

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

**EVOLUTION ANNUELLE ET INTERANNUELLE
DES CHLORURES DANS LE LAC DE GUIERS à N'GNITH
DE 1973 à 1991**

PROJET CEE (EQUESEN) TS2 0198 F EDB



Mars 1992

(1) Fondation Universitaire Luxembourgeoise, av. de Longwy 185, 6700 Arlon, Belgique
(2) Institut français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), BP 1386, Dakar, Sénégal

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

**EVOLUTION ANNUELLE ET INTERANNUELLE
DES CHLORURES DANS LE LAC DE GUIERS à N'GNITH
DE 1973 à 1991**

PROJET CEE (EQUESEN) TS2 0198 F EDB

05/03/98
8521 D DCD CAR

Mars 1992

(1) Fondation Universitaire Luxembourgeoise, av. de Longwy 185, 6700 Arlon, Belgique

(2) Institut français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), BP 1386, Dakar, Sénégal

Préambule

Nous adressons nos sincères remerciements à la Direction de la SONEES et plus particulièrement à M. NDIAYE, Directeur de l'usine des eaux de N'Gnith, pour l'accueil qu'il nous a toujours réservé et les facilités qu'il nous a accordées dans le cadre de cette étude.

Nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à M. FALL chef du laboratoire d'analyse des Eaux à N'Gnith qui a rassemblé pour nous toutes les données qu'il a lui même recueillies depuis 19 ans et qui seront traitées dans ce travail.

Photo de couverture : Tour d'exhaure de la station de pompage de l'usine de la SONEES à N'Gnith

SOMMAIRE

INTRODUCTION : PROBLEMATIQUE GENERALE

1. FONCTIONNEMENT GENERAL DU LAC

- 1.1. Schéma de fonctionnement
- 1.2. Les phases de l'année hydrologique

2. LA CHLORINITE DES EAUX

2.1. Evolution annuelle et interannuelle de la chlorinité

- 2.1.1. Evolution générale des chlorures dissous de 1973 à 1991
- 2.1.2. Limites annuelles de la chlorinité
- 2.1.3. Relation générale entre les chlorures dissous et le volume du lac

2.2. Evolution annuelle et interannuelle de la relation entre la chlorinité des eaux et le volume du lac

- 2.2.1. Etude de cas : l'année hydrologique 1980-81
- 2.2.2. Relation chlorinité : volume du lac selon les phases de l'année hydrologique
- 2.2.3. Bilan, origines et conséquences de l'évolution de la chlorinité des eaux depuis 1973

CONCLUSIONS

BIBLIOGRAPHIE

Tableaux annexes

Introduction : Problématique générale

Les premiers aménagements autour du lac de Guiers datent des années 1950. Le but était de faire du plan d'eau une réserve d'eau douce destinée à l'irrigation du riz tout d'abord puis de la canne à sucre ensuite lors de l'installation à Richard-Toll de la compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) vers 1970. La remontée saline annuelle dans le cours du Sénégal et l'hyperminéralisation des eaux fluviales qui en résultait empêchait en effet l'utilisation des eaux fluviales à des fins agricoles durant une bonne partie de l'année.

Signalons aussi la mise en fonction au début des années 1970 de l'usine de la SONEES (Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal) à N'Gnith sur la rive ouest. Cette usine alimente en eau traitée la presqu'île du Cap-Vert et la ville de Dakar en particulier.(fig. 1)

La digue de Keur Momar Sarr au sud et celles qui délimitent les surfaces irriguées au nord ont ainsi permis de créer un véritable réservoir alimenté annuellement d'août à octobre lors de la crue fluviale et vidé progressivement le reste de l'année sous l'effet des pompages et de l'évaporation. Les mauvais remplissages liés aux faibles crues fluviales et la demande en eau chaque année plus élevée engendraient maints problèmes tant quantitatifs que qualitatifs.

Les problèmes qualitatifs des eaux de la basse vallée du Sénégal sont résolus depuis la mise en fonction du barrage aval de Diama en 1985 en empêchant la remontée marine annuelle. Quant aux problèmes quantitatifs, ils ne le seront définitivement que lorsque le fonctionnement du barrage régulateur amont de Manantali, édifié en 1987, aura atteint son régime de croisière.

Grâce au barrage de Diama, les remplissages du Guiers ont été nettement meilleurs ces 5 dernières années, et la CSS a pu y réduire ses prélèvements en pompant dans le fleuve (et non plus dans le lac) ses eaux d'irrigation.

L'objet de l'étude physicochimique générale en cours aujourd'hui est d'abord de dresser le bilan de la qualité actuelle des eaux du lac de Guiers et d'essayer d'appréhender son évolution particulièrement depuis la mise en fonction du barrage de Diama.

Dans une première étape concrétisée par ce travail, il s'est avéré intéressant de dresser le bilan d'un paramètre physicochimique particulier, les chlorures, analysés régulièrement dans les eaux brutes pompées à l'usine de la SONEES de N'Gnith depuis 1973.

Les chlorures sont un paramètre conservatif. Leur concentration reflète la minéralisation globale des eaux et leur étude doit permettre d'estimer l'évolution qualitative du lac ces 19 dernières années sous l'effet entre autres des rejets dans sa zone nord des eaux de drainage des cultures irriguées. Une première étude réalisée par COGELS et GAC (1983) avait déjà mis en évidence le problème de ces déversements.

Enfin la station de N'Gnith, de par son implantation dans la partie centrale sur le lac, devrait devenir dans le futur la station de référence du Guiers destinée à assurer le suivi qualitatif de ses eaux; il restera dans une phase d'étude ultérieure à la "caler" sur la qualité moyenne des eaux du Guiers obtenue sur la base du suivi régulier de 15 stations d'échantillonnage réparties sur l'ensemble du lac. Le présent travail en est la première étape.

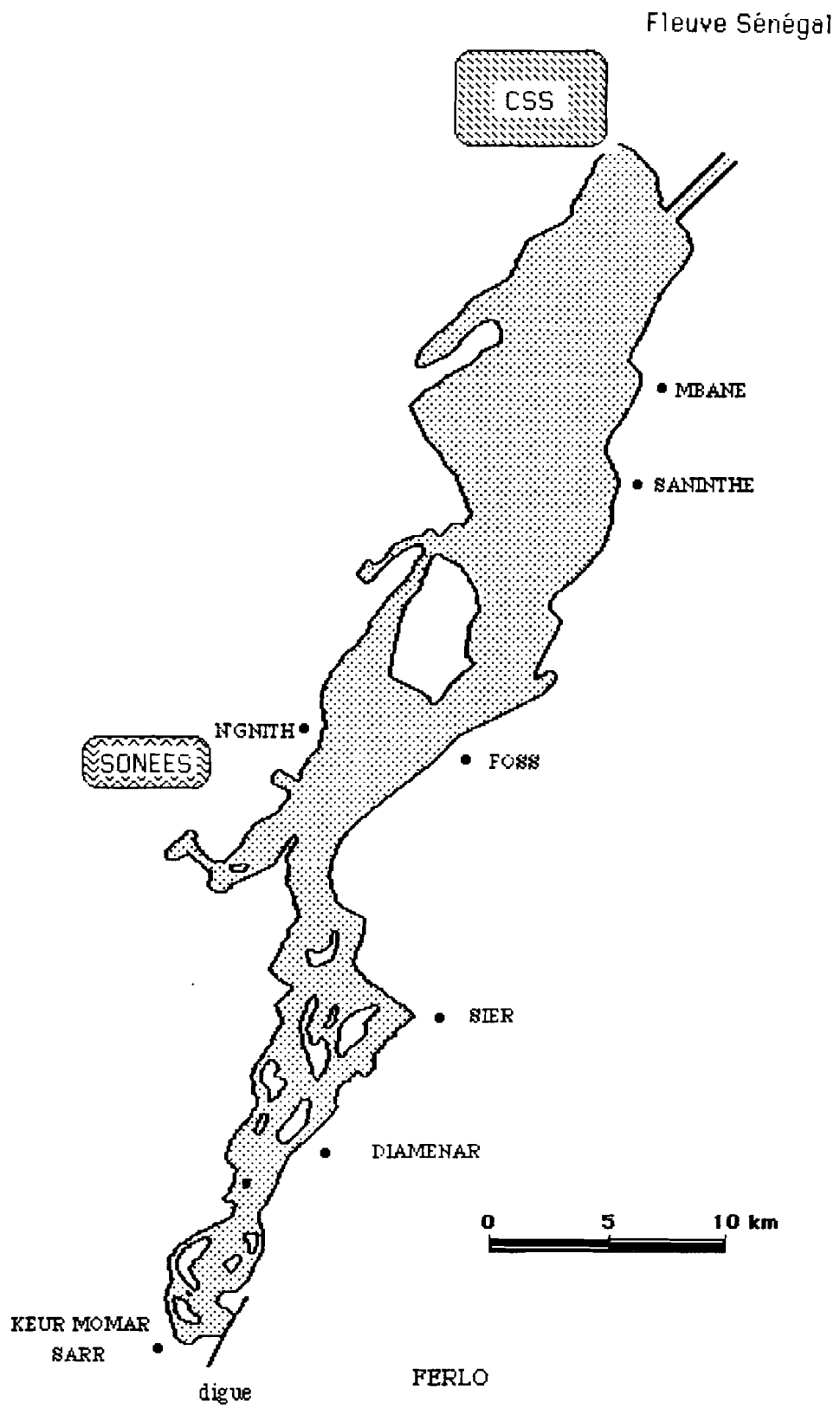


Fig. 1.: Carte générale du lac de Guiers et des principales localités.

1. FONCTIONNEMENT GENERAL DU LAC

Le lac de Guiers a donc fait l'objet d'aménagements successifs et son mode de fonctionnement hydrologique a progressivement évolué. Le but n'est pas ici de détailler ce fonctionnement mais de présenter de manière succincte les éléments qui peuvent intervenir dans l'évolution de la qualité de ses eaux. Pour plus de détails relatifs à l'hydrologie du lac, le lecteur se référera aux rapports précédents établis dans le cadre de la convention EQUESSEN, soit principalement :

- COGELS FX., GAC JY., APPAY JL., EVORA N., LABROUSSE B., 1990
"Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989"
- GAC JY., COGELS FX., EVORA N., LABROUSSE B., 1991
"Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990"
- GAC JY., COGELS FX., EVORA N., 1992 (à paraître)
"Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1991"

1.1. Schéma de fonctionnement

La fig. 2 présente le schéma général des apports et pertes du Guiers soit :

a. Au rang des pertes :

-La Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) qui prélève périodiquement ses eaux d'irrigation dans le Guiers en fonction des disponibilités hydriques dans le fleuve et la réserve de Diama. Le jeu des 2 barrages de Richard-Toll lui permet de s'approvisionner soit dans le fleuve soit dans le lac par l'intermédiaire du canal de la Taoué.

Ces prélèvements ont cependant progressivement diminué depuis 1985, date de la mise en fonction du barrage de Diama.

-La Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal (SONEES) installée depuis 1972 à N'Gnith sur la rive ouest du lac.

-Les périmètres irrigués, de tailles variables, sur les rives principalement dans la moitié nord.

-Signalons encore les lâchers périodiques vers la vallée du Ferlo (depuis 1988) destinés à évacuer vers la vallée fossile les eaux très minéralisées de la région sud du lac et ceux d'appoint vers la réserve de Diama.

-L'évaporation (environ 2,25 m par an) qui représente en moyenne 80 % des pertes totales.

b. Au niveau des apports

-Les apports fluviaux par l'intermédiaire du canal de la Taoué. (85% des apports)

-Les rejets des eaux de drainage des cultures irriguées de la zone nord du lac (7% des apports)

-La pluviométrie qui ne totalise en moyenne que 8% des apports

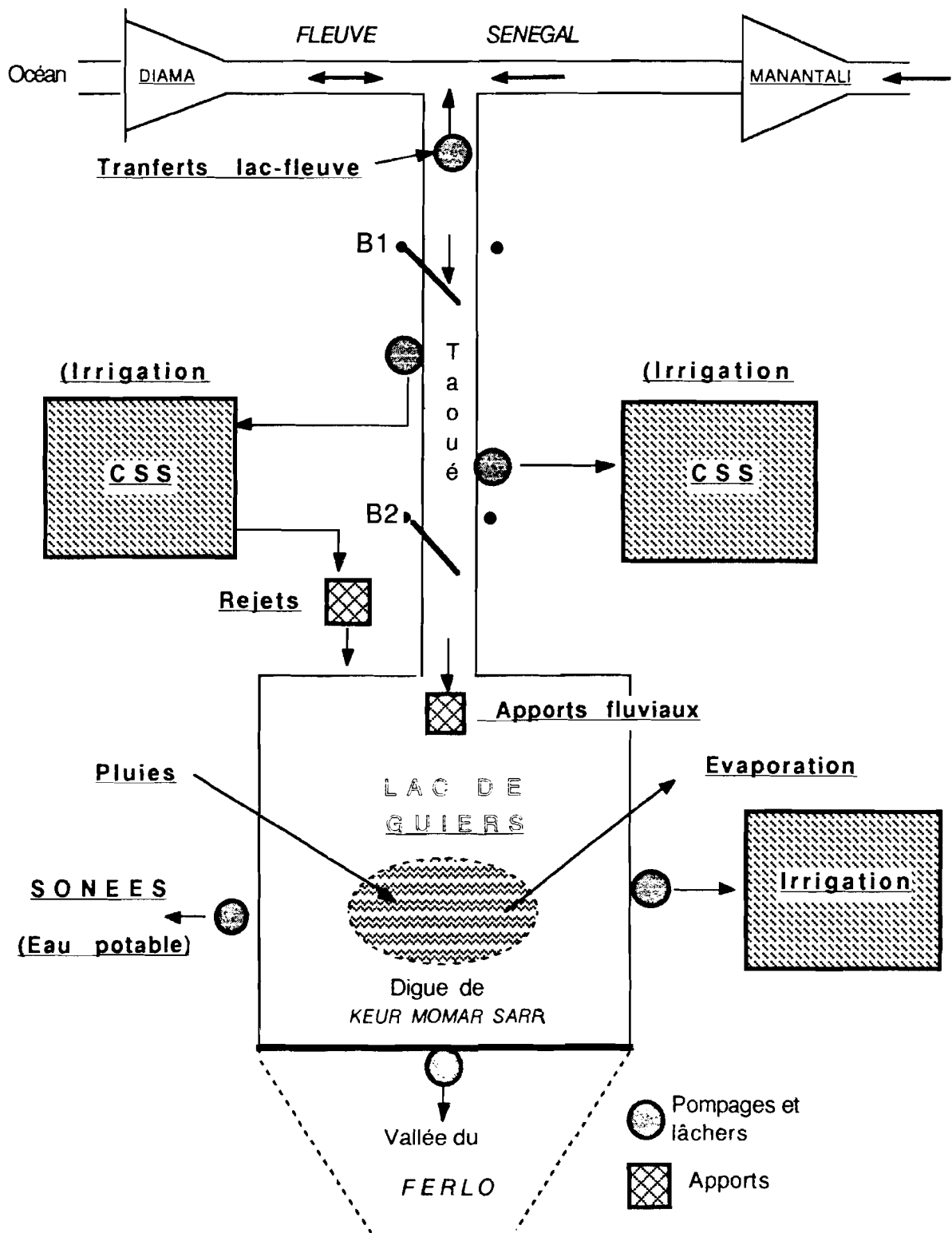


Fig. 2 : Schéma simplifié des apports et pertes en eau du lac de Guiers

1.2. Les phases de l'année hydrologique

L'année hydrologique normale du Guiers se subdivise en 2 phases principales :

-une phase de remplissage d'août à octobre en moyenne, qui correspond à l'arrivée de la crue fluviale à hauteur de la ville de Richard Toll et de la jonction fleuve-lac. L'ouverture des ponts barrages de la Taoué permet le remplissage du plan d'eau et ce jusqu'au moment de l'équilibrage des niveaux fluvio-lacustres. A ce moment le pont barrage B2 est fermé et le lac débute sa seconde phase.

-une phase d'isolement d'une durée moyenne de 9 mois qui s'étend d'octobre à juin de l'année qui suit. Durant cet épisode, le niveau des eaux baisse plus ou moins rapidement selon la hauteur d'eau atteinte au remplissage et en fonction des pompages et de l'évaporation.

Le jeu des 2 barrages B1 et B2 permet à la CSS de prélever ses eaux à partir du fleuve ou du lac en fonction des circonstances.

Cet ordre chronologique est loin d'être immuable et beaucoup de phases intermédiaires et ponctuelles sont intervenues au cours de ces 20 dernières années : Lâchers d'appoints à la réserve de Diama et vers la vallée du Ferlo, remplissages complémentaires en cours d'année etc.....

Pour plus de détails quant à l'historique du fonctionnement du lac, le lecteur se référera aux rapports ORSTOM-FUL-CEE déjà cités.

2. LA CHLORINITE DES EAUX

Le laboratoire de la SONEES à N'Gnith effectue depuis 1973 l'analyse des eaux du lac à cadence journalière ou hebdomadaire selon les paramètres.

Ces analyses servent à la gestion de la station de traitement des eaux; toutes ne nous sont donc pas nécessaires. Les chlorures y sont régulièrement analysés et l'interprétation des résultats doit permettre d'évaluer et de comprendre l'évolution de la salinité du lac depuis 19 ans.

Les données de chlorinité sont mises en relation avec celles des volumes lacustres du jour correspondant, elles mêmes calculées d'après les formules proposées par COGELS et al. (1989).

2.1. Evolution annuelle et interannuelle de la chlorinité

Les tableaux en annexe 1 présentent l'ensemble des données dont nous disposons pour la période 1973-1991, soit la chlorinité de l'eau à N'Gnith, la hauteur d'eau du lac et son volume au jour correspondant.

Les concentrations en chlorures indiquées sont :

-soit des données journalières

-soit des moyennes de données journalières, calculées le plus souvent par tranches de 5 jours. Ceci concerne surtout les années 1973 à 1985. Dans ce cas la moyenne calculée ainsi est arbitrairement attribuée au troisième jour de la tranche choisie. La hauteur d'eau du lac correspondante est elle aussi la moyenne de 5 hauteurs d'eau quotidiennes.

(Ceci peut entraîner de légères différences dans l'évaluation de la cote du lac par rapport aux données limnimétriques "sensu stricto")

Enfin il est tenu compte de la phase de l'année hydrologique à laquelle correspondent les données, soit la phase de remplissage ou de jonction fleuve - lac et la phase d'isolement.

Signalons que les données du laboratoire de la SONEES exprimées en "degrés français" ont été converties en mg/l.

2.1.1. Evolution générale des chlorures dissous de 1973 à 1991

La fig. 3 synthétise l'évolution des concentrations des chlorures à N'Gnith sur les 19 années de la période étudiée.

Les teneurs extrêmes ont été observées en août 1983 (350 mg/l) et en mars 1976 (28 mg/l).

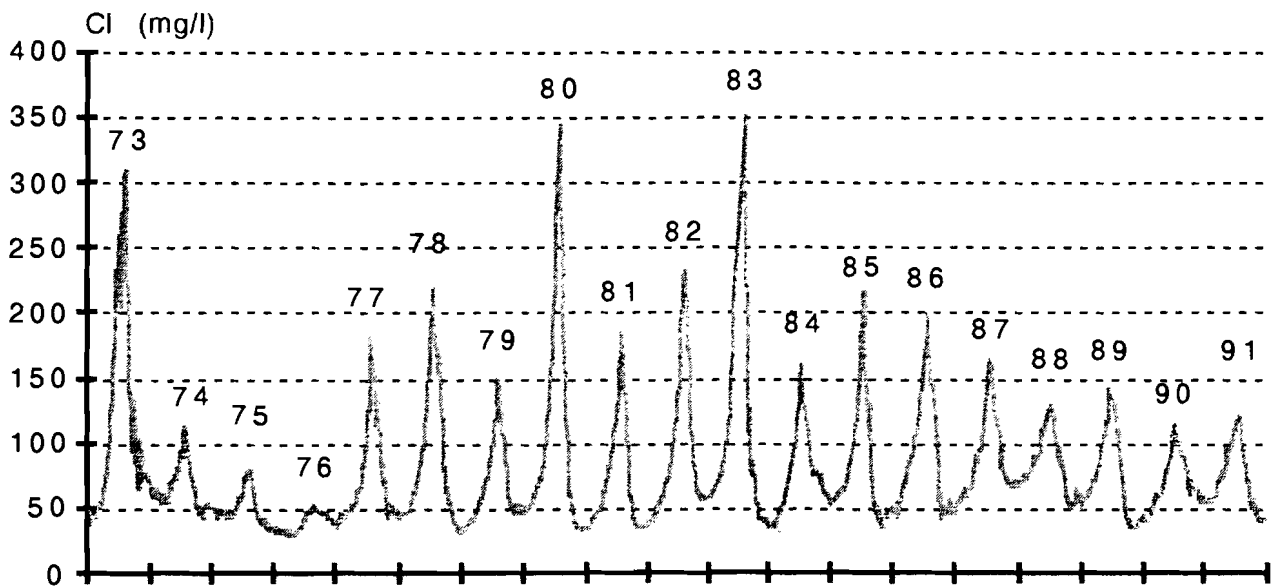


Fig. 3 : Evolution annuelle des teneurs en chlorures à N'Gnith de 1973 à 1991

L'évolution annuelle est typique, avec un pic de concentration plus ou moins accentué qui se distingue généralement très nettement. On relève des années à très fortes fluctuations des concentrations (1973, 1980 et 1983) d'autres à variations moins accentuées (1977, 78, 79, 81, 82 et 1984 à 86) et enfin des périodes à faibles ou très faibles fluctuations comme entre 1974 et 1976 puis de 1987 à nos jours.

Ces variations tant annuelles qu'interannuelles s'expliquent par les conditions hydrologiques qui les ont induites.

Les fig. 4 et les suivantes indiquent l'évolution annuelle des chlorures et celle du volume lacustre aux jours correspondants.

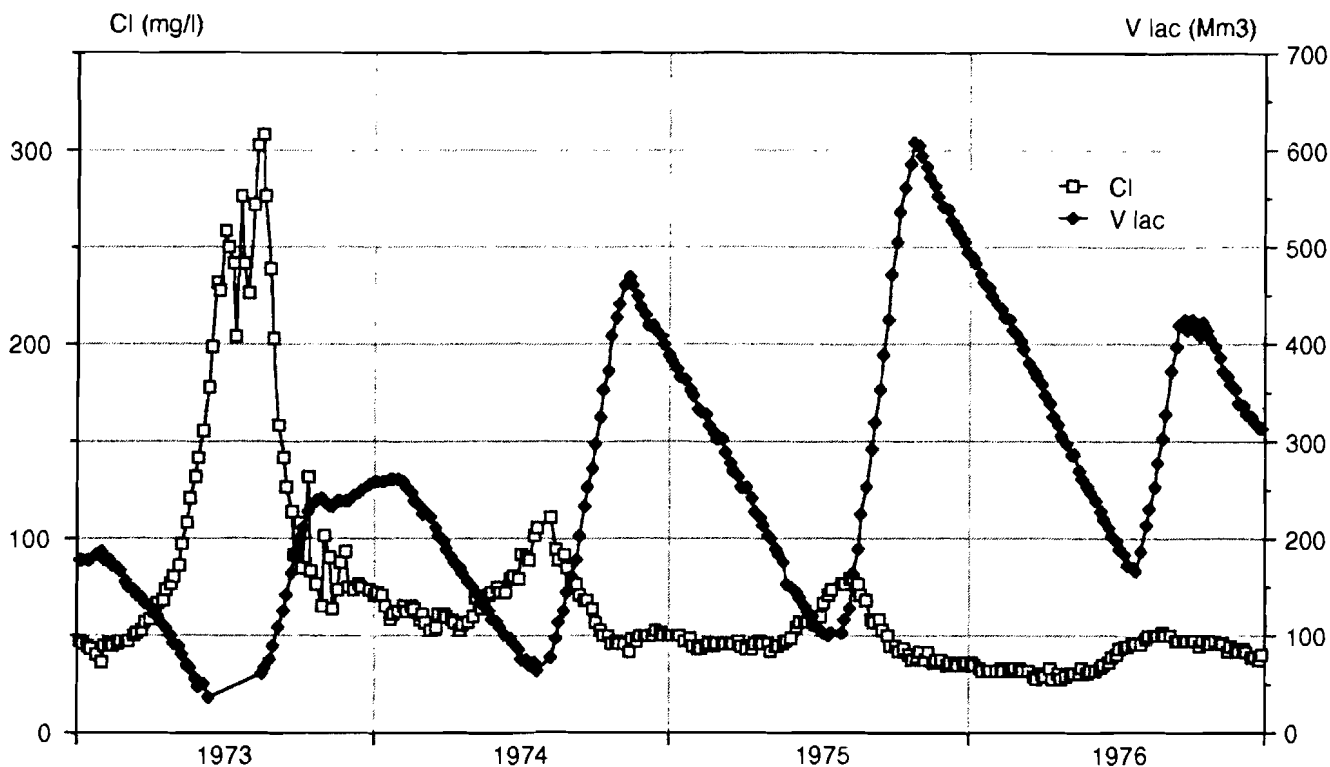


Fig.4 : Evolution annuelle des chlorures dissous et du volume du lac correspondant de 1973 à 1976.

La période débute par une année à conditions hydrologiques précaires : un faible remplissage du Guiers en 1972 dû à une crue insignifiante entraîne des conditions extrêmes en 1973 avec un lac quasi asséché aux environs du mois de juin. L'évaporation intense provoque une hausse impressionnante des chlorures dissous dont les teneurs atteignent près de 310 mg/l début juin.

La crue fluviale de 1973 n'est guère plus favorable que la précédente et le lac se remplit très lentement. La jonction fleuve-lac reste d'ailleurs ouverte jusqu'en janvier 1974. Cet apport d'eau douce constant durant la seconde moitié de l'année 1973 explique la diminution du taux des chlorures dissous malgré des conditions hydrologiques lacustres intrinsèquement très déficitaires.

A partir du début février 1974 les chlorures progressent à nouveau mais n'atteignent que le tiers environ de la valeur extrême enregistrée l'année précédente. Le remplissage du lac est correct en 1974 et se prolonge jusqu'au début novembre, avec une cote maximale de 1,31 m. Les prélèvements de la CSS sont encore peu importants à cette époque par rapport à ce qu'ils seront les années suivantes. Le niveau des eaux baisse donc relativement lentement et la progression des chlorures est faible avec un maximum de 75 mg/l en juillet 1975.

Le remplissage du lac en 1975 est important avec une cote de 1,83 m à la fin octobre qui favorise la dilution des eaux. Durant la phase d'isolement qui fait suite, le niveau lacustre régresse lentement jusqu'à la cote de -0,09 m début juillet 1976. Les conditions hydrologiques favorables ont limité les variations des concentrations des chlorures qui n'atteignent alors que 46 mg/l.

Le remplissage est nettement moins bon en 1976; la cote 1,12 m seulement est atteinte à la mi-septembre et la jonction fleuve-lac doit être interrompue à la suite de la précocité de la décrue du fleuve. Une courte réalimentation du Guiers est effectuée en octobre mais elle n'a que peu d'effet sur le niveau des eaux. Ce remplissage médiocre provoque une diminution assez rapide du niveau qui atteint 0,67 m dès le 31 décembre (40 mg/l en chlorures).

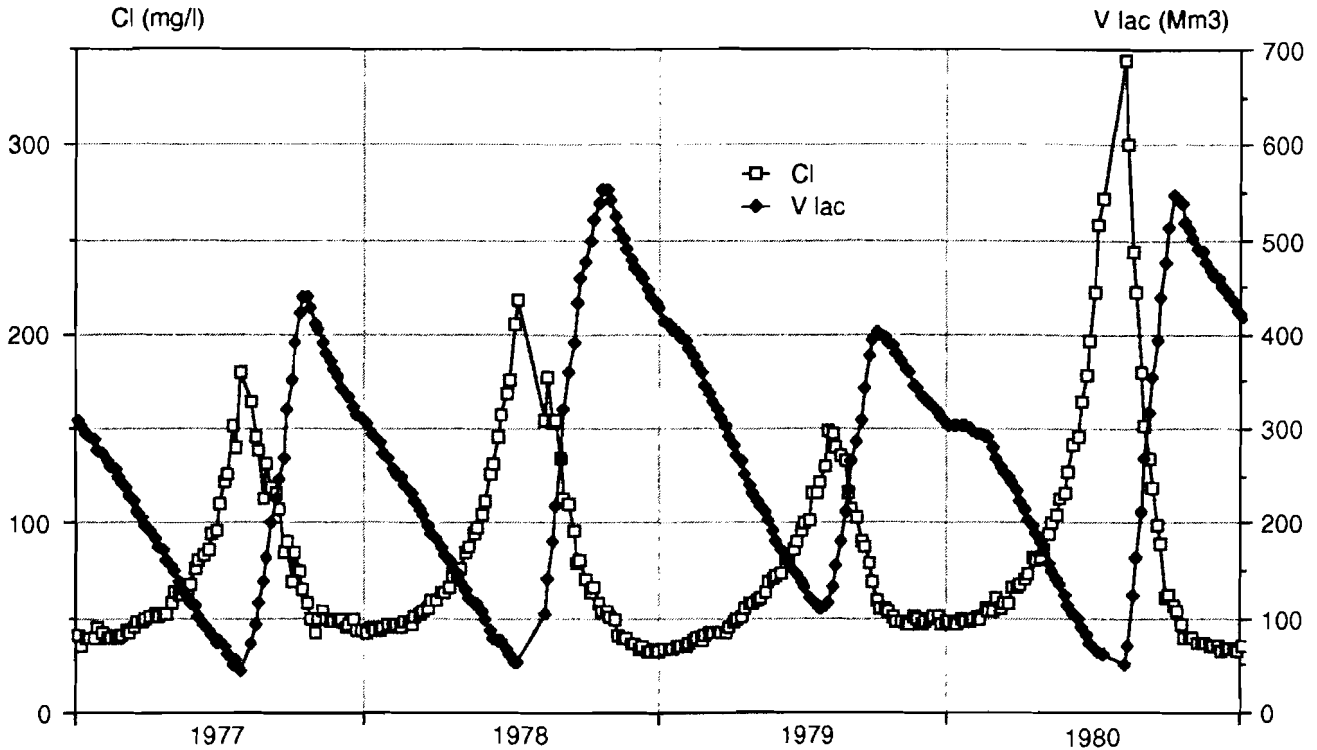


Fig.5 : Evolution annuelle des chlorures dissous et du volume du lac correspondant de 1977 à 1980.

Les teneurs en chlorures augmentent sensiblement début 1977 pour atteindre 180 mg/l fin juillet. A ce moment le niveau est à -1,04 m. La SONEES a dû interrompre momentanément ses pompages, la baisse des eaux étant excessive.

Le remplissage de 1977 est à nouveau peu important (1,21m) et le cycle hydrologique qui lui fait suite atteint en fin de saison sèche des seuils plus extrêmes encore que le précédent (-1,14 m en juillet 1978). Les teneurs en chlorures suivent une évolution inverse et se situent à près de 220 mg/l à cette époque. Deux remplissages successifs insuffisants ont ainsi induit des conditions hydrologiques et hydrochimiques extrêmes en fin de phase d'isolement.

Le remplissage de 1978 s'avère meilleur (1,62 m) et les eaux très minéralisées se rediluent grâce à l'important apport fluvial. La baisse de niveau n'est pas excessive durant l'année hydrologique 1978-79 et les teneurs en chlorures ne dépassent pas 150 mg/l en juillet 1979.

A partir de cette époque le lac va traverser des conditions plus difficiles : les crues fluviales sont faibles, et les remplissages du Guiers très insuffisants voire même médiocres. Par contre la demande en eau douce augmente sous l'effet principalement de l'extension des périmètres irrigués de la CSS. La réalisation d'un système de barrages

anti-sel couplé à la régulation des débits fluviaux s'avèrent indispensables dès cette époque. Ils ne seront mis en fonction que 7 ans plus tard.

La crue fluviale de 1979 est faible et le niveau du Guiers ne dépasse pas 1,13 m. L'année hydrologique 1979-80 est difficile. Conjointement à la baisse rapide des eaux, les teneurs en chlorures atteignent près de 350 mg/l en fin de phase d'isolement pour une cote de -1,10 m. A ce niveau le Guiers se réduit à une mare terminale de faible profondeur et surchauffée où l'évaporation entraîne l'augmentation très rapide de la minéralisation des solutions.

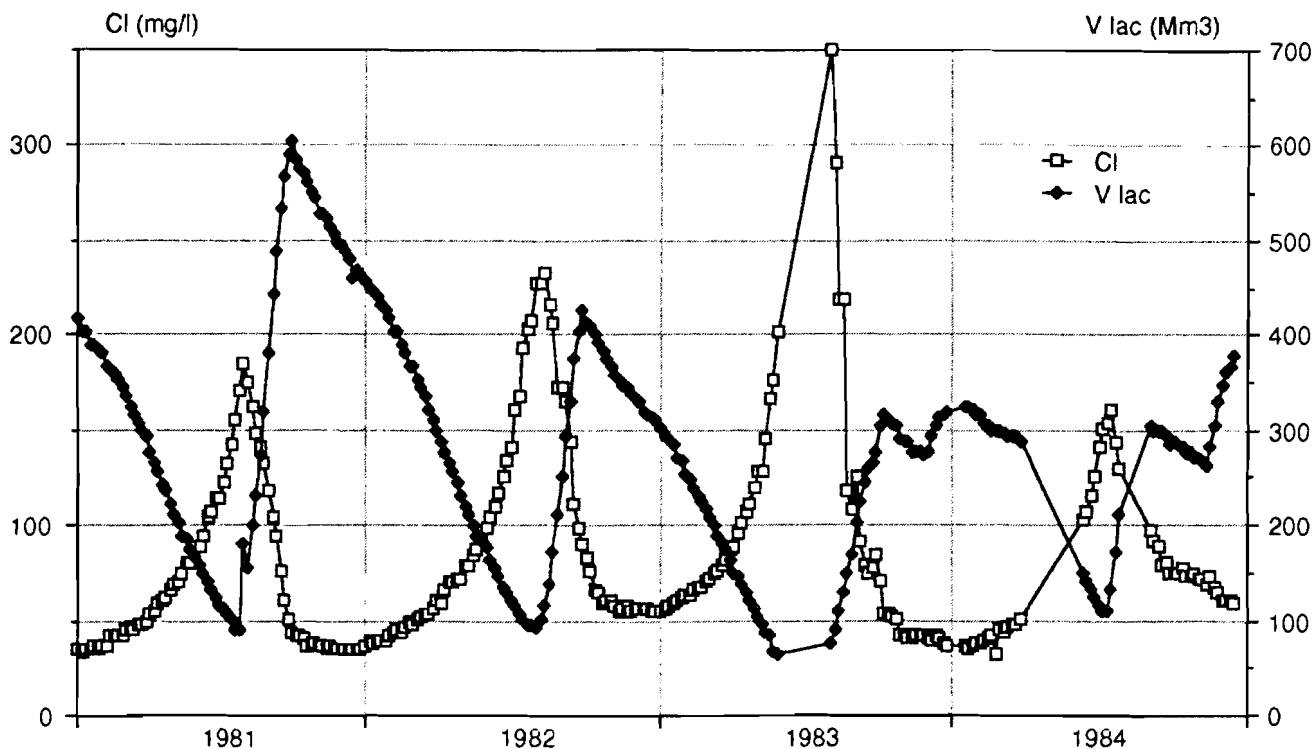


Fig.6 : Evolution annuelle des chlorures dissous et du volume du lac correspondant de 1981 à 1984.

Le remplissage de 1980 est bon mais la forte consommation d'eau destinée à l'irrigation induit malgré tout une baisse excessive du niveau à -0,65 m en juillet 1981. Les teneurs maximales en chlorures oscillent autour de 180 mg/l.

L'année hydrologique suivante (1981-82) est assez semblable à celle qui vient d'être évoquée; un remplissage moyen du lac puis une baisse assez rapide du niveau sous l'effet entre autres des pompages de la CSS. Au niveau minimum constaté début août 1982 (-0,62 m) correspond une concentration en chlorures plus élevée que celle de l'année précédente, soit plus de 230 mg/l.

L'année hydrologique 1982-83 est l'une des plus délicates avec un niveau de 1,14 m seulement fin septembre en fin de phase de remplissage. 9 mois plus tard, en juin 1983, le lac est quasiment asséché et se réduit à une mare terminale de quelques km². L'usine de la SONEES arrête ses pompages (et ses analyses d'eau) en mai à cause de la baisse excessive des eaux mais aussi de leur qualité douteuse. Les teneurs en Cl des mares résiduelles ont donc certainement atteint des niveaux bien supérieurs aux concentrations mesurées à N'Gnith jusqu'à la cote -0,84 m.

La crue fluviale de 1983 est insignifiante et la jonction fleuve - lac reste ouverte jusqu'en mars 1984. Le barrage provisoire en terre construit à la hâte à Rheune et qui préfigure celui de Diamo, empêche heureusement la remontée de l'eau de mer dans le fleuve. Le niveau du lac reste faible durant toute cette année hydrologique 1983-84. L'apport fluvial réduit mais constant empêche cependant une concentration excessive des eaux.

En 1984 le remplissage du Guiers est, encore une fois, très déficitaire et la liaison fleuve-lac est maintenue jusqu'en janvier 1985. Grâce à cet apport, même très minime, les teneurs en chlorures n'excèdent pas la limite des 200 mg/l.

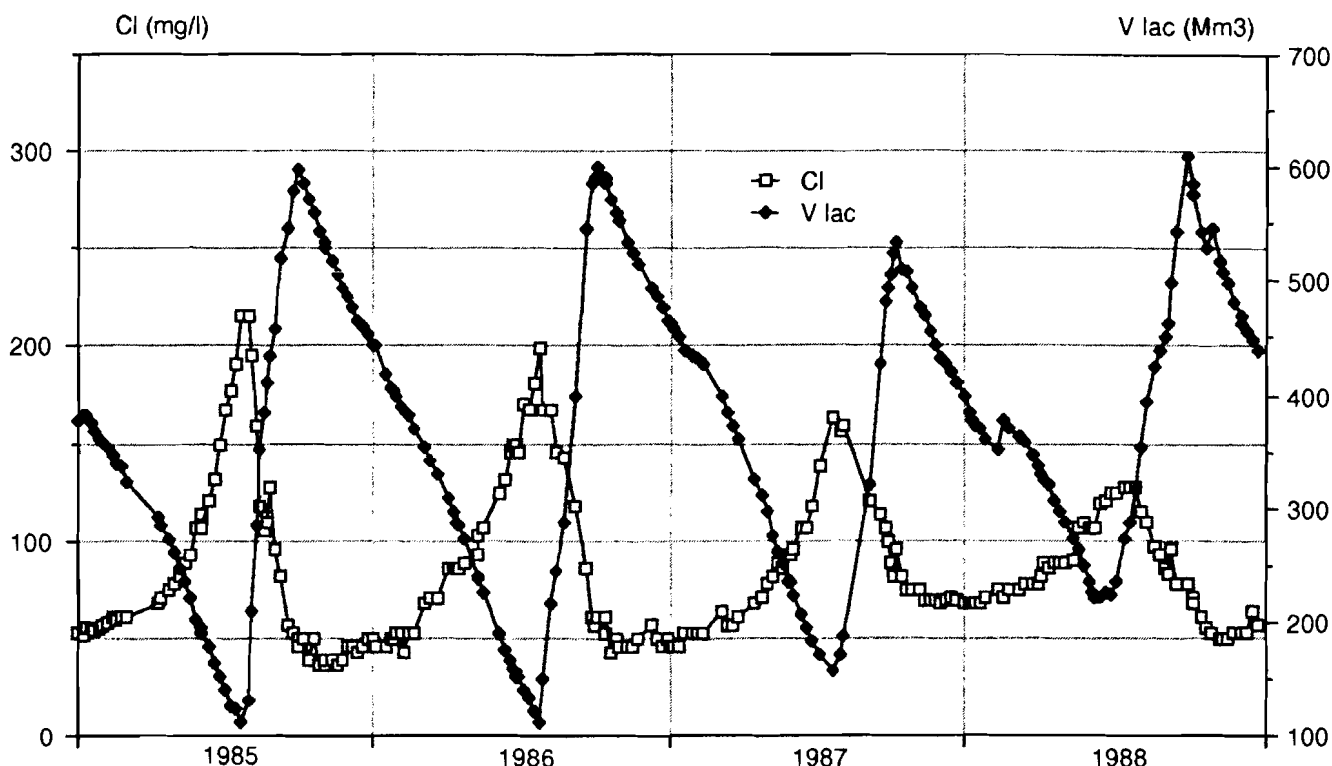


Fig.7 : Evolution annuelle des chlorures dissous et du volume du lac correspondant de 1985 à 1988.

A partir de 1985, le barrage de Diamo entre en fonction et ses effets sur le niveau de remplissage du lac sont immédiats : 1,79 m en 1985, puis, successivement, 1,80 m, 1,45 m, 1,88 m, 1,72 m, 1,42 m et 1,80 m finalement en 1991. Les bons remplissages du lac et la diminution relativement lente du niveau des eaux en cours d'année empêchent les fortes variations en chlorures constatées les années précédentes. Signalons qu'en phase d'isolement la baisse du niveau des eaux plus lente que les années précédentes est due aux pompages réduits ou parfois même nuls certaines années de la CSS.

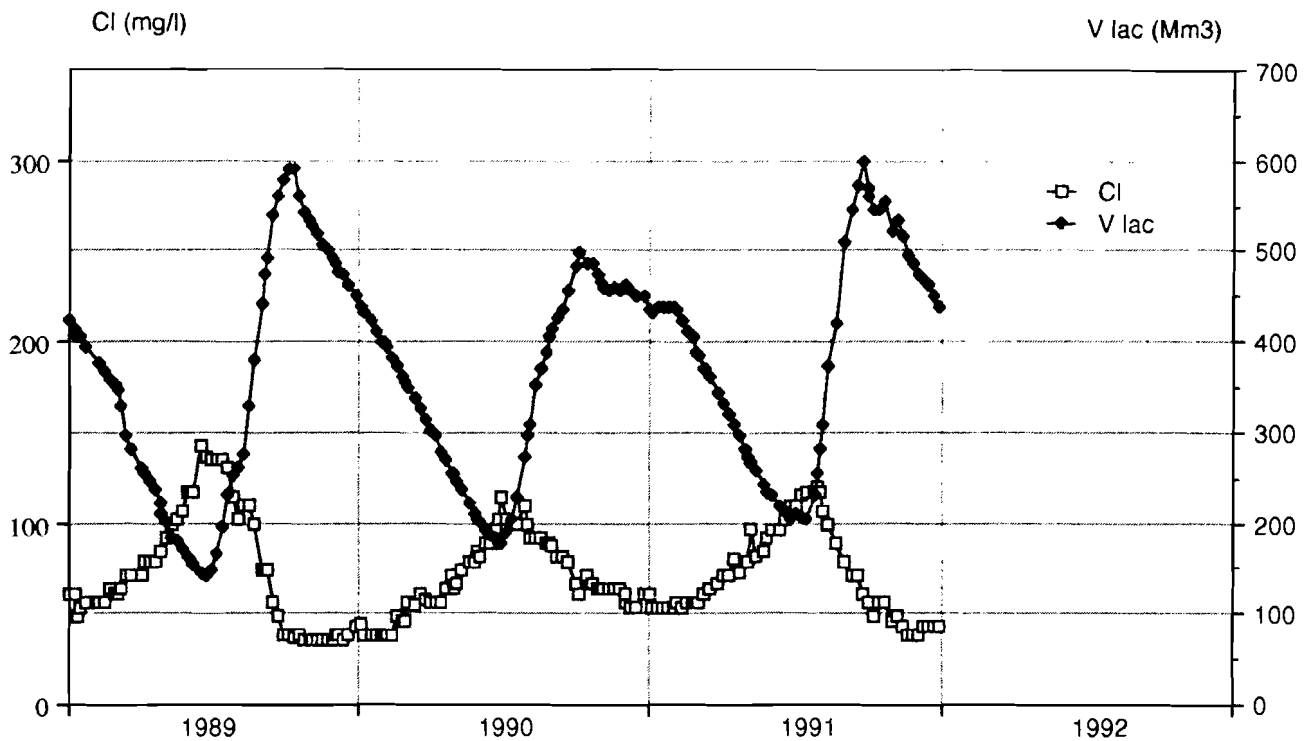


Fig.8 : Evolution annuelle des chlorures dissous et du volume du lac correspondant de 1989 à 1991.

Signalons aussi qu'à partir de 1988 les eaux de la partie méridionale du lac, les plus minéralisées, ont été déversées chaque année vers la vallée du Ferlo, par l'ouverture de la vanne de la digue de Keur Momar Sarr. Cette "purge minérale" de la zone sud a été effectuée aux hautes eaux en fin de phase de remplissage pour tenter de diminuer la teneur moyenne en chlorures dissous dans le lac qui devenait gênante pour le traitement des eaux à l'usine de N'Gnith.

Conclusions :

Les deux facteurs dominants de la régulation de l'évolution des chlorures dissous durant l'année hydrologique sont d'abord les hauteurs d'eau et donc les volumes atteints dans le lac en fin de phase de remplissage. D'autre part l'évolution du volume lacustre durant la phase d'isolement conditionne celle des chlorures dissous; l'évaporation joue un rôle d'autant plus déterminant et rapide sur la concentration des eaux que le volume du lac est faible; cette situation était fréquente en fin de phase d'isolement avant la mise en fonction du barrage de Diama.

2.1.2. Limites annuelles de la chlorinité des eaux

La fig. 9 indique les limites maximales et minimales des teneurs en chlorures atteintes ces 19 dernières années.

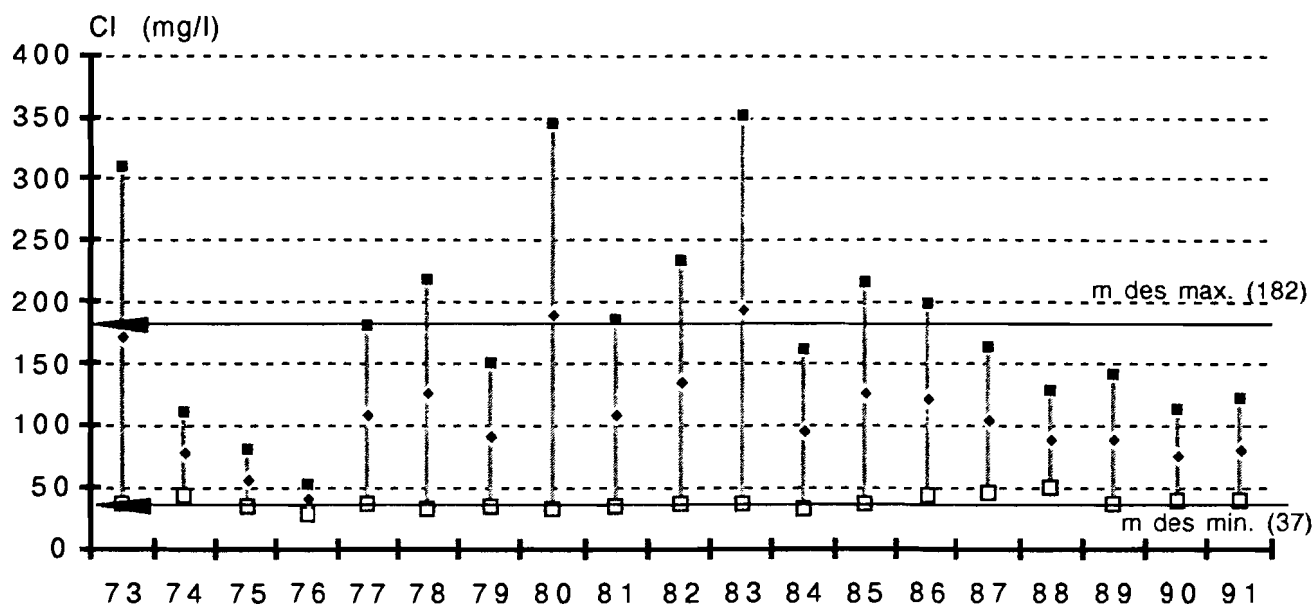


Fig. 9 : Limites maximales et minimales annuelles des concentrations en chlorures mesurées à N'Gnith de 1973 à 1991.

On remarque que :

-Des concentrations en chlorures assez faibles malgré un volume du lac peu élevé ont été observées certaines années hydrologiquement déficitaires grâce à la jonction fleuve-lac prolongée et à un apport d'eau douce même réduit mais constant (1974 à 1976 et 1984-85)

-Les seules années qui cumulent les avantages d'une hydrologie favorable et d'une faible teneur en chlorures dissous sont celles qui ont fait suite à la construction de l'ouvrage de Diama soit depuis 1986.

-La nette diminution des teneurs en chlorures et des écarts annuels de concentrations depuis cette année 1986.

2.1.3. Relation générale entre les chlorures dissous et le volume du lac.

La fig. 10 indique la relation qui unit l'ensemble des données des concentrations en chlorures mesurées à N'Gnith aux volumes lacustres aux jours correspondants et ce de 1973 à 1991.

La relation de type "Puissance" présente un coefficient de corrélation assez faible (0,65) qui, compte tenu des conditions hydrologiques très différentes des 19 années étudiées peut sans doute s'expliquer.

Avant d'en détailler le contenu, il est intéressant d'étudier d'abord un cycle hydrologique de référence.

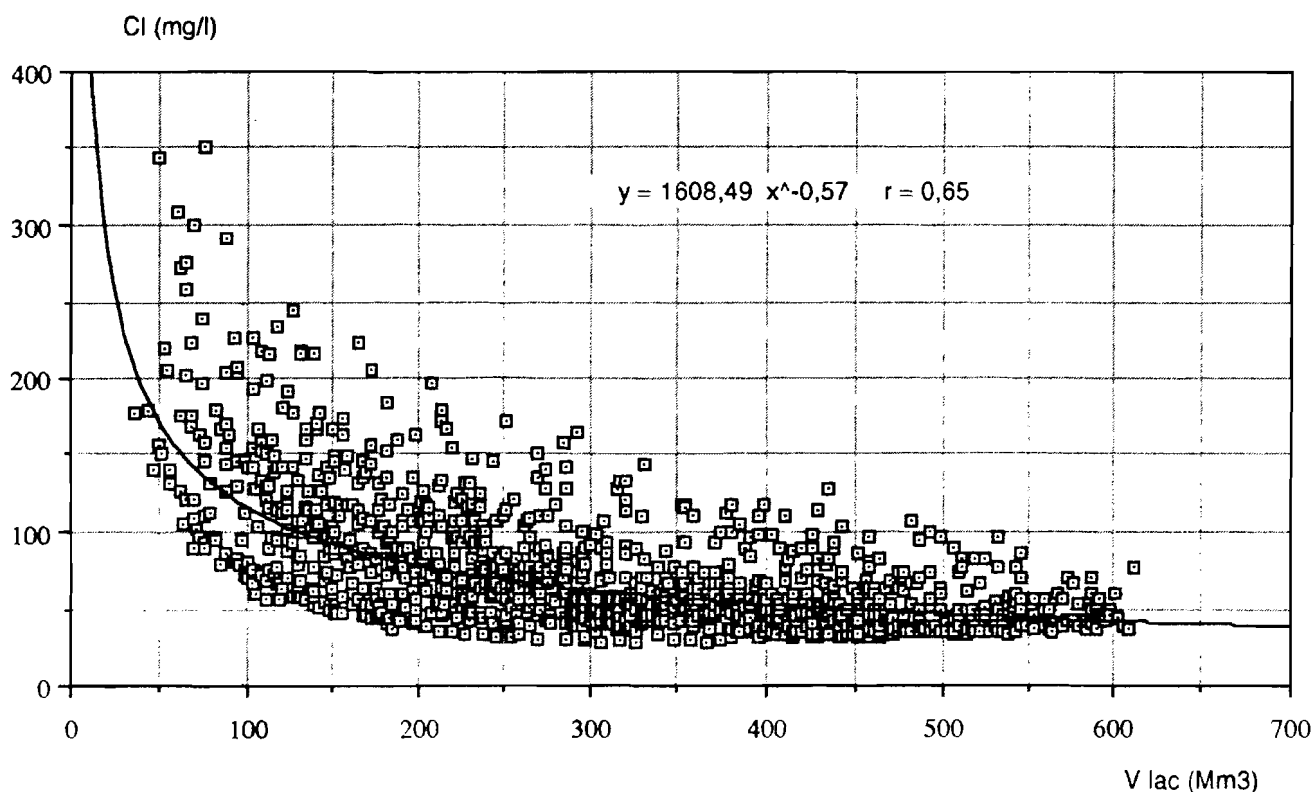


Fig. 10 : Relation générale entre les chlorures dissous à N'Gnith et les volumes lacustres correspondants de 1973 à 1991. (Phases de remplissage et d'isolement confondues)

2.2. Evolution annuelle et interannuelle de la relation entre la chlorinité des eaux et le volume du lac

2.2.1. Etude de cas : le cycle hydrologique 1980-1981

Le cycle hydrologique 1980-81 est pris comme exemple à cause de l'importante variation limnimétrique du plan d'eau durant cette période.(2,70 m)

2.2.1.1. Relation entre le volume lac et les chlorures dissous [Cl]

La relation entre la concentration en chlorures à N'Gnith et le volume du lac est bien marquée. (fig. 11)

-Durant la phase de remplissage de 1980, les eaux, initialement très minéralisées se diluent progressivement pour atteindre leur plus faible degré de salinité en fin de phase. En réalité les valeurs minimales n'apparaissent que plus tardivement à cause du délai nécessaire à la circulation des eaux dans le lac et à l'homogénéisation du milieu.

-Durant la longue phase d'isolement qui fait suite, les solutions se reminéralisent sous l'effet principalement de l'évaporation.

Cette succession de dilution et de minéralisation des solutions est répétitive chaque année de manière plus ou moins accentuée selon le niveau du lac atteint au remplissage et son évolution ensuite en phase d'isolement.

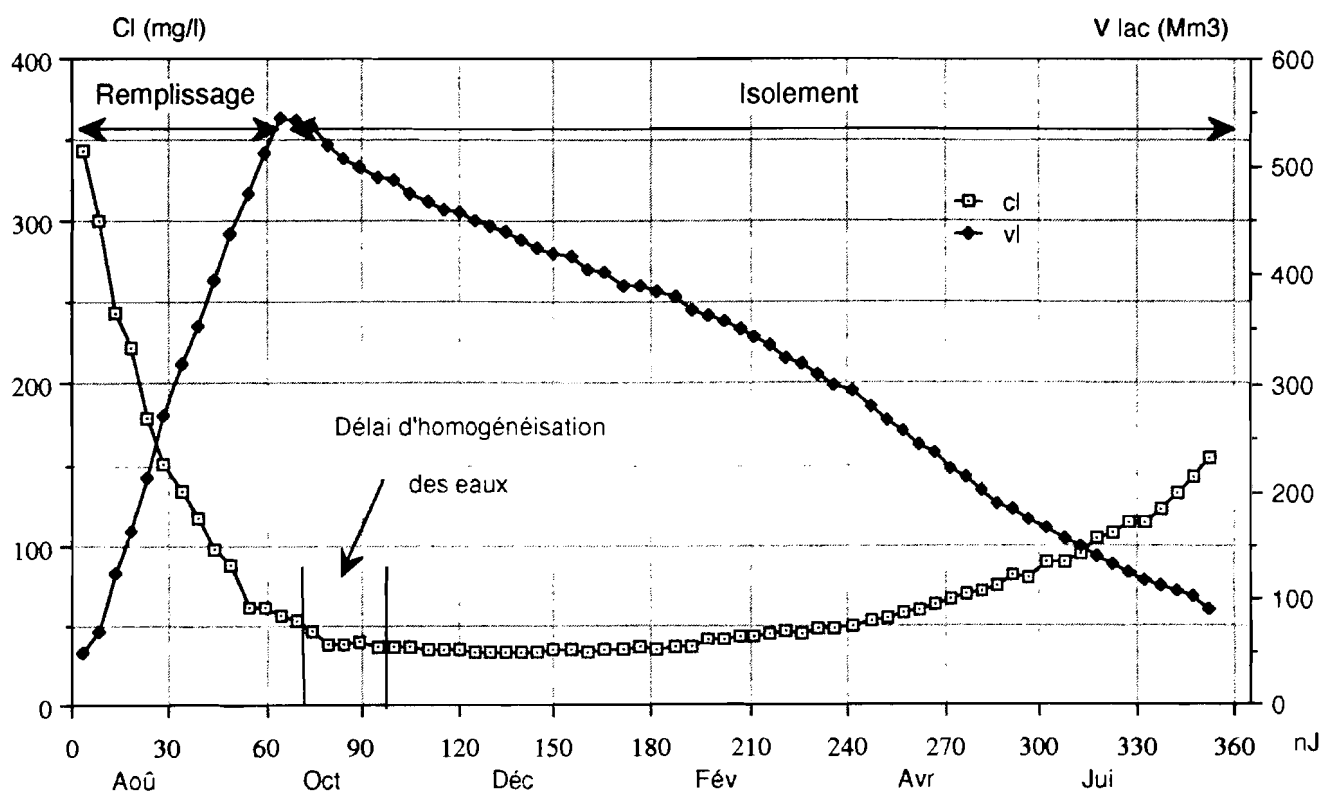


Fig. 11 : Evolution de la chlorinité des eaux à N'Gnith et du volume du lac au cours de l'année hydrologique 1980-81.

La fig. 12 indique ensuite la corrélation entre [Cl] et le volume du lac. 2 groupes de points sont bien distincts et en rapport l'un avec la phase de remplissage et l'autre avec celle d'isolement.

La nette séparation entre les processus de dilution et de concentration des solutions nécessitera un traitement des données bien distinct pour chacune des 2 phases également lorsque l'ensemble des 19 années hydrologiques sera examiné.

Les relations [Cl] : Volume du lac sont, pour les 2 phases de type $(y=a x^b)$

Pour le cycle hydrologique étudié les coefficients de corrélation sont très marquants (0,95 et 0,98) si l'on considère individuellement les 2 phases. Par contre, en phase d'isolement et de remplissage confondu, ce coefficient n'atteint plus que 0,83. Ceci confirme donc la nette différence entre les 2 processus annuels de dilution et de concentration des eaux du lac.

Notons enfin que les points relatifs au début de la phase d'isolement se distinguent sensiblement de la courbe générale de minéralisation. Le délai imposé par l'homogénéisation des eaux dans les jours qui suivent la fermeture de la jonction fleuve-lac en est la cause principale.

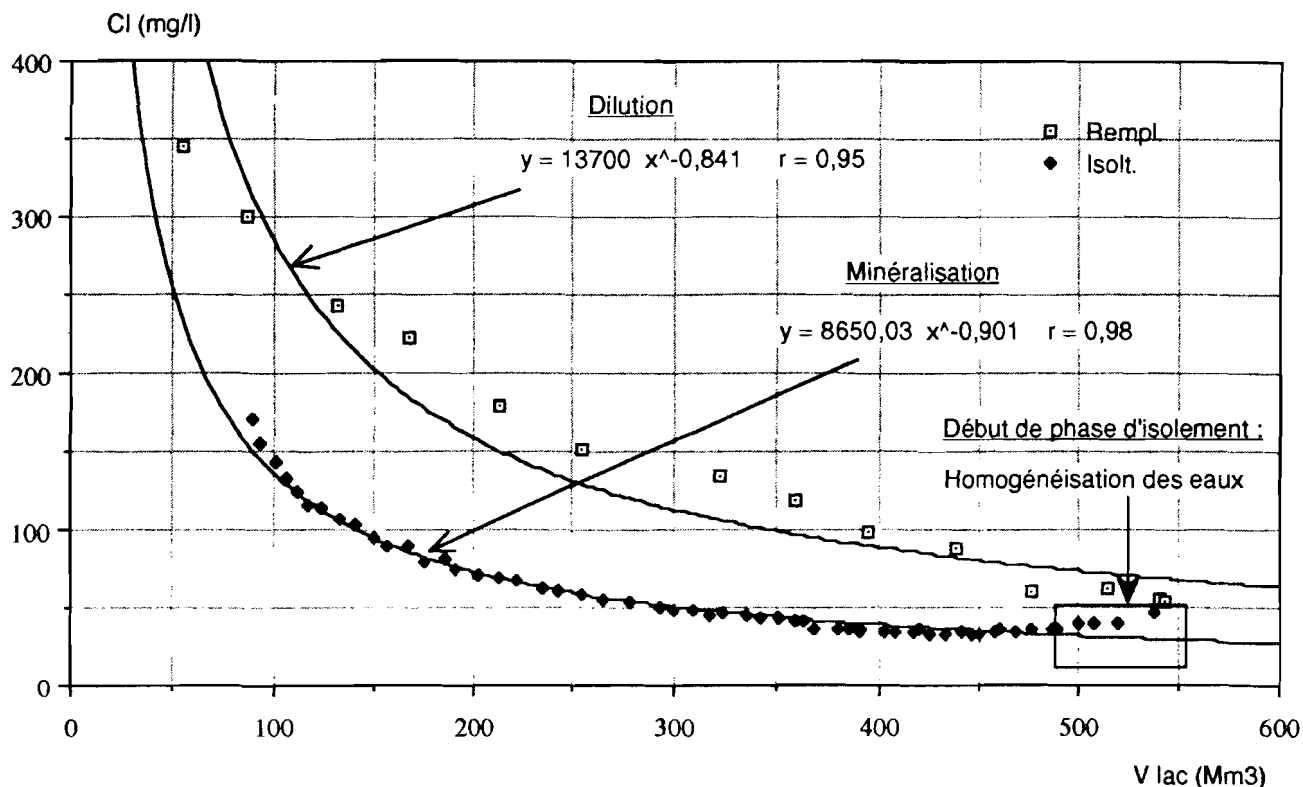


Fig. 12 : Relations entre le volume du lac et [Cl] à N'Gnith aux cours des phases respectives de remplissage et d'isolement durant l'année hydrologique 1980-81.

2.2.1.2 . Effet de l'évaporation sur les concentrations en chlorures dissous

Vu l'importance du rôle de l'évaporation dans le bilan hydrologique du lac, il est intéressant d'étudier ensuite le processus de concentration des solutions.

Partant de la concentration des eaux en chlorures au premier jour de la phase de remplissage 1980-81 (cfr tableau annexe 1), soit 344 mg/l, on peut calculer l'évolution théorique de la chlorinité au cours de l'année hydrologique en considérant que :

-en phase de remplissage, l'eau du fleuve et les apports pluviométriques ont une charge en Cl nulle et que ces 2 paramètres hydrologiques sont les seuls à fournir de l'eau au lac pendant cette période.

-en phase d'isolement, l'évaporation est le seul paramètre qui intervient dans le bilan des pertes en eau. Les pompages sont donc considérés comme nuls.

Dans ces conditions, l'évolution des concentrations en chlorures du temps t1 au temps t2 ne dépend que du rapport entre les volumes lacustres respectifs (V), soit :

$$[Cl]_{t2} = [Cl]_{t1} (V_{t1}/V_{t2})$$

La fig.13 compare les 2 évolutions, celle mesurée "in situ" et celle théorique, basée uniquement sur l'évolution des rapports volumétriques lacustres entre t1 et t2.

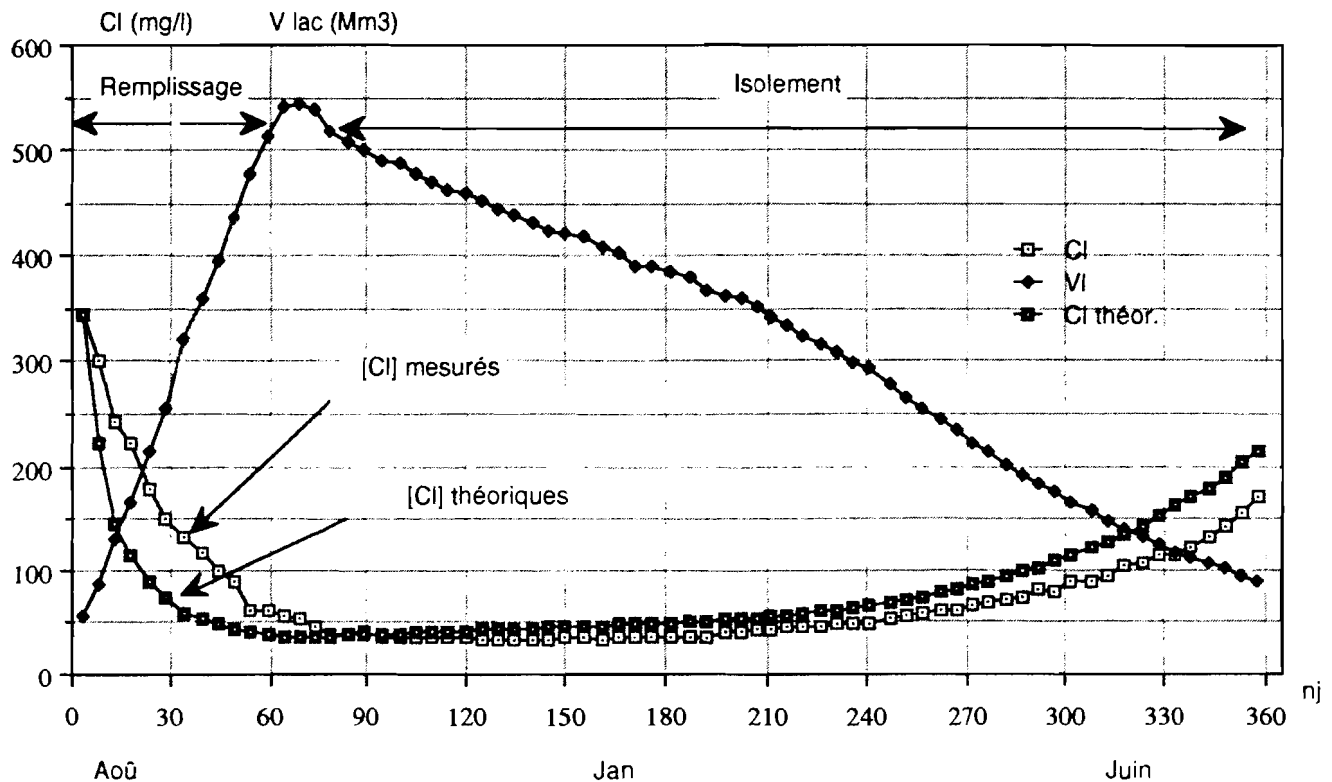


Fig. 13 : Chlorinité des eaux mesurée à N'Gnith au cours de l'année hydrologique 1980-81 mesurée et calculée d'après l'évolution volumétrique du lac.

Deux remarques s'imposent :

-en phase de remplissage, la dilution (réelle) des eaux est moins rapide que la dilution théorique calculée.

-en phase d'isolement la vitesse de minéralisation des eaux est moindre que celle prévue par le calcul.

Le décalage constaté entre les 2 courbes ([Cl] mesurés et théoriques) en phase de remplissage s'explique par le délai d'homogénéisation imposé par la distance qui sépare l'embouchure du canal de la Taoué de N'Gnith (25km) et par les courants et flux d'eau préférentiels dans le lac constatés durant cette première phase.

Ce phénomène est également perceptible en début de phase d'isolement; nous l'avons déjà évoqué.

En phase d'isolement, la différence entre les 2 courbes s'explique par les prélèvements dans le lac durant cette période (pompages CSS et SONEES) mais également par les pertes de chlorures déposés sur la zone d'inondation au cours du retrait des eaux.

L'évaporation n'est donc pas le seul paramètre consommateur d'eau et la concentration des solutions ne s'effectue pas de manière strictement proportionnelle aux variations du volume du lac.

L'évolution générale annuelle des teneurs en chlorures d'une part et de la relation Volume du lac : [Cl] se répètent chaque année selon un processus très similaire à celui présenté pour cette année de référence 1980-81.

Notons enfin que la relation entre l'évolution annuelle des chlorures à N'Gnith et le volume évaporé du lac devient plus complexe par suite des rejets des eaux de désalement des terres de cultures de la CSS dans la partie septentrionale du Guiers. Les apports en chlorures y sont importants et variables et perturbent ainsi la relation.

2.2.2. Relation entre la chlorinité et le volume du lac selon les phases de l'année hydrologique

2.2.2.1. En phase de remplissage

-La corrélation $V_{lac} : [Cl]$ est faible (0,61) même si la forme classique de la courbe de concentration des solutions est apparente. (fig. 14)

Ce résultat ne fait que confirmer les remarques établies pour l'année hydrologique 1980-81 : diminution des Cl dissous non proportionnelle à l'augmentation du volume lacustre; la dilution des eaux du lac par celles du fleuve s'effectue ainsi de manière non homogène dans le lac.

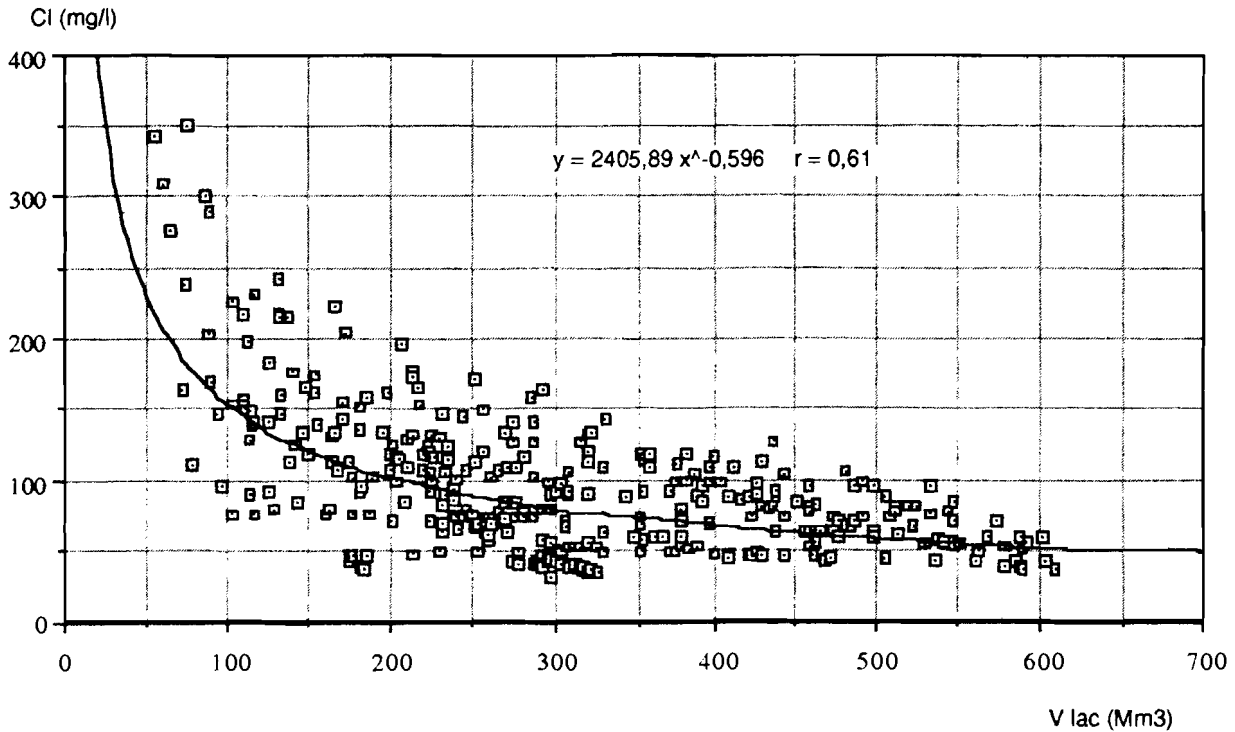


Fig. 14: Relation entre les chlorures dissous à N'Gnith et les volumes lacustres correspondants en phase de remplissage de 1973 à 1991.

2.2.2.2. En phase d'isolement

La relation (fig. 15) est plus évidente que durant le remplissage du lac. Le coefficient de corrélation atteint cette fois 0,74. A noter la dispersion des points relatifs aux volumes les plus élevés. Ils correspondent au début de phase d'isolement et ne peuvent être considérés comme véritablement représentatifs de la relation liant le volume du lac aux teneurs en chlorures.

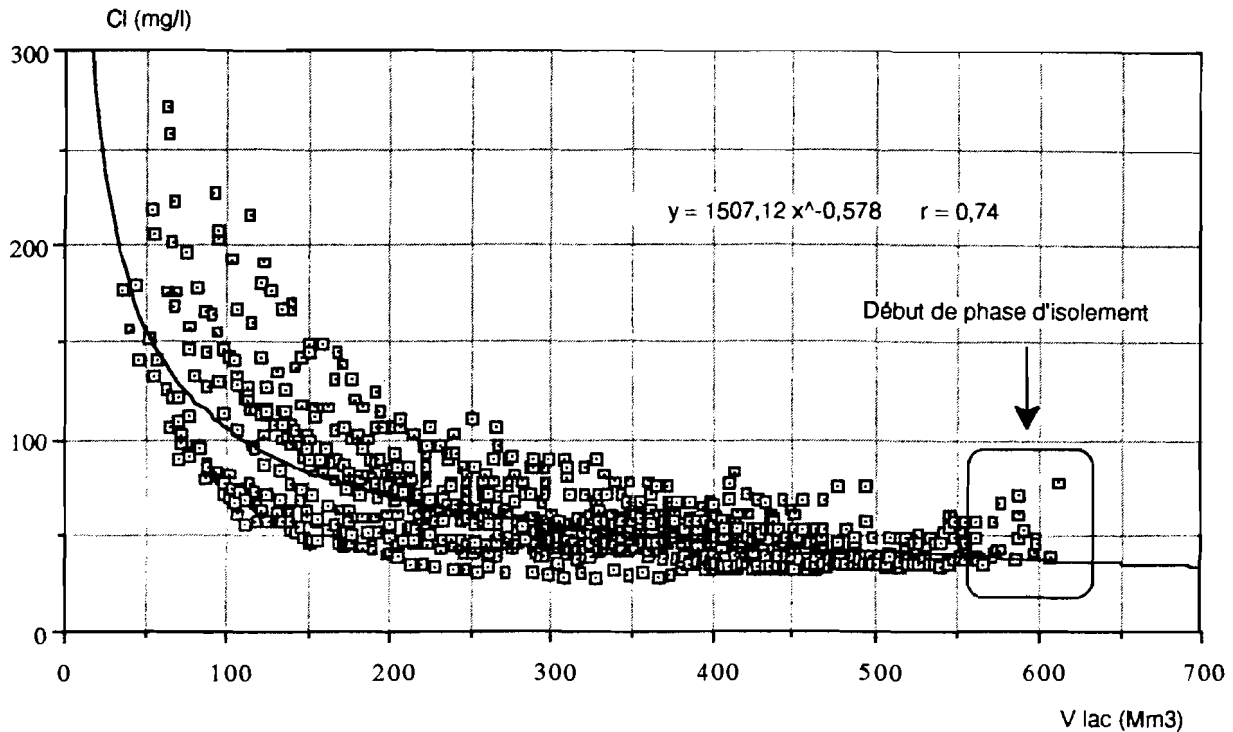


Fig.15 : Relation entre les chlorures dissous à N'Gnith et les volumes lacustres correspondants en phase d'isolement de 1973 à 1991.

La fig. 16 présente cette même relation mais en excluant cette fois les points relatifs à la période jouxtant la fermeture de la relation fleuve-lac, soit le début de la phase d'isolement. Cette période transitoire nécessaire à la stabilisation des masses d'eau a été fixée à 1 mois.

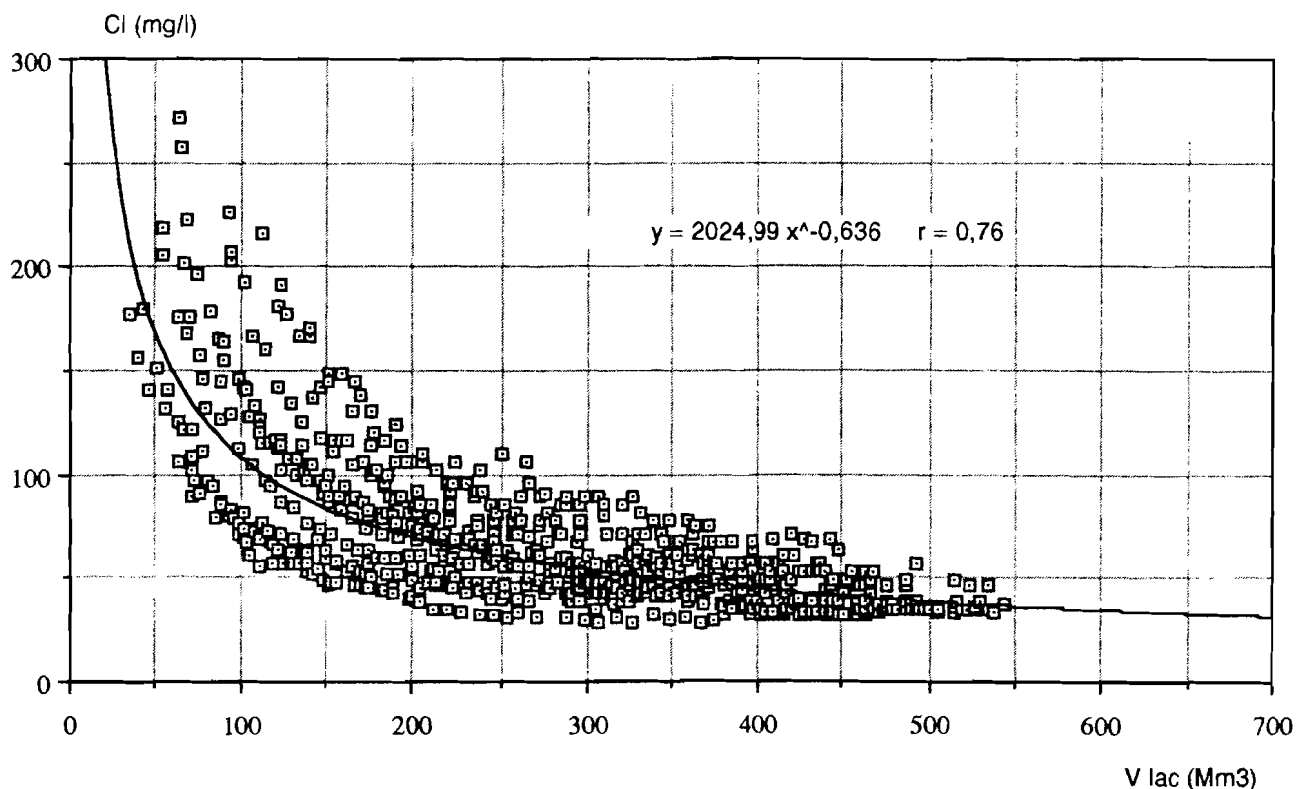


Fig. 16 : Relation entre les chlorures dissous à N'Gnith et les volumes lacustres correspondants en phases d'isolement réduites de leur premiers 30 jours de 1973 à 1991,

La corrélation est légèrement meilleure à la précédente grâce à la disparition des points concernés par les périodes de volume maximal du lac.

Cette approche plus sélective de la relation (volume du lac : chlorinité des eaux) permettra par la suite une interprétation plus fiable de l'évolution du paramètre chimique au cours des dernières années.

La relation proposée doit donc être considérée comme la relation moyenne interannuelle 1973-91 entre le volume du lac (en Mm3) et la teneur en chlorures à N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement :

$$[Cl] = 2025 V_{lac}^{-0,636} \quad r=0,76$$

223. Bilan, origine et conséquences de l'évolution de la chlorinité des eaux depuis 1973

Comme on a pu le constater, la relation entre le volume du lac et la concentration en chlorures à N'Gnith n'est valable qu'en période d'isolement du Guiers. Seule donc cette partie du cycle hydrologique sera prise en considération dans l'étude de l'évolution de la chlorinité depuis les premières analyses d'eau effectuées à la station de la SONEES en janvier 1973.

La période prise en compte correspond donc au cycle hydrologique et non à l'année civile. D'autre part les données des 30 jours suivant la fermeture de la jonction fleuve-lac sont exclues des corrélations envisagées.

Enfin l'année hydrologique 1983-84 ne sera pas prise en compte; en effet la liaison fleuve-lac a été maintenue d'août 1983 à mars 1984. La période d'isolement du Guiers a donc été trop brève pour être interprétée correctement.

2.2.3.1. Evolution interannuelle du rapport entre le volume lacustre et la chlorinité des eaux

Les fig. 17 à 20 présentent le rapport [Cl] - Volume du lac par année hydrologique. Afin de ne pas surcharger les graphiques, les relations sont présentées par groupes de 4 années; la dernière courbe du graphique précédent est aussi chaque fois reprise et sert de référence au graphique suivant.

a. 1972-73 à 1975-76 (fig. 17)

L'ensemble des 4 années hydrologiques présente une bonne homogénéité en dépit des grandes différences de régime hydrologique. L'année 1975-76 est caractérisée par un taux de chlorinité un peu moins élevé que celui de l'année précédente eu égard sans doute au très bon remplissage antérieur.

Notons également la remarquable continuité dans l'évolution du rapport entre 1972-73 (valeurs élevées de la chlorinité) et en 1975-76 (valeurs faibles).

b. 1976-77 à 1979-80 (fig. 18)

L'évolution de la relation [Cl] : Volume du lac est très marquée durant cette seconde tranche de 4 années. Partant de l'année hydrologique de référence 1975-76, on observe l'augmentation progressive des teneurs en chlorures pour un même volume d'eau.

La salinisation du lac durant cette période est donc très nette et liée probablement pour une bonne part aux rejets des eaux de drainage de la CSS alors en pleine extension.

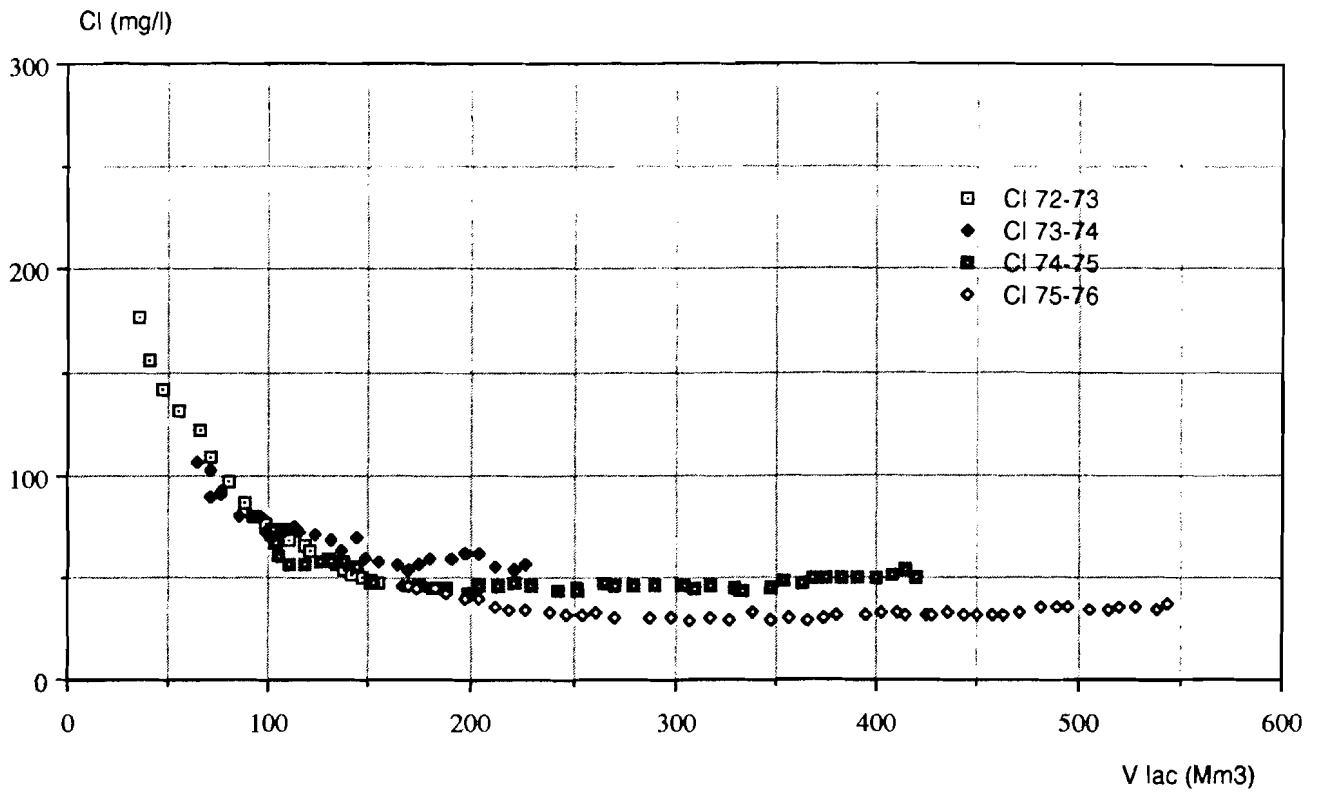


Fig. 17 : Relation entre le volume du lac et la chlorinité à N'Gnith par année hydrologique de 1972-73 à 1975-76.

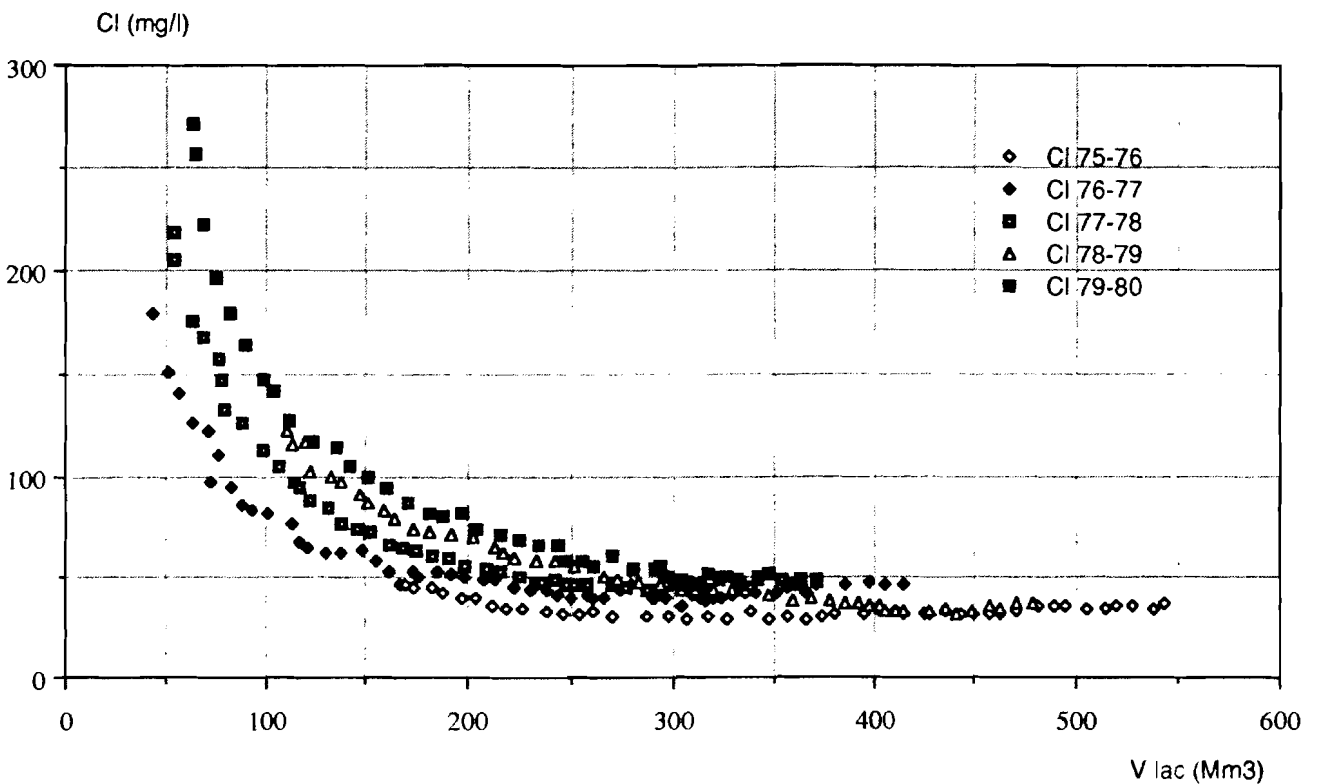


Fig. 18 : Relation entre le volume du lac et la chlorinité à N'Gnith par année hydrologique de 1975-76 à 1979-80.

c. 1980-81 à 1984-85 (fig. 19)

Les taux de chlorures de l'année 1980-81 sont semblables à ceux de l'année précédente. Ils augmentent encore en 1981-82, régressent en 1982-83 puis atteignent leur maximum en 1984-85. Le recul à première vue inexplicable de 1982-83 s'explique par les transferts hydrologiques exceptionnels du lac vers le fleuve qui sont intervenus en fin de phase d'isolement soit à la période des eaux les plus minéralisées. La relation $[Cl] : \text{Volume lacustre}$ a donc été faussée par rapport à celles, exceptionnelles, des années précédentes. En conditions hydrologiques normales le taux de chlorinité aurait dû augmenter comme il l'a fait d'ailleurs l'année suivante en 1984-85.

d. 1985-86 à 1988-89 (fig. 20)

En 1985-86 on remarque que, malgré la mise en fonction du barrage de Diama et un bon remplissage du lac, le taux de chlorinité des eaux continue d'augmenter. L'évolution du taux des chlorures en 1986-87 est semblable à celle de l'année précédente. Par contre il augmente encore durant l'année 1987-88 qui constitue le record absolu. Si le niveau des eaux avait atteint en fin de phase d'isolement celui des années 1980 à 1985, la chlorinité à N'Gnith aurait sans aucun doute été supérieure aux valeurs extrêmes observées pendant 19 ans.

En 1988-89 le taux de chlorinité diminue très nettement; c'est la première année de l'"essai de chasse" de l'eau méridionale du lac vers le Ferlo, destinée à réduire les risques d'intrusion d'eau trop minéralisée dans les installations de l'usine de N'Gnith en fin de phase d'isolement.

e. 1989-90 et 90-91 (fig. 21)

La chlorinité des eaux continue à baisser en 1989-90 sous l'effet des lâchers annuels vers le Ferlo en fin de phase de remplissage mais aussi des transferts hydrologiques de soutien à la réserve de Diama en cours d'année.

En 1990-91 on observe une remontée du taux de chlorinité des eaux dont l'origine est probablement liée à des déversements moins importants vers le Ferlo que ceux de l'année précédente comme l'ont montré les calculs des bilans hydrologiques de ces 2 années. (Gac et al. 1990, 1991). Aucun transfert d'appoint du lac vers le fleuve n'est intervenu durant cette période comme cela avait été le cas les années précédentes.

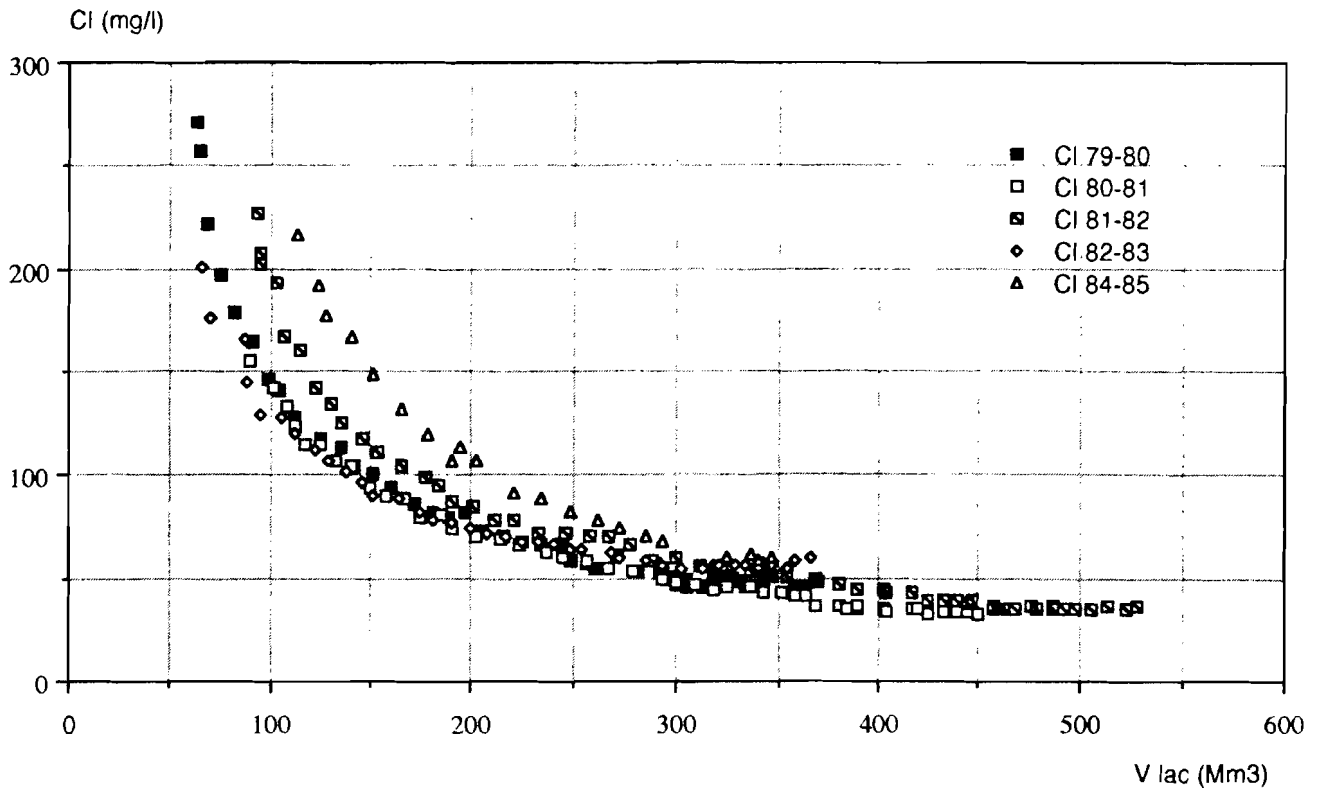


Fig. 19 : Relation entre le volume du lac et la chlorinité à N'Gnith par année hydrologique de 1979-80 à 1984-85.

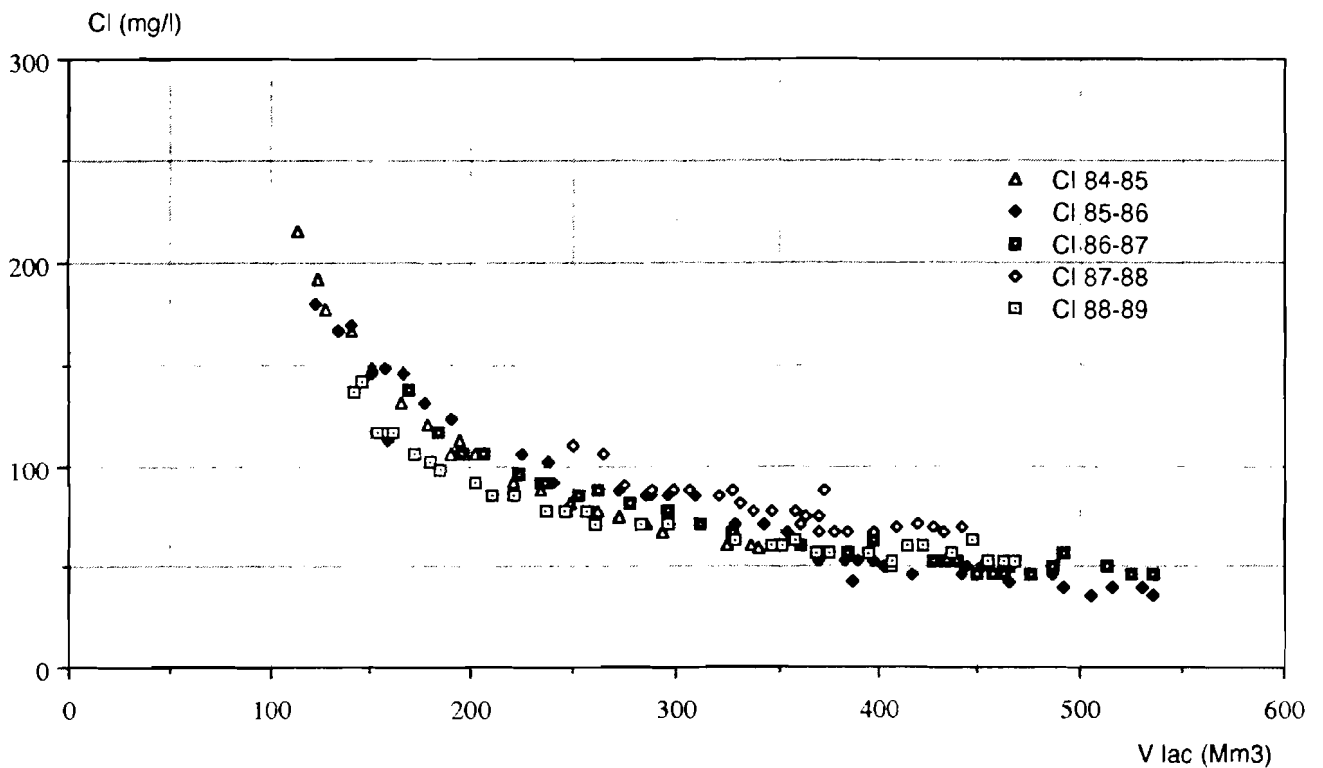


Fig. 20 : Relation entre le volume du lac et la chlorinité à N'Gnith par année hydrologique de 1984-85 à 1988-89.

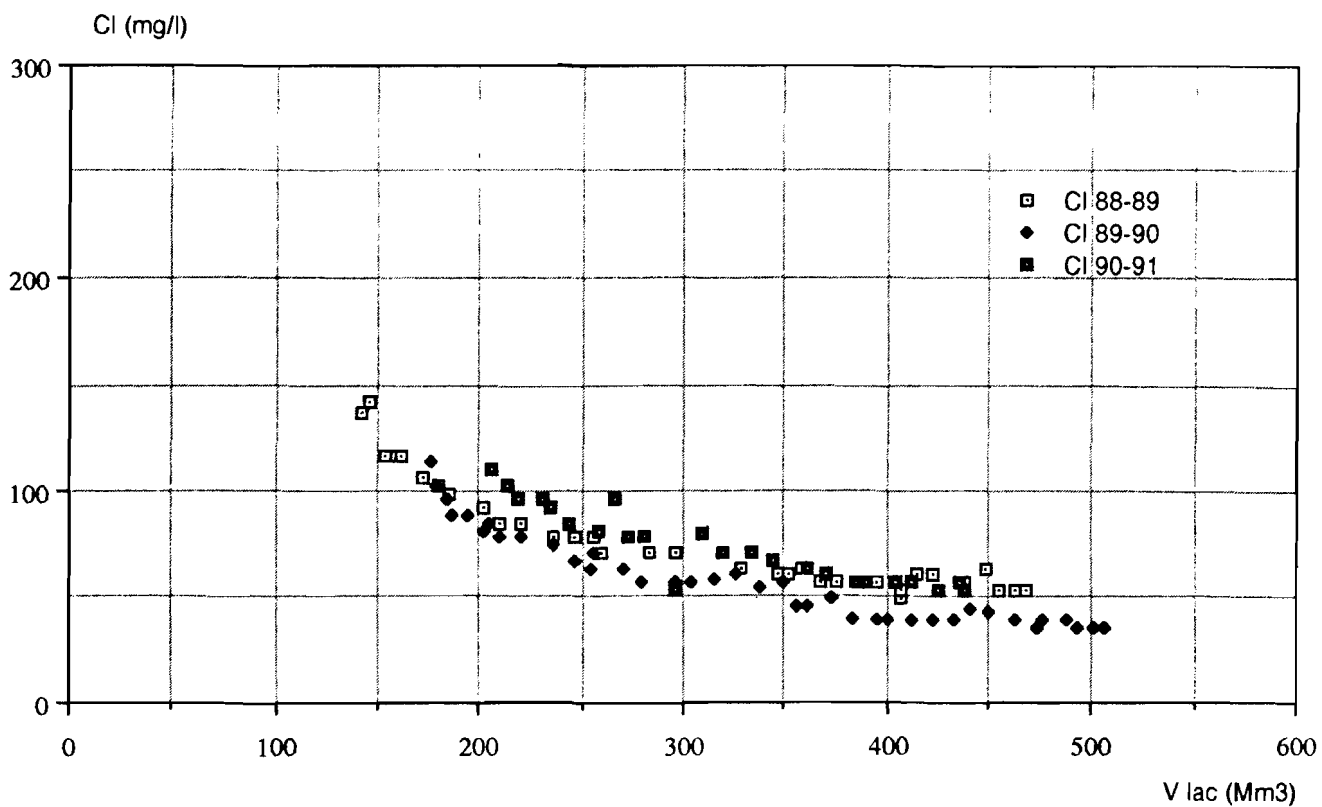


Fig. 21 : Relation entre le volume du lac et la chlorinité à N'Grith par année hydrologique de 1988-89 à 1990-91.

2.2.3.2. Synthèse

La fig. 22 synthétise et illustre d'une manière remarquable l'évolution de la chlorinité à N'Gnith au cours des 18 dernières années hydrologiques.

Les courbes présentées sont calculées sur la base des données de quelques unes des années hydrologiques sous référence et considérées comme représentatives de différentes époques dans l'histoire récente de la qualité des eaux du Guiers. Seule la courbe 1973-76 est calculée d'après les données des 2 années hydrologiques 1973-74 et 1975-76 vu leur grande similitude dans l'échelle des valeurs de chlorinité enregistrées au cours de ces 2 années.

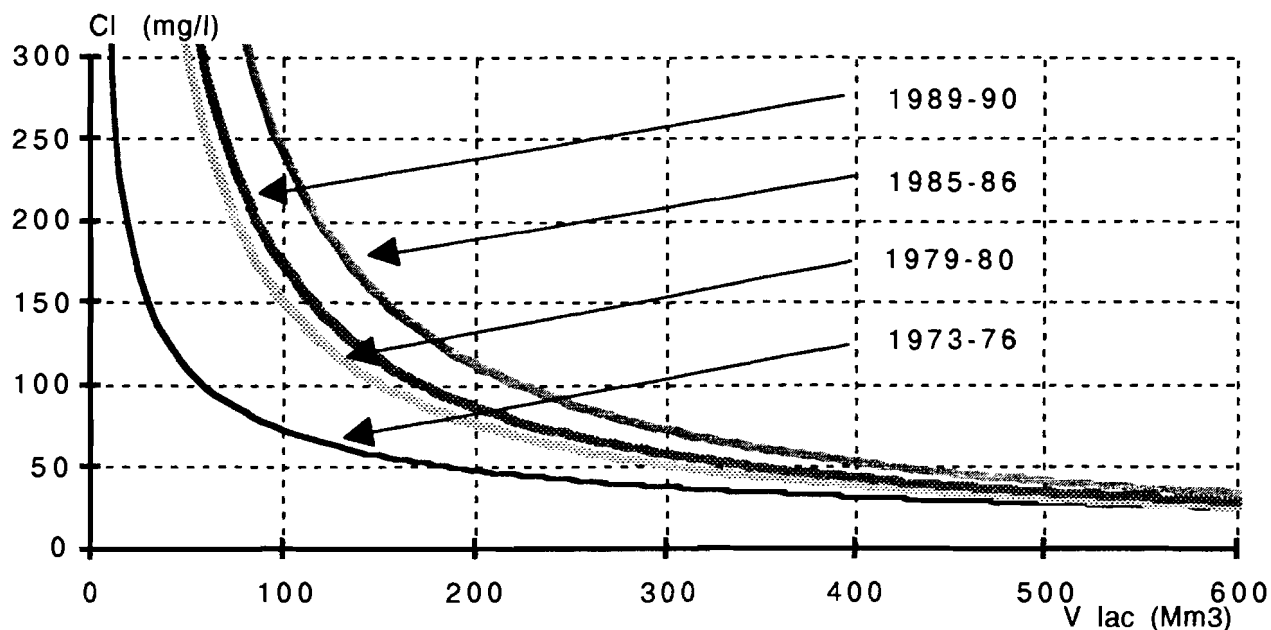


Fig. 22 : Courbes d'évolution de la chlorinité des eaux à N'Gnith en fonction du volume du lac pour 4 années hydrologiques choisies comme référence.

CONCLUSIONS

L'augmentation progressive de la chlorinité des eaux depuis 1973 est évidente. Seuls les transferts vers le Ferlo et ceux d'appoint à la réserve de Diama ont permis de limiter et même d'inverser récemment l'évolution croissante des chlorures

Les teneurs en chlorures ont plus que doublé entre 1973-76 et 1985-86, soit en 10 années exactement.

Le recul actuellement constaté est cependant éphémère comme l'ont montré les résultats enregistrés en 1990-91. Il a suffi en effet d'une seule année de faibles déversements vers le Ferlo pour constater une remontée immédiate du taux de chlorinité des eaux dans le lac.

L'origine de l'augmentation des chlorures dans les eaux du lac est certainement liée aux rejets de la CSS dans le nord du lac. Il faut peut-être aussi incriminer les échanges du lac avec les nappes superficielles souvent très minéralisées surtout dans la région méridionale du Guiers. Ils ne sont cependant que secondaires par rapport aux rejets de surface.

A noter également que la forte diminution et même la suppression des pompages de la CSS à partir des eaux du lac ces dernières années pourrait avoir un effet indirect sur l'évolution des chlorures dissous dans le Guiers. En effet ces pompages captaient en fait une bonne part des rejets et les "recyclaient" en quelque sorte dans les zones irriguées et dans le fleuve. Cette réduction dans l'élimination de cet élément dissous est cependant actuellement compensée par une meilleure dilution des eaux lacustres liée aux remplissages importants de ces dernières années.

BIBLIOGRAPHIE

- COGELS FX., GAC JY, 1983

La chlorinité des eaux du lac de Guiers : bilan quantitatif, qualitatif et perspectives futures
In : Actes du colloque "Le lac de Guiers : problématique régionale d'Environnement et de développement sahélien" Université de Dakar - Institut des Sciences de l'Environnement - mai 1983, Actes du colloque p. 41-58

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

Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989.
Rapport CEE, Projet EQUESSEN (TS 2 0198 F/EDB) et rapport ORSTOM, Dakar, 60 p.

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

Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990.
Rapport CEE, Projet EQUESSEN (TS 2 0198 F/EDB) et rapport ORSTOM, Dakar, 20p.

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

L'évaporation du lac de Guiers (Sénégal) de 1976 à 1989 - Bilan et essai d'interprétation.
Rapport CEE , projet EQUESSEN (TS 2 0198 F/EDB), et rapport ORSTOM Dakar, 25p.

- GAC JY., COGELS FX., EVORA N, 1992 (à paraître)

Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1991..

ANNEXES

Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)	Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)
Jan-73	3		-0,02	178,3	46,9	Fév-74	3		0,41	257,9	65,3
	8	R	-0,03	176,6	46,2		8		0,38	251,9	62,5
	13	R	-0,03	176,6	44,7		13		0,35	245,9	65,3
	18	R	-0,03	176,6	43,3		18		0,32	240,0	63,2
	23	R	0,00	181,7	39,8		23		0,28	232,3	58,9
	28	R	0,02	185,1	38,7		27		0,24	224,7	61,4
Fév-73	3		-0,03	176,6	44,7	Mar-74	3		0,25	226,6	56,7
	8		-0,03	176,6	46,2		8		0,22	220,9	53,2
	13		-0,06	171,7	44,0		13		0,17	211,7	54,7
	18		-0,07	170,0	45,4		18		0,13	204,4	61,1
	23		-0,09	166,7	47,6		23		0,09	197,3	61,1
	27		-0,16	155,6	47,3		28		0,05	190,3	59,1
Mar-73	3		-0,19	150,9	46,9	Avr-74	3		-0,01	180,0	58,9
	8		-0,21	147,8	49,7		8		-0,04	175,0	56,8
	13		-0,25	141,7	51,1		13		-0,07	170,0	53,3
	18		-0,27	138,8	53,3		18		-0,10	165,1	56,1
	23		-0,30	134,3	56,8		23		-0,16	155,6	57,5
	28		-0,33	130,0	58,5		28		-0,20	149,3	59,6
Avr-73	3		-0,39	121,5	62,5	Mal-74	3		-0,23	144,8	68,9
	8		-0,41	118,7	66,0		8		-0,28	137,3	63,2
	13		-0,47	110,6	68,2		13		-0,32	131,4	68,2
	18		-0,49	107,9	73,1		18		-0,37	124,3	71,0
	23		-0,56	98,8	76,0		23		-0,43	116,0	72,4
	28		-0,61	92,6	80,2		28		-0,45	113,2	75,0
Mal-73	3		-0,65	87,7	86,6	Jul-74	3		-0,49	107,9	72,4
	8		-0,71	80,6	96,6		8		-0,56	98,8	71,7
	13		-0,80	70,4	108,6		13		-0,58	96,3	79,5
	18		-0,84	66,0	121,4		18		-0,61	92,6	80,2
	23		-0,94	55,6	131,4		23		-0,67	85,3	79,5
	28		-1,03	46,8	141,2		28		-0,75	76,0	92,3
Jul-73	3		-1,10	40,3	156,2	Jul-74	3		-0,75	76,0	90,2
	8		-1,15	35,8	177,5		8		-0,80	70,4	88,8
	13	R	-0,89	60,7	308,9		13		-0,79	71,5	101,6
	18	R	-0,84	66,0	276,2		18		-0,86	63,9	106,0
	23	R	-0,76	74,8	238,6	Aoû-74	3	R	-0,72	79,4	111,7
	28	R	-0,65	88,3	202,7		8	R	-0,57	97,6	95,0
Sep-73	3	R	-0,48	109,2	158,3		13	R	-0,45	113,2	89,5
	8	R	-0,36	125,7	141,3		18	R	-0,36	125,7	92,3
	13	R	-0,24	143,3	126,4		23	R	-0,23	144,8	84,5
	18	R	-0,10	165,1	113,6		28	R	-0,13	160,3	76,8
	23	R	0,00	181,7	92,3	Sep-74	3	R	-0,02	178,3	76,0
	28	R	0,11	200,8	107,9		8	R	0,12	202,6	70,3
Oct-73	3	R	0,16	209,8	85,2		13	R	0,28	232,3	68,2
	8	R	0,25	226,6	132,4		18	R	0,38	251,9	67,5
	13	R	0,28	232,3	83,3		23	R	0,48	272,2	63,2
	18	R	0,32	240,0	76,7		28	R	0,60	297,7	56,8
	23	R	0,33	242,0	65,3	Oct-74	3	R	0,72	324,2	52,5
	28	R	0,32	240,0	100,8		8	R	0,84	351,8	49,7
Nov-73	3	R	0,29	234,2	90,2		13	R	0,93	373,2	49,6
	8	R	0,28	232,3	63,9		18	R	1,07	407,5	46,4
	13	R	0,31	238,1	73,8		23	R	1,15	427,6	46,9
	18	R	0,31	238,1	87,3		28	R	1,21	442,9	45,5
	23	R	0,31	238,1	93,2	Nov-74	3	R	1,28	461,0	46,2
	28	R	0,32	240,0	74,6		8	R	1,31	468,8	41,9
Déc-73	3	R	0,34	243,9	73,8		13		1,28	461,0	48,3
	8	R	0,36	247,9	76,7		18		1,24	450,6	46,9
	13	R	0,37	249,9	75,3		23		1,20	440,3	49,7
	23	R	0,40	255,9	72,0		28		1,16	430,1	50,4
	28	R	0,41	257,9	70,9	Déc-74	3		1,12	420,0	49,7
Jan-74	3	R	0,41	257,9	72,4		8		1,12	420,0	49,7
	8	R	0,41	257,9	70,3		13		1,10	415,0	53,3
	13	R	0,41	257,9	64,6		18		1,07	407,5	51,1
	18	R	0,42	259,9	58,2		23		1,04	400,0	49,7
	23	R	0,42	259,9	61,1		28		1,00	390,2	49,6
	28	R	0,42	259,9	62,6						

Tableau annexe 1 : Chlorinité des eaux à la station de N'Gnith, hauteurs limnimétriques et volumes lacustres aux jours correspondants de 1973 à 1991. (R = phase de remplissage du lac)

Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)	Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)
Jan-75	3		0,97	382,9	49,7	Jan-76	3		1,39	489,9	35,5
	8		0,94	375,6	49,7		8		1,36	482,0	34,8
	13		0,91	368,4	49,7		13		1,32	471,5	33,4
	18		0,89	363,6	47,6		18		1,29	463,6	32,0
	23		0,85	354,2	49,0		23		1,27	458,4	32,0
	28		0,82	347,2	44,9		28		1,24	450,6	31,9
Fév-75	3		0,76	333,3	42,6	Fév-76	3		1,21	442,9	32,0
	8		0,75	331,0	42,6		8		1,18	435,2	32,7
	13		0,74	328,8	44,7		13		1,15	427,6	32,0
	18		0,69	317,5	45,4		18		1,14	425,1	32,0
	23		0,65	308,6	44,7		23		1,10	415,0	32,0
	27		0,63	304,2	46,1		27		1,08	410,0	32,8
Mar-75	3		0,62	302,0	46,2	Mar-76	3		1,05	402,5	32,7
	8		0,56	289,1	45,4		8		1,02	395,1	32,0
	13		0,51	278,5	45,4		13		0,96	380,4	32,0
	18		0,47	270,1	48,2		18		0,93	373,2	29,8
	23		0,44	264,0	46,9		23		0,90	366,0	28,4
	28		0,38	251,9	44,9		28		0,86	356,5	30,7
Avr-75	3		0,38	251,9	42,6	Avr-76	3		0,82	347,2	29,1
	8		0,33	242,0	43,3		8		0,78	337,9	32,7
	13		0,26	228,5	45,4		13		0,73	326,5	28,4
	18		0,22	220,9	46,9		18		0,69	317,5	30,5
	23		0,18	213,5	46,2		23		0,64	306,4	28,4
	28		0,13	204,4	45,4		28		0,60	297,7	29,8
Mai-75	3		0,10	199,0	41,9	Mai-76	3		0,55	286,9	30,5
	8		0,04	188,5	44,7		8		0,55	286,9	30,5
	13		0,00	181,7	44,0		13		0,47	270,1	30,5
	18		-0,04	175,0	45,4		18		0,42	259,9	33,4
	23		-0,18	152,4	47,6		23		0,39	253,9	31,2
	28		-0,19	150,9	48,4		28		0,35	245,9	31,9
Jui-75	3		-0,23	144,8	54,7	Jui-76	3		0,31	238,1	32,6
	8		-0,27	138,8	57,5		8		0,25	226,6	34,0
	13		-0,32	131,4	57,5		13		0,21	219,0	34,7
	18		-0,36	125,7	57,5		18		0,17	211,7	35,5
	23		-0,41	118,7	56,8		23		0,13	204,4	39,0
	28		-0,47	110,6	56,1		28		0,09	197,3	39,7
Jui-75	3		-0,51	105,3	60,4	Jui-76	3		0,04	188,5	42,5
	8		-0,52	104,0	66,7		8		0,01	183,4	44,0
	13		-0,54	101,4	70,3		13		-0,05	173,3	44,7
	18		-0,53	102,7	73,8		18		-0,07	170,0	46,1
	28		-0,52	104,0	76,2		23		-0,09	166,7	46,1
Aoû-75	3	R	-0,42	117,3	76,7		28	R	0,03	186,8	46,1
	8	R	-0,34	128,5	79,5	Aoû-76	3	R	0,18	213,5	48,2
	13	R	-0,11	163,5	78,8		8	R	0,27	230,4	49,6
	18	R	0,04	188,5	76,7		13	R	0,39	253,9	50,3
	23	R	0,24	224,7	71,0		18	R	0,51	278,5	49,6
	28	R	0,39	253,9	68,5		23	R	0,62	302,0	51,0
Sep-75	3	R	0,58	293,4	58,2		28	R	0,74	328,8	49,6
	8	R	0,70	319,7	57,5	Sep-76	3	R	0,92	370,8	49,6
	13	R	0,85	354,2	58,9		8	R	1,03	397,6	47,5
	18	R	0,99	387,7	53,3		13	R	1,12	420,0	46,8
	23	R	1,14	425,1	50,4		18		1,14	425,1	46,8
	28	R	1,32	471,5	44,7		23		1,10	415,0	47,5
Oct-75	3	R	1,45	505,9	44,0		28		1,14	425,1	46,8
	8	R	1,56	535,4	41,9	Oct-76	3		1,10	415,0	47,5
	13	R	1,65	559,8	42,6		8	R	1,07	407,5	44,7
	18	R	1,75	586,9	39,8		13	R	1,13	422,5	46,8
	23	R	1,83	608,7	36,9		18		1,10	415,0	45,4
	28		1,82	606,0	39,0		23		1,06	405,0	45,4
Nov-75	3		1,78	595,1	41,9		28		1,03	397,6	46,7
	8		1,74	584,2	37,6	Nov-76	3		0,98	385,3	46,1
	13		1,70	573,3	41,9		8		0,92	370,8	45,4
	18		1,67	565,2	35,5		13		0,90	366,0	41,8
	23		1,63	554,3	37,6		18		0,86	356,5	44,0
	28		1,59	543,5	36,9		23		0,84	351,8	42,5
Déc-75	3		1,57	538,1	34,1		28		0,79	340,2	41,8
	8		1,53	527,3	35,5	Déc-76	3		0,77	335,6	42,5
	13		1,50	519,2	35,5		8		0,74	328,8	41,1
	18		1,48	513,9	34,1		13		0,72	324,2	39,0
	23		1,45	505,9	34,1		18		0,70	319,7	39,0
	28		1,41	495,2	35,5		23		0,68	315,3	37,6
							28		0,67	313,0	39,6

Tableau annexe 1 : Chlorinité des eaux à la station de N'Gnith, hauteurs limnimétriques et volumes lacustres aux jours correspondants de 1973 à 1991. (R = phase de remplissage du lac)

Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)	Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)
Jan-77	3		0,65	308,6	40,4	Jan-78	3		0,64	306,4	42,6
	8		0,63	304,2	35,5		8		0,59	295,5	45,4
	13		0,59	295,5	38,0		13		0,57	291,2	43,3
	18		0,57	291,2	39,0		18		0,55	286,9	43,3
	23		0,56	289,1	39,7		23		0,50	276,4	44,7
	28		0,51	278,5	45,5		28		0,47	270,1	46,1
Fév-77	3		0,49	274,3	42,6	Fév-78	3		0,41	257,9	45,4
	8		0,45	266,0	39,0		8		0,38	251,9	46,1
	13		0,42	259,9	39,7		13		0,36	247,9	45,4
	18		0,41	257,9	41,1		18		0,33	242,0	48,2
	23		0,37	249,9	39,7		23		0,30	236,1	47,5
	27		0,34	243,9	40,7		27		0,28	232,3	47,3
Mar-77	3		0,31	238,1	43,4	Mar-78	3		0,24	224,7	50,4
	8		0,27	230,4	42,6		8		0,19	215,3	52,5
	13		0,23	222,8	44,7		13		0,16	209,8	53,2
	18		0,18	213,5	48,2		18		0,10	199,0	55,3
	23		0,15	208,0	48,2		23		0,05	190,3	58,9
	28		0,10	199,0	49,6		28		0,01	183,4	59,7
Avr-77	3		0,06	192,0	51,1	Avr-78	3		-0,04	175,0	63,1
	8		0,02	185,1	51,8		8		-0,08	168,4	63,8
	13		-0,03	176,6	50,4		13		-0,12	161,9	66,0
	18		-0,05	173,3	51,8		18		-0,18	152,4	71,6
	23		-0,12	161,9	52,5		23		-0,22	146,3	73,1
	28		-0,16	155,6	58,2		28		-0,27	138,8	76,6
Mai-77	3		-0,20	149,3	63,1	Mai-78	3		-0,32	131,4	84,4
	8		-0,27	138,8	61,7		8		-0,38	122,9	87,2
	13		-0,33	130,0	61,7		13		-0,42	117,3	94,3
	18		-0,39	121,5	63,8		18		-0,44	114,6	97,1
	23		-0,42	117,3	67,4		23		-0,50	106,6	104,2
	28		-0,45	113,2	76,2		28		-0,56	98,8	112,3
Jul-77	3		-0,54	101,4	80,9	Jul-78	3		-0,65	87,7	126,2
	8		-0,60	93,8	83,0		8		-0,72	79,4	131,9
	13		-0,65	87,7	85,8		13		-0,74	77,1	146,2
	18		-0,69	82,9	94,3		18		-0,75	78,0	157,4
	23		-0,78	72,6	96,5		23		-0,82	68,2	168,0
	28		-0,75	76,5	110,6		28		-0,87	62,8	175,8
Jul-77	3		-0,80	70,4	121,2	Jul-78	3		-0,95	54,6	205,6
	8		-0,87	62,8	125,5		8		-0,96	53,6	218,9
	13		-0,98	51,6	151,0	Aoû-78	8	R	-0,52	104,0	154,2
	18		-0,93	56,6	140,8		13	R	-0,25	141,7	177,3
	23		-1,06	44,0	179,6		18	R	0,00	181,7	152,4
Aoû-77	8	R	-0,78	72,6	184,0		23	R	0,21	219,0	154,8
	13	R	-0,60	93,8	146,1		28	R	0,47	270,1	134,7
	18	R	-0,43	116,0	139,0	Sep-78	3	R	0,70	319,7	113,4
	23	R	-0,26	140,3	113,7		8	R	0,87	358,9	109,9
	28	R	-0,10	165,1	131,8		13	R	1,00	390,2	95,7
Sep-77	3	R	0,11	200,8	119,1		18	R	1,17	432,7	78,9
	8	R	0,26	228,5	116,3		23	R	1,27	458,4	80,8
	13	R	0,35	245,9	107,1		28	R	1,34	476,7	70,2
	18	R	0,46	268,1	84,4	Oct-78	3	R	1,42	497,9	63,1
	23	R	0,70	319,7	90,8		8	R	1,51	521,9	66,5
	28	R	0,84	351,8	68,8		13	R	1,57	538,1	57,6
Oct-77	3	R	1,00	390,2	84,4		18	R	1,62	551,6	54,4
	8	R	1,13	422,5	75,2		23		1,62	551,6	53,2
	13	R	1,19	437,8	64,5		28		1,58	540,8	51,4
	18		1,19	437,8	58,1	Nov-78	3		1,52	524,6	50,3
	23		1,15	427,6	48,9		8		1,46	508,5	41,8
	28		1,09	412,5	42,5		13		1,43	500,5	39,9
Nov-77	3		1,06	405,0	49,6		18		1,39	489,9	39,0
	8		1,00	390,2	53,2		23		1,35	479,3	36,9
	13		0,96	380,4	50,3		28		1,32	471,5	36,9
	18		0,92	370,8	47,5	Déc-78	3		1,29	463,6	34,0
	23		0,89	363,6	48,2		8		1,27	458,4	35,5
	28		0,85	354,2	48,9		13		1,23	448,1	32,6
Déc-77	3		0,80	342,5	49,6		18		1,20	440,3	31,9
	8		0,78	337,9	44,7		23		1,18	435,2	34,0
	13		0,76	333,3	46,8		28		1,15	427,6	33,1
	18		0,71	322,0	48,9						
	23		0,68	315,3	43,3						
	28		0,66	310,8	44,3						

Tableau annexe 1 : Chlorinité des eaux à la station de N'Gnith, hauteurs limnimétriques et volumes lacustres aux jours correspondants de 1973 à 1991. (R = phase de remplissage du lac)

Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)	Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)
Jan-79	3		1,10	415,0	33,4	Jan-80	3		0,63	304,2	46,2
	8		1,08	410,0	33,4		8		0,63	304,2	46,2
	13		1,06	405,0	33,4		13		0,63	304,2	49,0
	18		1,05	402,5	34,8		18		0,62	302,0	47,6
	23		1,03	397,6	34,8		23		0,61	299,9	47,6
	28		1,01	392,6	36,1		28		0,60	297,7	49,7
Fév-79	3		0,98	385,3	36,2	Fév-80	3		0,59	295,5	50,4
	8		0,95	378,0	37,6		8		0,59	295,5	49,7
	13		0,91	368,4	39,1		13		0,58	293,4	54,7
	18		0,87	358,9	38,3		18		0,57	291,2	53,3
	23		0,82	347,2	41,2		23		0,52	280,6	54,0
	27		0,77	335,6	42,6		27		0,47	270,1	60,7
Mar-79	3		0,74	328,8	42,6	Mar-80	3		0,42	259,9	55,4
	8		0,70	319,7	42,6		8		0,40	255,9	57,5
	13		0,66	310,8	42,6		13		0,36	247,9	58,2
	18		0,63	304,2	42,6		18		0,34	243,9	66,0
	23		0,58	293,4	45,4		23		0,29	234,2	66,0
	28		0,53	282,7	47,6		28		0,24	224,7	67,5
Avr-79	3		0,48	272,2	49,0	Avr-80	3		0,19	215,3	71,0
	8		0,45	266,0	50,4		8		0,13	204,4	73,1
	13		0,38	251,9	55,4		13		0,09	197,3	81,7
	18		0,33	242,0	57,5		18		0,04	188,5	80,2
	23		0,28	232,3	57,5		23		0,00	181,7	81,7
	28		0,23	222,8	58,9		28		-0,06	171,7	86,6
Mal-79	3		0,20	217,2	61,1	Mal-80	3		-0,13	160,3	94,4
	8		0,18	213,5	63,9		8		-0,19	150,9	100,1
	13		0,12	202,6	68,9		13		-0,25	141,7	104,4
	18		0,06	192,0	70,3		18		-0,29	135,8	113,6
	23		0,00	181,7	71,7		23		-0,37	124,3	116,9
	28		-0,05	173,3	73,1		28		-0,46	111,9	127,2
Jul-79	3		-0,10	165,1	78,8	Jul-80	3		-0,52	104,0	141,3
	8		-0,14	158,7	82,4		8		-0,56	98,8	146,3
	13		-0,19	150,9	86,6		13		-0,63	90,1	164,0
	18		-0,21	147,8	90,2		18		-0,70	81,7	178,9
	23		-0,27	138,8	96,6		23		-0,76	74,8	196,7
	28		-0,31	132,9	100,1		28		-0,82	68,2	222,2
Jul-79	3		-0,38	122,9	102,2	Jul-80	3		-0,85	64,9	257,4
	8		-0,40	120,1	116,4		8		-0,87	62,8	271,6
	13		-0,45	113,2	115,7	Aoû-80	3	R	-1,00	49,6	344,0
	18		-0,47	110,6	121,4		8	R	-0,80	70,4	300,0
	23		-0,45	113,2	129,9		13	R	-0,36	125,7	243,3
	28	R	-0,43	116,0	149,1		18	R	-0,10	165,1	222,7
Aoû-79	3	R	-0,30	134,3	147,7		23	R	0,18	213,5	179,4
	8	R	-0,15	157,1	139,9		28	R	0,47	270,1	151,1
	13	R	0,00	181,7	135,6	Sep-80	3	R	0,69	317,5	134,0
	18	R	0,18	213,5	133,5		8	R	0,85	354,2	118,4
	23	R	0,30	236,1	115,7		13	R	1,02	395,1	98,6
	28	R	0,45	266,0	107,9		18	R	1,19	437,8	88,7
Sep-79	3	R	0,55	286,9	103,0		23	R	1,34	476,7	61,0
	8	R	0,65	308,6	90,9		28	R	1,48	513,9	61,7
	13	R	0,80	342,5	88,0	Oct-80	3	R	1,60	546,2	56,0
	18	R	0,95	378,0	79,5		8		1,59	543,5	53,9
	23	R	1,02	395,1	68,9		13		1,57	538,1	46,1
	28		1,05	402,5	58,9		18		1,50	519,2	39,0
Oct-79	3		1,04	400,0	55,4		23		1,46	508,5	39,0
	8		1,03	397,6	54,7		28		1,43	500,5	39,6
	13		1,00	390,2	53,3	Nov-80	3		1,39	489,9	36,9
	18		0,99	387,7	50,6		8		1,38	487,3	36,2
	23		0,96	380,4	48,3		13		1,34	476,7	36,2
	28		0,92	370,8	47,9		18		1,31	468,8	34,8
Nov-79	3		0,89	363,6	46,2		23		1,28	461,0	35,5
	8		0,87	358,9	46,2		28		1,27	458,4	34,8
	13		0,82	347,2	51,1	Déc-80	3		1,24	450,6	32,6
	18		0,80	342,5	49,0		8		1,22	445,5	33,3
	23		0,76	333,3	46,2		13		1,20	440,3	34,0
	28		0,75	331,0	48,3		18		1,17	432,7	33,3
Déc-79	3		0,73	326,5	49,7		23		1,14	425,1	32,6
	8		0,72	324,2	50,4		28		1,12	420,0	35,5
	13		0,69	317,5	51,1						
	18		0,67	313,0	46,2						
	23		0,64	306,4	47,6						
	28		0,63	304,2	47,7						

Tableau annexe 1 : Chlorinité des eaux à la station de N'Gnith, hauteurs limnimétriques et volumes lacustres aux jours correspondants de 1973 à 1991. (R = phase de remplissage du lac)

Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)	Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)
Jan-81	3		1,11	417,5	34,8	Jan-82	3		1,27	458,4	36,9
	8		1,06	405,0	34,0		8		1,23	448,1	39,0
	13		1,05	402,5	34,8		13		1,22	445,5	38,3
	18		1,00	390,2	34,8		18		1,20	440,3	39,0
	23		1,00	390,2	36,2		23		1,17	432,7	39,7
	28		0,98	385,3	35,5		28		1,14	425,1	39,6
Fév-81	3		0,96	380,4	36,2	Fév-82	3		1,11	417,5	42,6
	8		0,91	368,4	36,9		8		1,06	405,0	43,3
	13		0,89	363,6	41,8		13		1,05	402,5	44,7
	18		0,87	358,9	41,8		18		1,00	390,2	44,0
	23		0,84	351,8	42,6		23		0,96	380,4	46,8
	27		0,80	342,5	42,6		27		0,91	368,4	49,6
Mar-81	3		0,77	335,6	45,2	Mar-82	3		0,91	368,4	48,2
	8		0,72	324,2	46,1		8		0,85	354,2	51,1
	13		0,69	317,5	44,7		13		0,80	342,5	52,5
	18		0,65	308,6	47,5		18		0,77	335,6	53,2
	23		0,61	299,9	48,2		23		0,71	322,0	53,2
	28		0,58	293,4	49,6		28		0,66	310,8	56,1
Avr-81	3		0,51	278,5	53,2	Avr-82	3		0,61	299,9	60,3
	8		0,45	266,0	55,3		8		0,55	286,9	58,9
	13		0,40	255,9	58,9		13		0,50	276,4	66,7
	18		0,34	243,9	60,3		18		0,45	266,0	70,2
	23		0,30	236,1	62,4		23		0,41	257,9	70,9
	28		0,23	222,8	66,7		28		0,35	245,9	71,6
Mal-81	3		0,18	213,5	69,5	Mal-82	3		0,28	232,3	72,3
	8		0,12	202,6	70,9		8		0,22	220,9	78,7
	13		0,05	190,3	74,5		13		0,17	211,7	78,7
	18		0,02	185,1	80,9		18		0,11	200,8	84,4
	23		-0,04	175,0	80,1		23		0,05	190,3	87,9
	28		-0,09	166,7	89,2		28		0,01	183,4	94,6
Jul-81	3		-0,15	157,1	89,4	Jul-82	3		-0,03	176,6	99,3
	8		-0,20	149,3	94,3		8		-0,10	165,1	105,0
	13		-0,26	140,3	104,3		13		-0,17	154,0	110,6
	18		-0,31	132,9	107,1		18		-0,22	146,3	117,7
	23		-0,37	124,3	114,2		23		-0,29	135,8	125,5
	28		-0,42	117,3	114,9		28		-0,33	130,0	134,0
Jul-81	3		-0,46	111,9	123,4	Jul-82	3		-0,39	121,5	141,8
	8		-0,49	107,9	132,6		8		-0,44	114,6	160,3
	13		-0,54	101,4	142,6		13		-0,50	106,6	167,4
	18		-0,64	88,9	154,6		18		-0,53	102,7	192,9
	23		-0,64	88,9	170,2		23		-0,59	95,0	202,8
	28	R	-0,36	125,7	184,4		28		-0,59	95,0	206,9
Aoû-81	3	R	-0,16	155,6	174,5	Aoû-82	3		-0,61	92,6	226,9
	8	R	0,10	199,0	162,4		8	R	-0,53	102,7	226,9
	13	R	0,28	232,3	147,5		13	R	-0,42	117,3	232,6
	18	R	0,49	274,3	141,1		18	R	-0,27	138,8	216,3
	23	R	0,70	319,7	133,3		23	R	-0,05	173,3	205,7
	28	R	0,96	360,4	118,2		28	R	0,18	213,5	172,6
Sep-81	3	R	1,21	442,9	104,3	Sep-82	3	R	0,38	251,9	171,6
	8	R	1,38	487,3	95,0		8	R	0,58	293,4	164,5
	13	R	1,55	532,7	76,6		13	R	0,75	331,0	143,3
	18	R	1,68	567,9	60,3		18	R	0,94	375,6	112,1
	23	R	1,76	589,7	51,1		23	R	1,05	402,5	98,6
	28	R	1,81	603,3	43,3		28	R	1,14	425,1	90,1
Oct-81	3	R	1,74	584,2	42,6	Oct-82	3		1,09	412,5	83,0
	8		1,71	576,1	42,6		8		1,08	410,0	76,6
	13		1,69	570,6	41,1		13		1,04	400,0	66,0
	18		1,66	562,5	36,9		18		1,01	392,6	64,5
	23		1,61	548,9	38,3		23		0,98	385,3	59,6
	28		1,60	546,2	37,8		28		0,94	375,6	60,9
Nov-81	3		1,53	527,3	36,2	Nov-82	3		0,90	366,0	60,3
	8		1,53	527,3	36,2		8		0,87	358,9	58,2
	13		1,51	521,9	35,5		13		0,85	354,2	55,3
	18		1,48	513,9	36,2		18		0,82	347,2	56,7
	23		1,45	505,9	35,5		23		0,80	342,5	57,4
	28		1,42	497,9	35,5		28		0,79	340,2	55,3
Déc-81	3		1,40	492,5	35,5	Déc-82	3		0,76	333,3	56,7
	8		1,38	487,3	35,5		8		0,74	328,8	56,7
	13		1,35	479,3	35,5		13		0,70	319,7	56,7
	18		1,28	461,0	35,5		18		0,69	317,5	56,0
	23		1,31	468,8	35,5		23		0,67	313,0	55,3
	28		1,29	463,6	35,5		28		0,66	310,8	55,6

Tableau annexe 1 : Chlorinité des eaux à la station de N'Gnith, hauteurs limnimétriques et volumes lacustres aux jours correspondants de 1973 à 1991. (R = phase de remplissage du lac)

Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)	Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)
Jan-83	3		0,62	302,0	55,3	Mar-84	3	R	0,60	297,7	44,7
	8		0,58	293,4	56,7		8	R	0,59	295,5	43,3
	13		0,57	291,2	57,4		13	R	0,58	293,4	46,1
	18		0,54	284,8	58,9		18	R	0,58	293,4	47,5
	23		0,48	272,2	60,3		23	R	0,58	293,4	48,2
	28		0,46	268,1	62,6		28		0,56	289,1	51,4
Fév-83	3		0,39	253,9	63,8	Jul-84	13		-0,20	149,3	102,8
	8		0,36	247,9	63,8		18		-0,26	140,3	107,8
	13		0,32	240,0	66,0		23		-0,30	134,3	115,6
	18		0,28	232,3	68,1		28		-0,37	124,3	126,2
	23		0,24	224,7	68,1	Jul-84	3	R	-0,42	117,3	141,8
	27		0,20	217,2	70,9		8	R	-0,47	110,6	150,4
Mar-83	3		0,15	208,0	72,3		13	R	-0,48	109,2	153,2
	8		0,10	199,0	74,5		18	R	-0,30	134,3	160,3
	13		0,05	190,3	76,6		23	R	-0,06	171,7	144,0
	18		0,00	181,7	78,7		28	R	0,17	211,7	129,4
	23		-0,04	175,0	82,3	Sep-84	3	R	0,63	304,2	97,9
	28		-0,11	163,5	88,1		8	R	0,61	299,9	91,5
Avr-83	3		-0,19	150,9	89,4		13	R	0,60	297,7	89,4
	8		-0,22	146,3	96,5		18	R	0,60	297,7	79,4
	13		-0,28	137,3	101,4		23	R	0,58	293,4	80,1
	18		-0,34	128,5	107,1		28	R	0,54	284,8	75,2
	23		-0,39	121,5	112,1	Oct-84	3	R	0,55	286,9	75,2
	28		-0,46	111,9	120,6		8	R	0,54	284,8	75,2
Mal-83	3		-0,51	105,3	128,4		13	R	0,52	280,6	78,0
	8		-0,59	95,0	129,1		18	R	0,50	276,4	73,8
	13		-0,65	87,7	144,7		23	R	0,50	276,4	73,8
	18		-0,66	86,5	166,0		28	R	0,47	270,1	74,5
	23		-0,81	69,3	175,9	Nov-84	3	R	0,47	270,1	72,3
	28		-0,84	66,0	201,4		8	R	0,46	268,1	71,6
Aoû-83	3	R	-0,75	76,0	350,3		13	R	0,43	261,9	68,8
	8	R	-0,64	88,9	290,8		18	R	0,52	280,6	73,8
	13	R	-0,48	109,2	218,4		23	R	0,64	306,4	68,1
	18	R	-0,32	131,4	218,4		28	R	0,74	328,8	64,5
	23	R	-0,19	150,9	119,1	Déc-84	3	R	0,82	347,2	60,3
	28	R	-0,08	168,4	108,2		8	R	0,88	361,3	60,3
Sep-83	3	R	0,12	202,6	126,2		13	R	0,90	366,0	60,3
	8	R	0,24	224,7	92,2		18	R	0,95	378,0	59,6
	13	R	0,35	245,9	79,4	Jan-85	3	R	0,95	378,0	52,5
	18	R	0,42	259,9	74,5		8	R	0,97	382,9	51,8
	23	R	0,45	266,0	78,0		13		0,97	382,9	55,3
	28	R	0,50	276,4	84,4		18		0,94	375,6	56,0
Oct-83	3	R	0,64	306,4	70,9		23		0,91	368,4	53,9
	8	R	0,68	315,3	53,9		28		0,88	361,3	55,3
	13	R	0,66	310,8	53,9	Fév-85	3		0,87	358,9	56,7
	18	R	0,65	308,6	52,5		8		0,85	354,2	58,2
	23	R	0,63	304,2	50,4		13		0,82	347,2	60,3
	28	R	0,57	291,2	42,6		18		0,79	340,2	58,9
Nov-83	3	R	0,56	289,1	41,8		23		0,77	335,6	61,0
	8	R	0,55	286,9	41,1	Mar-85	3		0,72	324,2	60,3
	13	R	0,51	278,5	41,1	Avr-85	10		0,58	293,4	67,4
	18	R	0,51	278,5	42,6		15		0,54	284,8	70,9
	23	R	0,51	278,5	42,6		22		0,48	272,2	74,5
	28	R	0,49	274,3	41,8		29		0,43	261,9	78,0
Déc-83	3	R	0,51	278,5	40,4	Mal-85	6		0,36	247,9	81,6
	8	R	0,58	293,4	39,0		13		0,29	234,2	88,7
	13	R	0,63	304,2	42,6		20		0,22	220,9	92,2
	18	R	0,67	313,0	41,1		27		0,12	202,6	106,4
	23	R	0,69	317,5	37,6	Jul-85	1		0,07	193,8	113,5
	28	R	0,70	319,7	36,1		3		0,05	190,3	106,4
Jan-84	18	R	0,73	326,5	36,2		10		-0,02	178,3	120,6
	23	R	0,73	326,5	35,5		17		-0,10	165,1	131,2
	28	R	0,71	322,0	36,6		24		-0,19	150,9	148,9
Fév-84	3	R	0,69	317,5	38,3	Jul-85	2		-0,26	140,3	166,7
	8	R	0,68	315,3	38,3		8		-0,35	127,1	177,3
	13	R	0,65	308,6	39,7		15		-0,38	122,9	191,5
	18	R	0,63	304,2	40,4		22		-0,45	113,2	216,3
	23	R	0,61	299,9	41,8		29	R	-0,32	131,4	216,3
	28	R	0,60	297,7	31,9	Aoû-85	3	R	0,15	208,0	195,7
							8	R	0,54	284,8	158,7
							13	R	0,84	351,8	117,7
							18	R	0,98	385,3	104,6
							23	R	1,08	410,0	109,9
							27	R	1,18	435,2	127,7

Tableau annexe 1 : Chlorinité des eaux à la station de N'Gnith, hauteurs limnimétriques et volumes lacustres aux jours correspondants de 1973 à 1991. (R = phase de remplissage du lac)

Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)	Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)
Sep-85	2	R	1,27	458,4	95,7	Jan-87	1		1,29	463,6	46,1
	9	R	1,50	519,2	81,6		4		1,27	458,4	46,0
	16	R	1,60	546,2	56,7		5		1,27	458,4	46,1
	23	R	1,72	578,8	53,2		12		1,24	450,6	46,1
	30		1,79	597,8	49,6		19		1,20	440,3	53,2
Oct-85	1		1,79	597,8	46,1		26		1,18	435,2	53,2
	7		1,75	586,9	49,6	Fév-87	2		1,17	432,7	53,2
	14		1,69	570,6	39,0		9		1,15	427,6	53,2
	19		1,65	559,8	49,6	Mar-87	2		1,03	397,6	63,8
	28		1,59	543,5	35,5		9		0,98	385,3	56,7
Nov-85	2		1,56	535,4	35,5		16		0,93	373,2	56,7
	4		1,54	530,0	39,0		23		0,88	361,3	60,3
	11		1,49	516,6	39,0	Avr-87	13		0,73	326,5	67,4
	18		1,45	505,9	35,5		21		0,66	310,8	70,9
	25		1,40	492,5	39,0		27		0,59	295,5	78,0
Déc-85	1		1,38	487,3	46,1	Mal-87	4		0,50	276,4	81,6
	9		1,34	476,7	46,1		11		0,43	261,9	88,7
	15		1,30	466,2	42,6		18		0,38	251,9	85,1
	23		1,28	461,0	46,1		25		0,30	236,1	92,2
	29		1,25	453,2	49,6		26		0,29	234,2	92,2
Jan-86	2		1,22	445,5	49,6	Jul-87	1		0,23	222,8	95,7
	6		1,21	442,9	46,1		9		0,14	206,2	106,4
	20		1,11	417,5	46,1		15		0,08	195,5	106,4
	27		1,06	405,0	49,6		22		0,01	183,4	117,0
	30		1,05	402,5	49,6	Jul-87	1		-0,07	170,0	138,3
Fév-86	3		1,03	397,6	53,2		20	R	-0,16	155,6	163,1
	10		1,00	390,2	53,2		27	R	-0,06	171,7	156,0
	13		0,99	387,7	42,6	Aoû-87	1	R	0,03	186,8	159,6
	17		0,97	382,9	53,2	Sep-87	1	R	0,70	319,7	120,6
	24		0,92	370,8	53,2		14	R	1,15	427,6	113,5
Mar-86	10		0,85	354,2	67,4		23	R	1,36	482,0	106,4
	17		0,80	342,5	70,9		25	R	1,40	492,5	99,3
	24		0,74	328,8	70,9		28	R	1,45	505,9	88,7
Avr-86	7		0,65	308,6	85,1	Oct-87	1	R	1,52	524,6	81,6
	14		0,59	295,5	85,1		5	R	1,55	532,7	95,7
	19		0,55	286,9	85,1		12	R	1,47	511,2	81,6
	21		0,54	284,8	85,1		19	R	1,46	508,5	74,5
	28		0,48	272,2	88,7		26		1,40	492,5	74,5
Mai-86	13		0,32	240,0	92,2	Nov-87	3		1,34	476,7	74,5
	14		0,31	238,1	102,8		9		1,31	468,8	69,1
	20		0,24	224,7	106,4		16		1,26	455,8	69,1
Jul-86	10		0,05	190,3	124,1		23		1,21	442,9	69,1
	16		-0,03	176,6	131,2	Déc-87	1		1,17	432,7	67,4
	23		-0,09	166,7	145,4		7		1,15	427,6	69,1
	26		-0,14	158,7	148,9		14		1,12	420,0	70,9
	27		-0,15	157,1	148,9		21		1,08	410,0	69,1
	30		-0,19	150,9	145,4		29		1,03	397,6	67,4
Jul-86	1		-0,19	150,9	145,4	Jan-88	4		0,98	385,3	67,4
	7		-0,26	140,3	170,2		7		0,95	378,0	67,4
	14		-0,30	134,3	166,7		11		0,93	373,2	67,4
	21		-0,39	121,5	180,8		18		0,92	370,8	67,4
	28	R	-0,46	111,9	198,6		25		0,88	361,3	70,9
Aoû-86	1	R	-0,20	149,3	166,7	Fév-88	8	R	0,84	351,8	74,5
	11	R	0,20	217,2	166,7		15	R	0,95	378,0	70,9
	17	R	0,34	243,9	145,4		22		0,92	370,8	74,5
	25	R	0,55	286,9	141,8	Mar-88	7		0,89	363,6	74,5
Sep-86	8	R	1,03	397,6	117,0		14		0,87	358,9	78,0
	22	R	1,60	546,2	85,1		21		0,82	347,2	78,0
	29	R	1,75	586,9	60,3		28		0,78	337,9	78,0
Oct-86	1	R	1,77	592,4	56,7	Avr-88	1		0,75	331,0	81,6
	6	R	1,80	600,6	60,3		5		0,73	326,5	88,7
	13		1,76	589,7	53,2		11		0,70	319,7	85,1
	14		1,75	586,9	60,3		18		0,64	306,4	88,7
	20		1,70	573,3	42,6		25		0,60	297,7	88,7
	27		1,65	559,8	49,6	Mai-88	2		0,55	286,9	88,7
Nov-86	1		1,63	554,3	46,1		9		0,49	274,3	90,4
	10		1,56	535,4	46,1		16		0,44	264,0	106,4
	17		1,52	524,6	46,1		24		0,37	249,9	109,9
	24		1,48	513,9	49,6		30	R	0,29	234,2	106,4
Déc-86	8		1,40	492,5	56,7	Jul-88	1	R	0,24	224,7	106,4
	15		1,38	487,3	49,6		6	R	0,22	220,9	107,1
	21		1,34	476,7	46,1		13	R	0,22	220,9	118,8
	28		1,30	466,2	49,6		20	R	0,24	224,7	120,6
							27	R	0,23	222,8	124,1
						Jul-88	1	R	0,30	236,1	124,1
							11	R	0,49	274,3	127,7
							18	R	0,55	286,9	127,7
							26	R	0,68	315,3	127,7

Tableau annexe 1 : Chlorinité des eaux à la station de N'Gnith, hauteurs limnimétriques et volumes lacustres aux jours correspondants de 1973 à 1991. (R = phase de remplissage du lac)

Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)	Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)
Aoû-88	1	R	0,85	354,2	115,2	Déc-89	1		1,38	487,3	39
	8	R	1,02	395,1	109,9		4		1,34	476,7	39
	16	R	1,14	425,1	97,5		11		1,33	474,1	35,5
	22	R	1,19	437,8	92,2		18		1,29	463,6	39,0
	29	R	1,24	450,6	85,1		26		1,24	450,6	42,6
Sep-88	1	R	1,29	463,6	83,3	Jan-90	2		1,20	440,3	44,3
	5	R	1,42	497,9	95,7		8		1,17	432,7	39,0
	12	R	1,59	543,5	78,0		15		1,13	422,5	39,0
	26		1,84	611,4	78,0		22		1,09	412,5	39,0
Oct-88	1		1,75	586,9	70,9		29		1,04	400,0	39,0
	3		1,71	576,1	67,4	Fév-90	1		1,04	400,0	39,0
	10		1,59	543,5	60,3		5		1,02	395,1	39,0
	17	R	1,54	530,0	55,0		12		0,97	382,9	39,0
	24	R	1,60	546,2	53,2		19		0,93	373,2	49,6
Nov-88	2		1,49	516,6	49,6		26		0,88	361,3	46,1
	7		1,46	508,5	49,6	Mar-90	1		0,86	356,5	46,1
	14		1,42	497,9	49,6		5		0,83	349,5	56,7
	21		1,36	482,0	53,2		12		0,78	337,9	55,0
	28		1,31	468,8	53,2		19		0,73	326,5	60,3
Déc-88	1		1,29	463,6	53,2		26		0,68	315,3	58,5
	5		1,26	455,8	53,2	Avr-90	2		0,63	304,2	56,7
	12		1,23	448,1	63,8		9		0,59	295,5	56,7
	13		1,23	448,1	63,8		17		0,51	278,5	56,7
	19		1,19	437,8	56,7		23		0,47	270,1	63,8
Jan-89	2		1,13	422,5	60,3		30		0,40	255,9	70,9
	9		1,10	415,0	60,3	Mal-90	2		0,39	253,9	63,8
	13		1,07	407,5	49,6		7		0,35	245,9	67,4
	16		1,07	407,5	53,2		14		0,30	236,1	74,5
	23		1,02	395,1	56,7		21		0,22	220,9	78,0
Fév-89	8		0,94	375,6	56,7		28		0,16	209,8	78,0
	13		0,91	368,4	56,7	Jul-90	1		0,13	204,4	85,1
	20		0,87	358,9	63,8		4		0,12	202,6	81,6
	27		0,84	351,8	60,3		11		0,07	193,8	88,7
Mar-89	1		0,82	347,2	60,3		18		0,03	186,8	88,7
	6		0,74	328,8	63,8		25	R	0,01	183,4	95,7
	13		0,59	295,5	70,9		29	R	-0,02	178,3	102,8
	20		0,53	282,7	70,9	Jul-90	2	R	-0,03	176,6	113,5
Avr-89	1		0,42	259,9	70,9		9	R	0,05	190,3	102,8
	3		0,40	255,9	78,0		16	R	0,13	204,4	99,3
	10		0,35	245,9	78,0		23	R	0,25	226,6	99,3
	17		0,30	236,1	78,0		30	R	0,48	272,2	109,9
	24		0,22	220,9	85,1	Aoû-90	3	R	0,59	295,5	99,3
	26		0,16	209,8	85,1		6	R	0,65	308,6	92,2
Mal-89	1		0,12	202,6	92,2		13	R	0,85	354,2	92,2
	9		0,02	185,1	99,3		20	R	0,92	370,8	92,2
	16		-0,01	180,0	102,8		27	R	0,99	387,7	88,7
	22		-0,06	171,7	106,4	Sep-90	1	R	1,07	407,5	88,7
	29		-0,12	161,9	117,0		3	R	1,10	415,0	86,9
Jul-89	1		-0,14	158,7	117,0		10	R	1,15	427,6	81,6
	5		-0,17	154,0	117,0		17	R	1,18	435,2	81,6
	12		-0,22	146,3	141,8		24	R	1,27	458,4	78,0
	19		-0,25	141,7	136,5	Oct-90	3	R	1,36	482,0	67,4
	26	R	-0,21	147,8	134,7		8	R	1,42	497,9	60,3
Jul-89	3	R	-0,09	166,7	134,7		15	R	1,38	487,3	70,9
	11	R	0,08	195,5	134,7		22	R	1,37	484,6	67,4
	16	R	0,27	230,4	131,2		29	R	1,33	474,1	63,8
	24	R	0,38	251,9	113,5	Nov-90	2	R	1,30	466,2	63,8
	30	R	0,43	261,9	102,8		5	R	1,28	461,0	63,8
Aoû-89	1	R	0,43	261,9	102,8		12	R	1,27	458,4	63,8
	7	R	0,50	276,4	109,9		19	R	1,28	461,0	63,8
	14	R	0,74	328,8	109,9		26	R	1,26	455,8	63,8
	21	R	0,96	380,4	99,3	Déc-90	1	R	1,29	463,6	56,7
	28	R	1,21	442,9	74,5		3	R	1,28	461,0	60,3
Sep-89	1	R	1,33	474,1	74,5		10	R	1,27	458,4	53,2
	4	R	1,40	492,5	74,5		17		1,24	450,6	53,2
	11	R	1,58	540,8	56,7		24		1,24	450,6	60,3
	18	R	1,66	562,5	49,6		31		1,18	435,2	60,3
	25	R	1,72	578,8	39,0	Jan-91	7		1,17	432,7	53,2
Oct-89	2	R	1,76	589,7	39		14		1,19	437,8	53,2
	9	R	1,76	589,7	37,2		21		1,19	437,8	53,2
	16		1,65	559,8	39,0		28		1,19	437,8	53,2
	23		1,59	543,5	35,5	Fév-91	1		1,19	437,8	53,2
	30		1,55	532,7	35,5		4		1,18	435,2	56,7
Nov-89	2		1,53	527,3	35,5		11		1,14	425,1	53,2
	6		1,50	519,2	35,5		18		1,09	412,5	56,7
	13		1,45	505,9	35,5		25		1,06	405,0	56,7
	20		1,43	500,5	35,5						
	27		1,40	492,5	35,5						

Tableau annexe 1 : Chlorinité des eaux à la station de N'Gnith, hauteurs limnimétriques et volumes lacustres aux jours correspondants de 1973 à 1991. (R = phase de remplissage du lac)

Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)	Mois	date	Phase	H lac (m)	V lac(Mm3)	Cl (mg/l)
Mar-91	1		1,00	390,2	56,7						
	4		0,98	385,3	56,7						
	11		0,92	370,8	60,3						
	18		0,88	361,3	63,8						
	25		0,81	344,8	67,4						
Avr-91	1		0,76	333,3	70,9						
	8		0,70	319,7	70,9						
	15		0,65	308,6	79,8						
	21		0,59	295,5	53,2						
	29		0,52	280,6	78,0						
Mal-91	2		0,48	272,2	78,0						
	6		0,45	266,0	95,7						
	13		0,41	257,9	81,6						
	21		0,34	243,9	85,1						
	27		0,29	234,2	92,2						
Jui-91	1		0,27	230,4	95,7						
	10		0,21	219,0	95,7						
	17		0,18	213,5	102,8						
	25		0,14	206,2	109,9						
Jul-91	1		0,17	211,7	109,9						
	8		0,14	206,2	115,2						
	15		0,13	204,4	117,0						
	24	R	0,28	232,3	117,0						
	29	R	0,40	255,9	120,6						
Aoû-91	1	R	0,52	280,6	117,0						
	5	R	0,65	308,6	106,4						
	12	R	0,93	373,2	99,3						
	19	R	1,12	420,0	88,7						
Sep-91	2	R	1,47	511,2	78,0						
	9	R	1,60	546,2	70,9						
	16	R	1,70	573,3	70,9						
	23	R	1,80	600,6	60,3						
	30	R	1,69	570,6	56,7						
Oct-91	1	R	1,65	559,8	56,7						
	7	R	1,60	546,2	49,6						
	14	R	1,60	546,2	56,7						
	21	R	1,63	554,3	56,7						
	28	R	1,51	521,9	46,1						
Nov-91	4	R	1,55	532,7	49,6						
	11	R	1,49	516,6	42,6						
	18		1,41	495,2	39,0						
	25		1,38	487,3	39,0						
Déc-91	3		1,33	474,1	39,0						
	9		1,31	468,8	42,6						
	16		1,29	463,6	42,6						
	23		1,24	450,6	42,6						
	30		1,19	437,8	42,6						

Tableau annexe 1 : Chlorinité des eaux à la station de N'Gnith, hauteurs limnimétriques et volumes lacustres aux jours correspondants de 1973 à 1991. (R = phase de remplissage du lac)