

Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en
Coopération

ORSTOM

Fondation Universitaire Luxembourgeoise

FUL

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

ISRA

Université de DAKAR Département de Géographie

UCAD

PROGRAMME CEE - ORSTOM N° TS2 0198-F EDB

Projet EQUÉSEN

ENVIRONNEMENT ET QUALITE DES EAUX DU SENEGAL

Rapport scientifique n° 7
Ebauche du rapport final

Jean Yves GAC

ORSTOM

avec la collaboration de

M. CARN, F.X. COGELS, A.KANE,

octobre 1992

INTRODUCTION

Le programme pluridisciplinaire EQUESSEN sur "l'Environnement et la qualité des eaux du Sénégal" bénéficie d'un appui financier de la CEE (contrat CEE-ORSTOM n° TS2 0198 F EDB). Le projet regroupe différentes équipes de recherches appartenant d'une part à la communauté européenne (ORSTOM et FUL) et hors communauté d'autre part (ISRA et UCAD).

Depuis le sixième rapport scientifique d'avril 1992 des collaborations diverses ont été nouées d'une part avec le Centre de Géochimie de Strasbourg (analyses chimiques, minéralogiques, granulométriques des alluvions, des aérosols, des pluies et traitement des équilibres thermodynamiques) et le Centre de Météorologie Spatiale de Lannion pour l'étude de l'imagerie satellitaire sur le haut bassin versant du fleuve Sénégal et depuis juillet 1992 pour le traitement d'images Spot sur la dépression du lac de Guiers.

Des contacts ont été également pris au Mali avec le projet EQUANIS sur "l'Environnement et la qualité des apports du Niger au Sahel", programme d'étude sur l'environnement du bassin Supérieur du fleuve Niger issu comme le Sénégal du "château d'eau" de l'Afrique de l'Ouest, le massif du Fouta Djallon. La liaison EQUESSEN/EQUANIS est évidente. Les objectifs sont similaires : connaissance du fonctionnement biohydrogéodynamique de deux grandes entités hydrologiques voisines en s'appuyant sur la mesure des flux hydriques, particuliers, dissous et organiques en relation avec le milieu physique et les variations climatiques. La réalisation de ces deux programmes associée à une actualisation des recherches effectuées (hydrologie, qualité des eaux, hydrobiologie) dans le passé sur le bassin du lac Tchad et le fleuve Chari permettrait une extension spatiotemporelle à la connaissance de l'évolution de l'environnement de toute la frange sahélienne de l'Ouest située au sud du Sahara.

Cette note constitue le septième rapport scientifique établi sur l'état d'avancement du programme au 1 octobre 1992 avant la synthèse finale prévue pour 1993.

Il comporte les résultats des travaux sur les différents thèmes de recherches au cours des six derniers mois avec en particulier :

UN VOLET FORMATION très important :

Mémoires soutenus : 5 (jointes à ce rapport)

- Les conclusions sur "La dynamique spatio-temporelle du phytoplancton de l'estuaire du fleuve Sénégal" élaborées par P. CECCHI (thèse doctorale soutenue le 13 juillet 1992 à l'Université de Montpellier II),

- L'étude des aquifères alluviaux dans le cadre du volet "relations eaux de surface/eaux souterraines" (Mémoires de DEA de Y. KOUSSOUBE et de S.M. DIAO soutenus le 29 mai 1992 au Département de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Dakar),

- L'étude du lac de Guiers avec d'une part " Les modalités de gestion hydrologique" (Rapport de stage d'A. COLY) et d'autre part " les premières ébauches pour la mise au point d'un modèle de Gestion intégrée des eaux du lac de Guiers" (Rapport de stage de A. NIANG) présentés au Département de Géographie de la Faculté des Lettres de l'Université de Dakar en juillet et octobre 1992 dans le cadre de la soutenance de 2 Mémoires de DEA.

Mémoires en préparation (en 1992)

- Impact des aménagements hydroagricoles sur la nappe alluviale du fleuve Sénégal (Richard-Toll, lac de Guiers, Dagana) de M. M. DA BOIT (DEA prévu en décembre 1992),

- Utilisation des isotopes stables dans l'étude des relations entre les eaux de surface et les eaux souterraines de A.B. NDOYE (DEA prévu en décembre 1992),

- Etude hydrogéologique de la moyenne vallée du fleuve Sénégal : recharge et échanges nappes alluviales et nappes profondes de A. DIAGANA (Thèse de 3 ème cycle en 1992).

UNE PARTICIPATION A DES ATELIERS, SYMPOSIUMS ET CONGRES INTERNATIONAUX

- Atelier de l'O.S.S. (Observatoire du Sahara et du Sahel) à Niamey (Niger) du 7 au 9 avril 1992 sur " L'estimation des pluies par satellite". Communication de M. CARN sur les méthodes élaborées par le programme EPSAT, présentation du logiciel EPSAT- μ mis au point dans le cadre du projet EQUASEN (publication n° 27 de mars 1992) et son installation opérationnelle au centre AGRHYMET de Niamey.

- Atelier de l'IFAN (Institut Fondamental d'Afrique Noire) et de l'ISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles) sur "La gestion des ressources côtières et littorales au Sénégal" tenu à Gorée (Sénégal) du 27 au 29 juillet 1992. Présidence de la séance du 27 après-midi par J.Y. GAC.

- XXV SIL (Symposium International de Limnology) du 21 au 27 août 1992 à Barcelone (Spain). Communication DE MM. COGELS et GAC sur " Evaporation and annual evolution of chloride concentrations in the water of a shallow sahelian lake : lake of Guiers (Sénégal) " et présentation d'un poster à la session n° 30 sur " Physical Limnology in Africa".

- International Symposium on " Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins" à Oslo (Norway) du 24 au 28 août 1992. Communication de M. A. KANE sur " Flows of continental sediments in the estuary of Senegal river.

UNE DIFFUSION GRAND PUBLIC

- Semaine scientifique de l'ORSTOM à Dakar du 18 au 22 mai 1992 et Journées Portes Ouvertes des 26 et 27 mai 1992. Présentation aux chercheurs, étudiants et groupes scolaires (300 écoliers) de trois Posters sur le programme EQUASEN et ses réalisations. Description détaillée des recherches du projet à M. HENAO TRIANA, conseiller de M. VANHAVERBEKE Délégué (DG VIII) de la CEE au Sénégal.

- X ème FIDAK (Foire Internationale de Dakar) du 26 novembre au 7 décembre 1992. Préparation et participation au Stand Scientifique conjointement organisé par l'ISRA et l'ORSTOM. Présentation du projet EQUASEN au grand public.

UNE VALORISATION DES RECHERCHES SUR PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

GAC J.Y., CARN M., COGELS F.X. (mai 1992) - Atmospheric dusts : major climatic events over the Sahel. Focus on the daily observations in Senegal from 1984 to 1991. Bulletin de la Veille Climatique Satellitaire, Lannion, n° 41, pp. 48-59.

COGELS F.X., THIAM A., GAC J.Y. (mai 1992). Premiers effets des aménagements hydrauliques de la vallée du fleuve Sénégal sur l'environnement hydrologique, la qualité des eaux et la végétation aquatique du lac de Guiers. Rapport multigr. ORSTOM, Dakar, 15 p. (Proposée à la Revue d'Hydrobiologie Tropicale).

COGELS F.X. et GAC J.Y. (août 1992) - Evaporation and annual evolution of chloride concentrations in the water of a shallow sahelian lake : lake de Guiers (Sénégal). XXV SIL, International Congress, Barcelona (Spain), 21 - 27 août, 4 p.

KANE A. (août 1992) - Flows of continental sediments in the estuary of Senegal river (1 et 2). International Symposium on erosion and sediment transport monitoring programmes in river basins, Oslo (Norway), 24 - 28 août 1992, 37 p.

THIEBAUX J.P., SAOS J.L., BADER J.C. (octobre 1992) - Variation des hauteurs d'eau du fleuve Sénégal de 1986 à 1992. Rapport multigr., ORSTOM, Dakar, 6 p., Annexes 78 p.

COGELS F.X. et GAC J.Y. (octobre 1992) - Lake of Guiers (Senegal, West-Africa). in NEWSLETTER of ILEC (International Lake Environment Committee Foundation), Agency of Japan, Otsu, 3 p.

COGELS F.X., NIANG A., CARN M. et GAC J.Y. (octobre 1992) - Recherche d'une station de référence pour un suivi qualitatif régulier des eaux du lac de Guiers. Rapport multigr., 15 p. (sous presse).

1 - PRESENTATION DES EQUIPES DE RECHERCHES

POUYAUD B. : Responsable Scientifique du projet, Responsable du Département Eaux Continentales de l'ORSTOM, Directeur de Recherche, Docteur d'Etat. Spécialité: Hydrologie.

GAC J-Y. : Directeur de Recherche de l'ORSTOM, Docteur d'Etat affecté pour la durée du projet au Sénégal. Coordinateur scientifique du projet EQUASEN et responsable des études hydrogéochimiques sur l'ensemble du bassin du fleuve Sénégal. Spécialité: Géochimie.

CARN M. : Ingénieur d'étude de l'ORSTOM, Mémoire de DEA, affecté au Sénégal depuis juin 1991. Spécialité : Télédétection. Estimation des pluies par imageries satellitaires sur les bassins amont du fleuve Sénégal (programme EPSAT) et du traitement des images SPOT sur la basse vallée du Sénégal.

CECCHI P. : Allocataire de recherche, détaché à l'ISRA puis Chargé de Recherche affecté à Montpellier. Responsable du volet Production Primaire du projet EQUASEN. Spécialité: Hydrobiologie. THESE DOCTORALE " PHYTOPLANKTON ET CONDITIONS

DU MILIEU DANS L'ESTUAIRE DU FLEUVE SENEGAL : EFFETS DU BARRAGE DE DIAMA "soutenu le 13 juillet 1992 à L'université de Montpellier II- Sciences et Techniques du Languedoc.

COGELS F. X. : Professeur à l'Université d'Arlon en Belgique. Docteur d'Etat. **Responsable du volet lac de Guiers du programme EQUESSEN.** Accueilli, au centre ORSTOM de Dakar, en poste d'accueil au Sénégal depuis le 15 octobre 1991, pour la durée du projet. Spécialité : Hydrobiologie, Zoologie.

COLY Adrien : Etudiant en DEA, du Dpt de Géographie de l'Université de Dakar, stage de formation dans le cadre du projet EQUESSEN. **MEMOIRE DE DEA " LE REGIME HYDROLOGIQUE DE LA KOULOUMTOU " RAPPORT DE STAGE " LES MODALITES DE LA GESTION HYDROLOGIQUE DU LAC DE GUIERS** " soutenus le 4 juillet 1992 au Département de Géographie de la Faculté des Lettres et de Sciences Humaines de l'Université de Dakar.

CORBIN D. : Technicien de la Recherche, détaché à l'ISRA. Spécialité : Hydrobiologie

DA BOIT Mme : Etudiante, **MEMOIRE DE DEA "IMPACTS DES AMENAGEMENTS HYDROAGRIQUES SUR LA NAPPE ALLOUVIALE DANS LA REGION RICHARD-TOLL/ LAC DE GUIERS"**, soutenance prévue en décembre 1992, Université de Dakar. Spécialité : Hydrogéologie.

DIAGANA M. : Etudiant, **THESE DE 3EME CYCLE "RECHARGES ET TRANSFERTS DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA REGION DE MATAM (SENEGAL)"**, soutenance prévue en 1993, Université de Dakar. Spécialité : Hydrogéologie

DIALLO M.I. : Etudiant, **THESE DE 3EME CYCLE "LES POUSSIERES SAHARIENNES, LEUR INTELLIGENCE POUR LA COMPREHENSION DES CHRONIQUES LACOSTRES"**, soutenance prévue en 1993 à l'Université de Dakar. Spécialité : Climatologie.

DIAO S.M. : Etudiant, **MEMOIRE DE DEA " ETUDE DES AQUIFERES ALLOUVIAUX DE LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL** " soutenu le 29 mai 1992 au Département de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Dakar. Spécialité : Hydrogéologie.

DIOP D. : Etudiante, maîtrise de Géographie, **STAGE SCIENTIFIQUE SUR " LES RISQUES D'EUTROPHISATION DES EAUX DU LAC DE GUIERS"** DANS LE CADRE D'UN MEMOIRE DE DEA prévu en 1993 à l'Université de Dakar. Spécialité : Géographie

EVORA Noël : Etudiant, thèse de 3ème cycle, Université de Mons (Belgique). Spécialité : Hydrologie. **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES " DETERMINATION DE L'EVAPORATION ET BILANS HYDROLOGIQUES DU LAC DE GUIERS (SENEGAL)** " à l'école Polytechnique de Mons (Belgique) le 28 novembre 1990.

FAYE Abdoulaye : Etudiant au Département de Géographie de l'Université de Dakar. Spécialité : Géographie physique. **MEMOIRE DE DEA " LES ECOULEMENTS DU FLEUVE SENEGAL A LA STATION DE DIAMA AU COURS DE L'ANNEE HYDROLOGIQUE 1990** " soutenu le 29 octobre 1991, au Département de Géographie de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de l'Université de Dakar . **THESE DE 3 EME CYCLE SUR "LA GESTION INTEGREE DE LA BASSE VALLEE DU SENEGAL"** soutenance prévue en 1993 à l'Université de Dakar.

KANE A. : Maître Assistant au Département de Géographie de l'Université de Dakar. Docteur de 3ème Cycle. **Responsable du volet Géomorphologie du projet EQUESSEN.** Spécialité : Géographie physique.

KANE O. : Etudiant en DEA à l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE) de l'Université de Dakar. **MEMOIRE DE DEA " L'ETUDE AGROECONOMIQUE DES NOUVELLES IMPLANTATIONS HYDROAGRIQUES AUTOUR DU LAC DE GUIERS ET DE LEURS IMPLICATIONS SUR LA QUALITE DE L'EAU"**, soutenance prévue en

décembre 1992 à l'ISE de l'Université de Dakar. Spécialité : Géographie humaine, Socio-économie.

KOUSSOUBE Y. : Etudiant, MEMOIRE DE DEA; "APPLICATION DE LA GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE A L'ETUDE DES AQUIFERES ALLOUVIAUX DE LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL", soutenu le 29 mai 1992 au Département de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Dakar. Spécialité : Géophysique.

LAWANI M : Dr vétérinaire, MEMOIRE DE DEA EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT " IMPACTS DES REJETS DES ZONES IRRIGUES SUR L'ECOSYSTEME DU LAC DE GUIERS ET ETUDE DE L'EUTROPHISATION RECENTE DES EAUX LACUSTRES ET DE SON EVOLUTION", soutenance prévue en 1993 à l'ISE de l'Université de Dakar.

NDIAYE Fatou : Etudiante. Spécialité : Hydrogéologie. MEMOIRE DE FIN D'ETUDES " SIMULATION DU SYSTEME PALEOCENE-MAESTRICITTIEN DE POOT AVEC UN MODELE TRIDIMENSIONNEL AUX DIFFERENCES FINES (SENEGAL) " à l'école Polytechnique de Mons (Belgique) soutenu le 28 novembre 1990.

NDOYE A.B. : Etudiant. Spécialité : Hydrogéologie. MEMOIRE DE DEA " UTILISATION DES ISOTOPES STABLES DANS L'ETUDE DES RELATIONS EAUX DE SURFACE/EAUX SOUTERRAINES " soutenance prévue en décembre 1992 à l'Université de Dakar.

NIANG A. : Etudiante. Spécialité : Géochimie. MEMOIRE DE DEA " SALINITE DE LA HAUTE CASAMANCE" ET STAGE DE FORMATION DANS LE CADRE DU PROJET EQUENSEN " PREMIERES APPROCHES POUR LA MISE AU POINT D'UN MODELE DE GESTION INTEGREE DES EAUX DU LAC DE GUIERS" soutenus le 27 octobre 1992 au Département de géographie de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines

ORANGE D. : Allocataire de Recherche à Strasbourg puis Chargé de Recherche à Bangui (R.C.A.). Spécialité : Hydrogéochimie. THESE DOCTORALE " HYDROCLIMATOLOGIE DU FOUTA DJALLON ET DYNAMIQUE ACTUELLE D'UN VIEUX PAYSAGE LATERITIQUE" soutenue le 20 décembre 1990 à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg.. Cette thèse réalisée dans le cadre du projet EQUENSEN s'est vue décernée deux prix : le prix Scientifique 1991 de l'Académie des Marches de l'Est et le prix de thèse 1991 de l'ADRERUS (Association pour le Développement des Relations entre l'Economie et la Recherche auprès des Universités de Strasbourg et de l'Université de Haute Alsace).

THIEBAUX J.P. : Technicien de l'ORSTOM. Spécialité : Hydrologie

SAOS J-L. : Chargé de recherche de l'ORSTOM, affecté pour la durée du projet au Sénégal. **Responsable du volet relations nappes de surface et nappes souterraines.** Spécialité : Hydrogéologie.

Pour Partie

GUILLOT B. : Directeur de Recherches de l'ORSTOM, détaché au centre de Météorologie Spatiale de Lannion. Spécialité: Télédétection.

OLIVRY J.C. : Directeur de Recherche de l'ORSTOM, Docteur d'Etat. Proposant du projet EQUANIS au Mali. Spécialité: Hydrologie.

Collaborations diverses

SCHMIT J.P. : Professeur à l'Université du Québec à Montréal. Spécialité : Chimie inorganique et bactériologie, chimiste,

LEGER D. et GHEDIN E. : Etudiantes à l'Université du Québec à Montréal. Spécialité : Bactériologie. Soutenance du Mémoire de fin d'Etudes de Mlle LEGER en 1991.

2 - MISE EN PLACE DES CREDITS

La date contractuelle du projet a été fixée au 1 avril 1989. La durée initialement prévue était de 3 ans. Une prolongation d'un an a été soumise à l'agrément de la DG XII en mars 1991. L'échéance est fixée au 31 mars 1993.

Le premier rapport financier a été établi le 1 avril 1990, le second le 1 avril 1991 et le troisième en avril 1992. Les équipements majeurs sont en place et les différentes équipes bien organisées autour des différents volets du programme. En ce qui concerne les équipements lourds les 2 véhicules Toyota qui totalisent à l'heure actuelle 140.000 km sont en état moyen.

Les dernières délégations de crédit ont pris en compte la nouvelle proposition budgétaire soumise à la CEE en mars 1991. L'établissement du troisième rapport financier a, comme prévu fait ressortir à nouveau la nécessité de certains aménagements par rubrique budgétaire tout en restant dans les limites du financement du projet à hauteur de 475.000 Ecus. La rédaction du rapport de synthèse et l'éventuel séminaire de clôture à Dakar prévu pour 1993 conduit à cette nécessité. Un entretien à Bruxelles avec la DG XII est prévu pour le 15 décembre 1992.

3.- RAPPORT SCIENTIFIQUE INTERMEDIAIRE

A. - REPARTITION DES TACHES ENTRE LES PARTENAIRES

a) *Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM).*

Etudes du milieu physique, des signaux d'entrée (pluies et poussières atmosphériques), des flux de matières dissoutes et particulaires, de la qualité des eaux de surface dans l'ensemble du dispositif fluvio-lacustre et des relations nappes/fleuve.

b) *Fondation Universitaire Luxembourgeoise (FUL, Belgique)*

Etude de la gestion globale des eaux du lac de Guiers et mise au point d'un modèle de gestion pour la valorisation du milieu.

c) *Université de Dakar (Département de Géographie, Sénégal)*

Etude géomorphologique du façonnement des paysages, de l'évolution géomorphologique et sédimentologique de l'estuaire et des transformations dans les zones en voie d'aménagement.

d) *Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT/ISRA, Sénégal)*

Etude de la structuration des masses d'eau, de l'hydrodynamique et de la production primaire dans l'estuaire du fleuve Sénégal. Volet terminé en juillet 1992.

B. SOMMAIRE DU RAPPORT SCIENTIFIQUE n° 7

Introduction

Présentation des équipes de Recherches

Pour en savoir plus sur EQUÉSEN

- Les rapports et publications de 1989 à 1992
- Le volet Formation

Diffusion grand public (Journées Portes ouvertes)

Evaporation and annual evolution of chloride concentrations in the water of a shallow sahelian lake : lake of Guiers (sénégal) de F.X. COGELS et J.Y. GAC (Symposium de Barcelone, août 1992).

Etude du fonctionnement des nappes. Relations eaux de surface-eaux souterraines de J.L. SAOS (avril 1992).

Recherche d'une station de référence pour un suivi qualitatif régulier des eaux du lac de Guiers de F.X. COGELS, A. NIANG, M. CARN, et J.Y. GAC (octobre 1992).

Lake of guiers (Sénégal) de F.X. COGELS et J.Y. GAC (à paraître in : International Lake Environment Committee ILEC, Newsletter, Japan Agency).

Conclusion du rapport n°6. Conclusion et ébauche de la synthèse finale.

Publications jointes au rapport n° 7

1. Phytoplancton et conditions du milieu dans l'estuaire du fleuve Sénégal : Effets du barrage de Diama. Thèse de P. CECCHI soutenue le 13 juillet 1992 à l'Université de Montpellier, 406 p.

2. Atmospheric dusts : major climatic events over the sahel. Focus on the daily observations in Senegal from 1984 to 1991. Bulletin Veille Climatique Satellitaire, n° 41, pp. 48-59 (GAC J.Y., CARN M., COGELS F.X.)

3. Etude des aquifères alluviaux de la vallée du fleuve Sénégal. Mémoire de DEA de S. M. DIAO soutenu le 29 mai 1992 à l'Université de Dakar, 76 p.

4. Application de la géophysique électrique à l'étude des aquifères alluviaux de la vallée du fleuve Sénégal. Mémoire de DEA de Y. KOUSSOUBE soutenu le 29 mai 1992 à l'Université de Dakar, 75 p.

5. Flows of continental sediments in the estuary of Senegal river. International Symposium on Erosion, Oslo (Norway), 24-28 août 1992 (A. KANE), 37 p.

6. Variations des hauteurs d'eau du fleuve Sénégal de 1986 à 1992. Rapp. multigr., 6 p. (THIEBAUX J.P., SAOS J.L., BADER J.C.)

7. Le lac de Guiers. Modalités de gestion hydrologique et approche quantitative en 1991. Mémoire de DEA et rapport de stage de A. COLY soutenu en juillet 1992 à l'Université de Dakar, 38 p.

8. Premières approches pour la mise au point d'un modèle de gestion intégrée des eaux du lac de Guiers. Mémoire de DEA et rapport de stage de A. NIANG soutenu en octobre 1992 à l'Université de Dakar, 38 p.

POUR EN SAVOIR PLUS SUR EQUÉSEN

A. PUBLICATIONS ET RAPPORTS

1. GAC J.Y. (1989) - Environnement et qualité des eaux du Sénégal. Rapport scientifique n°1, multigr., projet EQUÉSEN de la CEE, TS2 /0198F /EDB, DG XII programme STD, Bruxelles, 1 novembre. 1989, 29 p.
2. GAC J.Y., COGELS F.X., APPAY J.L., BOUCHEZ J.M., DUPREY J.L., F.X., LABROUSSE B., ORANGE D. (janvier 1990) - Reconnaissance géochimique sur les eaux de la lame de submersion de la vallée morte du Ferlo (Sénégal). Rapport ORSTOM, Dakar, projet CEE (EQUÉSEN), 85 p.
3. GAC J.Y., APPAY J., LABROUSSE B. (février 1990) - L'intrusion des eaux océaniques dans la basse vallée du fleuve Sénégal au cours du XXème siècle. Rapport ORSTOM, Dakar, projet CEE (EQUÉSEN), 52 p.
4. COGELS F.X., GAC J.Y. (mars 1990) - Bilan limnologique du lac de Guiers avant la mise en fonction du barrage de Diama : hydrologie, qualité et gestion des eaux. Rapp. ORSTOM, Dakar, projet CEE (EQUÉSEN), 38 p.
5. MONTEILLET J., KANE A., SAOS J.L., DIOUF B. (mars 1990) - Environnements sédimentaires du Bas-Sénégal, après la mise en eau du barrage de Diama : Analyse des particules supérieures à 100 µm. In : Rapport Scientifique n°2, Projet EQUÉSEN, avril 1990, 14p.
6. KANE A., SAOS J.L., MONTEILLET J. (mars 1990) - Environnements sédimentaires du Bas-Sénégal, après la mise en eau du barrage de Diama : Analyses granulométriques. In : Rapport Scientifique n°2, Projet EQUÉSEN, avril 1990, 13p.
7. DIOUF B., BARUSSEAU J.P., KANE A. (mars 1990) - Environnements sédimentaires du Bas-Sénégal, après la mise en eau du barrage de Diama. Evolution de la zone d'embouchure du fleuve Sénégal : bilan des premières observations morphosédimentaires. In : Rapport Scientifique n°2, Projet EQUÉSEN, avril 1990, 7p.
8. GAC J.Y. (avril 1990) - Environnement et qualité des eaux du Sénégal. Rapport scientifique n°2, multigr., projet EQUÉSEN de la CEE, TS2 /0198 F /EDB, DG XII programme STD, Bruxelles, 1 avril 1990, 54 p.
9. COGELS F.X., GAC J.Y., APPAY J.L., EVORA N., LABROUSSE B. (octobre 1990) - Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989. Rapp. ORSTOM, Dakar, projet CEE (EQUÉSEN), 60 p.
10. GAC J.Y., APPAY J.L., CARN M., ORANGE D. (octobre 1990) - Le haut bassin versant du fleuve Sénégal. Rapport ORSTOM, Dakar, projet CEE (EQUÉSEN), 108 p.

11. GAC J.Y., APPAY J.L., DIALLO M.I. (novembre 1990) - La visibilité horizontale au sol à Dakar (Sénégal) de 1987 à 1989. Projet CEE (EQUESEN), Rapport multigr., ORSTOM, Dakar, 45 p.
12. GAC J.Y., COGELS F.X., KANE A., SAOS J.L. (novembre 1990) - Environnement et qualité des eaux du Sénégal. Rapport scientifique n°3, multigr., projet EQUESEN de la CEE, TS2 /0198 F /EDB, DG XII programme STD, Bruxelles, 1 novembre 1990, 63 p.
13. LEGER D., SCHMIT J.P., YOULA M., COGELS F.X., GAC J.Y. (décembre 1990) - Etude d'un écosystème aquatique sahélien. Composition chimique élémentaire des eaux du lac de Guiers (Sénégal). Rapport du CECI (Centre Canadien d'Etudes et de Coop. Internationale), 85 p
14. COGELS F.X., DACRUZ EVORA N. et GAC J.Y. (janvier 1991) - L'évaporation du lac de Guiers (Senegal) de 1976 à 1989. Bilan et essai d'interprétation. Rapport CEE (projet EQUESEN), 25 p.
15. GAC J.Y., COGELS F.X., EVORA N., LABROUSSE B. (février 1991) - Le bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990. Rapport CEE (projet EQUESEN), 20 p.
16. GAC J. Y. (avril 1991) - Environnement et qualité des eaux du fleuve Sénégal. Rapport CEE, projet EQUESEN, n° 4, avril 1991, 122 p.
17. BAILLON F., GAC J.Y. (mai 1991) - L'avifaune du lac de Guiers. Rapport CEE, projet EQUESEN, 13 p.
18. EVORA N.D., GAC J.Y., COGELS F.X. (juin 1991) - Logiciel de gestion prévisionnelle (LGPLG) des eaux du lac de Guiers. Rapport CEE, projet EQUESEN, 56 p.
19. GAC J.Y., CARN M., ORANGE D. (août 1991) - Données hydroclimatiques et géochimiques sur le bassin versant du fleuve Sénégal et sur la guinée (Tome 1) . Rapport CEE, projet EQUESEN, 87 p.
20. GAC J.Y., CARN M., DIALLO M.I., ORANGE D. (septembre 1991) - Le point sur les observations quotidiennes des brumes sèches au Sénégal de 1984 à 1991. Rapport CEE, projet EQUESEN, 13 p.
21. GAC J.Y., CARN M., ORANGE D. (octobre 1991) - L'impact de la sécheresse actuelle sur le bilan hydrologique du fleuve Sénégal à Bakel. Rapport CEE, projet EQUESEN, 32 p.
22. GAC J.Y., CARN M., CECCHI P., COGELS F.X., KANE A., SAOS J.L. (octobre 1991) - Environnement et qualité des eaux du fleuve Sénégal. Rapp. CEE, projet EQUESEN, n° 5, 202 p.
23. CECCHI Ph. (novembre 1991) - Analyse de la variabilité du vent à St Louis durant la saison froide (décembre 1989-mai 1990). Doc. Scientifique du Centre Rec ODT, 24p.
24. COGELS F.X., CARN M., EVORA N.D. et GAC J.Y. (janvier 1992) - Utilisations et applications pratiques du modèle d'aide à la gestion des eaux du lac de Guiers (modèle LGPLG). Alternatives de gestion actuelle et future. Rapport CEE, projet EQUESEN , 47 p.

25. GAC J.Y., COGELS F.X., EVORA N. (février 1992) - Fonctionnement et bilan hydrologique du lac de Guiers (Sénégal) en 1991. Rapport CEE, projet EQUÉSEN, 40 p.
26. COGELS F.X., CARN M. et GAC J.Y. (mars 1992) - Evolution annuelle et interannuelle des chlorures dans le lac de Guiers à N'gnith de 1973 et 1991. Rapport CEE, projet EQUÉSEN, 40 p.
27. CARN M., SONKO P.N., GAC J.Y. et GUILLOT B. (mars 1992) - Epsat- μ : Logiciel de traitement d'images pour l'estimation de la pluviométrie à partir de l'imagerie IR - Meteosat. Rapport CEE, projet EQUÉSEN, 42 p.
28. CARN M., SONKO P.N., DAGORNE D., GUILLOT B., LAHUEC J.P., GAC J.Y. (avril 1992) - Pluviométrie du bassin versant du fleuve Sénégal. Adaptation du logiciel d'estimation des pluies par satellite EPSAT sur microordinateur. Rapport CEE, projet EQUÉSEN (sous presse).
29. GAC J.Y., CARN M., CECCHI P., COGELS F.X. MILLET B. (avril 1992) - Environnement et qualité des eaux du Sénégal. Rapp. scientifique n° 6. Rapport CEE, projet EQUÉSEN, 67 p.
30. COLY A., GAC J.Y. (mai 1992) - Le lac de Guiers: modalités de gestion hydrologique et approche quantitative en 1991. Rapport CEE, projet EQUÉSEN, 38 p.
31. GAC J.Y., CARN M., COGELS F.X. (mai 1992) - Les brumes sèches : Evénements climatiques majeurs au Sahel; Gros plan sur les observations journalières au Sénégal de 1984 à 1991. Veille Climatique Satellitaire, 41, p 48-59. ORSTOM - Météo France.
32. COGELS F.X., GAC J.Y., (août 1992) - Lake of Guiers. A paraître In : International Lake Environment Committee (ILEC), Agency of Japan, Newsletter, 3 p.
33. COGELS F.X., GAC J.Y. (août 1992) - Evaporation and annual evolution of chloride concentrations in the water of a shallow sahelian lake : lake of Guiers (Senegal). XXV SIL, Symposium International of Limnology, 21-27 août 1992, Barcelone (Spain), 4 p. A paraître In : Verh. Internat. Verein. Limnol.
34. COGELS F.X., NIANG A., CARN M., GAC J.Y. (octobre 1992) - Recherche d'une station de référence pour un suivi qualitatif régulier des eaux du lac de Guiers. A paraître In : Doc. multigr. ORSTOM-CEE, 20p.
35. KANE A. (août 1992) - Déversements au barrage de Diama et transport de matières en suspension au cours de l'année hydrologique 1990. In : Proceedings of the International Symposium on Erosion and Sediment transport Monitoring Programmes in River Basins, Oslo (Norway), 24-28 août 1992, 37 p.
36. COGELS F.X., THIAM A. et GAC J.Y. (octobre 1992) - Premiers effets des aménagements hydrauliques de la vallée du fleuve Sénégal sur l'environnement hydrologique, la qualité de l'eau et la végétation aquatique du lac de Guiers. A paraître In : Revue d'Hydrobiologie Tropicale.
37. GAC J.Y., CARN M., COGELS F.X., KANE A. (octobre 1992) - Environnement et qualité des eaux du Sénégal. Rapport scientifique n° 7. Rapport CEE, projet EQUÉSEN.

B. VOLET FORMATION

I. DOCTORAT D'ETAT

1. M. Didier ORANGE, Français (1990) - Hydroclimatologie et géodynamique actuelle d'un vieux paysage latéritique : le Fouta Djallon. Thèse de Doctorat soutenue à l'université Louis Pasteur de Strasbourg, le 20 décembre 1990, 220 p..

2. M. CECCHI Philippe, Français (1992) : Phytoplancton et conditions du milieu dans l'estuaire du fleuve Sénégal : effets du barrage de Diama. Thèse de Doctorat soutenue à l'Université de Montpellier.II le 13 juillet 1992, 406 p.

II. DOCTORAT DE 3 ème CYCLE, MEMOIRES de DEA

1. M. Noël Dacruz EVORA, Cap Verdien (1990) : Bilan hydrique du lac de Guiers. Importance de l'évaporation d'une nappe d'eau libre en zone sahélienne. Thèse de 3ème cycle soutenue le 28 novembre 1990 à l'école Polytechnique de Mons (Belgique).

2. Mme FATOU NDIAYE, Sénégalaise (1990).- Simulation du système paléocène-maestrictien de Pout avec un modèle tridimensionnel aux différences finies (Sénégal). Thèse soutenue le 28 novembre 1990 à la Faculté Polytechnique de Mons en Belgique).

3. M. Abdoulaye FAYE ,Sénégalais (1990) : Eau et milieu physique dans le bassin de l'axe Gorom-Lampsar (Sénégal). Mémoire de maîtrise soutenu en décembre 1990 au Département de Géographie de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de l'Université de Dakar.

4. Mlle Dominique LEGER, Canadienne (1990) : Etude d'un écosystème aquatique sahélien, composition chimique élémentaire des eaux du lac de Guiers (Sénégal). Mémoire de fin d'études présenté en décembre 1990 à l'UQAM, Université du Québec à Montréal, 87 p.

5. M. Abdoulaye FAYE, Sénégalais (1991) : Les écoulements du fleuve Sénégal à la station de Diama au cours de l'année hydrologique 1990. Mémoire de D.E.A. de Géographie tropicale soutenue le 29 octobre 1991 à la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de l'Université de Dakar, 63 p..

6. M. Abdoulaye FAYE ,Sénégalais (1990) : Eau et milieu physique dans le bassin de l'axe Gorom-Lampsar (Sénégal). Mémoire de maîtrise soutenu en décembre 1990 au Département de Géographie de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de l'Université de Dakar.

7. M. Serigne Malick DIAO, Sénégalais (1992) : Etude des aquifères alluviaux de la vallée du fleuve Sénégal (secteur Rosso, Dagana et lac de Guiers). Mémoire de DEA soutenu le 29 mai 1992 au Département de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Dakar, 78 p.

8. M. Youssouf KOUSSOUBE, Burkinabé (1992) : Application de la géophysique (électrique) à l'étude des aquifères alluviaux de la vallée du fleuve Sénégal (nord Guiers, Dagana, Bas-Ferlo). Mémoire de DEA soutenu au

Département de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Dakar
le 29 mai 1992, 75 p.

9. M. Adrien COLY, Sénégalais (1992) : I. Le régime hydrologique de la Koulountou à Missirah-Gonasse : la modification saisonnière de 1983/1984. II. Les modalités de la gestion hydrologique du lac de Guiers en 1991. Mémoire de DEA soutenu au Département de Géographie de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de l'Université de Dakar, le 4 juillet 1992, 2 tomes, 80 p.

10. Mlle Awa NIANG, Sénégalaise (1992) : I. La salinité de la haute Casamence. II Premières approches pour la mise au point d'un modèle de gestion intégrée des eaux du lac de Guiers. Mémoire de DEA soutenu au Département de Géographie de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de l'Université de Dakar, le 27 octobre 1992, 2 tomes, 87 p.

EN PREPARATION

Thèse d'Etat

1. M. Alioune KANE, Sénégalais (1992/1993) - Etude géomorphologique du façonnement des paysages de l'estuaire du Sénégal et de leurs modifications dans le contexte de l'Après-Barrage (Département de Géographie de l'Université de Dakar).

Thèse de 3^{ème} cycle

1. M. Mamadou Issa DIALLO, Guinéen (1992) - Les brumes sèches actuelles, récentes et anciennes : leur intelligence pour la compréhension des chroniques lacustres sahéliennes (Département de Géographie de l'Université de Dakar).

2. M. Abdoulaye FAYE, Sénégalais (1992/93).- La gestion intégrée de la basse vallée du Sénégal (Département de Géographie de l'Université de Dakar).

3. M. Amadou DIAGANA, Sénégalais (1992/93) : Recharges et transferts des eaux souterraines dans la région de Matam (Sénégal). Département de Géologie de l'Université de Dakar.

Mémoire de DEA (Diplome d'Etude Approfondie)

1. M. Omar KANE, Sénégalais (1993) : Etude agroéconomique des nouvelles implantations hydroagricoles autour du lac de Guiers et de leur implications sur la qualité des eaux. Institut des Sciences de l'Environnement (ISE) de l'Université de Dakar.

2. Mlle Seynabou CISSE, Sénégalaise (1992/1993) - Impact de la sécheresse sur l'évolution hydrogéochimique des nappes infrabasaltiques de la presqu'île du Cap Vert (Département de Géologie de l'Université de Dakar).

3. Mme Martine DA BOIT, Française (1992): Impacts des aménagements hydroagricoles sur la nappe alluviale dans la région de Richard-Toll/lac de Guiers. Mémoire de DEA (soutenance prévue en décembre 1992 au Département de Géologie de l'Université de Dakar).

4. M. LAWANI, Béninois (1992/93) : Impacts des rejets des zones irriguées sur l'écosystème lacustre du Guiers. Etude de l'eutrophisation récente des

eaux et de son évolution. Mémoire de DEA dont la soutenance est prévue en 1993 à l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE) de l'Université de Dakar.

5. M. Alioune Badara NDOYE, Sénégalais (1992) : Utilisation des isotopes stables dans l'étude des relations entre les eaux de surface et les eaux souterraines (soutenance prévue en décembre 1992 au Département de Géologie de l'Université de Dakar).

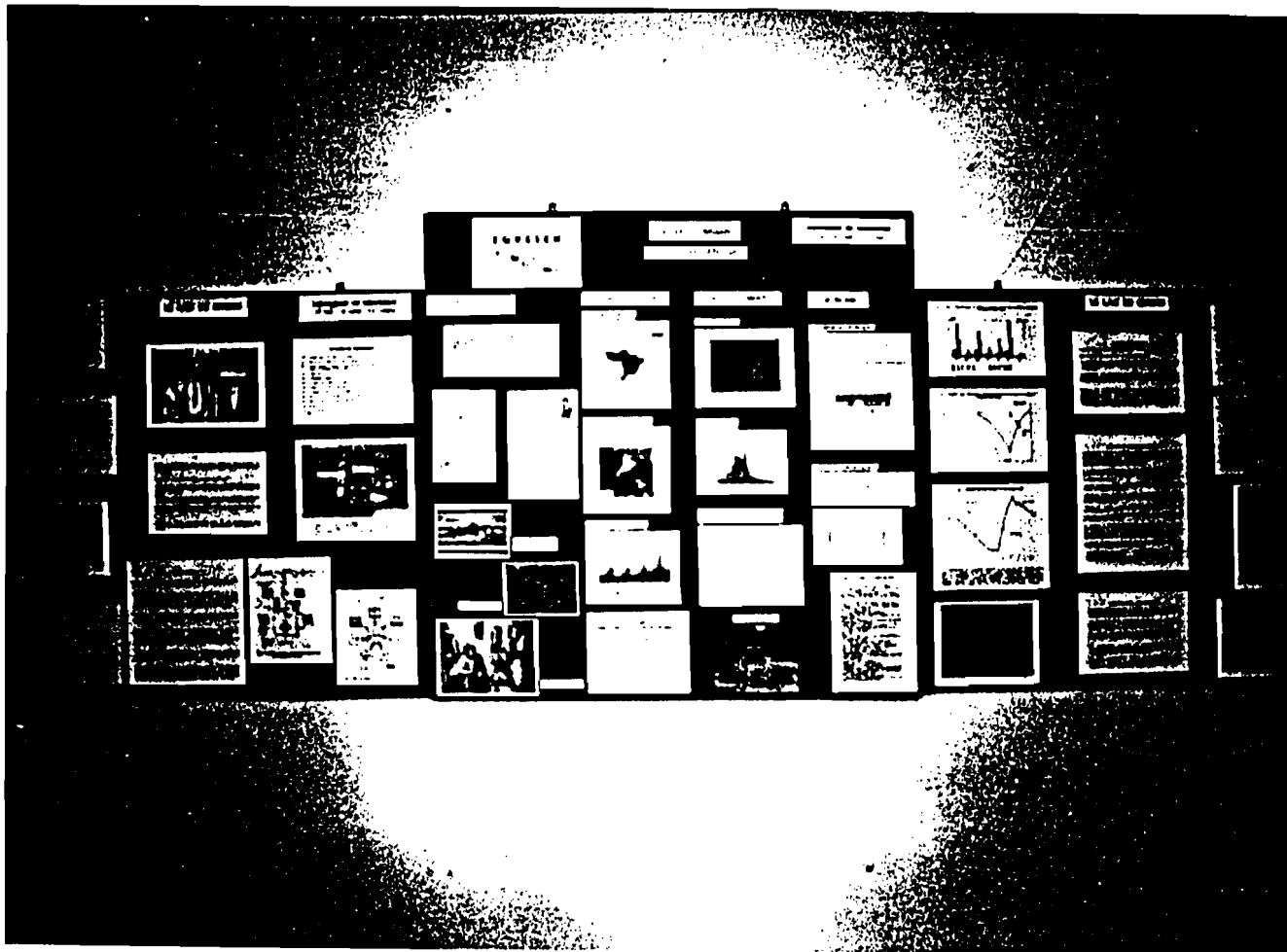
6. Mlle Dagou DIOP, Sénégalaise (1992/1993) : Les risques d'eutrophisation des eaux du lac de Guiers (Département de Géographie de l'Université de Dakar).

VULGARISTION DE LA RECHERCHE
DIFFUSION AUPRES DU GRAND PUBLIC

JOURNEES PORTES OUVERTES

(26 et 27 mai 1992 à Dakar)





VUE D'ENSEMBLE DES 3 PANNEAUX DU PROJET EQUESEN





UN TRES LARGE PUBLIC D'ETUDIANTS ET DE SCOLAIRES



PANNEAU n° 1

LE HAUT BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

Il comporte 4 sous/ thèmes :

- Une partie historique
- Les Signaux d'entrée
- Les écoulements
- Les bilans de matière

A. CECI EST UNE LONGUE HISTOIRE

La partie historique sous le titre " CECI EST UNE LONGUE HISTOIRE " rassemble un choix d'évènements (cartes anciennes et photos) qui retracent brièvement la reconnaissance progressive du fleuve Sénégal depuis 2 millénaires:

- Carte de l'Afrique intérieure de Ptolémée du 2^{ème} siècle et son interprétation par G de SAGAZAN en 1951 (le fleuve Sénégal y figure sous le nom de Dorados, bonne restitution de la réalité en latitude grâce au repérage de la position du soleil, compression en longitude faute de calage horaire),

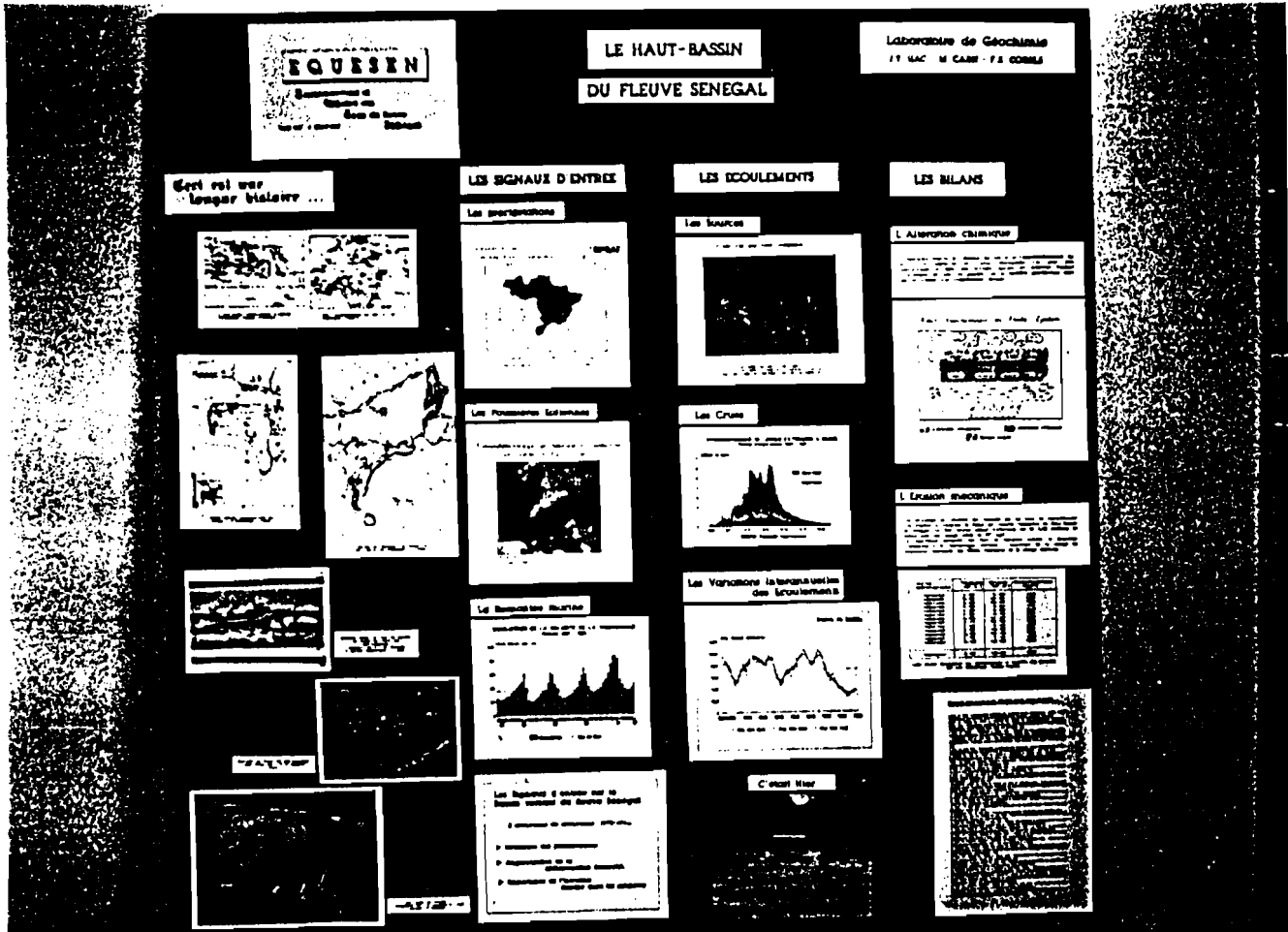
- XVIII^{ème} Carte manuscrite du Niger d'ADANSON de 1754 (en réalité le Sénégal) avec la célèbre mention " *le flux de la mer se fait sentir jusqu'ici*" à 300 km de l'embouchure, remontée saline contestée avant le XX^{ème} siècle.

- Carte du Sénégal de GABBARDY en décembre 1854 avec la présence étonnamment indiquée d'un bateau à vapeur "Le GUET NDAR" dans la basse vallée du Ferlo, preuve tangible de la crue séculaire du XVIII^{ème} siècle. En effet ce steamer, délivrera le 18 juillet 1955 le fort assiégé de Bakel situé à 800 km plus en amont.

- Une esquisse de la partie sud du lac de Guiers d'après un dessin de BERARD datant de 1850 et qui représente le Fort de Mérinaghen derrière un brick négrier de type Ouragan construit dans la première moitié du XIX^{ème} siècle et réputé pour sa vitesse de marche. A l'endroit de son mouillage, la profondeur actuelle du lac de Guiers ne dépasse jamais 2 mètres. Les caractéristiques de ce navire, dont un modèle est conservé au Musée de la Marine à Paris, sont les suivantes: longueur de coque 41,25 m/ longueur de flottaison de râblure à râblure 32 m/ longueur hors tout de la dunette au bout dehors de beaupré 55 m et surtout tirant d'eau avant 2,70 m/ tirant d'eau arrière de 4,50 m. Un nouveau témoignage des grandes crues du Sénégal au cours du XIX^{ème} siècle.

- Une photographie aérienne des ruines du Fort de Mérinaghen prise par F.X. COGELS en 1990.

- Une vue aérienne (de M. P. MICHEL) des temps modernes et de la maîtrise du fleuve Sénégal par le barrage anti-sel de Diama, fonctionnel depuis le 14 novembre 1985 et officiellement inauguré le 28 octobre 1992 par les Présidents du Sénégal, du Mali et de la Mauritanie.



B. LES SIGNAUX D'ENTREE : 2 décennies de sécheresse (1972/1992)

1. Les précipitations (M. CARN)

Estimation des pluies par télédétection satellitaire (programme EPSAT- μ mis au point par M. CARN) : exemple de la pluviométrie sur le bassin versant du Sénégal pendant la troisième décennie du mois d'août 1991).

2. Les poussières éoliennes (J.Y. GAC)

Echantillonnage quotidien de poussières sahariennes par capteurs pyramidaux. Image Météosat du 5 mai 1987 montrant le panache de poussière sur le Sénégal correspondant à un dépôt sec de $4,9 \text{ g/m}^2/\text{jour}$ et à une réduction moyenne journalière de la visibilité à $2,1 \text{ km}$.

3. La remontée des eaux marines dans les estuaires (J. PAGES)

L'exemple choisi est celui de la Casamance, autre fleuve du Sénégal qui fonctionne encore à l'état naturel. L'évolution des taux de salinité (extrêmes de 140 g/l) montre le fonctionnement en estuaire inverse. Les pluies faibles ne compensent plus l'évaporation, le déficit hydrique s'accumule, la mangrove est détruite par les fortes concentrations salines, la ressource en bois de chauffe n'est pas renouvelée, les sols sont rapidement dégradés, les rizières sont stérilisées, le nombre d'espèces de poissons diminue, la principale source de protéines disparaît, les crevettes se raréfient et leur taille diminue, le phytoplancton base de la chaîne alimentaire se modifie.

Bilan : destruction du milieu et disparition des ressources

C. LES ECOULEMENTS

1. Les sources du Sénégal

Le Sénégal est issu du massif du Fouta Djallon en Guinée. Le point culminant (1538 m) de ce massif se situe au Mont Loura dont la face Nord domine de plus de 1000 m les hauts bassins versants du Sénégal et de la Gambie. Une photographie présente l'éperon rocheux dont la physionomie s'apparente à une silhouette féminine d'où son nom "La Dame de Mali".

2. Les crues extrêmes du Sénégal

Deux hydrogrammes de crue pour illustrer les très fortes irrégularités des écoulements du Sénégal à son exutoire amont de Bakel. La crue de 1924 avec des débits supérieurs à 6 .000 m³/s et la crue de 1984 (la plus faible du siècle) avec des pointes de débits à peine supérieurs à 1.000 m³/s. Les modules respectifs sont de 1.281 m³/s et de 218 m³/s soit un rapport de 1 à 6.

3. Les variations interannuelles des écoulements

Elles sont perçues à l'aide des moyennes mobiles sur 3, 5 et 7 ans. Les réponses des différents tests sont homogènes et font ressortir les trois grandes séquences sèches du siècle : la première centrée sur l'année 1913, la seconde sur l'année 1940 et la dernière autour de l'année 1984. La sécheresse actuelle qui dure depuis 2 décennies est à l'origine de la politique d'aménagement du Sénégal. Selon THIEBAUX et al. (1992) le barrage amont de Manantali gère 50 % des eaux du fleuve qui arrivent à Bakel.

D. LES BILANS GEOCHIMIQUES ET LA DYNAMIQUE DES PAYSAGES

Cette dernière partie établit l'importance relative des deux processus concurrentiels qui concourent au nivellement des paysages : l'altération chimique des roches qui reconstitue en profondeur les sols et l'érosion mécanique des versants qui les réduit en surface.

1. L'altération chimique

Elle est appréciée en fonction de la nature du substratum, du type de roches c'est à dire par classe lithologique. La sensibilité des roches à l'altération donc à l'approfondissement des profils exprimée en $\mu\text{m}/\text{an}$ place dans un ordre décroissant : les grès (13), les grès quartzitiques (11), les dolérites (6), les granites (4) et les schistes (1). Cette altération différentielle aboutit à l'exportation d'éléments chimiques par les rivières.

2. L'érosion mécanique

Les processus de l'ablation des versants par les eaux de ruissellement sont étudiés à Bakel qui contrôle les flux d'alluvions du haut bassin. De 1979 à 1992 ce flux moyen annuel s'élève à 2,42 millions de tonnes correspondant à une charge solide moyenne de 240 mg/l.

A l'heure actuelle les grès, les grès quartzitiques et les dolérites forment des sols. Les granites sont en équilibre chimique alors que les schistes sont complètement dénudés. Globalement (par millénaire), l'approfondissement des profils (4,6 mm) n'est que légèrement supérieur à l'ablation des sols (4 mm).

PANNEAU 2

LE LAC DE GUIERS (Partie 1)
(le bilan de l'eau)

Ce premier panneau sur le lac de Guiers comprend :

- Une partie descriptive du milieu lacustre
- Un historique des aménagements
- Le bilan hydrologique de 1976 à 1992
- L'actuelle exploitation et gestion de la ressource

A. LE MILIEU LACUSTRE

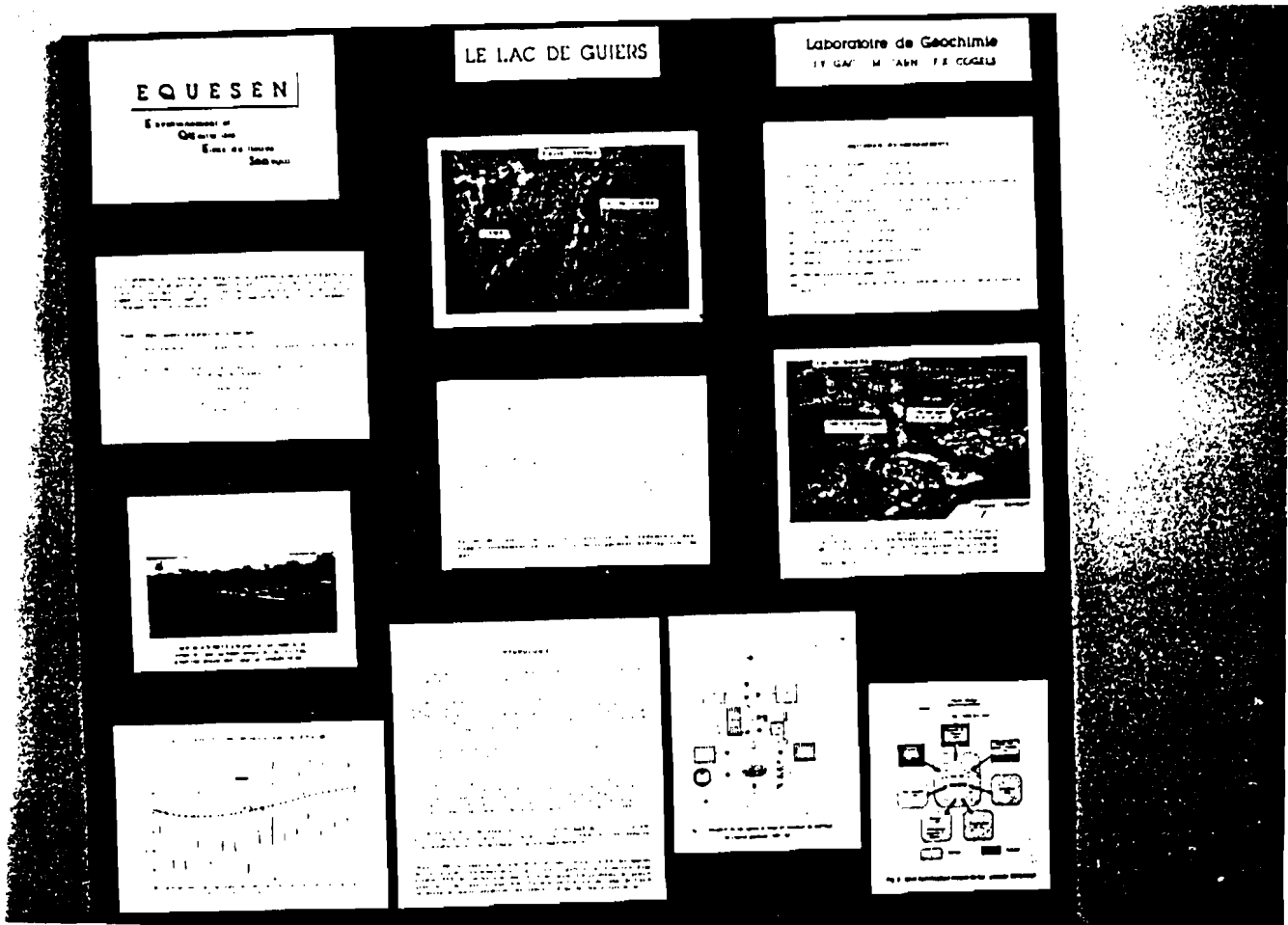
Description sommaire du cadre physique, géographique et de l'importance du lac de Guiers dans le contexte de l'après barrages pour les cultures irriguées, la production d'eau potable et son rôle de transit des eaux fluviales dans la perspective du futur canal du Cayor.

B. L'HISTORIQUE DES AMENAGEMENTS DEPUIS 1915

Douze évènements majeurs ont en moins d'un siècle bouleversé l'environnement fluvio-lacustre constitué par le fleuve Sénégal et sa dépendance le lac de Guiers. Ils ont découlé de causes naturelles : péjoration climatique induisant une réduction des écoulements, un tarissement précoce, une baisse significative des nappes phréatiques et une invasion marine des estuaires. Pour pallier ce déficit climatique et ses effets l'homme a modifié l'espace, parfois avec justesse et de manière appropriée, plus souvent de façon hâtive, improvisée, hasardeuse et certainement pas selon MIETTON (1991) " pour un heureux partage de l'espace, la protection de la nature en harmonie avec le développement économique et social ".

1. (1915) - Première digue aménagée sur la Taoué
2. (1947) - Premier pont-barrage de Rd Toll sur la Taoué
3. (1951) - Casiers rizicoles, endiguement de la zone nord du lac et fermeture du Niet-Yone assurant la liaison entre le lac de Guiers et la cuvette du Ndiaël
4. (1957) - Construction de la digue de Keur Momar Sarr isolant la vallée du Ferlo du dispositif fluvio-lacustre
5. (1970) - Implantation de la CSS (cannes à sucre) et de la SONEES (production d'eau potable)
6. (1974) - Le tracé sinueux de la Taoué est rectifié et remplacée par un canal rectiligne
7. (1980) - Construction du second pont-barrage sur la Taoué
8. (1983) - Au coeur de la plus grande sécheresse du siècle, édification du barrage provisoire de Rheune à 100 km de l'embouchure du Sénégal
9. (1985) - Mise en service du barrage anti-sel de Diama
10. (1987) - Mise en service du barrage régulateur de crue de Manantali
11. (1988) - Remise en eau de la vallée morte du Ferlo
12. (1996 ?) - Canal du Cayor

Bilan : Gestion désordonnée et risques d'eutrophisation



Panneau n° 2

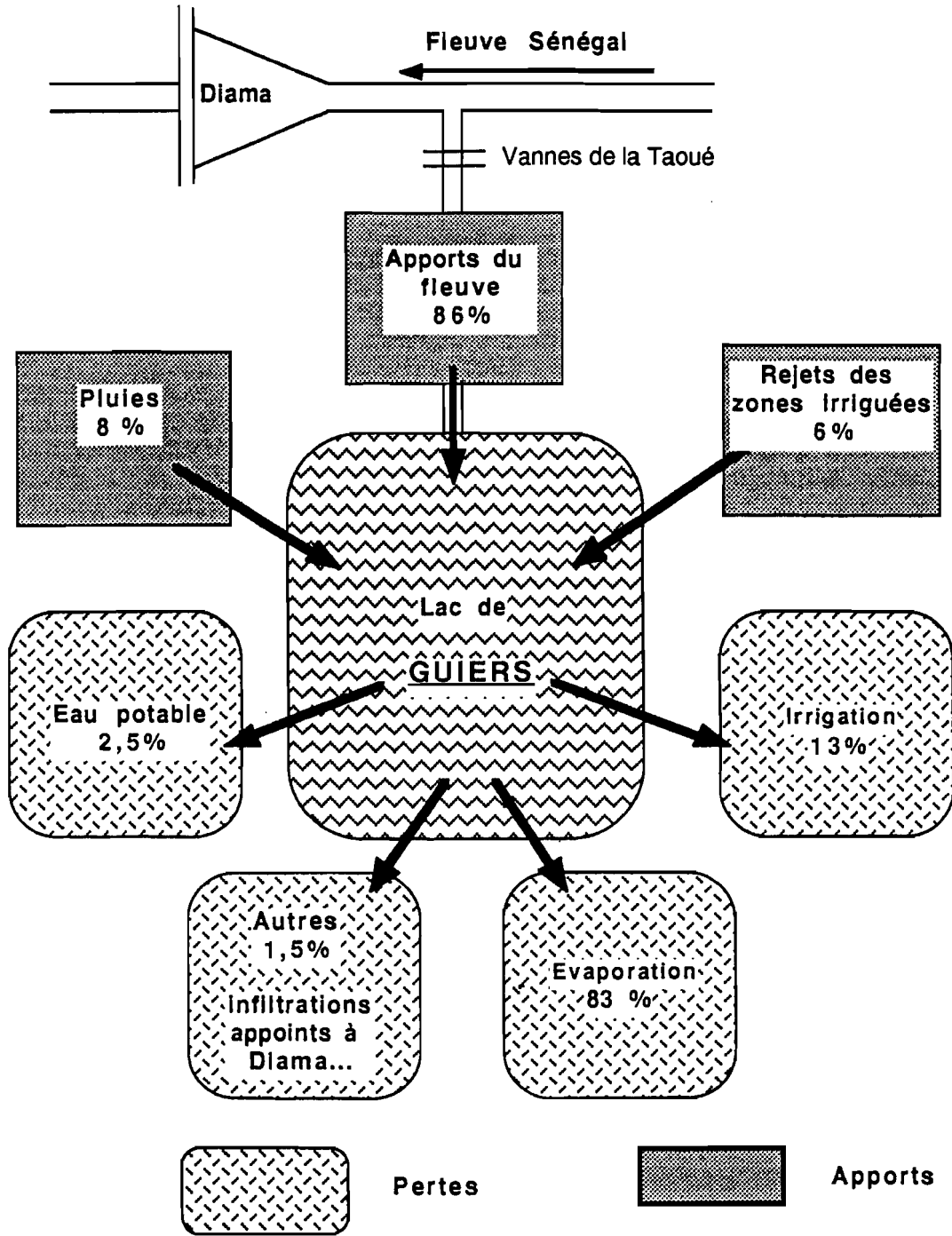
C. LE BILAN HYDROLOGIQUE DE 1976 à 1992

Les variations saisonnières du niveau des eaux du lac de Guiers de 1976 à 1992 permet de dissocier les trois épisodes de 1976 à 1983 (avant barrage) de 1983 à 1987 (période transitoire de Rheune à Manantali) et l'après barrage de 1987 à 1992. L'influence bénéfique *en termes de bilan de l'eau* est manifeste depuis 1983. De l'eau douce en permanence, des hauteurs d'eau supérieures assurant un bon remplissage du lac et des niveaux moins instables en cours d'année.

Les bilans hydrologiques quantifient les apports et les sorties d'eaux. Au fil des ans leur complexité s'est accrue suite aux interventions anthropiques. L'apport fluvial (86 %) et les pertes par évaporation (83 %) sont cependant demeurés les composantes principales du bilan.

L'évaporation moyenne annuelle du lac de Guiers est de 2,25 m soit environ 450 millions de m³ ce qui représente 6 fois la consommation totale annuelle d'eau potable de la ville de Dakar et de son agglomération.

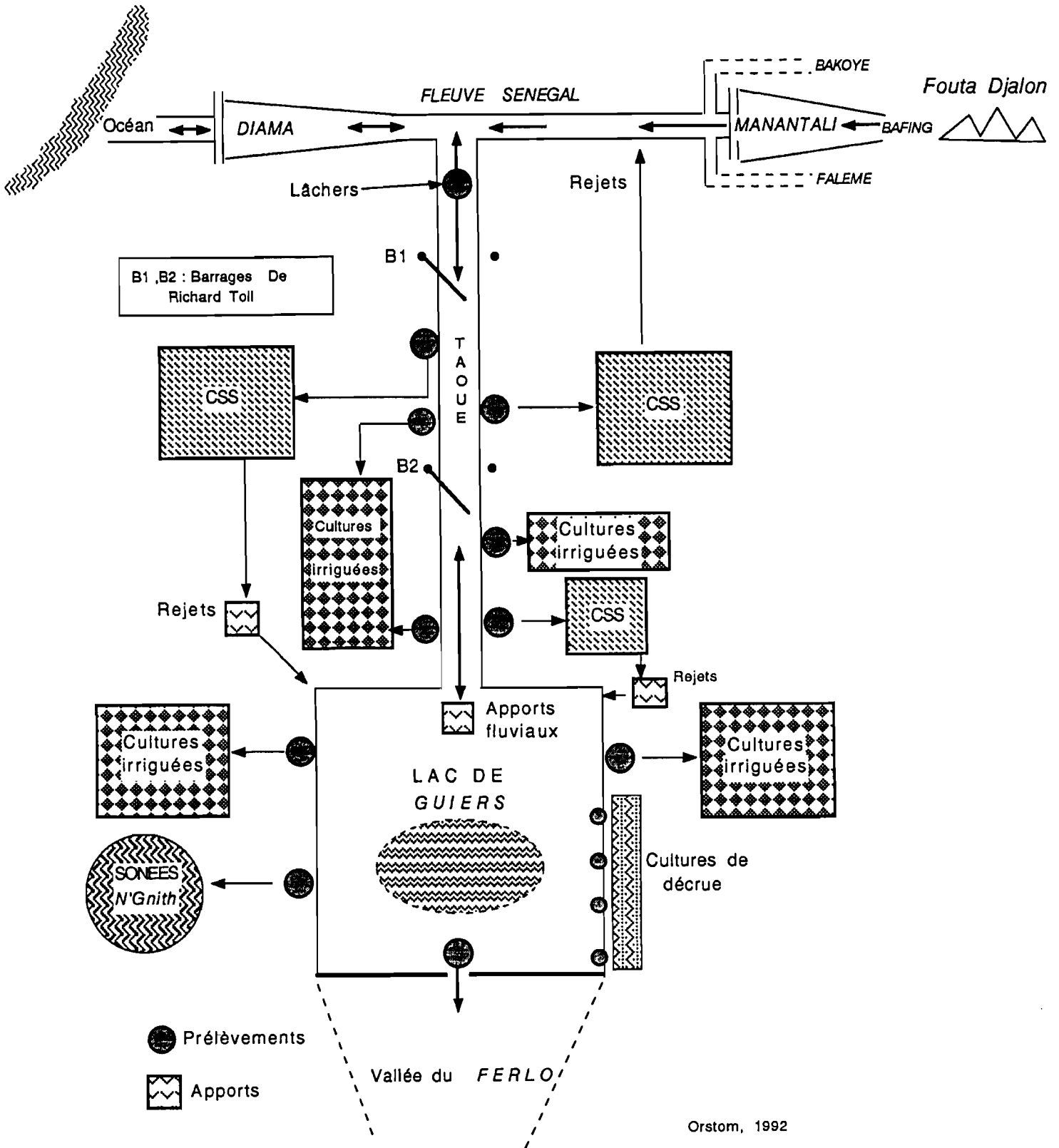
Depuis 1990 les eaux du lac sont moins utilisées. Seuls 7 à 8 % des apports du fleuve sont consommés pour l'agriculture irriguée et la production d'eau potable. Un problème de gestion quantitative se pose. La mise en fonction du canal du Cayor permettra de mieux rentabiliser les transferts d'eau du fleuve vers le lac.



BILAN HYDROLOGIQUE MOYEN DU LAC POUR LA PERIODE 1976 à 1991

D. L'ACTUELLE EXPLOITATION ET GESTION DU LAC

Les utilisateurs des eaux du lac de Guiers deviennent de plus en plus nombreux. La figure ci-dessous illustre de manière schématique les sollicitations dont il est l'objet et met en évidence la complexité de la gestion de cet environnement qui rappelle le est aussi tributaire de la gestion coordonnée des ouvrages de Diama et de Manantali.



PANNEAU 3

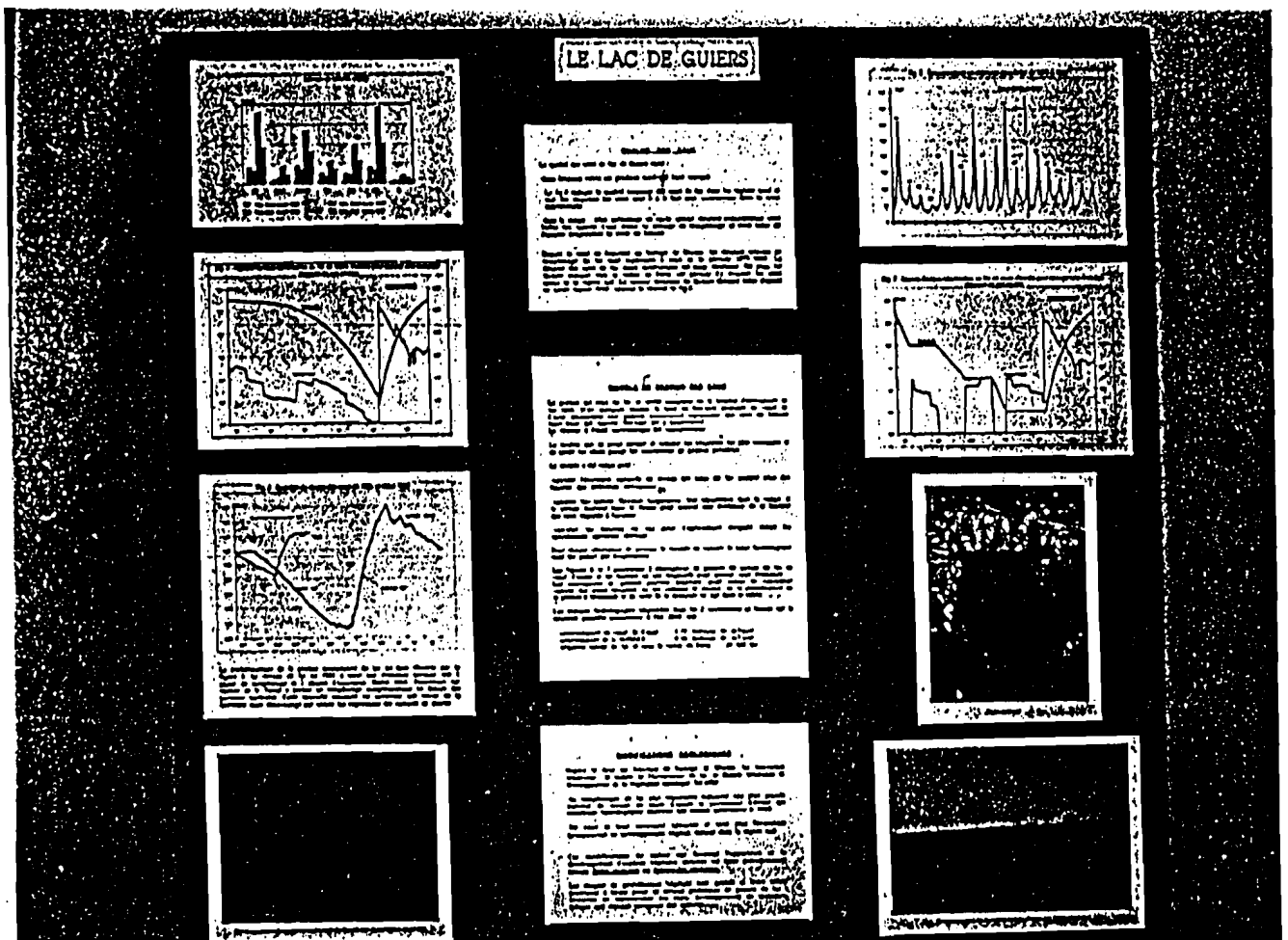
LE LAC DE GUIERS (Partie 2)

Il aborde 3 thèmes :

- Un modèle de gestion quantitative
- la qualité globale des eaux
- les modifications écologiques

A. MODELE DE GESTION DES EAUX

Ce modèle de gestion des eaux du lac de Guiers a été ébauché en 1991 (voir publication n° 18 dans " pour en savoir plus sur EQUÉSEN ").



La gestion des eaux du lac de Guiers se révèle complexe vu le nombre de plus en plus important d'utilisateurs. D'ici quelques années, la mise en fonction probable du Canal du Cayor imposera une gestion quantitative rigoureuse à la fois des eaux lacustres et des apports fluviaux qui y transiteront. Le recours à l'outil informatique est indispensable.

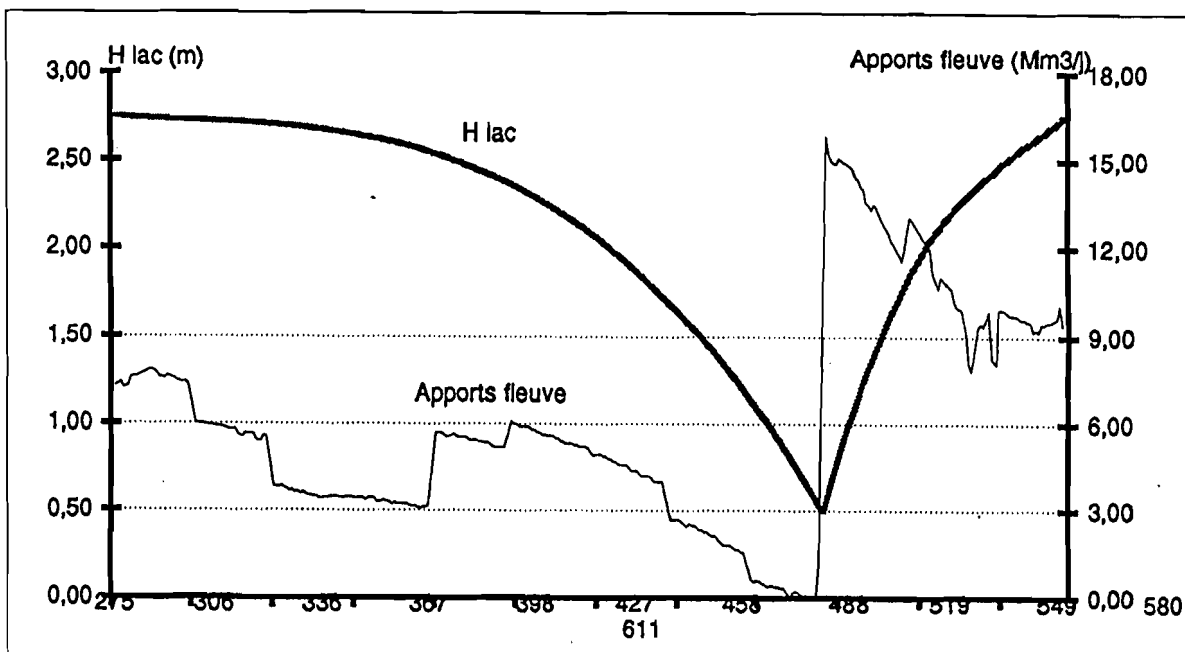
Le modèle mis au point permet de simuler les situations les plus courantes et de poser les alternatives possibles de gestion. Inversement il peut aussi, à partir de situations vécues, évaluer les entrées fluviales nécessaires pour se caler sur les variations de niveau observées.

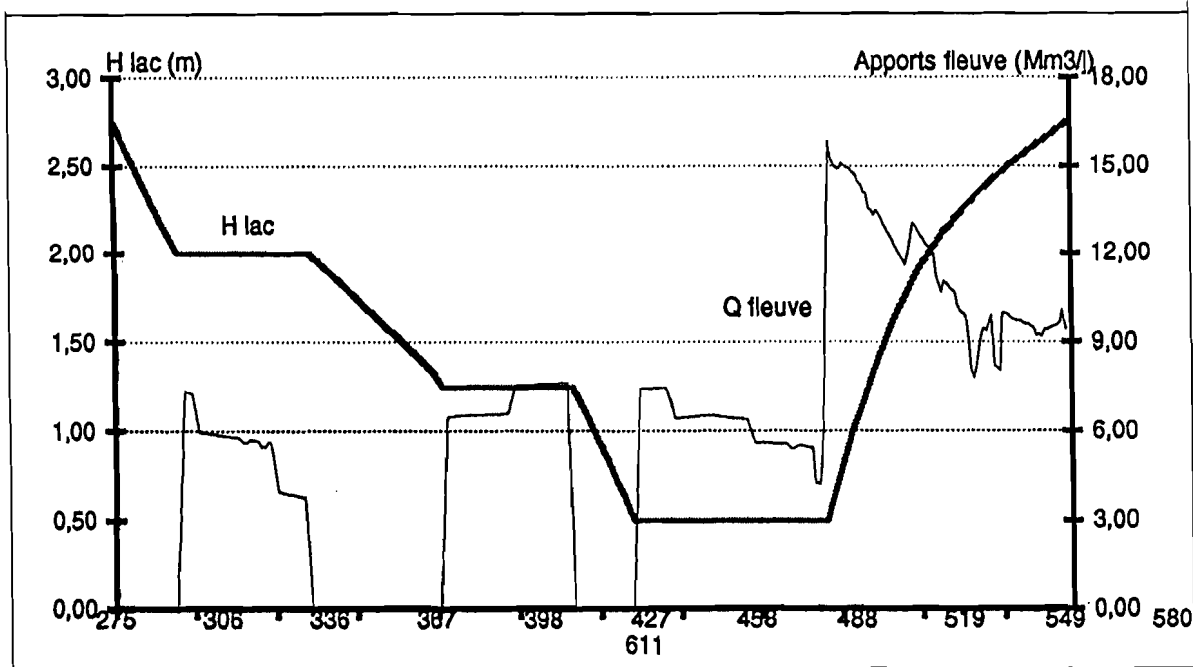
Le modèle a été conçu pour:

- calculer l'évolution annuelle du niveau des eaux compte tenu des besoins des différents utilisateurs,
- calculer les apports fluviaux nécessaires, leur répartition dans le temps et le niveau minimal dans le fleuve pour assurer une évolution imposée de la hauteur des eaux.
- calculer les besoins en eau pour l'agriculture irriguée selon les spéculations agricoles choisies.

Pour chaque scénario, le modèle établit le bilan hydrologique et évalue en particulier les pertes évaporatoires.

Les deux exemples ci-dessous illustrent deux situations l'une imposant une liaison constante entre le fleuve et le lac donc des apports fluviaux permanents, l'autre assurant des liaisons intermittentes avec une évolution en palier du niveau lacustre. Les variantes sont naturellement infinies, les alternatives de gestion étant tributaires entr'autres du calendrier culturel des zones irriguées ou des cultures de décrue, de la planification de la crue artificielle de Manantali, de la demande en eau dans la vallée...





Evolution en palier, liaison fluvio-lacustre intermittente

Les données hydrologiques employées dans les différentes simulations se basent sur la situation possible postérieure à l'an 2010 (sur la base de l'irrigation de 25 000 ha.) :

- consommation du Cayor : 1,75 million de m³/jour
- consommation SONESS : 0,10 million de m³/jour

Naturellement le problème de la qualité de l'eau et de son suivi doit être abordé. Dans un avenir proche les conséquences sur la qualité des eaux du Canal du Cayor suscitent à juste titre interrogations et inquiétudes. Les démarches en cours dans le cadre du projet EQUÉSEN s'appliquent à définir une station de référence (voir page 11, publication n° 34 dans " Pour en savoir plus sur EQUÉSEN ") et à la gestion qualitative des eaux du lac de Guiers (voir mémoire de DEA, d'A. NIANG joint à ce rapport).

B. QUALITE DES EAUX - EBAUCHE d'UN MODELE DE GESTION QUALITATIVE DES EAUX DU LAC DE GUIERS

La minéralisation des eaux varie dans l'espace selon un gradient nord- sud croissant bien marqué. En moyenne les eaux de la zone méridionale sont, selon l'élément chimique considéré, de 3 à 4 fois plus concentrées que les eaux de la région Nord.

Les variations saisonnières suivent un cycle annuel de dilution et de concentration au rythme des apports d'eau douce en phase de remplissage et des processus évaporatoires le reste de l'année.

Depuis la mise en fonction du barrage de Diama les niveaux du lac sont nettement supérieurs à ceux de la période antérieure (cote minimale toujours supérieure au niveau de la mer, cotes maximales plus élevées). Les eaux sont moins concentrées et leur minéralisation diminue d'année en année par un apport plus important d'eau douce et les lâchers d'eaux de la partie méridionale vers la vallée du Ferlo depuis 1988.

Le modèle de gestion de la qualité en est encore au stade expérimental. Plusieurs tests sont en cours en ne prenant pour l'instant en compte qu'un seul élément dissous : les chlorures. La finalité de cette modélisation est de pouvoir imposer au lac l'évolution de sa chlorinité et surtout de la stabiliser à un seuil jugé acceptable par l'ensemble des utilisateurs de cette réserve d'eau douce

Il a déjà été montré (voir publication n° 33 dans " Pour en savoir plus sur EQUÉSEN ") l'augmentation progressive de la chlorinité des eaux de 1973 à 1986 (facteur 2). Le recul actuellement constaté est cependant éphémère : il a suffi en effet d'une seule année où les déversements vers le Ferlo ont été limités pour constater une remontée immédiate de la chlorinité.

On aboutit à la situation paradoxale de devoir assurer un bon remplissage du lac et de le vidanger au moment opportun. La situation est encore plus délicate si on s'appesantit sur les rejets dans le Nord du lac de la CSS (Compagnie Sucrière Sénégalaise) incriminés dans l'augmentation de la chlorinité. En effet la forte diminution et même la suppression des pompages de la CSS pourrait avoir une incidence indirecte sur l'évolution des chlorures dissous qui étaient en quelque sorte "recycler" vers les zones irriguées et le fleuve Sénégal.

Problématique du lac

Trouver le juste milieu entre la parcimonie et la prodigalité

C. LES MODIFICATIONS ECOLOGIQUES

Depuis Diama, les nouvelles conditions de l'environnement favorisent le développement de la végétation aquatique. Les remplissages plus importants induisent une plus grande stabilité du niveau en cours d'année et limitent la durée de conditions hydrologiques extrêmes. L'adoucissement des eaux détermine des conditions plus favorables au boom algal surtout dans la région méridionale

Ces modifications du milieu ont provoqué l'apparition et le développement rapide d'espèces végétales absentes ou rares auparavant comme *Pistias Stratiotes* (ou laitues d'eaux) dans la partie sud et de *Sphenoclea Zeylanica* dans la partie nord.

Les risques de prolifération végétale sont grands et leurs effets pourraient à terme remettre en cause toute la problématique de développement autour du lac : obstacles au déplacement des eaux, développement de maladies, refuges aux oiseaux prédateurs de cultures, eutrophisation du milieu.

En conclusion : une gestion délicate d'un écosystème bien vulnérable.

ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES NAPPES
RELATIONS EAUX DE SURFACE - EAUX SOUTERRAINES

**ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES NAPPES
RELATION EAUX DE SURFACE - EAUX SOUTERRAINES**

Rapport présenté le 15 Avril 1992

par J.L.SAOS

Chargé de recherche à l'institut français
de recherche scientifique pour le développement
en coopération (ORSTOM)

Les nappes souterraines de la vallée du Sénégal sont régies par des paramètres variant de manière temporelle ou spatiale:

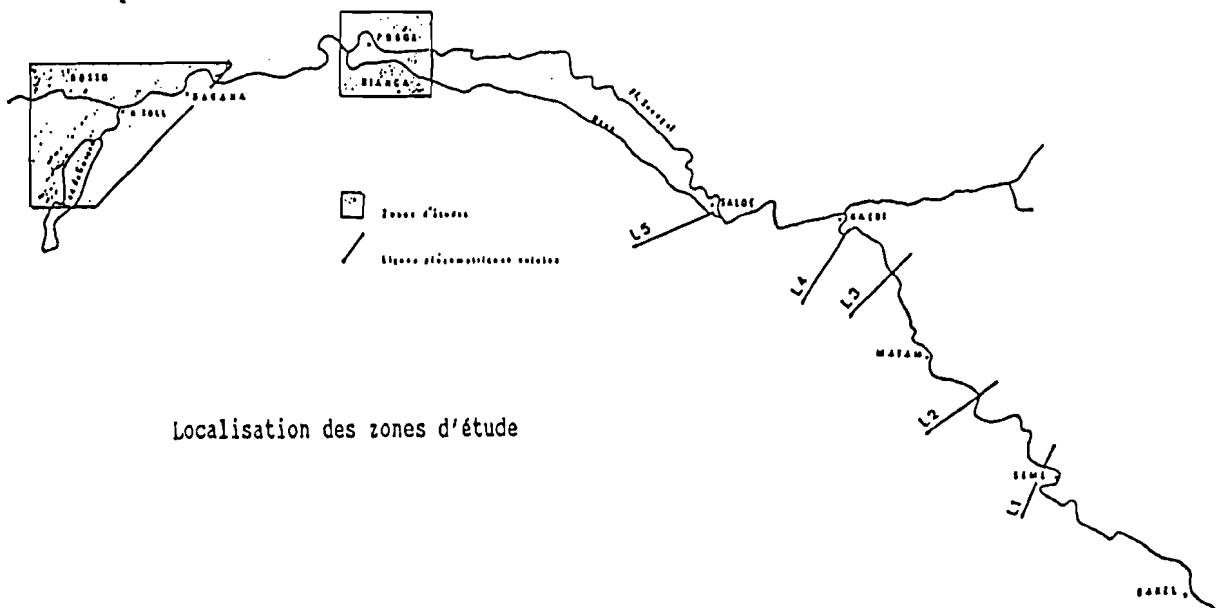
- variation des plans d'eau de surface (fleuve, affluents tributaires, canaux etc..)
- pluviométrie
- évaporation et évapotranspiration (couvert végétal, épaisseur de la zone non-saturée)
- lithostratigraphie des terrains non encaissants (variation de la perméabilité - couches imperméables ou drainante, etc..)
- structure et lithologie du substratum (échange avec les nappes profondes).

Ces variables conditionnent la recharge, la décharge et l'écoulement des eaux souterraines ainsi que leurs qualités chimiques.

La paléoclimatologie et l'évolution géomorphologique sont également responsables de certaines conditions actuelles (nappes salées résiduelles, dépressions piézométriques etc..).

Notre programme de travail porte sur l'étude de l'ensemble de ces paramètres et leurs corrélations avec les observations suivies sur les nappes (mesures piézométriques, physico-chimiques, analyses chimiques et isotopiques). Aussi, durant cette année 1991-92, les campagnes de mesures se sont poursuivies sur les différents sites dans les différentes zones de la vallée :

- zone 1 : Delta
- zone 2 : Richard-Toll - Lac de Guiers
- zone 3 : Podor et Matam (lignes piézométriques 1 à 5).



EQUIPE DE RECHERCHE "EAUX SOUTERRAINE":

Elle est composée d'un chercheur et d'un technicien de recherche (à temps partiel), encadrant de jeunes chercheurs en formation (étudiants de troisième cycle de l'Université Cheik Anta Diop de Dakar).

- Jean-Luc SAOS, chargé de recherche ORSTOM
Spécialité: Hydrogéologie, Géologie du Quaternaire
- Jean-Pierre THIEBAUX, Technicien de recherche ORSTOM
Spécialité: Hydrologie
(temps partiel sur le projet)
- Amadou DIAGANA, (Nat. Mauritanienne) engagé pour un an
(Mars 91, Mars 92) par le projet
Spécialité: Hydrogéologie
Prépare une thèse à l'UCAD.
- Serigne Malick DIAO, (Nat. Sénégalaise)
Etudiant DEA UCAD, stagiaire au laboratoire d'Hydrogéologie de l'ORSTOM.
- Youssouf KOUSSOUBE, (Nat. Bourkinabe)
Etudiant DEA UCAD, stagiaire au laboratoire d'Hydrogéologie de l'ORSTOM.
- Martine DA BOIT, (Nat. Française)
Etudiante DEA UCAD, stagiaire au laboratoire d'Hydrogéologie de l'ORSTOM.

COLLABORATIONS:

- Raymond MALOU, Assistant au laboratoire de Géologie de l'UCAD de DAKAR. Contrat chercheur associé ORSTOM en projet.
Spécialité: Hydrogéologie, modélisation des bilans hydriques
- Ousmane NGOM, Hydrogéologue, cellule des eaux souterraines de l'OMVS, St-Louis
- Jacques MUDRY, Laboratoire d'Hydrogéologie, Faculté des sciences, Université d'Avignon.

PRINCIPAUX RESULTATS

I- BASSE-VALLEE

Les travaux menés dans le secteur Rosso - lac de Guiers - Dagana ont fait l'objet d'un mémoire de D.E.A : " Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée du fleuve Sénégal - Secteur Rosso - Lac de Guiers - Dagana " par Serigne Malick DIAO, étudiant UCAD, stagiaire ORSTOM, soutenance à l'Université C.A.D de DAKAR, Avril 1992 .

Synthèse des résultats:

1- Pédologie, Géomorphologie et Lithostratigraphie

L'évolution de la morphologie, celle de la pédologie et même celle de la lithostratigraphie, sont interdépendantes des divagations du fleuve. En retour, le tracé de celui-ci est fortement influencé par ces dits facteurs.

Géomorphologie: les caractères morphologiques dominants dans cette partie de la vallée:

- les cuvettes de décantation,
- les levées (hautes, petites, fluvio-deltaïques),
- les terrasses ou plages marines,
- les dunes rouges et le glacis polygénique cuirassé qui sont situés dans le Diéri et qui surplombent la zone alluviale.

Pédologie: Principaux types de sols:

- Les sols hydromorphes liés à l'engorgement temporaire ou permanent d'un horizon pédologique par l'eau.
- Les sols halomorphes, principalement les sols salins et à alcalis qui sont caractérisés par des efflorescences salines visibles ou non en surface.

Lithostratigraphie: De l'étude de la distribution verticale et horizontale des faciès lithologiques, il ressort que l'aspect "chaotique" de celle-ci est lié:

- d'une part aux différentes phases de creusement et d'alluvionnement occasionnées par le fleuve au cours de sa mise en place,
- d'autre part aux mouvements eustatiques, du Quaternaire en particulier.

Ainsi on observe fréquemment des lacunes, des biseaux et autres lentilles dans la sédimentation de la région.

Cependant, aussi complexe que puisse être la lithostratigraphie, on distingue essentiellement trois faciès lithologiques: les sables, les argiles et les limons auxquels se joint, par endroits, un substratum calcaire. Ce calcaire est généralement d'âge Eocène/Palocène et n'est nulle part affleurant, tandis que les autres faciès se rencontrent à tous les niveaux et à tous les âges (du Maastrichtien à l'Actuel). Ils forment très souvent des associations complexes (argiles sableuses, vase, sable-limoneux, etc...).

2- Pluviométrie, facteurs climatiques et hydrologie

Pluviométrie et facteurs climatiques: La pluviométrie montre un déficit très net au cours de ces dernières décennies. Les cartes des isohyètes et les différents tableaux établis à ce sujet, ont permis de dégager les principales caractéristiques pluviométriques de la région qui, pour l'essentiel, peuvent se résumer comme suit:

- le volume des précipitations très variable d'une année à l'autre est faible en moyenne avec environ 200 mm/an;
- plus de 90% des précipitations sont concentrés sur les mois de Juillet, Août et Septembre dont près de la moitié (48,8%) au seul mois d'Août !
- en moyenne, il pleut 20 jours par an avec une averse maximale qui est de l'ordre de 50,0 mm; elle peut tomber à n'importe quel moment de la saison pluvieuse (Juin - Septembre).

Néanmoins, il est patent que comparée à l'évaporation qui est d'environ 2 400 mm/an dans la région, la pluviométrie s'avère largement déficitaire. Ce déficit hydrique - auquel s'ajoutent la faiblesse des pluies efficaces, la médiocrité fréquente de la perméabilité des terrains de surface et la moyenne élevée des températures - laisse à penser que la recharge de la nappe par les eaux de pluie, si elle existe, doit être relativement faible.

Hydrologie: Le réseau hydrométrique étant suffisamment dense au niveau de la région, l'évolution des plans d'eau du fleuve et de l'ensemble lac-canal a pu être suivie assez aisément.

Du point de vue hydrogéologique, même si l'alimentation de la nappe par infiltration à partir des cours d'eau n'a pu être quantifiée, il apparaît que les cours d'eau participent activement à cette recharge. Elle est surtout perceptible au niveau de leurs berges et aussi de plus en plus sous les périmètres irrigués.

3- Structure du réservoir et caractéristiques hydrodynamiques

Structure du réservoir: Même si plusieurs schémas sont proposés quant à la géométrie du réservoir, l'hypothèse la plus probable est sans doute celle relative à l'existence de deux aquifères:

- un aquifère alluvial complexe et multicouche des formations quaternaires,
- un aquifère profond des calcaires paléogènes.

Caractéristiques hydrodynamiques:

- la transmissivité T est comprise entre 10^{-2} et 10^{-4} m²/s
- la perméabilité K est très variable avec une moyenne située entre 10^{-3} à 10^{-4} cm/s,
- le coefficient d'emmagasinement S de l'ordre de 10^{-4} .

Cependant, dans le détail, ces paramètres peuvent présenter des variations notables d'une zone à l'autre et surtout d'une formation à l'autre.

4- Piézométrie et chimie des eaux

Piezométrie: La piézométrie de la région a fait l'objet d'une étude très détaillée grâce à la présence d'un réseau assez dense

de piézomètres dont les données sont consignées dans la banque de la "Cellule des Eaux Souterraines" de Saint-Louis (OMVS).

L'évolution de la piézométrie a pu être étudiée dans toute sa dimension spatio-temporelle. Cela a abouti à l'individualisation de zones de recharge, de drainage, d'intense évaporation, de confinement, etc...

. L'allure générale de la surface piézométrique de la nappe alluviale se répète pratiquement d'une année à l'autre. Ce phénomène est du au fait que la nappe subit les mêmes influences aux mêmes périodes de l'année, seule la réponse vis-à-vis de ces influences diffère suivant les caractéristiques lithostratigraphiques, pédologiques et hydrodynamiques du secteur considéré;

. Il existe des zones où le niveau piézométrique varie fortement au cours de l'année (jusqu'à près de 3 mètres de au GA 163 à Dagana !) et d'autres où, au contraire, ces variations sont faibles voire nulles (à peine 0,18 m au GA 200 dans la province B). Le gradient hydraulique est très variable, il peut être très fort dans certaines zones.

. Par ailleurs, l'étude des courbes de suivi et des profils piézométriques établis sur la période d'observation (fin 1987 - début 1991) rend compte de la grande complexité de la piézométrie de la région.

chimie des eaux:

Les analyses chimiques ont permis de mettre en évidence les caractères suivants:

- Le pH est globalement neutre dans la région bien que variant de 4,0 (DA 78) à 8,3 (GA 264). La conductivité est également très variable (de moins de 0,3 à plus de 60 mS) de même que la température (entre 24 et 34°C) dont la moyenne de 30,5°C est plutôt élevée pour des eaux souterraines.

- En fonction de la profondeur, il existe un gradient tantôt croissant (température et conductivité), tantôt décroissant (pH) des paramètres physico-chimiques.

- Sur l'ensemble des analyses, les ions dominants sont respectivement, par ordre d'importance, les chlorures (82,0%), les bicarbonates (10,8%) et les sulfates (7,2%). Ils sont combinés au sodium dans 92,2% des cas, nous pouvons donc dire que le faciès chloruré-sodique caractérise les eaux de la région.

Cette chimie des eaux souterraines est aussi partiellement influencée par des facteurs "originels" tels les reliques d'eau de mer piégée dans la région dans un passé récent.

5- Synthèse hydrogéologique

Des relations plus ou moins franches ont pu être mis en évidence entre les fluctuations piézométriques, les faciès hydrogéochimiques, la lithostratigraphie et la géométrie du réservoir aquifère.

Le mode d'alimentation de la nappe ont été défini. Il peut être:

- latéral, par infiltration à travers les berges du fleuve, des cours d'eau et canaux.

- vertical par infiltration ou percolation directes des eaux de précipitations, des eaux piégées dans les cuvettes de décantation et surtout, des eaux d'irrigation.

II- MOYENNE-VALLEE :

Sur les 5 lignes piézométriques suivies dans la région de Matam, les mesures, prélèvements, et analyses faits dans les piézomètres sont complétés par l'étude des caractéristiques hydrogéologiques.

Les caractéristiques hydrodynamiques sont déterminées par l'interprétation d'essais de pompage (transmissivité, perméabilité, emmagasinement) et à partir de l'analyse granulométrique des sédiments aquifères par la méthode de Hazen (coefficient de perméabilité intrinsèque).

Dans le réseau piézométrique installé par le projet OMVS - USAID, il existe des piézomètres de plus gros diamètres (8" au lieu de 2,5") qui permettent l'installation de dispositifs de pompage d'essai. Ces sites de pompage sont présents sur chacune des lignes piézométriques choisies pour notre étude. Les essais sont effectués sur chaque site.

Résultats de l'interprétation des essais de pompages, exemple de la station de pompage GA 345-346 (Amadou DIAGANA, Avril 92):

1- Situation :

La station de pompage est située sur la ligne 2, à 3,25 km du fleuve Sénégal, dans la plaine alluviale, dans une zone inondable pendant la crue.

2- Lithologie :

La coupe lithostratigraphique montre de bas en haut :

- une formation de sables moyens sur 17 m présentant un niveau de sables grossiers de 3m d'épaisseur
- une formation de sables moyens à fins sur 18 m, présentant une intercalation de sables grossiers de 3 m d'épaisseur
- une formation silto-argileuse de 15 m d'épaisseur.

On remarque l'absence de formations argileuses au sens strict. Les formations silto-argileuses et de sables fins sont attribuées au Quaternaire. Elles reposent directement sur des sables grossiers et graveleux, d'âge Maastrichtien.

3 - Caractéristiques techniques des sondages

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES SONDAGES					
N°PREZO	GA345(50m)	GA346(30m)	GA347(50m)	GA348(30m)	GA349(15m)
rayon	4"	4"	1"1/4	1"1/4	1"1/4
long. crepine	10m	8m	1m	1m	1m
alt. crepine	-32.98	-12.89	-33.96	-13.96	1.07
alt. du sol	15.023	15.107	15.037	15.037	15.073
marginelle	1.14m	1.13m	0.97m	1m	0.99m

Deux pompages d'essais ont été effectués à la station :

- dans le GA 345 (50 m de profondeur), un pompage de 48 h avec un débit de 22 m³/h
- dans le GA 346 (30 m de profondeur), un pompage de 48 h avec un débit de 22,2 m³/h

4 - Interprétation des pompages d'essai :

4.1- Pompage d'essai dans GA 345 :

Les piézomètres GA 346 (30 m) GA 347 (50 m) GA 348 (30 m) et GA 349 (15 m) ont été suivis en même temps que le forage GA 345 pendant toute la durée du pompage (mesure du rabattement) et après l'arrêt du pompage (mesure de la remontée).

Les piézomètres GA 346, 347, et 348 ont réagi à l'effet du pompage en même temps que le forage 345. Le rabattement brusque au début, proportionnel à la profondeur de la crépine est suivi ensuite d'un régime transitoire. En fin de pompage, on observe un ralentissement des rabattements. Dans le piézomètre GA349 (15 m de profondeur) aucun rabattement n'a été observé pendant toute la durée du pompage .

À l'arrêt du pompage, on observe une remontée brutale dans le forage et le piézomètre de même profondeur, ce qui tend à rapprocher leur niveau dynamique de celui des autres.

- Calcul des paramètres :

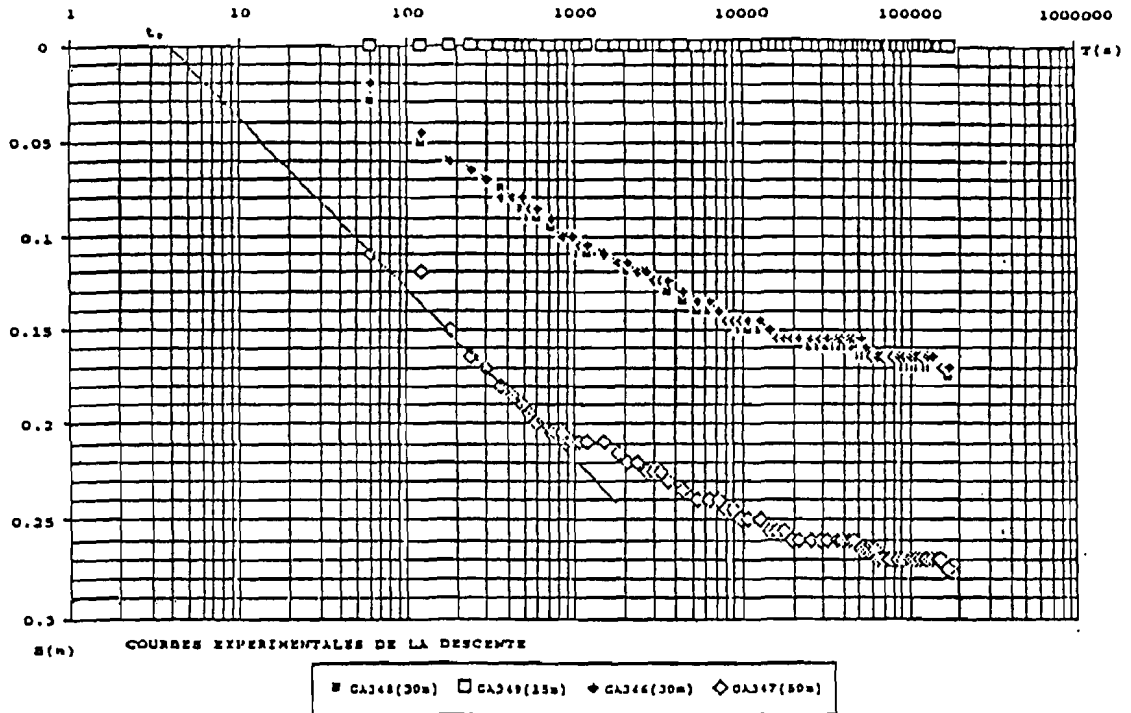
Les mesures effectuées dans le forage GA345 et le piézomètre GA347 permettent de déterminer des paramètres hydrodynamiques des formations inférieures qui appartiennent au Maastrichtien. L'épaisseur totale de cet aquifère n'est pas connue ici.

Les rabattements maximum sont de 1,58 m dans le forage et 0,278 m dans le piézomètre, valeurs très faibles par rapport à l'épaisseur supposée de l'aquifère . L'effet d'alimentation qui se traduit par le ralentissement du rabattement, est observable après 11 minutes de pompage.

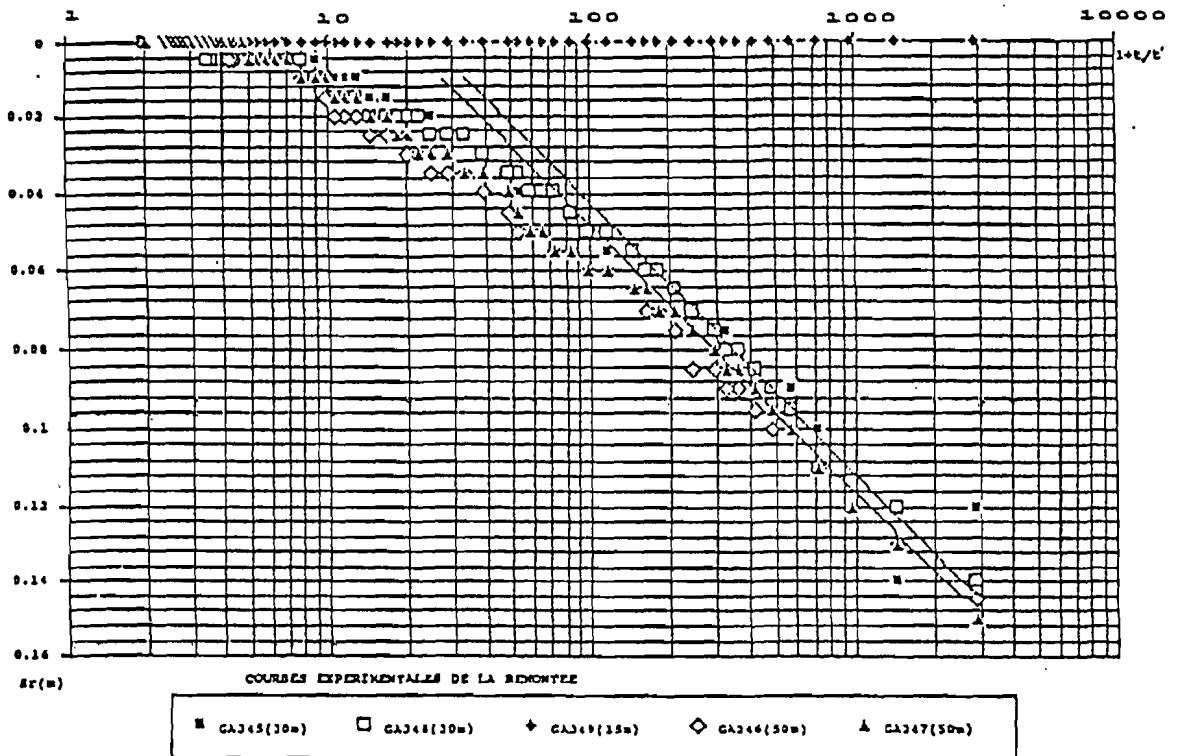
Résultats de l'interprétation par la méthode de JACOB:

POMPAGE DANS GA345(50m)								
DESCENTE								
N°PIEZO.	i(m)	rp	r(m)	T(m ² /s)	S		tc(s)	U<0.01
GA345(50m)	0.06	4"	/	1.8 10 ⁻²	/		/	/
GA347(50m)	0.09	1"1/4	15.7	1.2 10 ^{-24.2}	10 ⁻⁴		17	t>214s
REMONTÉE								
N°PIEZO.	i(m)	T(m ² /s)						
GA345(50m)	0.072	1.5 10 ⁻²						
GA347(50m)	0.076	1.5 10 ⁻²						

STATION GAJ45 ESSAI DE NAPPE



STATION GAJ45 ESSAI DE NAPPE



Interprétation:

L'absence de réaction dans le piézomètre superficiel (GA 349) met en relief l'existence de deux aquifères distincts.

La transmissivité moyenne calculée est de $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; le coefficient d'emménagement est de $4,2 \cdot 10^{-4}$. En raison de la présence de la formation supérieure silto-argileuse, on peut considérer que nous sommes en présence d'une nappe semi-captive.

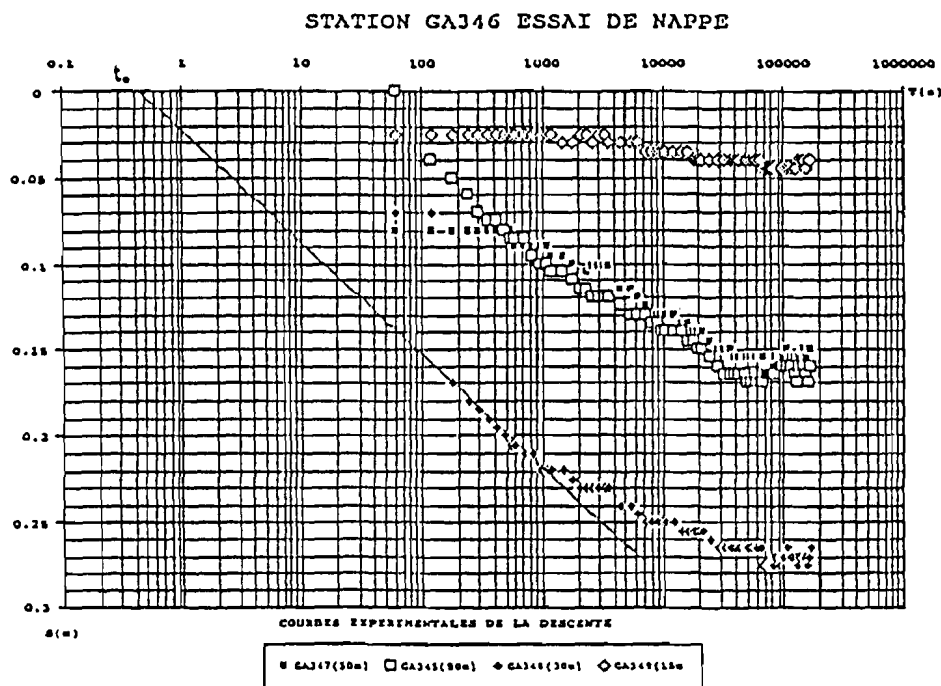
4.2: Pompage dans le GA 346:

Les rabattements ont été mesurés sur tous les piézomètres et le forage de la station. A la différence du pompage dans le GA 345, tous les piézomètres ont réagi au pompage. Le rabattement a été plus important dans le forage et le piézomètre de même profondeur (3,84m et 0,27m). par contre le piézomètre superficiel a réagi faiblement (rabattement inférieur à 0,05m

Calcul des paramètres:

La formation testée par ce pompage concerne les sables moyens et fins situés sous les silts argileux et au-dessus des sables du Maastrichtien. L'épaisseur de cette formation quaternaire est de 15 m. L'interprétation de la courbe de descente dans le piézomètre GA348 de même profondeur que le forage, montre un régime transitoire. Après 17 minutes de pompage, on note un ralentissement du rabattement vraisemblablement lié à l'alimentation par les formations maastrichtiennes.

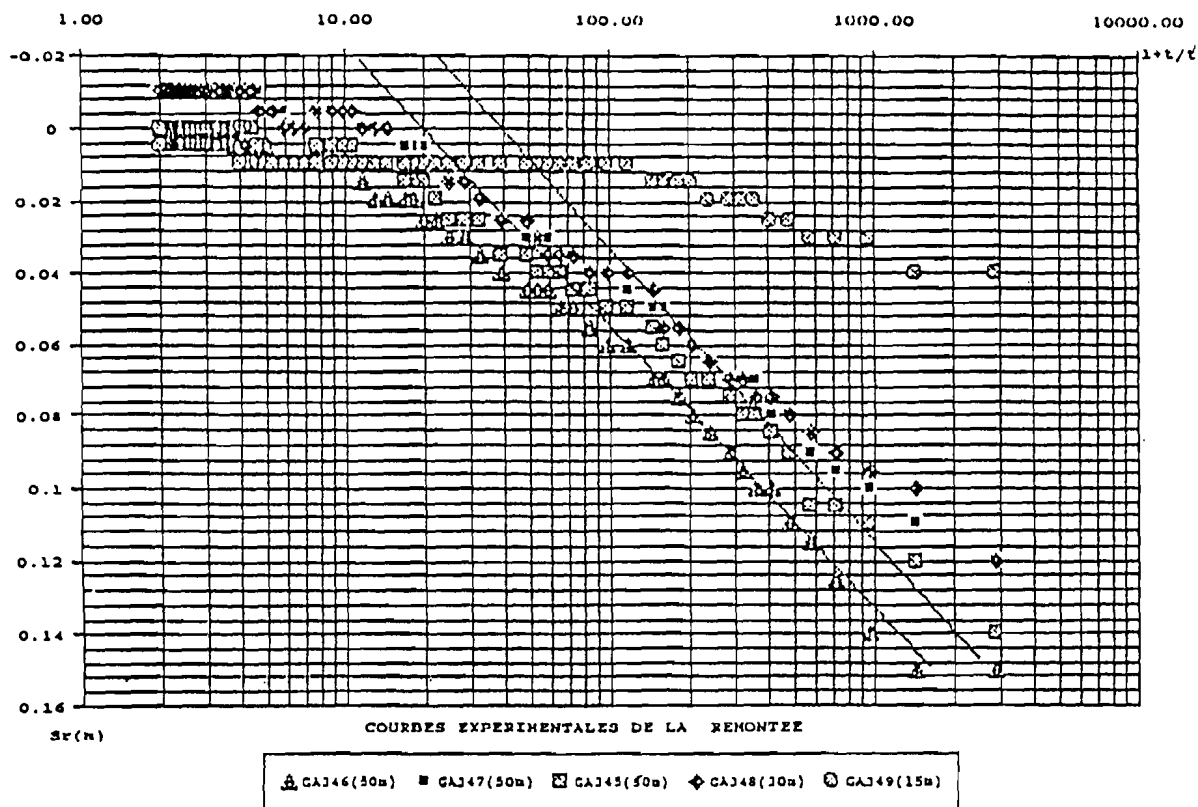
Résultats de l'interprétation par la méthode de JACOB:



POMPAGE DANS GA346(30m)

DESCENTE							
N° PIEZO.	i(m)	rp	r(m)	T(m ² /s)	S	tc(s)	U<0.01
GA348(30m)	0.065	1"1/4	17.3	1.7 10 ⁻²	5.4 10 ⁻⁵	15	t>24s
REMONTÉE							
N° PIEZO.	i(m)	T(m ² /s)					
GA346(30m)	0.078	1.4 10 ⁻²					
GA348(30m)	0.082	1.4 10 ⁻²					

STATION GA346 ESSAI DE NAPPE



Interprétation:

La réaction des piézomètres situés dans les niveaux inférieurs (Maastrichtien) confirme la continuité hydraulique des sables du Quaternaire avec ceux du Maastrichtien, constituant ainsi un aquifère multicouche. Le rabattement plus modéré du piézomètre superficiel GA 349 montre la possibilité d'échanges entre les formations supérieures et l'aquifère inférieur.

5- Calcul de la perméabilité intrinsèque par la méthode de HAZEN:

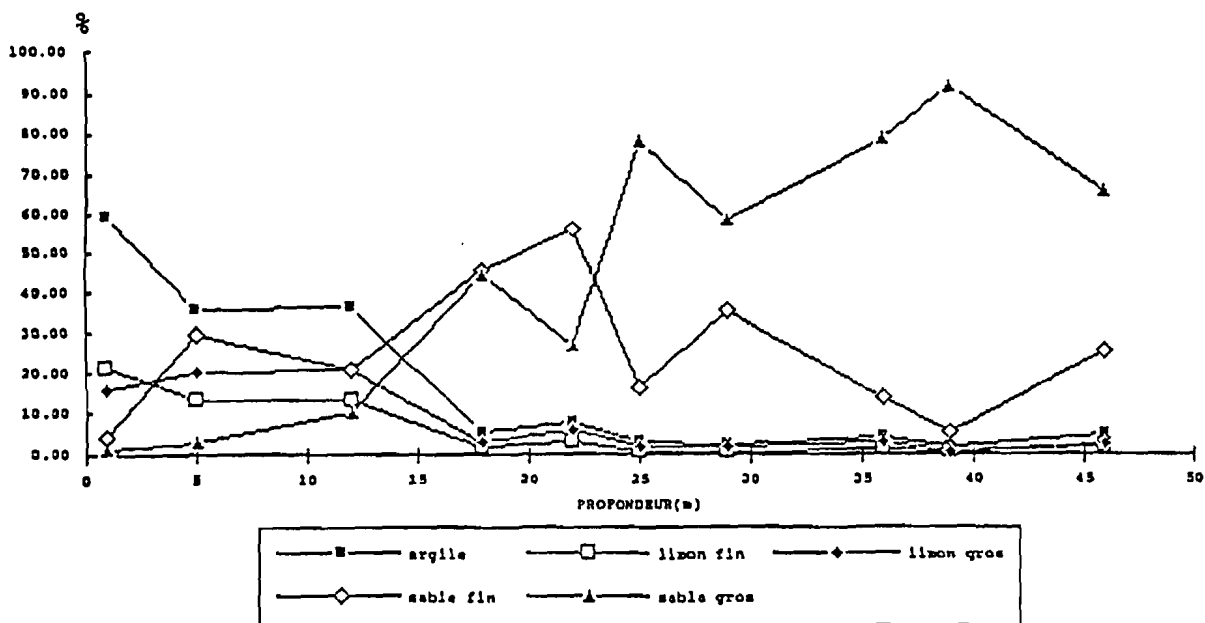
Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés dans les différentes formations lithologiques nous ont permis de calculer les coefficients de perméabilité intrinsèque par la méthode de HAZEN.

STATION GA345: ANALYSES GRANULOMETRIQUES						
Prof.(m)	argilet	limon fin	limon gross	sable fin	sable gross	total
1	59.20	21.60	15.80	4.10	0.70	101.40
5	35.60	13.20	20.10	29.60	2.90	101.40
12	36.30	13.30	20.80	20.80	10.60	101.80
18	5.10	1.40	2.90	45.90	44.70	100.00
22	7.60	3.00	6.20	56.30	26.90	100.00
28	3.00	0.60	1.90	16.80	78.00	100.30
29	2.40	0.60	1.90	38.90	58.90	99.70
36	4.30	1.10	2.60	14.00	78.30	100.30
39	1.40	0.40	0.50	5.10	91.80	98.90
46	4.60	1.50	2.10	26.00	66.20	100.40

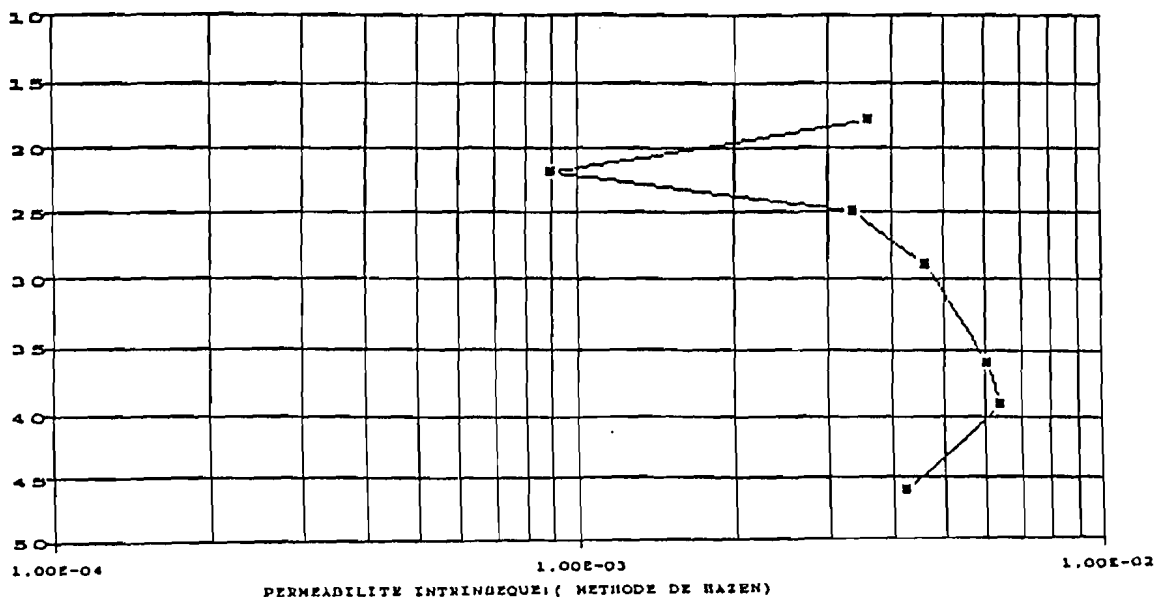
Les résultats montrent une très bonne perméabilité des formations situées à la base du forage (Maastrichtien). Elle diminue légèrement dans les sables quaternaires qui les surmontent. Pour les formations silto-argileuses supérieures, le pourcentage élevé des éléments très fins nous font sortir du domaine d'application de la méthode.

Les caractéristiques obtenues par pompage d'essai sont tout à fait compatibles avec celles obtenues par la granulométrie (1,8 10⁻³ m/s pour le Maastrichtien).

STATION GA345 GRANULOMETRIE EN FONCTION DE LA PROFONDEUR



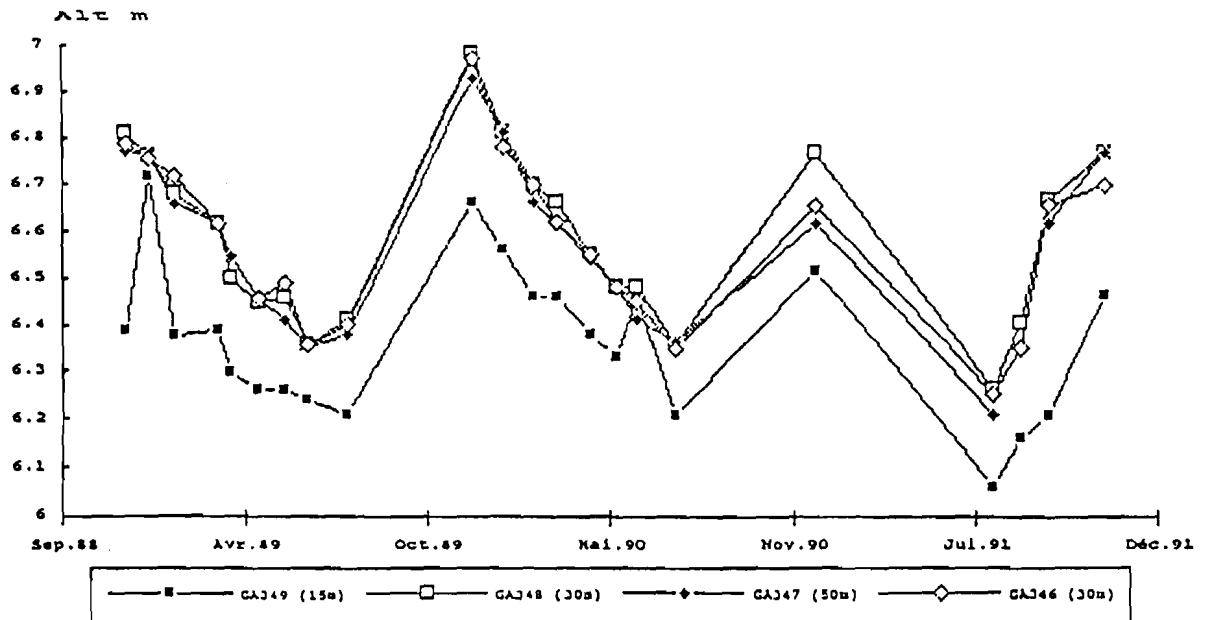
STATION GA345 DETERMINATION DE LA PERMEABILITE



CALCUL DE LA PERMEABILITE INTRINSEQUE
METHODE DE HAZEN

GA345	d10(mm)	d60(mm)	d90(mm)	d60/d10	K(m/s)
01m	/	0.0015	0.018	/	/
05m	/	0.018	0.06	/	/
12m	/	0.018	0.09	/	/
18m	0.05	0.13	0.6	2.60	3.60E-03
22m	0.02	0.075	0.3	3.75	9.00E-04
25m	0.08	0.25	0.58	3.13	3.36E-03
29m	0.065	0.21	0.68	3.23	4.62E-03
36m	0.06	0.3	0.78	5.00	6.08E-03
39m	0.22	0.39	0.8	1.77	6.40E-03
46m	0.055	0.25	0.65	4.55	4.23E-03

EVOLUTION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE



6- CONCLUSION:

Nous avons pu mettre en évidence l'existence d'un aquifère multicouche comprenant des formations sableuses quaternaires, et des formations sableuses maastrichtiennes. la transmissivité y est très bonne: $T = 1,5 \cdot 10^{-2} m^2/s$.

Cet aquifère est surmonté d'une formation silto-argileuse semi-perméable quaternaire supérieur, avec laquelle des échanges limités sont possibles.

III PROSPECTION GEOPHYSIQUE

Les premiers résultats des campagnes de prospection géophysique ont permis de mettre en évidence des discontinuités dans les formations aquifères (failles, changements de faciès, etc..) et également de déterminer la morphologie du substratum.

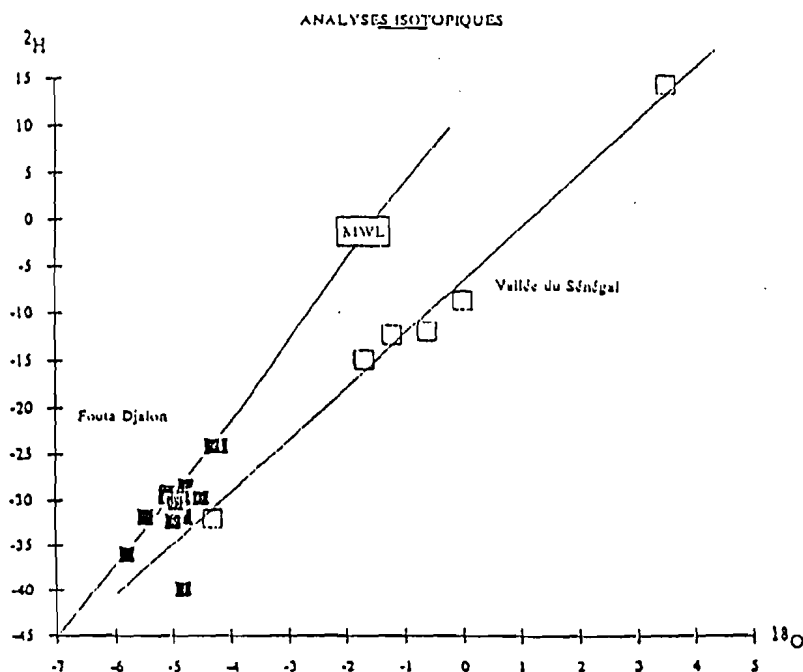
Les premiers résultats des sondages par audiomagnetotellurie ont été peu satisfaisants. L'appareillage utilisé résiste mal aux températures sahéliennes et sa gamme de fréquence ne permet que des investigations à grande profondeur, et ne donne pas d'informations exploitables sur ce qui nous intéresse (structure des aquifères éocènes et maastrichtiens). Par contre, la méthode par sondage électrique est très bien adaptée à l'étude des formations alluviales.

L'exploitation des données géophysiques fait l'objet d'un mémoire de D.E.A : " Application de la géophysique à l'étude hydrogéologique de la vallée du fleuve Sénégal " par Youssouf KOUSSOUBE, stagiaire ORSTOM, étudiant à l'Université C.A.D de DAKAR.

IV ANALYSES ISOTOPIQUES

- Dans le Haut-Bassin :

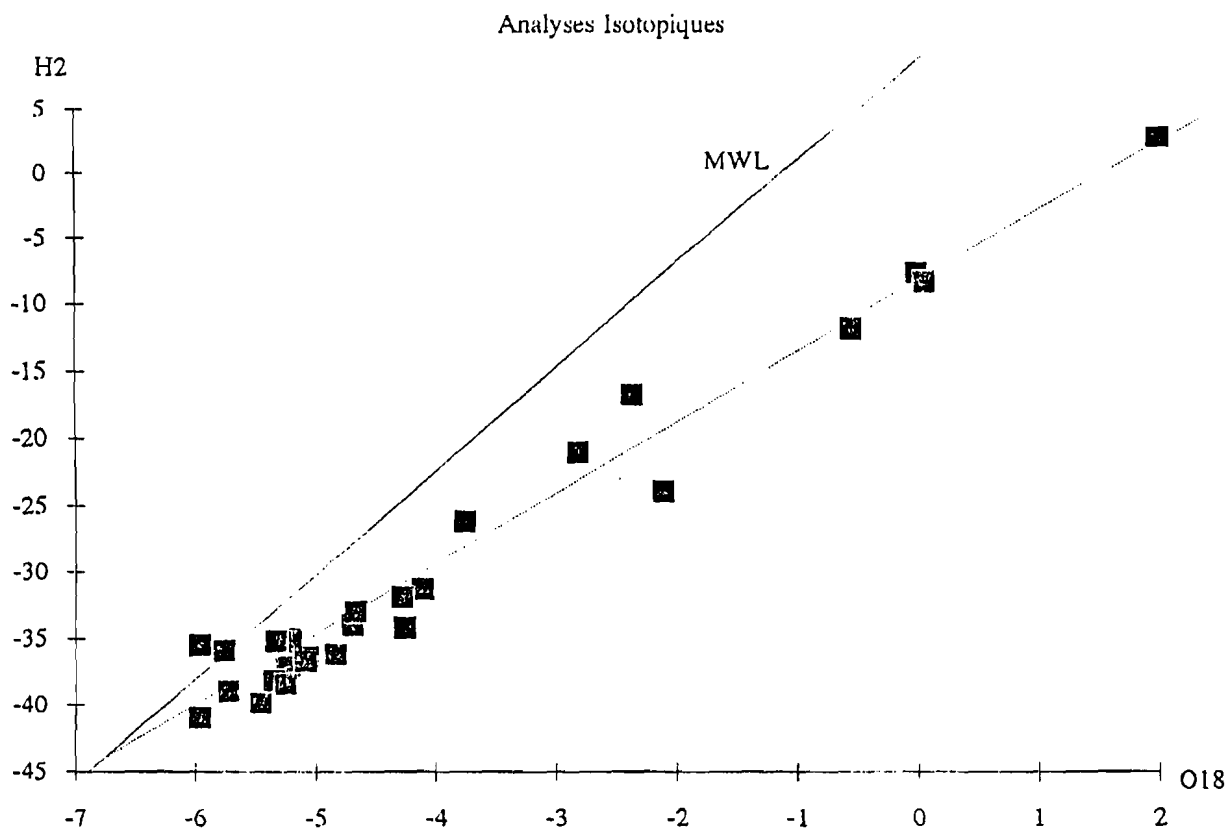
Les eaux de surface prélevées dans les sources et têtes de bassin du Fouta-Djalou, montrent une très bonne corrélation du delta $^2\text{H} / ^{18}\text{O}$. Les valeurs se positionnent très proches de la droite de corrélation des eaux météorites mondiales MWL; ce qui montre qu'il n'y a pas ici de reprise évaporante significative. Ces eaux sont d'ailleurs très peu chargées, la conductivité est très faible, entre 0,012 mS et 0,030 mS.



- Dans la vallée du fleuve :

Les eaux du fleuve et de ses tributaires (Doué, Taouey, lac, canaux) présentent, en période d'étiage, un enrichissement isotopique par rapport aux eaux de surface du haut bassin. La corrélation $^2\text{H} / ^{18}\text{O}$ est bonne, c'est une droite de pente plus faible que celle de la droite MWL. Ces eaux ont subi une reprise évaporante importante, d'autant plus élevé vers l'aval.

Les premiers résultats des analyses isotopiques sur les échantillons d'eau prélevés dans les piézomètres et les puits montrent une bonne corrélation $^{18}\text{O} / \text{Deuterium}$. Les valeurs s'alignent sur une droite de pente inférieure à la pente de la droite de corrélation théorique MWL des eaux météoriques mondiales. le point de rencontre de ces droites donne les teneurs isotopiques théoriques à l'origine des eaux souterraines. Celui-ci est situé au dessous des valeurs du haut bassin. Il correspondrait plutôt aux eaux pluviales locales.



V- CONCLUSION

L'exploitation de toutes les données recueillies au cours de ces bientôt trois années de suivi n'est pas encore terminée, notamment en matière d'analyses chimiques et d'analyses isotopiques (délais d'analyses). De plus, quelques mesures et prélèvements complémentaires nous apparaissent nécessaire pendant la prochaine saison des pluies.

Cependant, les caractéristiques suivantes peuvent déjà être dégagées:

- Les aquifères de la vallée du fleuve Sénégal sont complexes, souvent multicouche, parfois en relation direct avec les aquifères profonds

- De manière générale, les échanges latéraux semblent très faibles en regard des transferts verticaux (percolation, évaporation, évapotranspiration). Ces transferts sont fortement conditionnés par la nature des sédiments de l'aquifère.

La mise en service des barrages de Diama et Manantali, et les travaux d'aménagements agricoles, ont modifié considérablement l'équilibre naturel des échanges hydriques. La recharge des nappes souterraines qui se faisait par les inondations annuelles naturelles, se fait maintenant de manière ponctuelle par les périmètres hydroagricoles avec les risques de pollution que cela peut entraîner (engrais, pesticides, etc).

Les résultats partiels de ces travaux sont présenté dans de deux mémoires de DEA:

- "Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée du fleuve Sénégal (secteur Rosso, lac de Guiers, Dagana)". Par Serigne Malick DIAO

- "Applications des méthodes géophysiques à l'étude hydrogéologique de la vallée du fleuve Sénégal". par Youssouf KOUSSOUBE

Un troisième mémoire de DEA est en cours de rédaction:

- "Impact des aménagements hydro-agricoles sur la nappe alluviale du fleuve Sénégal (Richard-Toll, Lac de Guiers, Dagana)". Par Martine DA BOIT

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

F.X. COGELS (1), A. NIANG (2), M. CARN (3), J.Y. GAC (3)

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

PROJET CEE (EQUESEN) TS2 0198 F EDB

Octobre 1992

(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

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 moyenne de ses eaux.

L'un des buts du programme EQUSEN 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) à N'Gnith dispose d'un laboratoire d'analyse 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.

Un premier test de la fiabilité de la station de N'Gnith a été effectué dans le cadre d'un travail de fin d'étude mené à L'ORSTOM (NIANG, 1992). L'étude présente développe cette recherche.

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.

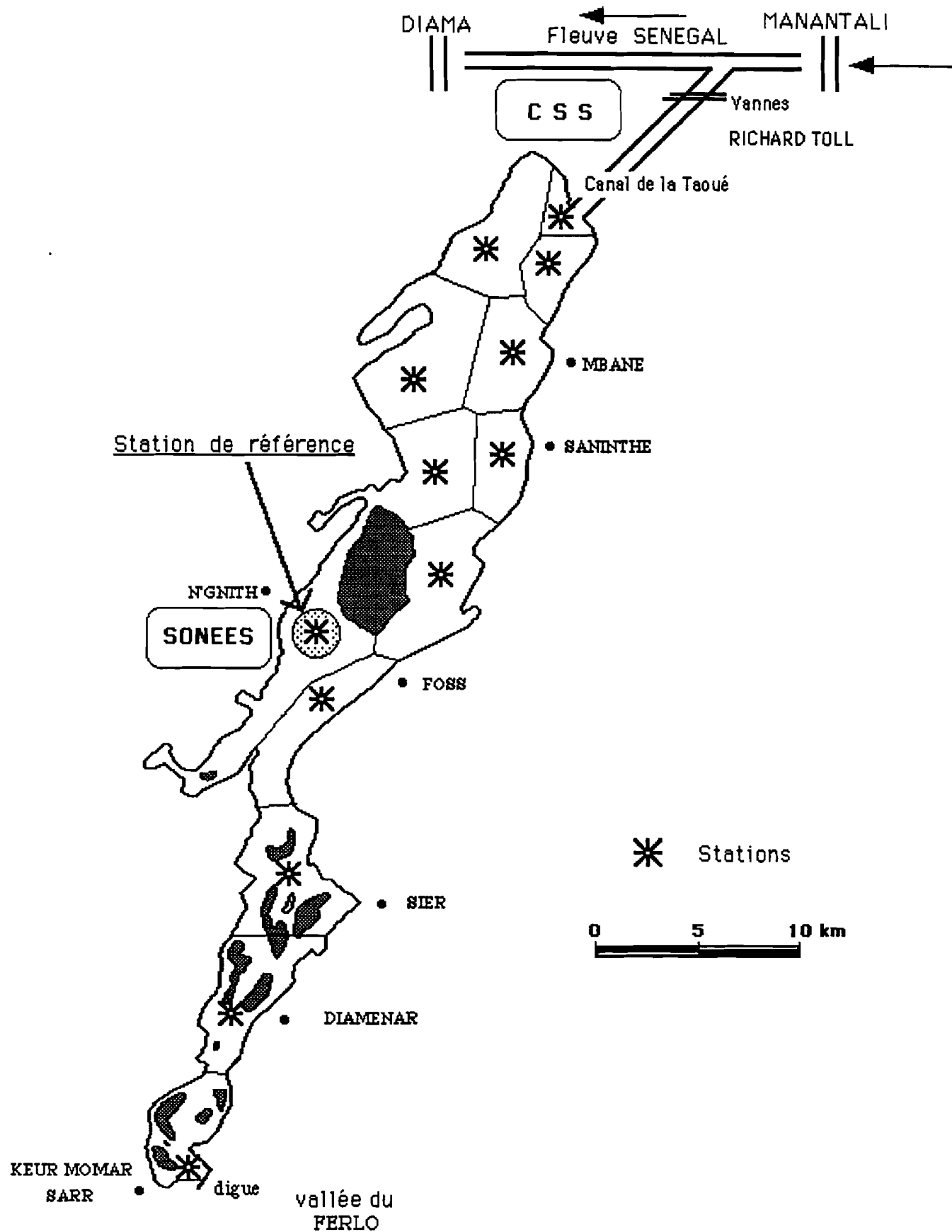


Fig. 1 : Carte du lac, emplacement des 13 stations d'échantillonnage et localisation de la station de référence de N'Gnith.

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 jouer le même 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 lac 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.

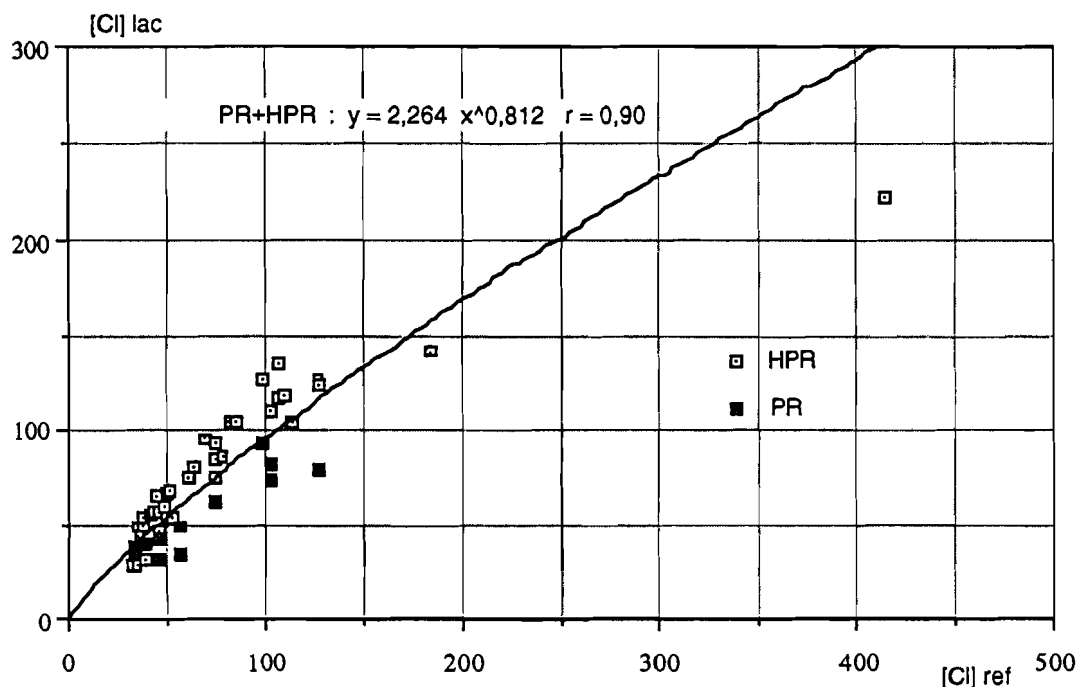


Fig. 2 : Relation entre la concentration en chlorures moyenne du lac et celle mesurée simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) pour l'ensemble des 2 périodes d'échantillonnages. PR : Période de remplissage du lac ; HPR : Hors période de remplissage (Isolement).

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.

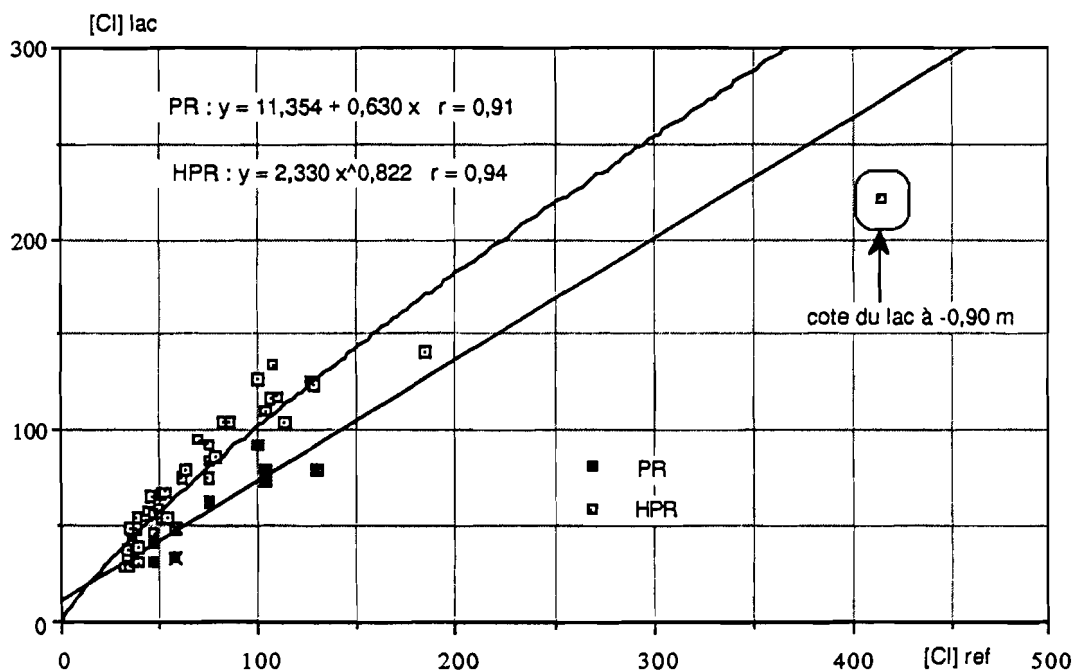


Fig. 3 : Relation entre la concentrations en chlorures moyenne du lac (mg/l) et celles mesurée simultanément à la station de N'Gnith.(mg/l) en phases de remplissage et d'isolement, considérées séparément. PR : Période de remplissage du lac ; HPR : Hors période de remplissage (Isolement)

-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 :

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

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.

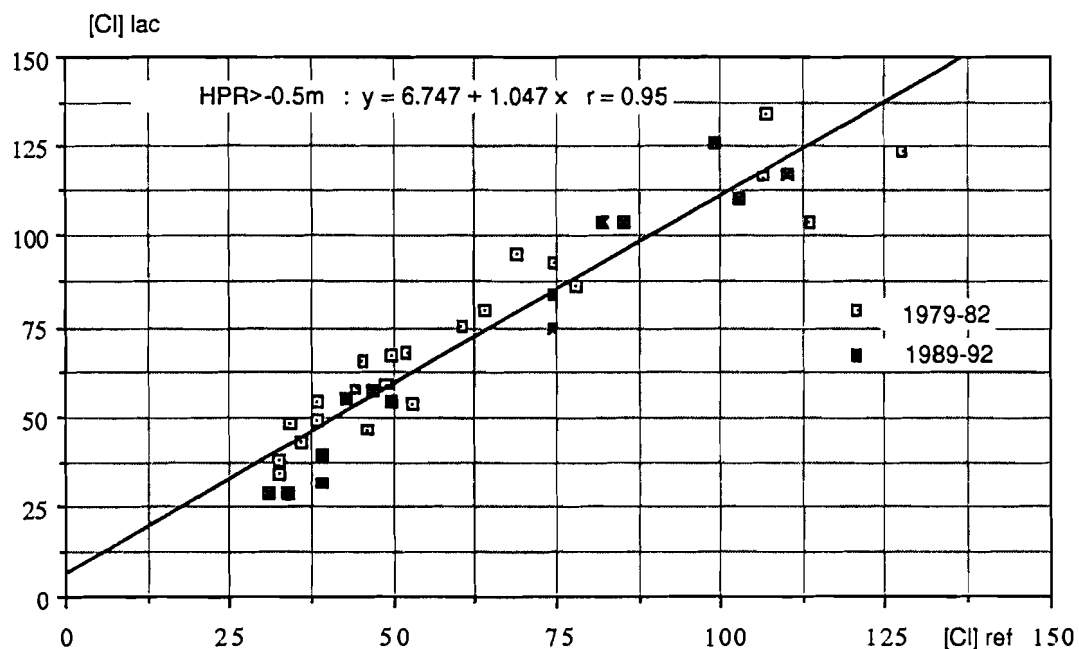


Fig. 4 : Relation entre la concentration en chlorures moyenne du lac et celle mesurée simultanément à la station de N'Gnith.(mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

3.2 Autres paramètres

a) Sodium

L'autre paramètre conservatif qu'est le sodium permet une excellente corrélation entre sa teneur moyenne au 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.

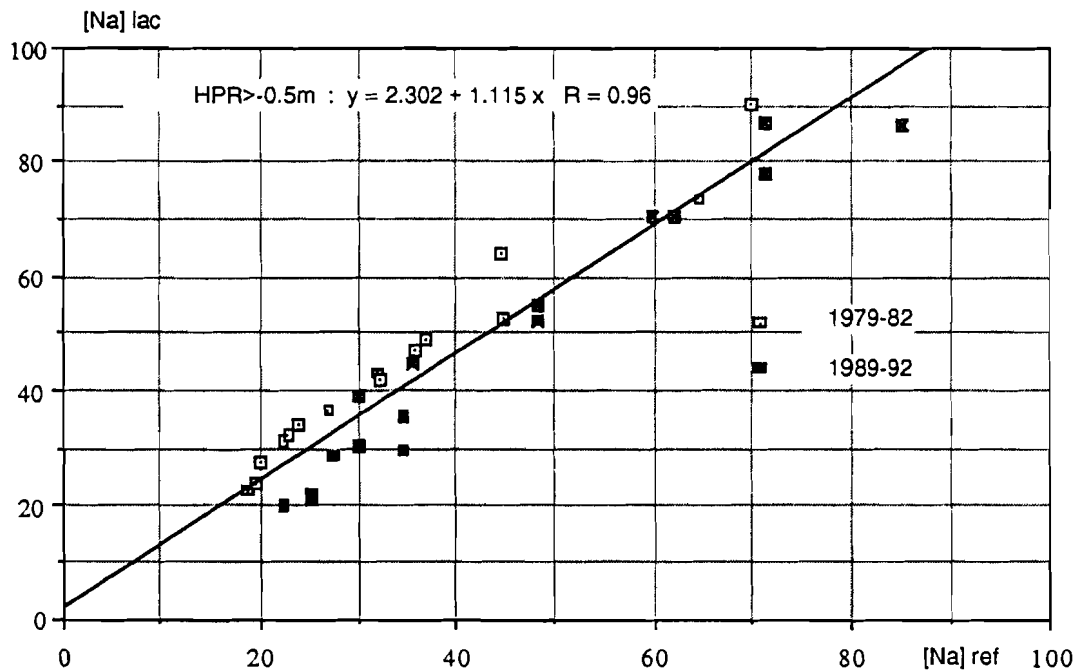


Fig. 5 : Relation entre la concentration en sodium moyenne du lac et celle mesurée simultanément à la station de N'Gnith.(mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

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 teneurs 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

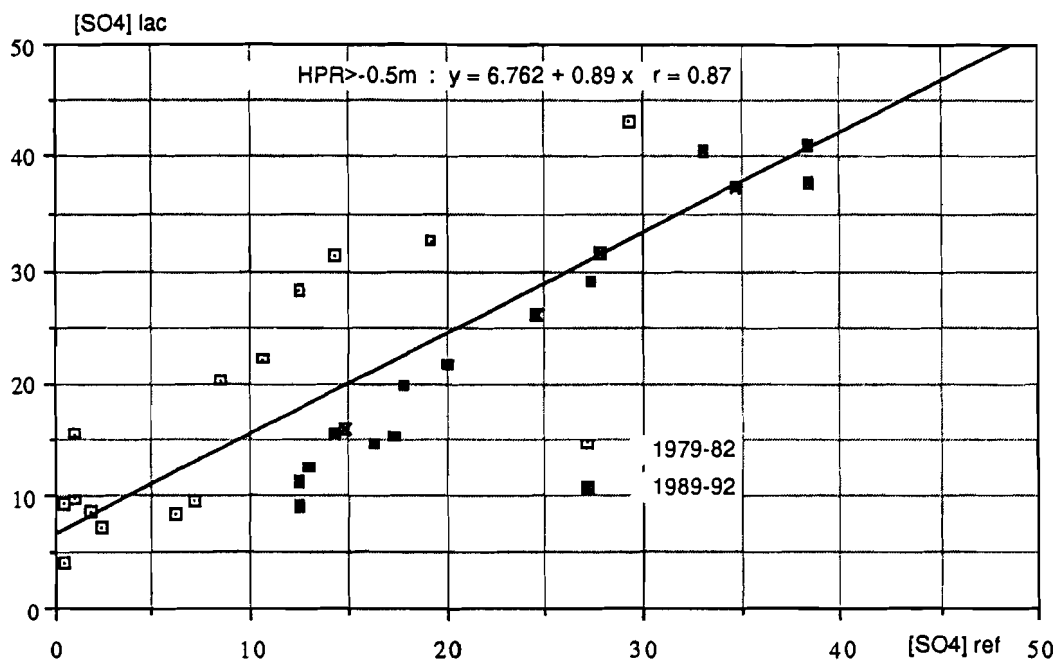


Fig.6 : Relation entre la concentration en sulfates dissous moyenne du lac et celle mesurée simultanément à la station de N'Gnith.(mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

c)Alcalinité

Carbonates et bicarbonates dissous ont été regroupés et la relation entre leur concentration moyenne au 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 enfin 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.

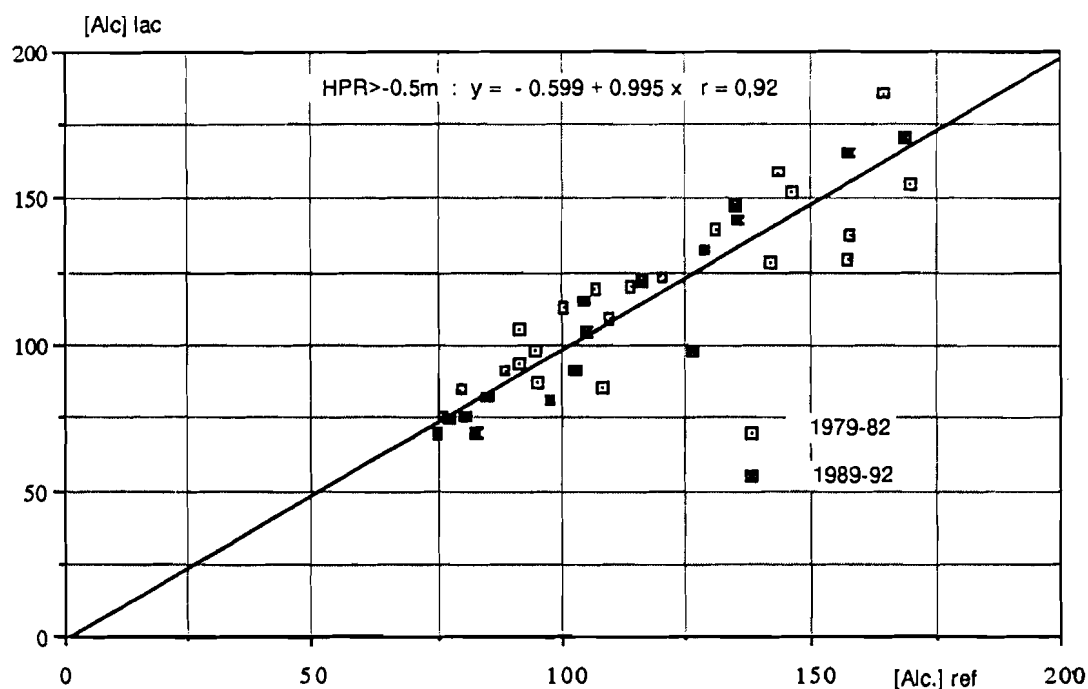


Fig.7 : Relation entre l'alcalinité moyenne du lac et celle mesurée simultanément à la station de N'Gnith.(mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à - 0.50 m.

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 grâce à une minéralisation globale plus faible de l'eau du lac.

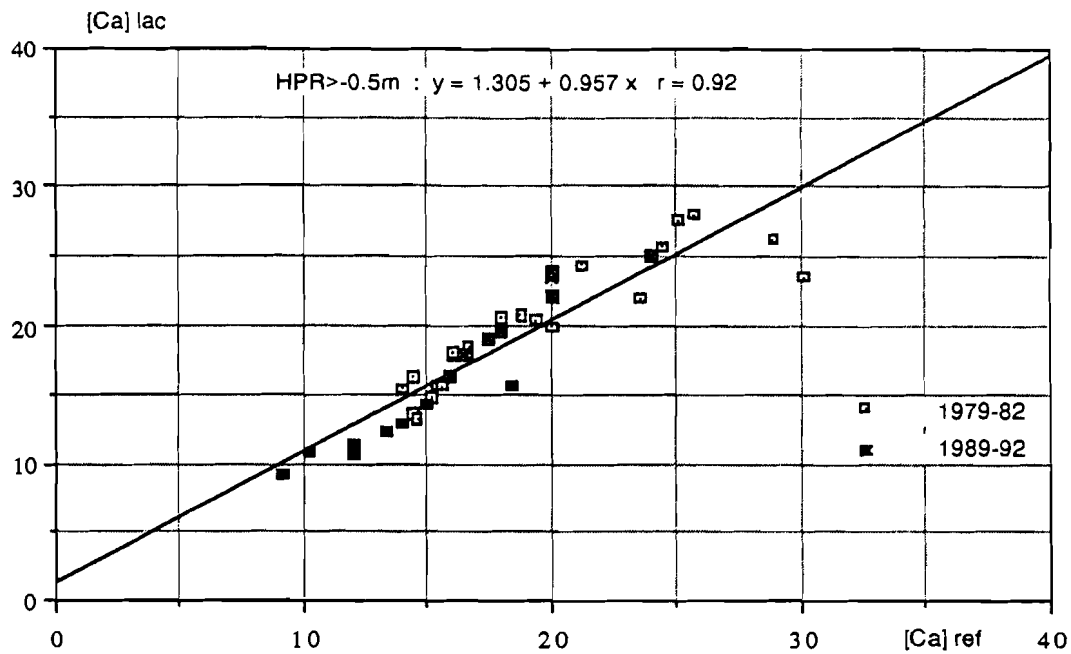


Fig. 8 : Relation entre la concentration en calcium moyenne du lac et celle mesurée simultanément à la station de N'Gnith (mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

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.

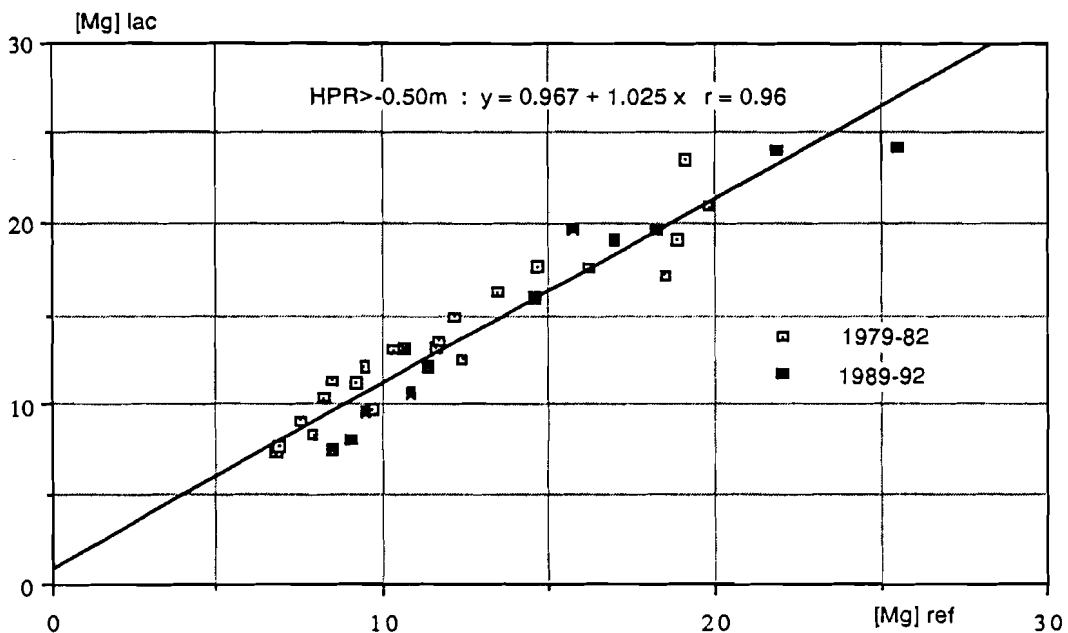


Fig. 9 : Relation entre la concentration en magnésium moyenne du lac et celle mesurée simultanément à N'Gnith.(mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

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.

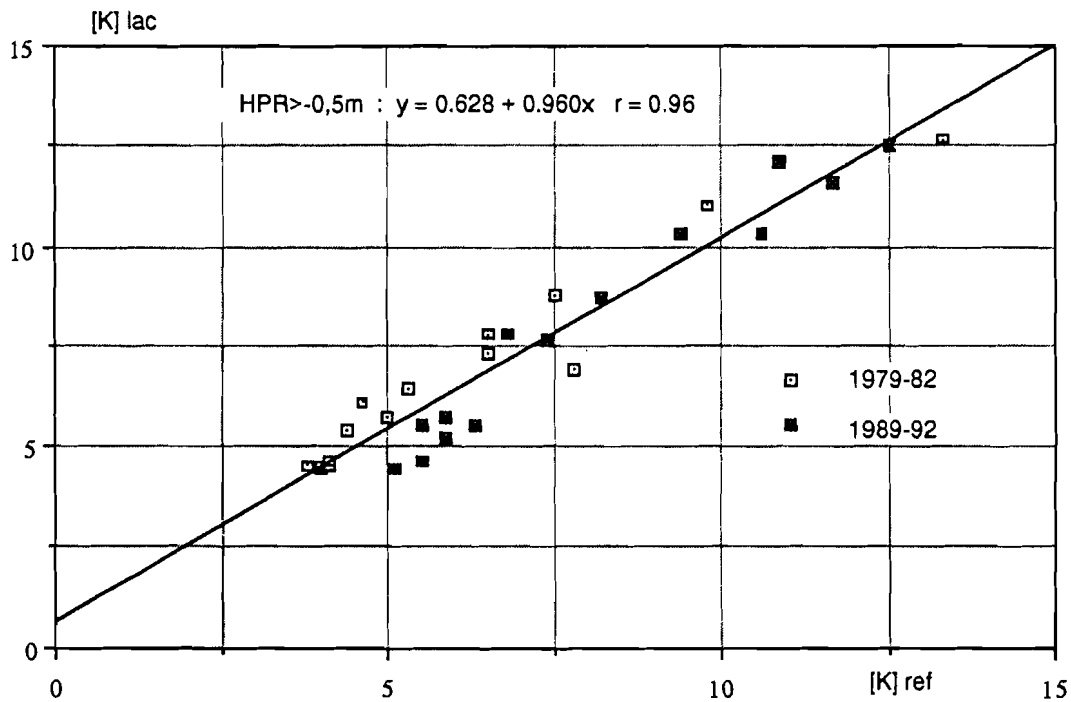


Fig. 10 : Relation entre la concentration en potassium moyenne du lac et celle mesurée simultanément à la station de N'Gnith.(mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

g) Minéralisation globale

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

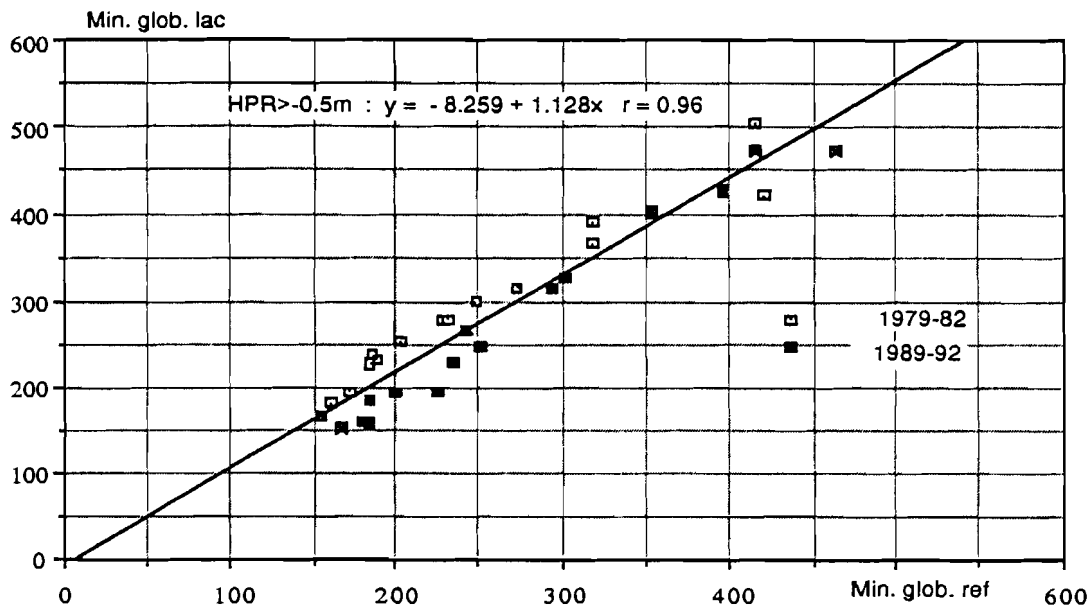


Fig. 11 : Relation entre la minéralisation globale moyenne du lac et celle mesurée simultanément à N'Gnith.(mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à - 0.50 m.

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.

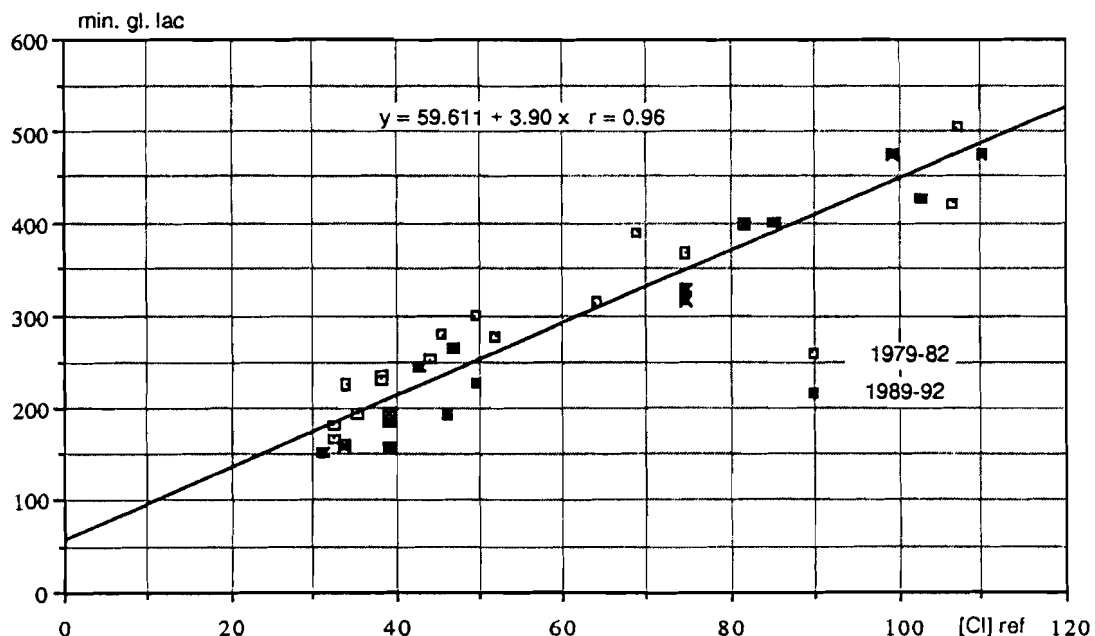


Fig. 12 : Relation entre la minéralisation moyenne du lac et la teneur en chlorures mesurée à N'Gnith.(mg/l) en phase d'isolement et pour des hauteurs d'eau supérieures à -0.50 m.

4. RECAPITULATION

Le tableau 2 récapitule l'ensemble des relations calculées pour la période 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 cette 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 nécessaire et le temps consacré au survey à relativement peu de choses.

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, rappelons le, limnimétrique, puisqu'elle impose une cote limite inférieure du lac à un niveau de plus de -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	Vlac	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	0,5	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 : Concentration moyenne des éléments dissous dans le lac et mesurée simultanément à la station de référence de N'Gnith (ref.)(mg/l). Σ = minéralisation globale - R = phase de remplissage du lac

EVAPORATION AND ANNUAL EVOLUTION OF CHLORIDE CONCENTRATIONS
IN THE WATER OF A SHALLOW SAHELIAN LAKE : LAKE OF GUIERS
(SENEGAL)

(International Congress of Limnology, Barcelona August 1992)



International Congress of Limnology
Barcelona August 21-27 1992

Date:

Barcelona, 10-07-1992

Sr. COGELS, François-Xavier
ORSTOM B.P. 1386
DAKAR
SENEGAL

Sr. COGELS, François-Xavier

Dear Dr./a.,

Your abstract entitled:

"EVAPORATION AND ANNUAL EVOLUTION OF CHLORIDE CONCENTRATIONS
IN THE WATER OF A SHALLOW SAHELIAN LAKE: LAKE OF GUIERS (SENEGAL)"

has been accepted by the Scientific Committee of the "XXV SIL
INTERNATIONAL CONGRESS" in Barcelona, 21-27 August, for presentation
as: A POSTER

Topic nº 30: PHYSICAL LIMNOLOGY

Room: POSTER

Day: 27-08-1992

Additional information about the congress is provided in the 3rd
circular which is included with this letter.

We look forward to meeting you here in august
Your sincerely,

Scientific Secretariat

PAPER REGISTRATION No.: 0136-

Scientific correspondance:
Department Ecology
Universitat de Barcelona
Diagonal, 645
08028 Barcelona
Tel. & fax: (3) 411 14 38



UNIVERSITAT DE BARCELONA

Congress Managent:
OTAC, S.A.
Sepúlveda, 45-47
08015 Barcelona
Tel.: (3) 325 25 46
Fax: (3) 325 27 08

Evaporation and annual evolution of chloride concentrations in the water of a shallow sahelian lake : lake of Guiers (Senegal).

François-Xavier Cogels, Jean Yves Gac

Introduction

Lake Guiers is the only lake in Senegal. Located 50 km from the Atlantic coast (latitude 16°10' N ; longitude 16°08' W), it is a narrow cavity 50 km long and 7 km wide, situated at 2 meters below sea level (Fig.1). The lake constitutes an important fresh water reserve and is connected to the lower Senegal river in a straight line by the Taoué canal. A system of sluice gates allows control of water exchange between the lake and the river.

The configuration of the lake changes considerably through time and space, under the effects of the river inflows, losses through evaporation and pumping. In its average state, the lake has a depth of 1.5 meters, an area of 225 km² and a volume of 350 millions m³.

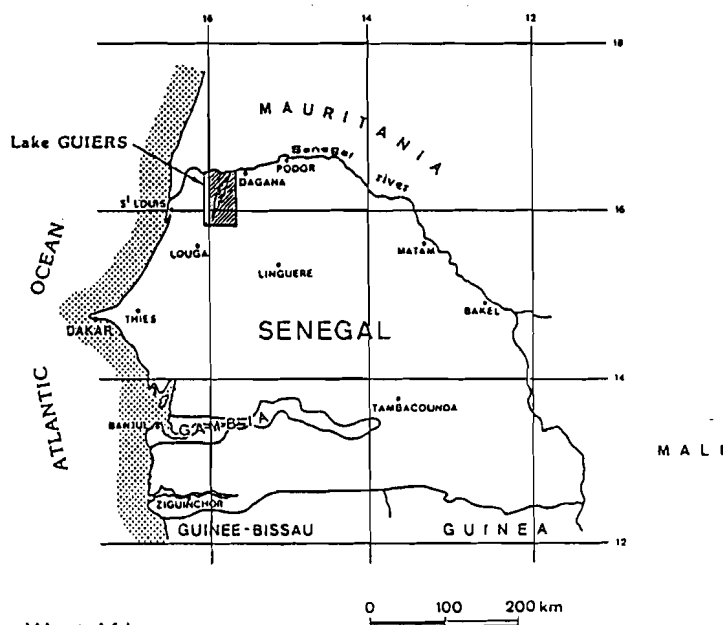


Fig. 1. Lake Guiers in West Africa

The climate is sahelian and the data recorded by the Richard Toll station (north of the lake) show :

- an annual rainy season (July-September) with an average rainfall of 215 mm (1976-1991);
- an annual average air temperature of 27.6° C with a minimum of 22° C in January and a maximum of 30.3° C in June;
- a low relative humidity (at 40%), a maximum deficit in the vapor tension in March, April and May and a minimum during the rainy season;
- an average windspeed at 2.4 m/s.

Guiers' hydrology was studied over the period 1976 to 1991 (COGELS et al. 1990). The lake's functions, regulated by two major periods of the year :

- a filling period between August and October, with inflow from the Senegal river to the lake;
- a nine month isolation period without convergence between lake and river. The lake's water level decreases due to evaporation and the pumping out of water.

The lake's evaporation

Methodology

The lack of data on the climate hinders direct calculation of lake's evaporation by the Penman's equation. The first stage of work was to ascertain the water balance of Guiers with maximum precision to determine the unknown quantity of the budget : evaporation. The monthly hydrological results were calculated over the 16-year period, from 1976 to 1991. All of the quantifiable parameters were measured directly, i.e. the volumes pumped (irrigation and drinkable water production) and released (by drains from irrigated cultures) and the pluviometric input. The surface and volume of the lake were calculated from the water level.

The evaporation is calculated separately during the two periods of the hydrological year :

- during the isolation period, evaporation is the only unknown parameter of the water balance and can be directly deduced.
- during the filling period (August and September) the lack of limnometric equipment on the Taoué canal hinders to quantify the river's inflow; two parameters, evaporation and river's inflow, are simultaneously the unknown terms of the water balance. Lake's evaporation in August and September is then estimated with reference to "Class A tank".

Results

On average, evaporation represents 80% of the annual water losses from the lake, various pumpings 15 to 18% and infiltrations 1,5%. 85% of the water supply come from the river Senegal, 8% from the pluviometry and 6 to 7% from the drains of the irrigated areas.

Fig. 2 shows the average monthly evaporation (192 months) calculated by dividing monthly evaporated volumes (from water balances) by the average surface areas of lake Guiers at the same month.

The evaporation follows a regular cycle, each year repeated, with a minimum in December, and a progressive rise up to May. As the rainy season approaches it gradually diminishes until September. The end of the rainy season is well characterized by a secondary maximum in October.

The average of the total annual evaporation is 2.27 m (6.25 mm/day) with a standard deviation of 0.11 m (5%) and some extremes calculated figures of 2.14 m in 1979 and 2.58 m in 1983.

The data recorded for Guier's lake are similar to those measured from other sahelian lakes : lake Bam (POUYAUD, 1986) and the sahelian pound of Oursi in Burkina Faso (CHEVALLIER et al 1985), and lake Chad (GAC, 1980). The annual cycle is comparable with a simple seasonal decline due to the difference in longitude.

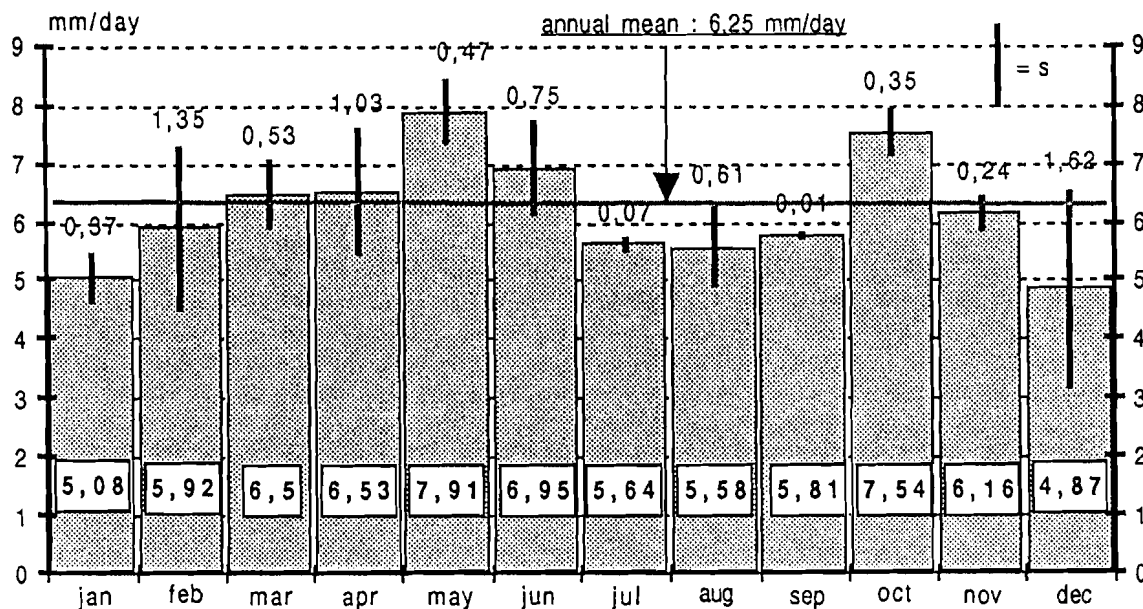


Fig. 2. Average monthly evaporation (mm/day) and standard deviation (s) : 1976-1991

Evaporation and the annual change in water quality

The alternation of the 2 periods of the hydrological year induces an annual cycle in the water quality with :

- a phase of mineralisation (9 to 10 months) during the isolation period, due not only to the evaporation but also to the salted water released in the lake by the drainage system from salted soils of the irrigated areas.
- a phase of dilution (2 to 3 months) by the river inflow during the filling period.

The hydrological year 1985-86 can be considered as example to demonstrate the phenomenon repeated every year with more or less intensity according to the evaporation and the annual evolution of the lake's volume. This hydrological year of reference begins July 29 1985 with the filling phase until September 23rd. The isolation period follows and lasts July 21 1986.

Dissolved chlorides are analysed weekly at the NGnith station (on the west bank). This station can be considered as representative of the average quality of lake's water.(COGELS et al. 1992).

Fig.3 shows the importance of the annual variations of dissolved chlorides.

During the lake's filling phase, the water dilution rate is 6.0, almost identical to that recorded during the isolation period (5.6). From one year to another, the figures vary in accordance with the importance of the water balance's parameters and with the evolution of the lake's volume during the 2 periods.

The exact role of the evaporation in the annual process of mineralisation cannot be quantified directly since the salted drainage waters contribute equally to it. However it can be estimated monthly by dividing the volume evaporated by the mean volume of the lake during the same month. For the year 1985-86, and during the isolation period, the concentration rate of the water as a result of evaporation's influence was thus 3.85.

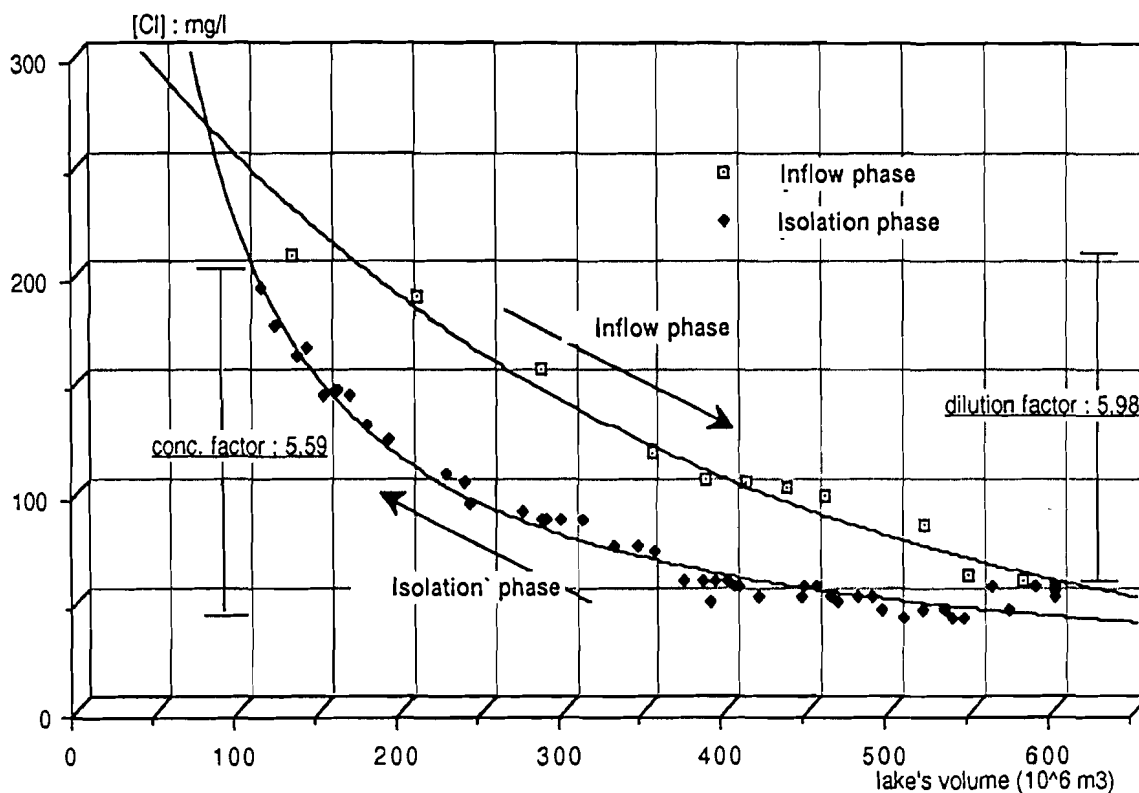


Fig. 3. The evolution of the dissolved chlorides during the hydrological year of reference.

From 1976 to 1991, the average annual concentration rate of dissolved chlorides was near 4.2 during the isolation period of the lake. During this period, evaporation induces an average concentration rate of 3.6, as 85% of the total.

Conclusions

In sahelian region the total annual evaporation of a lake is near 2.25 m. In general, sahelian lakes are shallow lakes and are affected not only in terms of the volume of available water, but in terms of annual evolution of their physico-chemical quality too.

In the case of Guiers, the water quality shows very strong annual variations in mineralization, accentuated here by the high rate of annual water's renewal by river Senegal inflow and by the water from the drainage of the heavily salted cultures. Evaporation occurs on an average of 80% during the mineralization process of solutions.

Paradoxically, environmental disturbances, hydrological as much as physicochemical, have had a beneficial effect in controlling the development of aquatic vegetation up to the present. However modifications in the lake's functioning have been recently engendered by the construction of the Diama dam on Senegal river in 1985. The new hydrological river's conditions allow a more stable annual water level in the lake. A better dilution of the lake's water and the flush of the mineralized water of the Guier's southern region to the dead valley of Ferlo in the south cause a sensible reduction in the water salinity, especially since 2 years. The new conditions of the lake's environment would appear to be more favourable to the growth of the floating and rooted aquatic vegetation. Such pessimistic hypotheses have been confirmed by the excessive and recently recorded development of *Typha australis*, *Pistia stratiotes* and *Sphaenoclea zeylanica*. The consequences on the lake's hydrology, hydrobiology and public health could be very harmful.

References

CHEVALLIER, P., CLAUDE, J., POUYAUD, B., BERNARD, A., 1985 : Pluies et crues au Sahel. Hydrologie de la mare d'Oursi (Burkina Faso). Coll. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, 190, 251 pp.

COGELS, F. X., GAC, J. Y., APPAY, JL., EVORA, N., LABROUSSE, B., 1990 : Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1986. Doc. ORSTOM-Dakar, 60 pp.

COGELS, F. X., NIANG, A., GAC, J. Y., 1992 : Définition d'une station de référence pour le suivi qualitatif des eaux du lac de Guiers. Doc. ORSTOM-Dakar, 25 pp.

GAC, J. Y., 1980 : Géochimie du bassin du lac Tchad. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, 123, 251 pp.

POUYAUD, B., 1986 : Contribution à l'évaluation de nappes d'eau libre en climat tropical sec. Exemples du lac de Bam, de la mare d'Oursi (Burkina Faso), du lac Tchad et d'acudes du Nordeste brésilien. Coll. Etudes et Thèses de l'ORSTOM, Paris, 254 pp.

Aknowledgements

This research was financially supported by the Commission of the European Community (DG XII) and is a part of the project "Environment and Water Quality of the Senegal river"(EQUESEN) from the Science and Technology for Development Programme.

Author's adress :

ORSTOM, BP 1386, Dakar, Senegal

ILEC

INTERNATIONAL LAKE ENVIRONNEMENT COMMITTEE

NEWSLETTER



NEWSLETTER

INTERNATIONAL LAKE ENVIRONMENT COMMITTEE FOUNDATION

— For Better Lake Management —

This Newsletter is also available in Japanese.

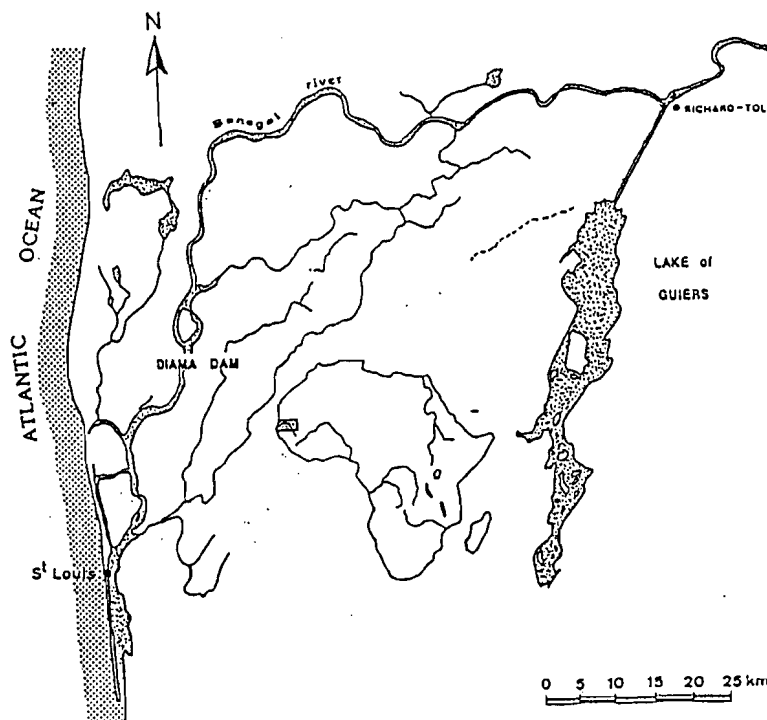
LAKE OF GUIERS (SENEGAL, WEST-AFRICA)

Lake of Guiers is the only lake in Senegal. Located 50 km from the Atlantic coast (latitude 16°10' N ; longitude 16°08' W), it is a narrow cavity 50 km long and 7 km wide, situated at 2 meters below sea level. The lake constitutes an important fresh water reserve and is connected to the lower Senegal river in a straight line by the Taoué canal. A system of sluice gates allows control of water exchange between the lake and the river.

The configuration of the lake change considerably through time and space, under the effects of the river inflows, losses through evaporation and pumping. In its average state, the lake has a depth of 1.5 meters, an area of 225 km² and a volume of 350 millions m³.

The first modifications around lake of Guiers date from the 1950's. The damming up of the northern region and the closing of the southern and western outflows made it into the largest fresh water reserve in the country, before the building of the dams on the Senegal river. The lake water was first used for the irrigation of rice fields, then for irrigation of the 7500 ha of sugar cane cultivated nowadays. The lake supports several small agricultural installations, which are found all around its periphery. It also provides 10 to 15 % of the drinking water of Dakar, the capital city (population 2 million), through a 250 km water main. An open air canal project allowing the transfer of 450 million m³ of water per year to greater Dakar, is planned for 1996.

Since 1985, the Diama dam has modified the hydrology of lake of Guiers. This river dam, located 100 km downstream from the lake, was built to prevent sea water inflow in the lower valley of the Senegal river. The absence of relief previously allowed seawater intrusions up to 250 km inland. The river water would thus become brackish, limiting the development of irrigated cultivated land. A second dam (Manantali in Mali), built to regulate the floods, is situated 1200 km upstream; it has been in use since 1987.



The region has a sahelian climate : a rainy season lasting 2 to 3 months, irregular pluviometry of 200-250 mm per year, an average annual temperature of 28°C and a low relative humidity (40%).

The hydrology of the lake is complex and has been drastically modified since 1985 :

-before 1985, hydrology and lake's water level were dependent on the importance and duration of the annual river flood, which in turn was dependent on the pluviometry of the upper basin, itself largely deficitary since 1972. Under the combined effect of insufficient filling, increased pumping for irrigation, and evaporation (2.25 m per year), the level of the lake in certain years went below the threshold levels below which its exploitation is limited. Extreme conditions were reached in 1984 when the lake was almost completely dried up.

-since 1985, the effects of the Dama dam have been clearly discernible. Water is permanently available in the river, the lake can be filled several times per year, its water levels are more stable and higher, given a reduction of agricultural pumping.

The actual rate of use of river inflows to the lake (for irrigation and drinking water production) is low (about 7%). On the other hand, the losses are due mainly to evaporation (90%). The problem of the quantitative management of this sahelian ecosystem thus appears clearly.

The physicochemical quality of the waters is characterized by yearly evolution of the mineralization of solutions and the establishment of a well defined salinity gradient from north to south. The current total mineralization is on average 270 mg/l (7.7 meq/l). Throughout the year, outside of water replenishing periods brought by the river floods, concentration of the waters occurs through evaporation. Chloride levels of 35 meq/l have been measured. Average annual water concentration gradient is 4.5 currently.

In extreme conditions observed during drought years, before 1985, chlorides reached levels of 230 meq/l. Average yearly concentration gradient of lake waters was of 6.5 then.

The pH is stable, varying from 7.5 to 8.0 (extreme conditions excepted). The average conductivity, year by year, is of 280 microS/cm at 25°C but the variation is important according to the station and the period of the year.

Nitrate levels are low, while phosphorus levels are in the order of 30 µgr/l. The study of nutrients has yet to be undertaken.

Since 1985, the more considerable renewing of lake water by river inflow has caused a spectacular decrease in mineralization of the lake water. Hydrobiological modifications have been discernible since that year :

-algal blooms have been observed since 1989, with high concentrations of Cyanophyceans (Anabaena and Mycrocystis).

-higher aquatic vegetation is developing, with an invasion of the southern lake region by Pistia stratiotes and rapid development Typha australis. Other species that were rare or absent before 1985 are now appearing and rapidly proliferating.

-fish fauna is diversifying and seems to be adapting to the new hydrological conditions. The annual fishing potential is estimated at 1600 tons.

We should also mention the appearance and rapid development of intestinal schistosomiasis upstream of the Diama dam since 1987. The spread of this disease towards lake of Guiers, where the mollusc that acts as intermediary host is present, is inevitable in the short term.

The Diama dam has had rapid and obvious effects on the hydrology, physico-chemistry and hydrobiology of lake of Guiers. The evolution observed is however too recent for a reliable diagnosis to be established.

The lake of Guiers is a sahelian ecosystem that is fragile and very sensitive to environmental modifications. Its importance as future source of water for the most populated region of the country makes it necessary to implement sound and concerted management practices starting now.

Drs F-X. COGELS and J-Y GAC
ORSTOM, BP 1386
DAKAR, SENEGAL

CONCLUSION

A) Rappel de la conclusion du rapport n° 6 (d'avril 1992)

En conclusion de ce sixième rapport scientifique nous avons souhaité mettre l'accent sur la situation particulièrement délicate du lac de Guiers et sur les risques d'eutrophisation à court terme du "poumon hydrologique" du Sénégal. La gestion multiforme concertée et rigoureuse de cet écosystème bien vulnérable pour un heureux partage de l'espace, la protection de la nature en harmonie avec le développement économique et social est d'autant plus nécessaire avec les échéances proches du canal du Cayor et l'éventualité de la remise en eau de la cuvette du N'Diaël. A cet égard un nouveau projet plus spécifique à la basse vallée du fleuve Sénégal doit être présenté à la CEE.

B) Les recommandations de la CEE (Final report)

1. Rapport scientifique :

Il s'appuiera sur 37 publications et 22 mémoires de thèse et de DEA (voir ci-dessous une première ébauche des grandes lignes du rapport scientifique de synthèse). Il sera accompagné d'un résumé scientifique de 6 pages.

2. Annexe :

Importance de la recherche et son utilité pour le développement. Rédaction d'une note de 5 à 6 pages, langage pour non-initiés et grand public. Elle pourrait éventuellement se concevoir à partir de commentaires simples de posters tels que ceux présentés aux Journées " Portes Ouvertes ".

3. Questionnaire administratif

Il comprendra 2 volets :

- Human resources (Identification of institution, scientific personnel participating in the project already employed by the institution, scientific personnel specifically employed by the institution to participate in the project, visiting personnel participating in the project but not employed by the institution). Ce volet a déjà été développé dans chaque rapport scientifique intermédiaire en spécifiant les départs et les arrivées.

- Equipement Durable (en cours d'inventaire à partir des 3 rapports financiers d'avril 1990, 1991 et 1992).

4. Action Pilote

Souhait formulé d'une action pilote de gestion de l'eau en utilisant les résultats acquis dans et par le projet de recherche. Cette action de développement qui pourrait être présentée par les chercheurs Sénégalais à leurs autorités nationales et aux responsables Communautaires concernés dans le cadre de la Convention de Lomé reste à préciser dans sa formulation.

EBAUCHE DU RAPPORT FINAL

1. Introduction
2. Historique de la reconnaissance du fleuve Sénégal
3. Description du milieu naturel
4. Les signaux d'entrée sur le bassin versant
 - les pluies
 - les poussières atmosphériques
 - l'intrusion de la mer dans la basse vallée
5. Le haut bassin
 - bilan de l'altération chimique
 - bilan de l'érosion mécanique
 - exportation de bicarbonates, consommation de CO₂
 - dynamique des paysages
 - bilan des transferts (eau et matière) à l'exutoire amont
 - qualité et évolution chimique des eaux
6. Relations eaux de surface/eaux souterraines dans la vallée
7. Bilan des transferts à l'aval (flux détritiques)
 - au niveau du lac de Guiers
 - au niveau du barrage de Diama
8. Transformations morphodynamiques dans le delta et la moyenne vallée
 - promotion du vent comme agent morphodynamique majeur
 - extension des champs de nebkas
 - colmatage des lits fossiles par la dynamique éolienne
 - disfonctionnement des axes hydrauliques
 - sapements de berges et flux détritiques
9. Hydrodynamique de l'estuaire du Sénégal
10. La problématique du lac de Guiers
 - présentation générale
 - historique des aménagements, utilisation des eaux
 - gestion quantitative des eaux
 - gestion qualitative des eaux
 - perspectives
11. Dynamique phytoplanctonique

Conclusion générale

Remarque : les points 6, 9 et 11 restent à préciser
