapitule l'ensemble des relations calculées pour les périodes d'échantillonnages 1979-82 et 1989-92. Seuls les sulfates n'ont pas été retenus comme paramètre dont la mesure à N'Gnith est extrapolable à l'ensemble du lac.

Rappelons que ces corrélations ne sont valables qu'en dehors des périodes de remplissage du lac et pour des hauteurs d'eau de la réserve supérieures à -0.50 m.

Chlorure	$[Cl]_{lac} = 1.047 [Cl]_{ref.} + 6.747$	$r = 0.95$
Alcalinité	$Alc.lac = 0.995 Alc.ref. - 0.599$	$r = 0.92$
Calcium	$[Ca]_{lac} = 0.957 [Ca]_{ref.} + 1.305$	$r = 0.92$
Magnesium	$[Mg]_{lac} = 1.025 [Mg]_{ref.} + 0.967$	$r = 0.96$
Sodium	$[Na]_{lac} = 1.115 [Na]_{ref.} + 2.302$	$r = 0.96$
Potassium	$[K]_{lac} = 0.96 [K]_{ref.} + 0.628$	$r = 0.96$
Minéralisation. globale	$Min.gl.lac = 1.128 Min.gl.ref. - 8.259$	$r = 0.96$

Tableau 2 : Formules de corrélations proposées entre les concentrations des divers éléments dissous mesurées à N'Gnith et celles, moyennes, du lac (mg/l).

CONCLUSIONS

L'excellente qualité des diverses corrélations testées (sulfates exceptés) entre la concentration d'un élément déterminé à la station de N'Gnith et la concentration moyenne lacustre de ce même élément semble confirmer la valeur de son emplacement comme station physico-chimique de référence .

L'intérêt du recours à une seule station de base pour un suivi qualitatif régulier du Guiers est bien sûr appréciable puisqu'il réduit la logistique et le temps de travail nécessaires.

Les corrélations proposées ne sont cependant valables qu'en période de faible déplacement des masses d'eau dans le Guiers, c'est à dire en dehors des phases d'apports fluviaux. La seconde condition est limnimétrique, puisqu'elle interdit une cote du lac inférieure -0.50 m.

D'autre part, les équations ne demeureront fiables que dans la mesure où le fonctionnement hydrologique du Guiers reste à l'avenir semblable à ce qu'il est aujourd'hui. Or, les projets d'aménagements hydroagricoles autour du lac et dans le Ferlo et surtout la mise en service possible d'un canal d'amenée d'eau à Dakar (projet "canal de Cayor"), pourraient modifier profondément le système en imposant un déplacement des masses d'eau nord-sud beaucoup plus rapide à travers le lac, avec des directions préférentielles nouvelles. Il conviendrait alors de revoir les abaques et les corrélations proposées ici.

Néanmoins, le travail présenté doit permettre de faciliter la tâche des responsables de l'environnement lacustre qui sera soumis dans les années à venir à une pression humaine et agricole croissante et dont la qualité risque de s'altérer.

Références bibliographiques

COGELS FX, J.Y. GAC JY., 1987

Evolution spatio-temporelle de la chimie des eaux du lac de Guiers (Sénégal)
Géodynamique, vol. 1, n° 2, p. 121-134

COGELS FX., GAC JY., APPAY JL., EVORA N., LABROUSSE B., 1990

Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989
Doc. multigr. ORSTOM-CEE, 60p.

COGELS FX., EVORA N., GAC JY., 1991

L'évaporation du lac de Guiers de 1976 à 1989. Bilan et essai d'interprétation
Doc. multigr. ORSTOM-CEE, 25p.

GAC JY., COGELS FX., EVORA N., LABROUSSE B., 1991

"Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990"
Doc. multigr. ORSTOM-CEE, 20p.

GAC JY., COGELS FX., EVORA N., 1992

Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1991
Doc. multigr. ORSTOM-CEE, 40p.

NIANG A., 1992

Premières approches pour la mise au point d'un modèle de gestion intégrée des eaux du lac de Guiers.

Mem. DEA de Géographie physique. Univ. de Dakar. 38p.

Série	Date	H lac	V lac	Cl lac	Cl ref	SO4 lac	SO4 ref	alc. lac	alc. ref	Ca lac	Ca ref	Mg lac	Mg ref	Na lac	Na ref	K lac	K ref	Σ lac	Σ ref
A-S1	27-07-79	-0,49	107,9	124,0	127,6			136,8	158,0	21,9	23,6	19,1	18,9						
A-S2	23-08-79	R 0,30	236,1	73,8	102,8			94,1	155,0	16,7	22,5	13,4	18,5						
A-S3	16-10-79	1,00	390,2	53,8	53,2			87,1	95,0	13,2	14,6	9,0	7,5						
A-S4	07-12-79	0,72	324,2	46,3	46,0			85,0	108,0	14,7	15,2	9,7	9,7						
A-S5	07-02-80	0,59	295,5	59,5	49,0			119,6	114,0	15,4	14,0	12,5	12,4						
A-S6	14-03-80	0,35	245,9	75,1	60,3			123,0	120,0	17,8	16,0	13,5	11,7						
A-S7	12-04-80	0,09	197,3	86,0	78,0			128,5	142,0	20,0	20,0	14,8	12,2						
A-S8	08-05-80	-0,20	149,3	104,0	113,4			154,2	170,0	23,5	30,1	17,1	18,5						
A-S9	15-07-80	-0,90	59,7	221,0	414,8			225,6	290,0	37,9	52,1	33,4	67,0						
A-S10	28-09-80	R 1,55	532,7	36,4	34,0			81,4	106,0	13,7	16,0	8,4	6,9						
A-S11	21-01-81	1,00	390,2	48,4	34,0	20,3	8,6	93,1	91,5	16,3	14,4	10,4	8,3	32,2	23,0	4,5	4,1	225,3	183,9
A-S12	17-02-81	0,87	358,9	54,3	38,3	15,5	1,0	97,9	94,6	18,1	16,0	11,3	8,5	33,9	24,0	4,5	3,8	235,5	186,1
A-S13	17-03-81	0,65	308,6	65,2	45,4	22,1	10,6	108,2	109,8	20,7	18,8	13,0	10,3	43,3	32,0	5,7	5,0	278,1	231,9
A-S14	07-04-81	0,46	268,1	67,1	49,6	31,2	14,4	109,2	109,8	20,6	18,0	14,8	12,2	48,8	36,8	6,9	7,8	298,7	248,7
A-S15	12-05-81	0,08	195,5	94,9	68,8	28,3	12,5	152,4	146,4	25,8	24,4	17,7	14,7	63,8	44,6	7,8	6,5	390,6	317,9
A-S16	10-06-81	-0,21	147,8	116,6	106,4	43,0	29,3	128,6	157,4	26,3	28,9	21,0	19,8	73,7	64,6	12,7	13,3	421,8	419,7
A-S17	07-07-81	-0,51	105,3	125,6	126,9	39,6	26,9	163,6	198,3	28,8	29,3	21,5	22,6	87,5	88,0	10,0	12,6	476,6	504,6
A-S18	10-08-81	R 0,16	209,8	79,2	128,4	25,8	26,9	95,6	115,9	19,2	23,4	13,5	25,2	49,6	76,0	7,3	10,8	290,2	406,5
A-S19	14-10-81	1,68	567,9	34,8	32,6	8,6	1,9	75,2	76,3	13,6	14,4	7,2	6,8	22,3	18,8	4,4	4,0	166,0	154,7
A-S20	17-11-81	1,49	516,6	38,0	32,6	7,1	2,4	84,4	80,0	15,7	15,6	7,6	6,9	24,0	19,6	4,5	4,0	181,2	161,1
A-S21	22-12-81	1,32	471,5	43,3	35,5	4,2	0,52	91,1	88,5	15,7	15,4	8,3	7,9	27,4	20,0	4,6	4,1	194,6	171,8
A-S22	08-01-82	1,22	445,5	49,0	38,3	9,4	7,2	105,3	91,5	18,1	16,6	11,1	9,2	31,1	22,3	5,4	4,4	229,4	189,5
A-S23	16-02-82	1,02	395,1	57,5	44,0	9,3	0,5	112,5	100,7	18,5	16,6	12,0	9,5	36,4	26,9	6,1	4,6	252,3	202,8
A-S24	15-03-82	0,78	337,9	67,6	51,8	9,6	1,0	118,9	106,8	20,4	19,4	13,1	11,6	41,8	32,4	6,5	5,3	277,9	228,3
A-S25	18-04-82	0,45	266,0	79,7	63,8	9,6	0,5	139,2	131,2	24,3	21,2	16,2	13,5	47,1	36,0	7,3	6,5	323,3	272,7
A-S26	11-05-82	0,20	217,2	92,8	74,5	8,3	6,2	158,9	143,4	28,0	25,7	17,6	16,2	53,0	44,9	8,8	7,5	367,4	318,4
A-S27	17-06-82	-0,20	149,3	134,7	107,1	32,6	19,2	185,4	164,8	27,6	25,1	23,6	19,1	90,5	70,0	11,0	9,8	505,3	415,1
A-S28	17-07-82	-0,52	104,0	140,8	185,1	32,1	38,9	173,8	207,5	25,3	25,9	23,1	28,9	93,4	132,0	11,6	16,2	500,1	634,4
B-S1	08-09-89	R 1,52	524,6	31,7	46,1	11,1	16,3	73,4	76,7	13,3	13,4	8,6	10,5	23,0	32,2	6,6	7,4	167,7	202,7
B-S2	09-11-89	1,49	516,6	28,8	33,7	9,1	12,5	74,9	80,8	12,4	13,4	7,5	8,5	20,8	25,3	5,7	5,9	159,2	180,0
B-S3	29-11-89	1,38	487,3	29,1	31,2	11,2	12,5	69,1	75,0	10,6	12,0	7,5	8,5	19,9	22,3	4,6	5,5	152,1	167,0
B-S5	19-03-90	0,73	326,5	57,1	46,8	21,7	20,1	104,3	105,0	16,3	15,9	12,1	11,4	45,0	35,7	7,8	6,8	264,4	241,6
B-S7	05-05-90	0,36	247,9	74,7	74,5	29,1	27,4	115,1	104,2	19,0	17,4	16,0	14,6	52,4	48,3	8,7	8,2	315,0	294,6
B-S8	12-06-90	0,07	193,8	104,4	81,6	40,5	33,1	132,0	128,7	23,5	20,0	19,1	17,0	70,6	62,1	10,3	10,6	400,3	353,1
B-S9	23-06-90	0,02	185,1	110,4	102,8	41,0	38,4	142,5	135,4	23,8	20,0	19,8	15,8	77,8	71,3	11,6	11,7	426,9	395,5
B-S10	12-07-90	R 0,08	195,5	92,7	99,3	38,6	41,3	125,8	159,9	21,3	24,0	18,2	19,5	69,9	75,9	9,8	11,3	376,3	431,2
B-S11	15-08-90	R 0,90	366,0	62,8	74,5	23,4	32,2	95,2	122,0	15,8	19,4	12,0	14,6	43,9	52,9	7,2	8,2	260,3	323,8
B-S12	03-10-90	R 1,36	482,0	48,4	56,7	17,6	21,1	92,4	106,8	13,7	16,2	11,1	13,4	35,6	41,4	6,2	7,4	225,0	263,1
B-S13	12-12-90	1,28	461,0	54,2	49,6	15,9	14,9	91,3	103,1	14,2	15,0	10,6	10,9	35,3	34,5	5,5	6,3	227,0	234,4
B-S14	10-02-91	1,12	420,0	55,1	42,6	19,9	17,8	97,2	126,2	15,6	18,4	13,1	10,6	39,4	29,9	5,5	5,5	245,9	250,9
B-S15	18-04-91	0,60	297,7	83,5	74,5	26,1	24,5	121,9	116,1	17,8	16,4	15,9	14,6	55,0	48,3	7,6	7,4	327,6	301,8
B-S16	01-05-91	0,33	242,0	104,0	85,1	31,5	27,9	147,1	135,0	19,6	18,0	19,6	18,2	70,3	59,8	10,3	9,4	402,5	353,4
B-S17	19-06-91	0,18	213,5	126,4	99,3	37,2	34,6	165,5	157,3	22,1	20,0	24,1	21,9	87,0	71,3	12,1	10,9	474,5	415,4
B-S18	18-07-91	0,13	204,4	117,5	109,9	37,7	38,4	170,6	168,9	25,0	24,0	24,3	25,5	86,5	85,1	12,5	12,5	474,1	464,5
B-S19	21-08-91	R 1,19	437,8	80,8	102,8	24,9	40,8	109,3	126,8	16,2	22,0	15,3	19,5	49,1	62,1	8,7	9,4	304,5	383,4
B-S20	24-09-91	R 1,80	600,6	33,4	56,7	11,5	19,7	58,5	95,8	9,6	13,8	8,0	14,6	21,3	36,8	4,8	6,6	147,1	244,1
B-S21	26-11-91	1,37	484,6	31,8	39,0	12,6	13,0	69,1	83,0	9,2	9,2	8,0	9,0	22,2	25,3	4,4	5,1	157,2	183,6
B-S22	14-01-92	1,10	415,0	39,1	39,0	15,6	14,4	74,7	77,5	10,8	10,2	9,6	9,5	28,5	27,6	5,2	5,9	183,4	184,1
B-S23	17-03-92	R 1,03	397,6	41,9	46,1	15,3	17,3	81,3	97,6	11,4	12,0	9,2	12,0	29,4	34,5	5,1	6,3	193,5	225,8
B-S24	12-05-92	R 1,45	505,9	39,0	39,0	14,6	16,3	82,1	85,4	12,9	14,0	9,8	9,8	30,4	29,9	5,0	5,1	193,7	199,6
B-S25	30-06-92	R 1,44	503,2	61,8	53,2	15,7	17,8	88,9	91,5	12,4	13,2	11,1	10,9	33,5	34,5	6,3	6,3	229,6	227,4

Tableau 1 : Hauteurs d'eau (H lac), volume (V lac) et concentration moyenne (mg/l) des éléments dissous dans le lac et mesurée simultanément à la station de référence de N'Gnith (ref).
Σ = minéralisation globale - R = phase de remplissage du lac