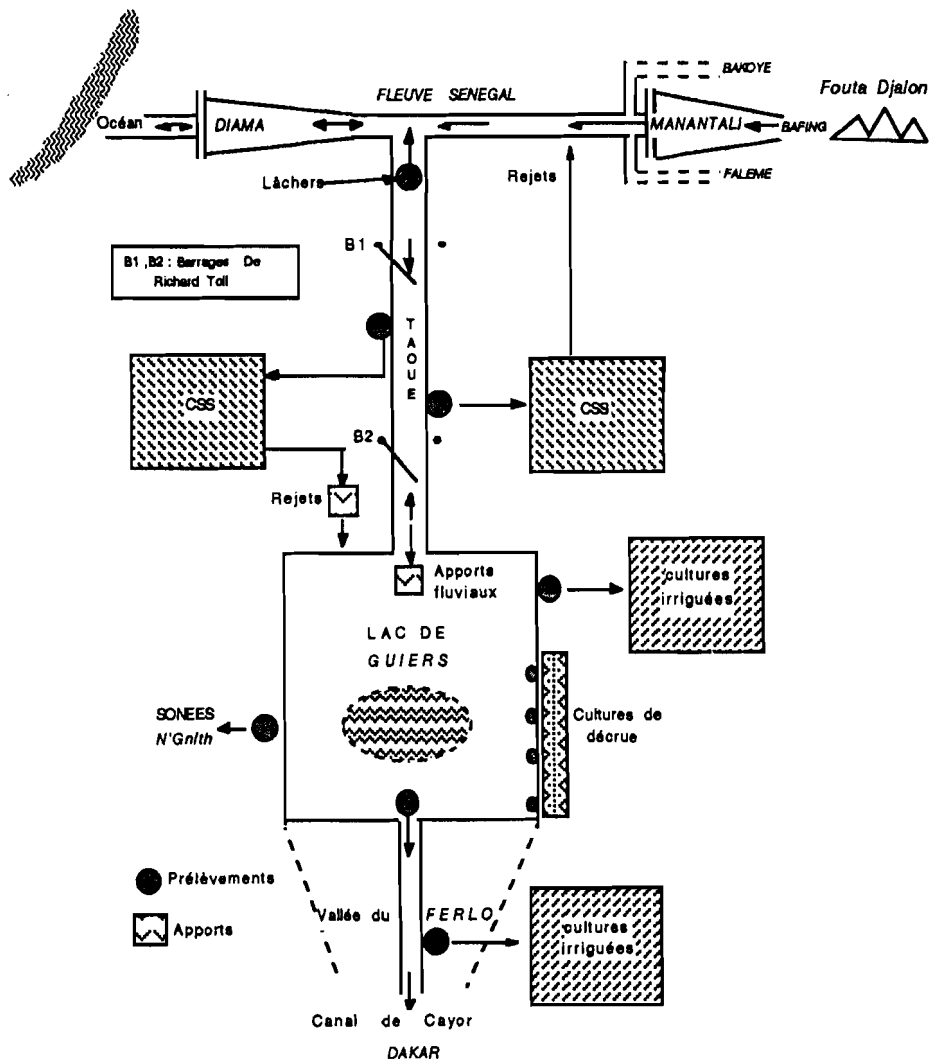


UTILISATIONS ET APPLICATIONS PRATIQUES DU MODELE D'AIDE A LA GESTION DES EAUX DU LAC DE GUIERS (modèle LGPLG)

Alternatives de gestion actuelle et future

PROJET CEE (EQUESEN) TS2 0198 F EDB



Janvier 1992

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

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

Résumé

Le lac de Guiers est amené à jouer un rôle important dans les années à venir, rôle de réservoir destiné à garantir l'approvisionnement des cultures irriguées sur son pourtour et de l'usine des eaux de N'Gnith et passage obligé des eaux du fleuve vers le canal de Cayor, projet essentiel pour la survie du Sénégal.

Les critères hydrologiques constitueront la base de la gestion future du lac; d'autres éléments de décision, économiques, écologiques et sanitaires devront aussi être pris en considération.

La gestion pratique du lac se révélera complexe et l'outil informatique indispensable. Un modèle de gestion des eaux ("LGPLG") a été mis au point en 1991 dans le cadre du projet EQUESEN.

Le but de cette étude est de présenter les différentes composantes du modèle et d'en décrire l'utilisation par le biais d'exemples pratiques d'application destinés à familiariser l'opérateur à l'outil de gestion. Ces exemples se réfèrent à des situations hydrologiques fictives pour la plupart; les disponibilités futures en eau fluviale tout comme les besoins des divers utilisateurs à l'horizon 2000-2025 sont encore très imprécis aujourd'hui. Néanmoins les bases de la gestion future probable du Guiers sont pris en compte.

Ce travail n'optimise pas les critères de la politique de gestion du lac de Guiers mais doit être perçu comme un manuel d'application

Sommaire

Introduction : Problématique générale de gestion du lac de Guiers

1. Présentation et utilisation générale du modèle

1.1 Création de fichiers de données

- 1.1.1. Inventaire des fichiers
- 1.1.2. Mise en forme des fichiers

1.2. Modification des fichiers de données

- 1.2.1. Correction de données
- 1.2.2. Ajout de données
- 1.2.3. Suppression de données

1.3. Impression de fichiers

1.4. Liste des fichiers

1.5. Calculs

- 1.5.1. Options de calculs
- 1.5.2. Fondements du modèle de gestion

1.6. Graphiques

2. Exemples d'application du modèle

Introduction

2.1. Etude de cas ponctuels de gestion

- 2.1.1. Option n°1 : Calcul de la cote en fin de période de simulation
- 2.1.2. Options de calcul n° 2, 3 et 4

2.2. Gestion globale des eaux

- 2.2.1. Critères d'optimisation de la gestion hydrologique du lac
- 2.2.2. Conditions hydrologiques des simulations
- 2.2.3. Simulations

CONCLUSIONS

BIBLIOGRAPHIE

Introduction

Problématique générale de gestion du lac de Guiers

Le modèle de gestion (LGPLG - Logiciel de Gestion Prévisionnelle des Eaux du Lac de Guiers) a été créé pour permettre la simulation du fonctionnement hydrologique du plan d'eau dans de multiples conditions, mais aussi pour quantifier, dans le contexte des relations étroites fleuve Sénégal - lac de Guiers - vallée du Ferlo, les divers termes des bilans hydriques. (Fig. 1)

Le Guiers fait partie du vaste complexe fluvial du bassin du Sénégal. De faible étendue la dépression lacustre constituait cependant, jusqu'à la mise en fonction du barrage de Diama l'unique réserve d'eau douce qui permettait d'une part, l'irrigation des champs de canne à sucre exploités par la CSS (Compagnie Sucrière Sénégalaise) à Richard Toll et d'autre part, la production d'eau potable à l'usine de la SONEES (Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal) à N'Gnith en rive ouest. Le barrage de Diama empêche désormais la remontée d'eau de mer dans la basse vallée du Sénégal et l'eau douce est maintenant disponible en permanence à Richard-Toll, au niveau de la jonction fleuve - lac.

Le lac de Guiers garde toute son importance et à très court terme une gestion programmée de ses eaux est indispensable (Fig.1). En effet :

-Il sera, dans un futur proche, le lieu de transit privilégié des eaux fluviales qui alimenteront le canal de Cayor, vaste projet d'adduction d'eau vers une grande partie du pays dont toute la région du Cap-Vert et la ville de Dakar en particulier. L'approvisionnement de ce futur ouvrage, dont l'extrémité sud du lac constituera l'émergence, sera assujéti entre autres aux modalités de gestion hydrologique du lac de Guiers.

-La production d'eau potable à l'usine de N'Gnith (SONEES) constitue un autre centre vital pour la région et le pays. L'approvisionnement de cette usine est assuré depuis la mise en fonction de la réserve de Diama grâce au remplissage annuel du lac à des niveaux suffisants. La préoccupation majeure réside désormais dans la qualité future des eaux à traiter à la station, partiellement influencée par l'évolution du niveau du lac.

-Aux cultures irriguées modernes pratiquées sur les rives nord du lac et sans doute à l'avenir dans la vallée du Ferlo, s'ajoutent les cultures traditionnelles de décrue exploitées pour l'essentiel dans les zones centre et sud du plan d'eau. Les besoins en eau de ces deux types de cultures ne sont pas identiques et leur valorisation simultanée nécessite une gestion rigoureuse des ressources disponibles.

-Tant que la réserve de Manantali n'a pas atteint sa pleine capacité, le fonctionnement hydrologique de la réserve de Diama est sujet à trop d'aléas. Le lac a jusqu'ici servi de réserve d'appoint à la retenue de Diama grâce à plusieurs transferts ponctuels en cours d'année. Cette situation risque cependant de se prolonger : elle résulte en effet de l'obligation pour les gestionnaires du bassin d'effectuer des lâchers importants à partir de Manantali afin de maintenir une crue artificielle suffisante pour assurer l'exploitation des cultures traditionnelles de décrue dans la vallée. Le remplissage de la réserve de Manantali et l'approvisionnement hydrique régulier de la moyenne et basse vallée risque ainsi d'être quelque peu retardé. Le rôle du lac comme "volant de sécurité" pour la réserve de Diama doit être prolongé pendant quelques années .

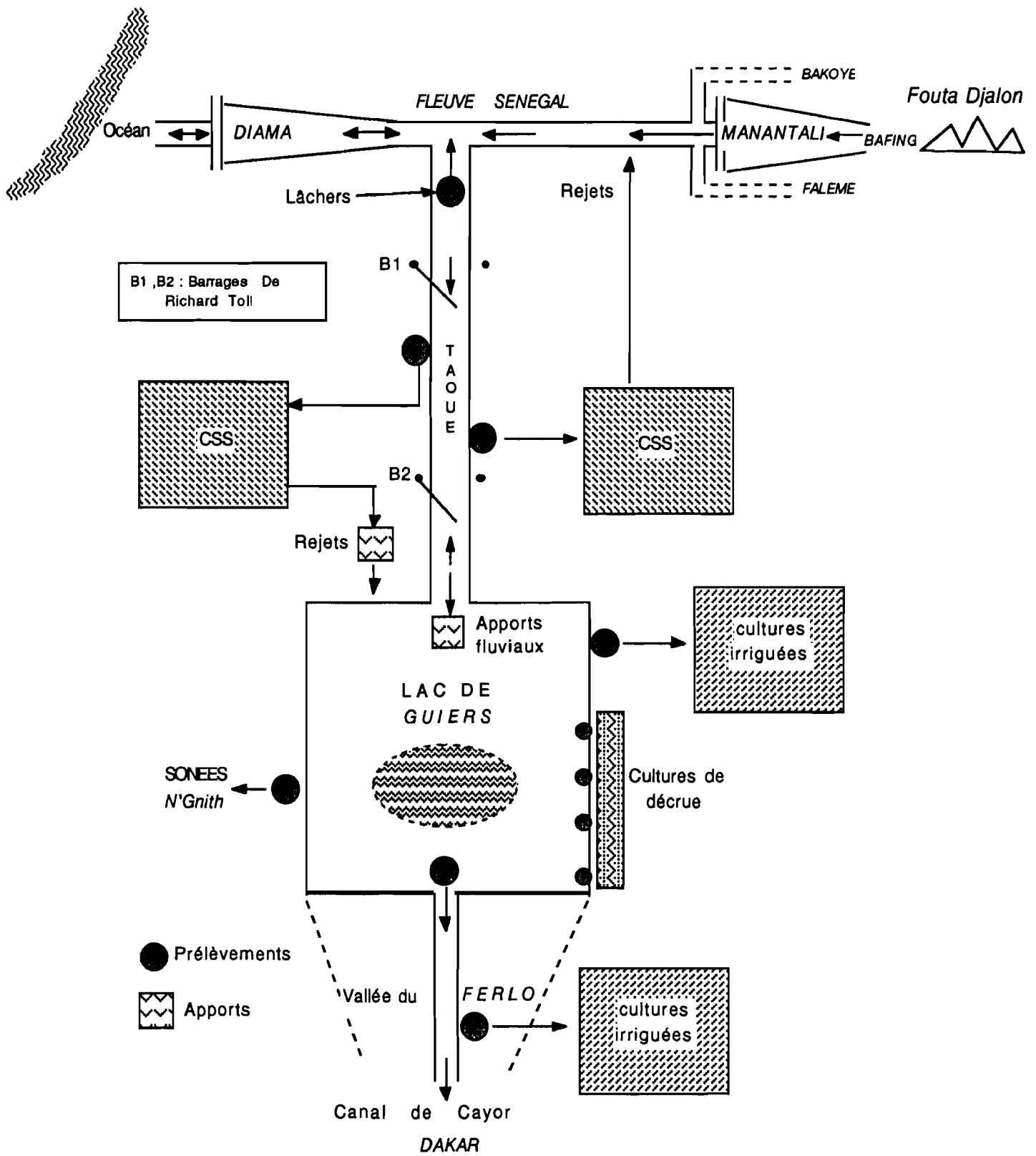


Fig.1 : Représentation schématique des utilisations actuelles et futures des eaux du lac de Guiers.

- Les modifications profondes dans les domaines écologiques, sanitaires et aussi économiques résultant des nouvelles conditions hydrologiques fluviolacustres sont certaines et inéluctables à court terme. Un niveau du lac plus constant en cours d'année et l'adoucissement des eaux autrefois très minéralisées auront rapidement un effet favorable sur le milieu végétal, particulièrement sur les typhaies et végétaux semi aquatiques et flottants qui vont trouver d'excellentes conditions à leur développement rapide.

Les conséquences seront :

-directes avec un important développement végétal (typhaies et pistia) dans les zones peu profondes situées dans la partie sud du lac. La détérioration de la qualité des eaux (décomposition des végétaux et diminution de l'O₂ dissout) et les risques de colmatage du chenal d'adduction du canal de Cayor seront les effets directs de cet envahissement végétal.

-indirectes avec l'apparition et la propagation de maladies (paludisme et bilharziose) liées aux nouvelles conditions écologiques et dont les hôtes intermédiaires et les vecteurs trouveront là des habitats on ne peut plus favorables.

D'autre part, la prolifération des typhaies sera idéale à celle de la faune aviaire dont la multiplication nécessitera des mesures de protection des cultures.

Cette hypothèse quelque peu alarmiste correspond en fait à la situation qui prévalait dans les années 1950-55, lorsque les conditions hydrologiques du fleuve beaucoup plus favorables à cette époque mettaient le lac dans une situation de fonctionnement, de stabilité des niveaux et de qualité des eaux proche de celle des années futures.

* *
*

La problématique générale de gestion intégrée des eaux du lac est complexe et l'utilisation de l'outil informatique indispensable. Le modèle développé dans cette étude permet de fournir des éléments de réponses aux interrogations les plus courantes des futurs gestionnaires du Guiers :

-L'évolution du niveau des eaux du lac en cours d'année sur la base des paramètres du bilan hydrologique - pompages divers et rejets au lac, pluviométrie, évaporation, apports fluviaux, lâchers d'appoint à Diama et au Ferlo,.....

-La cote minimale de remplissage du lac et son évolution limnimétrique idéale permettant d'assurer son exploitation normale en cours d'année tout en ne dépassant pas un niveau fixé à la fin de la période étudiée.

-Les quantités d'eau nécessaires au remplissage principal du Guiers ou à ses réapprovisionnements en cours d'année et celles disponibles pour l'irrigation et autres consommations sur la base d'une évolution prédéterminée de la cote du lac .

-Le niveau des eaux dans la réserve de Diama pour assurer ces besoins du lac doit aussi pouvoir être évalué.

-Les besoins en eau pour l'irrigation à partie du lac.

Le modèle doit permettre de guider le choix des opérateurs sur la base de la simulation des différentes options possibles dans la gestion du plan d'eau.

Note importante

Le but de l'étude présentée ici n'est pas de définir la gestion future optimale du lac de Guiers. Il est encore trop tôt pour le faire car trop d'inconnues subsistent quant aux utilisations des ressources de la réserve dans les 20 années à venir, soit entre autres :

-Les besoins des utilisateurs des eaux du Guiers dans les années à venir, eux mêmes liés à l'extension d'une part des cultures irriguées autour du lac et surtout dans la vallée du Ferlo, et d'autre part à celle ,éventuelle, de l'usine des eaux de la SONEES.

-Le délai de mise en fonction du canal de Cayor et la planification de ses besoins

-La politique de gestion de la relation fleuve-lac sur le canal de la Taoué qui conditionnera le fonctionnement hydrologique annuel du Guiers. Cette politique devra être définie sur la base de critères économiques écologiques et sanitaires dont il a déjà été question, mais qui n'ont pas encore été pris en compte par les décideurs.

-L'évolution annuelle de la disponibilité en eau au niveau de la jonction fleuve-lac.

Cette disponibilité dépend de la gestion de la réserve de Manantali et du développement hydroagricole dans la vallée, de son importance et de sa planification dans le temps.

L'étude présentée ici doit donc être considérée tout d'abord comme une méthode d'apprentissage de l'utilisation du modèle. Elle doit permettre au futur gestionnaire de se familiariser avec les différentes variantes d'utilisation de l'outil informatique mis au point.

Le modèle doit pouvoir répondre à toutes les questions de base que se posera le gestionnaire et a été adapté aux conditions hydrologiques futures du lac les plus probables.

L'étude se divise en 3 parties :

-Une présentation générale du modèle et de ses composantes.

-Un exemple pratique de l'utilisation des 4 options de simulations proposées par le modèle, sur la base de conditions hydrologiques lacustres tout à fait théoriques. Cette seconde partie doit permettre à l'utilisateur de se familiariser avec le modèle.

-Une étude comparative de diverses options de gestion des eaux du lac, basée sur les conditions hydrologiques actuelles, sur celles probables de l'an 2000 et enfin sur celles d'une situation hypothétique de très grande demande en eau autour du Guiers.

1. PRESENTATION ET UTILISATION GENERALE DU MODELE

Le modèle intitulé LGPLG * (Logiciel de Gestion Prévisionnelle du Lac de Guiers) est écrit en langage Turbo Pascal 5.0. Le pas de temps est le jour.

Le lancement du programme fait apparaître l'écran de démarrage, puis la frappe <Enter> affiche le menu principal et ses 6 options de base.

- CREATION DE FICHIERS DE DONNEES
- MODIFICATION DES FICHIERS DE DONNEES
- IMPRESSION DES FICHIERS DE DONNEES
- LISTE DES FICHIERS DE DONNEES
- CALCULS
- GRAPHIQUES

1.1 Création des fichiers de données

1.1.1. Inventaire des fichiers

a. Chacun des termes du bilan hydrologique du lac constitue un fichier soit :

- quantifiables directement :
 - Rejets CSS
 - Pompages CSS
 - Pompages SONEES
 - Pompages du canal de Cayor
 - Pompages supplémentaires
- ou Indirectement :
 - Apports pluviométriques
 - Evaporation

Nous renvoyons ici le lecteur aux rapports précédents FUL-ORSTOM établis dans le cadre du même programme EQUSEN soit principalement :

- COGELS FX., GAC JY., APPAY JL., EVORA N., LABROUSSE B., 1990
"Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989"
- GAC JY., COGELS FX., EVORA N., LABROUSSE B., 1991
"Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990"
- COGELS FX., EVORA N., GAC JY., 1991
"L'évaporation du lac de Guiers de 1976 à 1989. Bilan et essai d'interprétation"

b. Les 8 options de base de création des fichiers sont complétées par 5 autres qui sont appelées par la frappe <9> "Fichiers divers", soit :

-"Cotes imposées au lac" : une option de calcul (option 4) quantifie soit les apports nécessaires au lac à partir de Diama en phase de remplissage, soit les transferts inverses, soit encore les possibilités de prélèvements complémentaires d'eau dans le Guiers en cours d'année. Cette option de calcul se base entre autres sur une évolution prédéfinie du niveau des eaux qui devra être précisée par ce fichier.

* Le modèle LGPLG a déjà été présenté dans le rapport réalisé par EVORA N., COGELS FX., et GAC JY., "Logiciel de Gestion Prévisionnelle de Lac de Guiers" (juin 1991).

Depuis, cette première version a été améliorée et son contenu sera présenté ultérieurement. Le présent rapport fait référence à la dernière version du modèle.

-"Jonction lac - fleuve" : le fichier indique les périodes d'ouverture et de fermeture des ponts barrages de Richard-Toll qui elles mêmes précisent les phases d'isolement et de remplissage-vidange du lac. Cette option intervient pour le même type de simulation que celle évoquée ci dessus. Le fichier se compose uniquement de valeurs 0 et 1 correspondant respectivement à la phase d'isolement et à la phase de jonction avec le fleuve.

-"Surfaces cultivées", "Besoin en eau des cultures" et "Efficienc e irrigation" sont les 3 fichiers destinés à l'option de calcul des besoins totaux en eau pour l'irrigation. Les besoins totaux des cultures, qui peuvent donc faire l'objet d'un calcul spécifique, constitueront l'un des fichiers principaux pour les calculs ultérieurs sous la dénomination "pompages irrigation".

Les 3 fichiers de base distinguent les différentes possibilités de culture irriguée autour du lac et dans le Ferlo : canne à sucre (en plus de la CSS qui forme une entité à part), riz d'hivernage et de contre saison, maïs d'hivernage et de contre saison, légumes et tomates. Une option supplémentaire est laissée sous l'appellation "Divers".

Pour chacune de ces variantes sont demandés les surfaces cultivées totales (ha), les besoin en eau variables selon les saisons (m³/ha/jour) et l'efficienc e de l'irrigation (%) au niveau de la parcelle, les besoins au niveau de la pompe étant automatiquement calculés par le modèle.

Vu les variations annuelles importantes de tous ces paramètres, chaque fichier est constitué de données quotidiennes.

A noter qu'il n'est pas indispensable de procéder à cette mise en forme (assez fastidieuse) pour le fichier irrigation, ce dernier pouvant également être créé par l'introduction directe de besoins globaux d'irrigation.

c. D'autres fichiers sont générés par les calculs eux mêmes : ils sont indiqués par le sigle (R) et sont différents selon les options de simulations choisies. Ils apparaissent dans les fenêtres d'appel des fichiers qui précèdent les calculs.

Ces fichiers autogénérés s'intitulent :

-"Cote du lac" : niveau quotidien des eaux du Guiers en cours d'année, résultat des divers apports et pertes du lac.

-"Cote au quai de Richard-Toll" : niveau minimal des eaux dans le canal de la Taoué à hauteur de sa jonction avec le fleuve permettant d'assurer le remplissage du lac aux niveaux et périodes choisis.

-"Volume évaporé quotidiennement" : Ce terme permet la comparaison des diverses simulations sur les pertes en eau par évaporation. La limitation de l'évaporation doit être l'un des critères de base de la future gestion des eaux du lac.

-"Cote du lac réajustée" : Ce fichier est autogénéré par l'option de calcul (option 3) qui définit les grandes orientations de la gestion du lac sur la base des besoins à prévoir en cours d'année et d'une évolution prédéterminée de la cote du plan d'eau.

-"Fleuve" : Ce fichier amène à quantifier les apports fluviaux nécessaires au lac ou les pompages supplémentaires possibles à partir du Guiers. Le fichier "Fleuve" concerne également l'évaluation des transferts d'appoint possibles du lac vers Diama en cours d'année.

Remarques :

a. Tous les fichiers ne sont pas à chaque fois indispensables pour les calculs ultérieurs; chaque option de calcul n'utilise que les fichiers qui lui sont nécessaires. (cfr tableau 2)

b. Chaque jour de l'année et donc chaque valeur du fichier est codifiée selon la grille présentée au tableau 1. Les fichiers peuvent être composés pour des périodes de 2 ans maximum soit 730 à 731 données selon le caractère bissextile ou non des années.

c. Lors des calculs de simulation, seules les données des fichiers relative à la période de l'année choisie seront prises en compte par le modèle, selon les codes-jour sélectionnés.

1.1.2. Mise en forme des fichiers

Les fichiers sont composés de données journalières qui peuvent être introduites soit jour par jour soit par tranche de plusieurs jours (périodes) dans le cas de données répétitives sur une longue période.

Après confirmation de création d'un nouveau fichier et attribution d'un nom (8 signes au maximum), le modèle propose l'introduction des données soit individuellement soit par tranche.

-Pour l'introduction des données journalières : Déterminer le nombre de données à entrer puis en indiquer la valeur individuelle.

-Pour l'introduction des données par tranche : Déterminer le nombre total des données du fichier, puis le nombre de tranches à valeur constante. Localiser ensuite les différentes tranches dans le fichier.

-Pour la création de fichiers mixtes comportant simultanément des données variables quotidiennement et constantes par tranche ou période : Déterminer le nombre total des données du fichier, le nombre de tranches à valeur constante et leur localisation dans le fichier, et enfin indiquer dans l'ordre chronologique la valeur des tranches et des données journalières.

Les informations fournies par le programme pour la création des fichiers sont assez explicites pour guider l'utilisateur du logiciel.

Note importante : Lors des calculs, le logiciel ne prend en compte que les données de la période étudiée en se basant sur leur code-jour qui devra être précisé. Pour la création des fichiers, il faut retenir que tout fichier est créé depuis sa valeur n°1, celle relative en fait à la date du 1er janvier. Le fichier doit parfois être complété par des valeurs nulles ou fictives afin de "caler" la période choisie sur la tranche de codes-jour adéquate.

Par contre, les fichiers autogénérés par les calculs sont présentés avec comme valeur n°1 celle qui correspond au premier résultat des calculs quelle que soit sa position chronologique réelle. En cas de réutilisation partielle ou totale de ce genre de fichier comme fichier de base à d'autres calculs, le "calage" chronologique de ces données est donc également indispensable.

1.2. Modification des fichiers de données

3 options sont proposées :

1.2.1. Correction des données d'un fichier

Après appel du fichier à corriger, le logiciel en précise le nombre de données et demande le code jour de la valeur à modifier. Le logiciel propose ensuite la correction des 25 valeurs suivantes.

1.2.2. Ajout de données

Le logiciel demande le nombre de données à ajouter au fichier, leur rang dans le fichier et enfin leurs valeurs. Pour l'ajout d'une donnée en début de fichier, il faut préciser qu'elle doit être placée après le rang 0. Les données peuvent être introduites par tranches ou individuellement. Ce réarrangement (par le logiciel) dans le fichier après modification est une procédure généralement assez longue.

1.2.3. Suppression de données

Le nombre de données à supprimer dans le fichier et leur rang respectif sont à indiquer.

1.3. Impression des fichiers

Le nom du fichier à imprimer, le titre à lui donner et l'unité de mesure employée dans le fichier sont les éléments à fournir. Le code-jour de la première donnée du fichier est également à indiquer.

A noter que l'impression de fichiers de plus de 509 données doit débiter en haut de page, le saut de page étant géré par le logiciel.

1.4. Liste des fichiers

La possibilité d'établir à tout moment le listing des fichiers est intéressante dans la gestion des alternatives de simulation. Répertoire désiré et "masque" sont les deux informations à fournir.

1.5. Calculs

1.5.1. Options de calculs

Les 4 options de simulations proposées sont :

- COTE DU LAC EN FIN DE PERIODE DE SIMULATION (option 1)
- COTE DU LAC EN DEBUT DE PERIODE DE SIMULATION (option 2)
- COTE DU LAC REAJUSTEE (option 3)
- APPORT FLUVIAL ET TRANSFERT VERS DIAMA (option 4)

Deux types de calculs complémentaires sont également possibles :

- BESOINS POUR L'IRRIGATION
- MOYENNES MOBILES

1.5.1.1. Cote du lac en fin de période de simulation (option 1)

Le logiciel calcule l'évolution du niveau des eaux du lac du jour $j(n)$ au jour $j(nx)$ sur la base d'une cote de départ et du contenu des fichiers relatifs à cette option de calcul (Tableau 2). Les calculs sont effectués après avoir introduit le nombre de jours de simulation et le code du début de la simulation. La cote du lac correspondant à la fin de la période de simulation est affichée en fin de calcul.

Comme pour les toutes les autres simulations le bilan hydrologique (exprimé en volumes et hauteurs d'eau) est également présenté en fin de calcul. Les 3 fichiers créés par le calcul (cote du lac, cote au quai de Richard-Toll et volume évaporé) peuvent aussi être présentés graphiquement.

Cette option sert surtout à étudier les variations de niveau du lac en périodes d'isolement ou d'évolution en milieu fermé.

1.5.1.2. Cote du lac en début de période de simulation (option 2)

Cette simulation fonctionne en sens inverse de la précédente, en remontant chronologiquement du jour $j(nx)$ au jour $j(n)$. Elle permet entre autres de calculer avec précision le niveau optimal de remplissage du lac compte tenu des consommations prévues pour l'année à venir et du niveau d'eau désiré dans le lac en fin de période. Le principe d'introduction des données de départ est identique à celui suivi au cours de la simulation précédente.

Fichier	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4
Fleuve	X	X	R	R
Rejets CSS	X	X	X	X
Précipitations	X	X	X	X
Pompages CSS	X	X	X	X
Pompages SONEES	X	X	X	X
Pompages Cayor	X	X	X	X
Pompages irrigation	X	X	X	X
Pomp. supplément.	X	X	X	X
Evaporation	X	X	X	X
Cote du lac	R	R		
Cote du lac réajustée			R	
Cote au quai	R	R		
Volume évaporé	R	R	R	R
Evolution choisie de la cote du lac			X	X
Jonction lac-fleuve			X	X

Tableau 2 : Liste des fichiers à introduire (X) et générés par les calculs (R), selon les options de simulations choisies

1.5.1.3. Réajustement du type d'évolution de la cote du lac (Option 3)

Dans l'optique d'une gestion future très précise de l'hydrologie du lac, la possibilité de lui imposer jour par jour une évolution choisie de son niveau est intéressante parce qu'elle permet d'harmoniser au mieux les intérêts des différents utilisateurs des eaux :

-les utilisateurs directs de l'eau du lac (CSS, pompages pour l'irrigation, SONEES et canal de Cayor) dont le souci principal est le maintien du niveau du lac à un seuil élevé afin d'éviter des frais de captage importants tout en leur assurant une qualité des eaux suffisante.

-les exploitants des cultures de décrue dont l'existence même dépend bien sûr des variations de niveau des eaux en cours d'année. Ces variations doivent être suffisamment importantes pour permettre la mise à sec annuelle d'une bonne surface de zone de décrue. Les variations de niveau idéales doivent aussi naturellement satisfaire au calendrier cultural.

Remarque : Cette option "réajustement de la cote du lac" a été conçue pour permettre au gestionnaire du Guiers d'effectuer un première approche de la faisabilité de telle ou telle alternative de gestion (choix d'évolution de la cote du lac surtout) avant d'avoir recours aux calculs plus spécifiques des 3 autres options. Sont à fournir au calcul le fichier de l'évolution choisie de la cote du lac, les fichiers relatifs aux divers utilisateurs des eaux, et celui des périodes désirées de jonction fleuve (réserve de Diama) - lac.

Trois fichiers sont générés par le calcul :

-un fichier "Fleuve" qui doit préciser les besoins en apports fluviaux en période de jonction fleuve-lac mais aussi les apports supplémentaires ou les pompages complémentaires (fictifs) possibles compte tenu de l'évolution choisie de la cote du lac.

-un fichier "cote au quai de Richard Toll" indiquant la cote minimale requise dans le canal de la Taoué permettant d'assurer le remplissage du lac.

Les courbes de tarage disponibles sur le canal de la Taoué ne permettent cependant pas le calcul pour des cotes supérieures à 1,60 m ce qui est insuffisant compte tenu des conditions de hauteur d'eau obtenues grâce au barrage de Diama et à l'endiguement de la rive droite du fleuve.

-le fichier "cotes du lac réajustées" indique l'évolution normale de la cote, c'est à dire sans nécessité d'apports complémentaires ni possibilités de pompages supplémentaires.

Important : Le bon déroulement des calculs de simulation en option 3 exige que le fichier "jonction fleuve-lac" contienne uniquement des valeurs nulles. La jonction fleuve - lac est donc considérée comme interrompue durant toute la simulation..

1.5.1.4. Apport fluvial et transfert vers Diama (Option 4)

Ce scénario est une variante du précédent. Il a surtout été conçu dans l'optique d'une jonction fleuve-lac nécessaire une bonne partie de l'année afin de pallier l'important déficit en eau du Guiers. Cette situation, peut-être celle de la fin de ce siècle, si les besoins du canal de Cayor se révèlent aussi importants que prévus. Il peut aussi servir à affiner les besoins hydrologique fluviaux nécessaires et bien sûr calculer les transferts possibles du lac vers Diama afin de suppléer par exemple à une carence hydrologique de la réserve en amont du barrage.

Les fichiers "cote choisie" et "jonction fleuve - lac" doivent être créés et introduits dans la simulation. D'autre part le logiciel génère un fichier "fleuve", dont les termes positifs ou négatifs indiquent un transfert fleuve - lac ou l'inverse.

1.5.1.5. Besoins en eau pour l'irrigation

Déjà présenté au paragraphe 1.1.1.b.

1.5.1.6. Moyenne mobile

Cette option a été conçue pour visualiser et interpréter les courbes des débits fluviaux dont l'évolution est souvent brutale et très variable. Tous les autres fichiers peuvent être aussi traités. Les informations à fournir sont les coordonnées du fichier source, la dénomination du fichier cible et le pas de temps de la moyenne mobile.

1.5.2. Les principes du modèle de gestion

Le modèle est basé sur le calcul prévisionnel du bilan hydrologique du lac, soit :

$$\Delta V_{\text{lac}} = V_{\text{lac}2} - V_{\text{lac}1} = (V_{\text{in}} - V_{\text{out}})$$

$V_{\text{lac}2}$ et $V_{\text{lac}1}$: Volumes du lac aux temps 2 et 1

V_{in} = apports pluviométriques (apports directs et ruissellement) (Q_a)
= rejets des zones irriguées (Q_b)
= apports par le fleuve (Q_c)

V_{out} = Evaporation (Q_d)
= pompages et prélèvements divers (Q_e)

d'où
$$V_{\text{lac}2} - V_{\text{lac}1} = Q_a + Q_b + Q_c - Q_d - Q_e \quad (1)$$

Présentée sous cette forme, l'équation permet de calculer les variations (quotidiennes) du volume du lac et par là l'évolution de sa cote, sur la base des apports et des pertes en eau. L'équation peut aussi s'écrire:

$$Q_c = V_{\text{lac}2} - V_{\text{lac}1} + Q_e - Q_a - Q_b + Q_d \quad (2)$$

Dans ce cas l'équation sert à calculer les besoins en eau du lac nécessaires pour assurer les divers prélèvements compte tenu d'une variation de niveau préalablement imposée. On en déduit les variations quotidiennes du volume du lac ΔV .

Q_a : pluviométrie (mm) du jour n X surface du lac (S_{lac}) du jour n . Un coefficient de ruissellement de 10% est pris en compte sur le bassin versant du lac limité d'une part par la configuration des contours du lac et d'autre part par la limite supérieure du bassin versant, fixée arbitrairement à la cote +4,00 m.

Les données pluviométriques sont obtenues aux stations climatologiques de la CSS à Richard-Toll.

Q_b : rejets des eaux de drainage des champs de canne à sucre dans le nord du lac; les débits sont mesurés directement aux pompes.

Q_c : Les apports fluviaux sont quantifiables directement par application des équations de LAMAGAT (1990) de la station de jaugeage à Richard-Toll sur le canal de la Taoué. Elles se basent sur la différence de hauteur d'eau entre l'échelle limnimétrique de la Taoué et l'échelle de la SONEES à N'Gnith prise comme référence. Elles ont été présentées dans le rapport "Logiciel de gestion prévisionnelle (LGPLG) des eaux du lac de Guiers" par EVORA, COGELS et GAC (1990).

Qd : L'évaporation quotidienne du lac est estimée sur la base des résultats du calcul des bilans hydrologiques moyens de la période 1976 - 1990. Les calculs ont été présentés en détail dans les rapports "Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989" et "Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990".

Qe : somme des prélèvements d'origines diverses, soit :

-**Qe1** : Prélèvements quantifiables directement aux pompes; c'est le cas pour les besoins d'irrigation de la canne à sucre et pour les pompages de l'usine de production d'eau potable de la SONEES.

-**Qe2** : Besoins d'eau d'irrigation pour les cultures irriguées autour du lac; le modèle permet ce calcul pour divers choix de cultures, en tenant compte de l'évolution des besoins à la parcelle dans l'année et de l'efficacité de l'irrigation. Les diverses spéculations agricoles ont été présentées précédemment.

-**Qe3** : Besoins du futur canal de Cayor et leur évolution annuelle, compte tenu de ceux des utilisateurs, à Dakar et pour la production maraîchère tout au long des 250km de l'ouvrage.

Remarques :

-Dans le logiciel, un terme hydrologique supplémentaire relatif à d'éventuels prélèvements supplémentaires peut être pris en compte.

-La conversion des volumes d'eau en hauteurs d'eau (lac et évaporation) se fait par simple division des volumes par la surface du lac au jour correspondant. Les équations de volume et surface du lac en fonction de la cote ont été présentées dans l'étude "Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989".

1.6. Graphiques

Six possibilités graphiques sont proposées pour visualisation directe à l'écran.

Sont visualisables les graphiques à courbe individuelle ou courbes superposées avec 1 ou 2 axes y et sur la base de 2 ou 3 fichiers et les histogrammes indiquant les bilans hydrologiques exprimés en volume ou hauteur d'eau.

Pour l'impression des graphiques une dernière option permet la conversion des fichiers vers un logiciel graphique ou un autre programme de traitement de données et de graphique comme EXCEL par exemple.

2. EXEMPLES D'APPLICATIONS DU MODELE

Introduction

Le modèle se révélera particulièrement intéressant à utiliser après la mise en fonction du canal de Cayor.

Dés cette époque, les débits nécessaires à l'alimentation du canal approcheront à pleine capacité les 20 m³/s. Les variations annuelles de ces débits devraient être importantes, liées aux besoins directs de l'adduction vers Dakar mais aussi aux cultures irriguées (maraîchage) dont le développement est prévu tout au long du parcours.

Si l'on se base sur un débit moyen annuel de 15 m³/s, la consommation totale d'eau du lac par le canal de Cayor devrait alors atteindre 450 millions de m³/an. En y ajoutant les besoins actuels de la CSS (50 millions de m³)*, ceux de la SONEES (20 millions de m³) et une évaporation moyenne estimée à 450 millions de m³ (moyenne 1976-1989), les besoins totaux annuels approchent le milliard de m³, ceci en faisant abstraction des éventuels pompages supplémentaires que nécessiterait l'extension des surfaces irriguées autour du lac.

Sur les 9 mois de la période habituelle d'isolement du lac (1^{er} octobre au 30 juin de l'année suivante), la consommation totale d'eau du Guiers en tenant compte de l'évaporation serait alors d'environ 700 millions de m³.

A la cote 2,25 m qui peut être considérée (actuellement) comme la hauteur maximale de remplissage au 1^{er} octobre, le volume du lac atteint environ 725 millions de m³, correspondant à un volume "utile" (cote supérieure à 0,00 m) d'un peu moins de 600 millions de m³. Le déficit annuel de l'ordre de 125 millions de m³ au minimum justifie donc pleinement une gestion optimale des eaux. Cet exemple a conduit à la première série des tests de simulation présentés dans cette étude.

Rappelons qu'en fonctionnement normal, l'année hydrologique type du lac se subdivise en deux grandes périodes : Une phase d'isolement partiel ou total qui s'étend d'octobre à juin, suivie d'une phase de remplissage de 3 mois (de juillet à septembre) qui correspond à l'épisode de la crue fluviale.

La mise en fonction des 2 barrages, Diama et Manantali, permet depuis 3 ans de mieux contrôler les flux dans l'ensemble du dispositif fluvio-lacustre.

Manantali contrôle environ 60% du total du débit du fleuve Sénégal en maîtrisant les apports du Bafing sa branche-mère principale. Les 2 autres affluents, la Falémé et le Bakoye, continuent à fonctionner en régime naturel.

Quelle que soit la gestion de la réserve de Manantali, le fleuve Sénégal conserve un statut de fonctionnement hydrologique semi-naturel; la période de remplissage du Guiers demeure donc ce qu'elle a toujours été, soit de juillet à septembre, période correspondant au passage de la crue fluviale à hauteur du canal de jonction de la Taoué.

D'autre part, les lâchers à partir de la réserve de Manantali vers la retenue de Diama doivent à l'avenir se traduire par d'éventuels remplissages secondaires du lac en cours d'année.

Les alternatives de gestion des eaux du lac sont nombreuses et rappelons que notre propos n'est pas de définir l'utilisation optimale des eaux mais de montrer d'abord les différentes options d'utilisation du modèle.

Deux approches sont présentées :

-La première appréhende quelques options théoriques et ponctuelles de gestion et de calcul destinées à faciliter la planification hydrologique au cours d'une période particulière de l'année. La période de 9 mois s'étalant d'octobre à juin a été choisie, elle même parfois scindée en sous-périodes dont les caractéristiques de gestion sont différentes. Cette approche, répétons-le, est purement théorique et ne fait pas référence à des termes réels du bilan hydrologique ou relatifs à une période déterminée.

-La seconde démarche consiste à comparer sur une année hydrologique complète cette fois, les avantages et inconvénients de différentes options de gestion. Elle se base sur 3 périodes réelles de référence allant d'aujourd'hui au delà de 2010, chaque période se caractérisant par une utilisation particulière des eaux du Guiers.

2.1. Etude de cas ponctuels de gestion

Les conditions de départ des simulations sont :

- Période étudiée : 1 octobre de l'année n (code 275) au 30 juin de l'année n+1 (code 547)
- Cote du lac au 1 octobre : 2,25m
- Les termes du bilan hydrologique seront identiques pour toutes les simulations présentées.
- Les fichiers utilisés dans les simulations sont indiqués au tableau 3 ci-dessous:

Fichiers	type	valeur
Bases de calcul		
APPORTS		
rejets CSS	1 tranche	0,085 Mm3/jour
précipitations	journalier	moyenne interannuelle
PERTES		
Pompages CSS	1 tranche	0,130 Mm3/j
Pompages SONEES	1 tranche	0,05 Mm3/j
Pompages Cayor	1 tranche	1,30 Mm3/j
Pompages irrigation	1 tranche	0,00 Mm3/j
Pompages supplémentaires	1 tranche	0,00 Mm3/j
Evaporation journalière	journalier	moyenne 1976-89

Tableau 3

2.1.1. Option de calcul n°1 : calcul de la cote en fin de période de simulation

La simulation débute à j 275 et à la cote 2,25 m et s'arrête d'elle-même au jour 547 soit le 30 juin, la cote du lac atteignant alors le niveau -1,65 m. A ce niveau le lac est réduit à une mare terminale et donc quasi sec

Ce résultat concorde ainsi quasi parfaitement avec les prévisions : il manque quelques 125 millions de m³ pour "boucler" cette année hydrologique fictive (d'octobre à juin) sans dépasser la limite inférieure normalement tolérable pour les divers pompages et fixée par nous au niveau 0,00m. La simulation est illustrée par la fig. 2.

Le volume total évaporé durant les 9 mois est de 355 millions de m³. Cette dernière valeur est en accord avec l'estimation initiale basée sur l'évaporation moyenne des années précédentes (450 millions de m³/an).

Cette première investigation souligne qu'en conditions réelles, il serait utopique d'envisager une telle option de gestion des eaux vu les niveaux beaucoup trop bas atteints en fin de phase, le lac étant alors quasi asséché. La limite inférieure tolérable est à 0,00m, mais pour une gestion souple et plus sécurisante du Guiers elle devrait être fixée à 0,25 - 0,50 m. Il est évident que de cette éventualité nouvelle découle une gestion plus complexe du lac dans la mesure où elle induit aussi de plus grandes pertes par évaporation. La deuxième simulation les prend en compte, les termes apports-pertes du bilan hydrologique restant identiques.

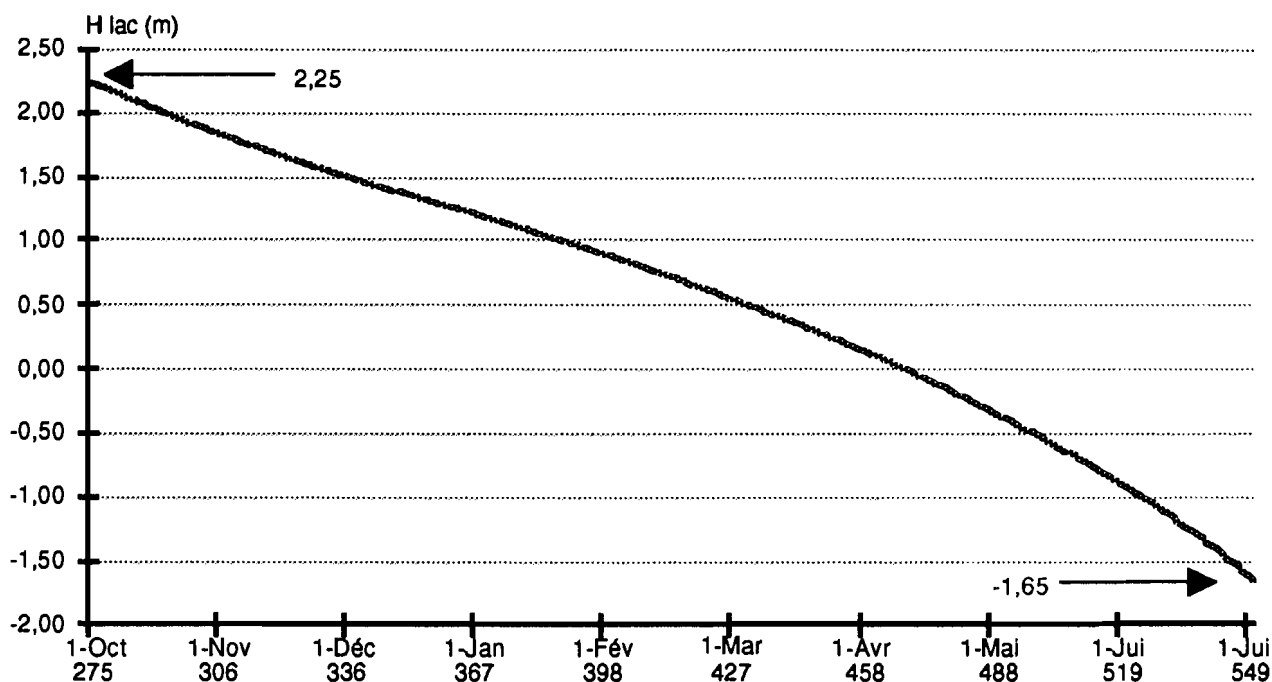


Fig. 2 : Evolution calculée de la cote du lac de j 275 à j 547 - option de calcul 1

2.1.2. Options de calcul n° 2, 3 et 4

Trois alternatives de gestion se présentent :

2.1.2.1. Simulation 1 : Le lac fonctionne en système isolé durant les 9 mois.

La cote du lac au 30 juin ne peut être inférieure à 0,50 m. Le Guiers doit par conséquent être rempli au 1er octobre à un niveau supérieur aux 2,25 m proposés au cours du premier test.

Cette cote de remplissage est calculée par la deuxième alternative du modèle (option n°2), dont les termes des apports et pertes indiqués au tableau 3 restent identiques.

La fig. 3 présente le résultat obtenu. La cote de remplissage nécessaire au 1 octobre et calculée par le modèle est de plus de 3,00m* au jour 353 (18 décembre), c'est-dire nettement supérieure aux possibilités actuelles du lac, limité au niveau 2,25-2,50 m pour éviter les fuite vers les déversoirs potentiels.

Une éventuelle solution consisterait à réduire les pompages de la CSS puisqu'ils sont aussi réalisables à partir du fleuve. Cette analyse qui n'est pas présentée dans cette étude aboutit à la cote 3,00 m à j 343 soit le 8 décembre. Le gain est donc minime par rapport à la simulation précédente.

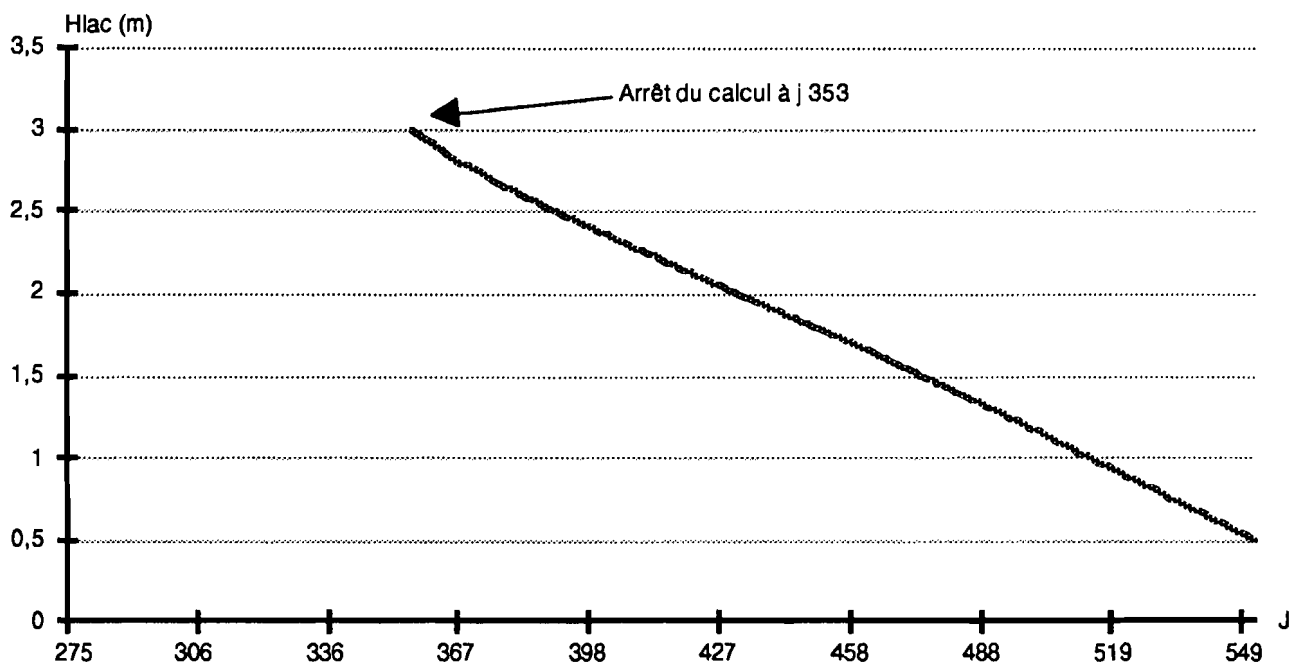


Fig. 3: Evolution calculée de la cote du lac de j 547 à j 275 - option de calcul 2 - simul.1

Il est par conséquent indispensable, si le plan d'eau doit se maintenir au-dessus de la cote 0,50 m en cours d'année, de prévoir un autre scénario de gestion, en remplissant le lac pendant 9 mois, soit en continu soit en plusieurs fois. On peut aussi prévoir ou non le maintien du lac à un niveau constant durant tout ou partie de la période en question et calculer les apports fluviaux nécessaires aux différentes alternatives.

2.1.2.2. Simulation 2 : La jonction lac - fleuve est continue ou partiellement continue entre octobre et juin

Deux variantes sont proposées :

a. Simulation 2a : Baisse continue et régulière du niveau des eaux avec maintien en continu de la jonction fleuve-lac.

Cette simulation est donc basée sur une évolution du niveau du lac choisie au départ, et conduit à une baisse constante et régulière de 2,25 m à 0,50 m. De multiples solutions sont naturellement envisageables.

L'utilisation de l'option de calcul n°3 (cfr. 1.5.1.3) va permettre de quantifier les apports fluviaux nécessaires (ou les pompages complémentaires possibles à partir du lac). La fig. 4 indique l'évolution choisie du niveau des eaux, et les apports fluviaux transférés en cours d'année.

Le total des apports fluviaux est de 373 millions de m³ pour l'ensemble de la période.

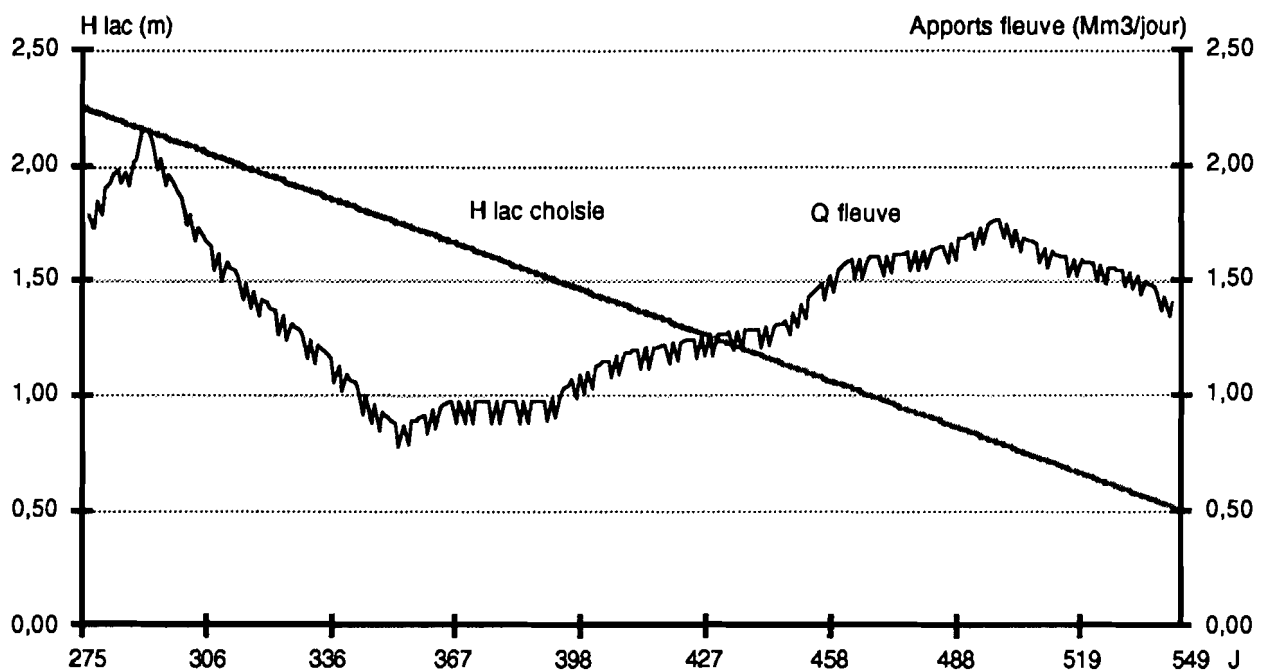


Fig. 4 : Apports fluviaux nécessaires pour assurer l'évolution "choisie" de la cote du lac (simulation 2 a)

b. Simulation 2 b : Baisse du niveau des eaux continue et irrégulière avec jonction fleuve - lac continue.

Cette simulation a pour but premier de présenter un amalgame plus complexe de phases successives différentes, avec apports fluviaux mais aussi des possibilités ponctuelles d'utilisations complémentaires d'eau du lac durant la période à usage d'irrigation, par exemple.

L'évolution choisie de la cote du lac comporte 3 phases successives : une phase d'abaissement très rapide, suivie d'un pallier à la cote 1,00 m puis enfin d'une baisse constante et régulière jusqu'à la cote limite inférieure. Ces données sont introduites dans le fichier "évolution choisie de la cote du lac".

L'option 3 des calculs utilisée combine en fait l'option 4 (cfr 1.51.4) et l'option 1 (cfr 1.5.1.1), en indiquant à l'opérateur les grandes lignes de la gestion possible du lac sur la base des conditions volumétriques et limnimétriques imposées. Cette option autorise le calcul de l'évolution normale du niveau du lac (H lac normal) s'il était en phase d'isolement, et quantifie d'une part les apports complémentaires nécessaires à partir de la réserve de Diama et d'autre part les transferts éventuels d'appoint possibles du lac vers cette réserve (ou à d'autres usages) qui s'accorderont à l'évolution limnimétrique imposée.

Le bilan entrées - sorties d'eau fluviale s'élève à 356 Mm³. Il s'avère un peu plus avantageux que lors de la simulation précédente.

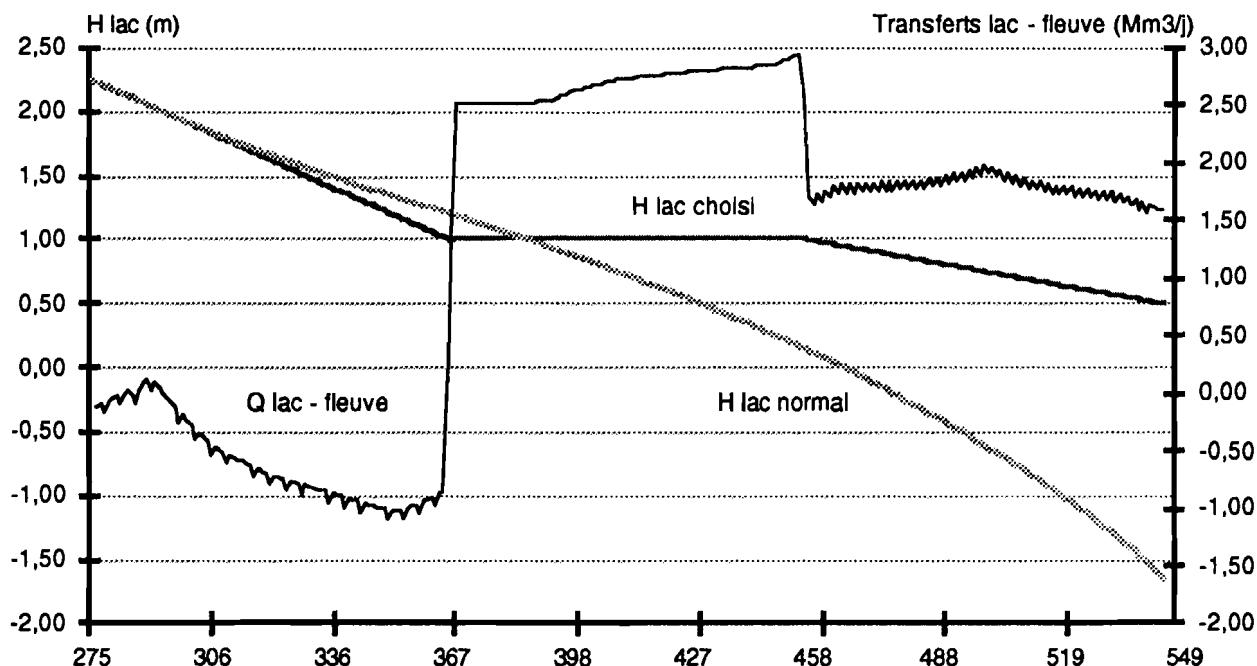


Fig.5 : Apports fluviaux nécessaires au lac et pompages complémentaires possibles dans le lac pour assurer l'évolution "choisie" du niveau des eaux. (Les apports nécessaires au lac sont de signe positifs tandis que les pompages complémentaires possibles sont indiqués en valeurs négatives)

2.2. Gestion globale des eaux

L'étude des alternatives de gestion hydrologique du Guiers se base non plus sur des phases ou parties de phases du cycle hydrologique comme précédemment mais sur un cycle complet. Cette étude de gestion du Guiers est établie en tenant compte d'un maximum de critères de décision objectifs et de conditions hydrologiques réelles.

Plusieurs périodes sont successivement considérées :

- la période actuelle précédant la mise en fonction du canal de Cayor (avant l'an 1998)
- la période de fonctionnement de l'ouvrage (an 2000-2010)
- et finalement une dernière, plus hypothétique, correspondant à une très grande consommation des eaux du Guiers due aux prélèvements du canal de Cayor à régime maximum mais aussi à un développement très important des cultures irriguées autour du lac et dans la vallée du Ferlo.

L'interrogation de base, et toujours sans réponse, demeure la future gestion des eaux du fleuve, qui conditionnera bien sûr celle du lac. En effet la gestion des eaux fluviales est encore imprévisible car elle demeure assujettie à de nombreux paramètres difficilement maîtrisables :

- la pluviométrie dans le bassin du Bafing (principal affluent du Sénégal) en amont de Manantali dont dépend le remplissage du réservoir et les possibilités de lâchers,
- la pluviométrie sur l'ensemble du bassin du Sénégal et ses effets sur l'hydrologie des 2 autres affluents, le Bakoye et la Falémé, qui fonctionnent toujours en régime naturel,
- la cadence des programmes d'aménagements hydroagricoles et industriels dans la vallée.

Beaucoup d'hypothèses peuvent donc être avancées sur l'avenir de la gestion du bassin et par là même sur celui du lac de Guiers qui leur est totalement dépendant.

2.2.1. Les critères de gestion hydrologique du lac

Les critères retenus et énoncés ci-dessous seront identiques dans toutes les alternatives de gestion proposées :

a. Contraintes imposées à l'évolution limnimétrique soit

- le maintien du lac à un niveau supérieur aux seuils de pompage des installations d'exhaure des cultures irriguées et de la SONEES.
- la valorisation des rives du lac par les cultures de décrue qui imposent un marnage important.
- l'assèchement annuel d'une partie de la dépression lacustre pour tenter de limiter le développement de la végétation riveraine, obstacle à une bonne circulation des eaux dans le lac et à l'adduction vers l'embouchure du futur canal de Cayor à son extrémité sud.

b. Critères volumétriques qui sont fonction

- des besoins des cultures irriguées
- des apports possibles au lac à partir du fleuve et de la réserve de Diama, selon la période de l'année
- des transferts de soutien du lac vers la réserve de Diama
- du volume évaporé par le lac en cours d'année.

c. Critères économiques, écologiques et sanitaires

- rentabilisation des potentialités hydroagricoles du lac, de celles des rives du futur canal du Cayor, mise en valeur agricole de la vallée du Ferlo.....
- maintien de la qualité physicochimique des eaux dont les implications économiques sur leur traitement à l'usine de la SONEES à N'Gnith peuvent être très importantes; la qualité future des eaux dépendra bien sûr de celle des rejets hydroagricoles mais aussi de la gestion quantitative du Guiers assurant la dilution suffisante des rejets
- maintien et développement des potentialités piscicoles du lac en préservant des conditions optimales de reproduction et de croissance sans recourir à des baisses de niveau trop importantes qui engendrent une pêche surintensive avec atteintes inévitables au stock
- gestion des eaux qui évite les effets indirects du surdéveloppement végétal sur la santé publique (bilharziose et paludisme) et l'agriculture riveraine (faune aviaire).

2.2.2. Conditions hydrologiques des différents tests de simulation

Toutes les simulations sont effectuées sur un cycle hydrologique complet annuel soit du 1er octobre (j 275) de l'année n au 30 septembre de l'année (n+1) (j 640)

Les trois périodes tests se basent sur les conditions suivantes :

2.2.2.1. Période 1 (1992-1998) soit :

-Dans la réserve de Diama :

- Apports d'eau fluviale suffisants pour un remplissage principal du lac en juillet, août et septembre suivis d'éventuels remplissages complémentaires.
- Transferts de soutien du lac à la réserve de Diama en mai de préférence.

-Dans le lac :

a. Les termes du bilan hydrologique sont les suivants (tableau 4) :

- Pompages de la CSS dans le lac en avril, mai, juin
- Pompages continus et constants de la SONEES
- Pompages supplémentaires (petite irrigation) toute l'année autour du lac
- Rejets de la CSS dans le lac continus et constants toute l'année
- Lâchers de soutien vers la réserve de Diama en mai
- Lâchers vers la vallée du Ferlo à partir de la digue de Keur Momar Sarr durant tout le mois de septembre (comme actuellement)
- Pluviométrie représentative de la moyenne interannuelle soit l'année 1989 prise comme référence.
- Evaporation quotidienne calculée sur la base de la moyenne 1976-1989

b. Les conditions limnimétriques imposées sont :

- remplissage maximum à 2,25 m
- se maintenir toute l'année au-dessus des seuils d'exhaure des pompes (0,25 m)
- conserver un marnage maximum en cours d'année pour permettre les cultures de décrue.

Le tableau 4 ci-dessous indique les valeurs de ces différents termes.

	Volume (Mm ³ /jour)	
APPORTS		
Apports fluviaux		
Rejets CSS	0,085	constant
Pluviométrie		base 1989 (237 mm/an)
PERTES		
Transferts à Diama	1,50	de j 488 à j 518
Pompages CSS	0,55	de j 458 à j 548
Pompages SONEES	0,05	constant
Pompages irrigation	0,025	constant
Lâchers vers le Ferlo	2,00	de j 611 à j 640
Evaporation		moy. 1976-89 (2,30 m/an)

Tableau 4 : Termes du bilan hydrologique de la période 1 .

2.2.2.2. Période 2 : 2000-2010 (?)

Cette période succède à la mise en fonction du canal de Cayor. On suppose :

- qu'à cette époque la CSS prélève le total de ses eaux d'irrigation à partir du fleuve.
- que la SONEES a par contre agrandi ses installations et augmenté ses capacités de pompages dans le lac (à l'état de projet aujourd'hui).
- que le Ferlo est en phase d'aménagement hydroagricole et compte 1000 ha de riziculture (dont 500 sont cultivés en contre saison) et 500 ha de tomates et que la culture irriguée s'est également développée autour du lac.

Les critères de base de la gestion hydrologique devront rester identiques à ceux proposés précédemment.

a. Termes du bilan hydrologique

	Volume (Mm ³ /jour)	
APPORTS		
Apport fluviaux et transferts vers Diama		
Rejets CSS	0,085	constant
Pluviométrie		base 1989 (237mm/an)
PERTES		
Pompages CSS	0,00	
Pompages SONEES	0,08	constant
Pompages canal de Cayor	1,05	constant
Irrigation - Ferlo	cfr Tableau 6.	
Irrigation - rives du lac	0,05	constant
Pompages supplémentaires	0,00	
Evaporation		moy. 1976-89 (2,30 m/an)

Tableau 5 : Termes du bilan hydrologique du lac en période 2

Les pompages du canal de Cayor ont été estimés d'après les données contenues dans l'étude de faisabilité de l'ouvrage (COGELS, 1988). Les prélèvements du canal sont considérés ici comme constants alors qu'ils varieraient probablement dans l'année en fonction entre autres des besoins des cultures maraichères installées le long du parcours. Une estimation actuelle de ces variations est aléatoire.

Signalons aussi que durant cette deuxième période, les lâchers d'appoint du lac vers la réserve de Diama seront inutiles, Manantali jouant alors pleinement son rôle de régulateur des débits fluviaux.

Le tableau 6 indique les valeurs de base des calculs des besoins d'irrigation pour la vallée du Ferlo.

Besoins à la parcelle (m3/ha/j)					
	riz hiv.	riz c. saison	maïs hiv.	maïs c. saison	tomate
Période	1/8 au 30/11	15/2 au 1/7	1/7 au 30/11	1/12 au 31/3	15/11 au 30/4
janvier	0	0	0	43	35
février	0	87	0	56	66
mars	0	117	0	56	89
avril	0	124	0	0	100
mai	0	122	0	0	0
juin	0	91	0	0	0
juillet	0	0	46	0	0
août	89	0	44	0	0
septembre	129	0	53	0	0
octobre	125	0	46	0	0
novembre	70	0	10	0	43
décembre	0	0	0	36	35
Efficiencie	60%	60%	60%	60%	50%

Tableau 6 : Besoins à la parcelle de diverses cultures susceptibles d'être exploitées sur les rives du lac et dans le Ferlo; riz et maïs d'hivernage et de contre saison - tomates (d'après OMVS, 1986)

b. Contraintes limnimétriques

- Remplissage du lac maximum à la cote 2,50 m (digues réaménagées)
- Variations de niveau obligatoire entre octobre et juin
- Cote limite inférieure à 0,50 m

2.2.2.3. Période 3 (postérieure à l'an 2010)

Cette projection hypothétique futuriste permet de tester la simulation de fonctionnement du lac en cas de très forte demande en eau et de quantifier simultanément les disponibilités pour l'agriculture irriguée qui est susceptible de se développer à grande échelle autour du lac et surtout dans la vallée du Ferlo.

Les simulations sont basées sur les critères suivants :

- Le canal de Cayor est à pleine capacité (20 m³/s)
- L'usine de la SONEES a étendu ses capacités de prélèvements
- L'irrigation autour du lac et dans le Ferlo couvre maintenant 25000 ha dont 15000 de riz, 5000 de maïs et 5000 de tomates. Les surfaces cultivées en contre saison sont identiques à celle d'hivernage.

a. Termes du bilan hydrologique

Le tableau 7 indique les valeurs qui seront prises en compte pour les calculs

	Volume (Mm ³ /jour)	
APPORTS		
Apport fluviaux et transferts vers Diama		
Rejets CSS	0,09	constant
Pluviométrie		base 1989 (237 mm/an)
PERTES		
Pompages CSS	0,00	
Pompages SONEES	0,10	constant
Pompages canal de Cayor	1,75	constant
Irrigation - Ferlo + lac	cfr Tableau 6	
Pompages supplémentaires	0,00	
Evaporation		moy. 1976-89 (2,30 m/an)

Tableau 7 : Termes du bilan hydrologique du lac en période 3

b. Contraintes limnimétriques

- remplissage maximum du lac à 2,75 m
- cote limite inférieure à 0,50 m
- variation annuelle du niveau

2.2.3. Simulations

2.2.3.1. Période 1 (1992-1998)

a. Phase d'isolement partiel ou total du lac (j275 à j548)

-Simulation 1

Sur la base des conditions hydrologiques imposées comme indiqué au tableau 4, partant de la cote 2,25 m au 1er octobre (j 275), et en utilisant l'option de calcul 1 du modèle, on constate que le lac évolue comme le représente la fig. 5. Au 30 juin (j 548), le niveau est de 0,26 m soit quasiment la limite inférieure fixée.

Dans les conditions actuelles, le Guiers peut donc évoluer en situation d'isolement complet d'octobre à juin, et satisfaire simultanément les divers utilisateurs des eaux.

Si, par contre, un appoint à Diama se révèle nécessaire en fin d'année hydrologique, le lac ne pourra satisfaire la demande supplémentaire et un ou plusieurs remplissages complémentaires sont à prévoir.

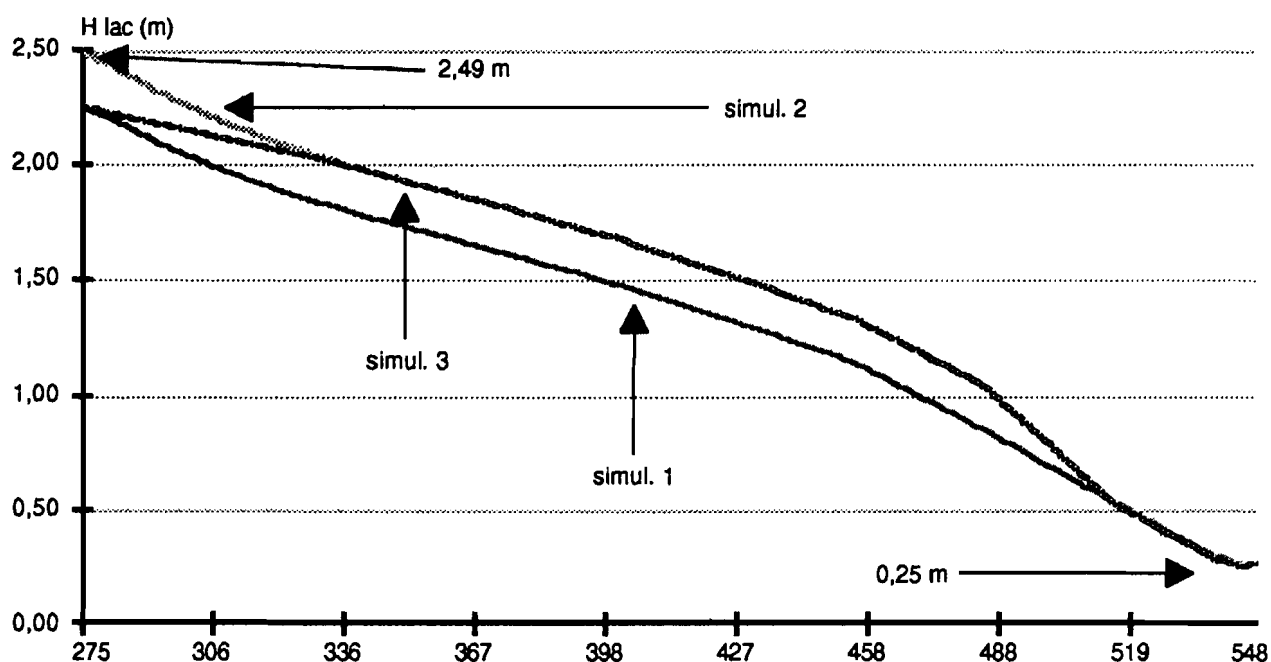


Fig. 5 : Evolution limnimétrique du Guiers selon 3 options de gestion en phase d'isolement partiel et total.

-Simulation 2

La faisabilité d'un appoint à Diama est testée grâce à l'option 2 de calcul, avec une cote imposée de 0,25 m à j 548 et un apport quotidien de 1,50 Mm³ du lac à Diama de j 488 à j 518.

La fig. 5 indique que la cote minimale nécessaire de remplissage est de 2,49 m à j 275, difficilement réalisable au vu de l'état de certaines digues, particulièrement celle de Keur Momar Sarr. Si l'appoint du lac à Diama doit malgré tout être assuré, il faut alors prévoir un remplissage complémentaire du Guiers dans les mois qui précèdent ces transferts.

-Simulation 3

On peut aussi préconiser par exemple un appoint fluvial complémentaire au lac à partir du 1er octobre (j 275) et au départ d'une cote 2,25 m, tout en laissant baisser graduellement le niveau d'eau jusqu'à la date à laquelle sa cote atteint 2,00 m dans la simulation précédente soit le 2 décembre (j 337). De j 338 à j 548 le plan d'eau suit une évolution identique à celle proposée en simulation 2. (fig. 5)

Les fichiers "cote choisie" et "jonction fleuve lac" ont été créés à cet effet, puis le recours à l'option de calcul 4 indique les volumes d'eau fluviale nécessaire pour assurer l'évolution limnimétrique voulue, et le remplissage satisfaisant du lac (en tenant compte des lâchers d'appoint à Diama).

L'évolution du niveau des eaux choisie doit donc être introduite dans le modèle dans un fichier adéquat.

b. Phase de remplissage principal du lac (j 549 à j 640)

Partant de la cote 0,25 m au 1er juillet (j 549), le lac doit atteindre le niveau 2,25 m au 30 septembre (j 640). Rappelons que durant le mois de septembre, le lac doit assurer également l'alimentation quotidienne du Ferlo à hauteur de 2 Mm³ par jour (j 611 à j 640).

Les volumes fluviaux nécessaires au remplissage sont calculés par l'option 4, sur la base d'une évolution choisie du niveau des eaux durant les 92 jours. Cette évolution est bien sûr dépendante de celui dans le fleuve à cette époque, difficilement prévisible aujourd'hui et dont il n'a pas été tenu compte.

La courbe d'évolution du niveau lacustre durant le remplissage n'est pas figée mais suit dans l'ensemble une forme sigmoïde qui lui est attribuée tout à fait arbitrairement et encodée dans un fichier "cote choisie".

La fig. 6 indique l'évolution limnimétrique du lac durant cette phase et les volumes fluviaux nécessaires, recalculés sur base d'une moyenne mobile à 3 jours. A noter que les apports fluviaux négatifs observés au début de la phase de remplissage correspondent aux journées de forte pluviosité, qui entraînent un surplus d'eau dans le lac par rapport à l'évolution choisie de son niveau.

Enfin, la fig. 7 synthétise l'ensemble de l'évolution limnimétrique et des échanges hydrologiques lac-fleuve pour l'ensemble de l'année hydrologique considérée en simulation 3.

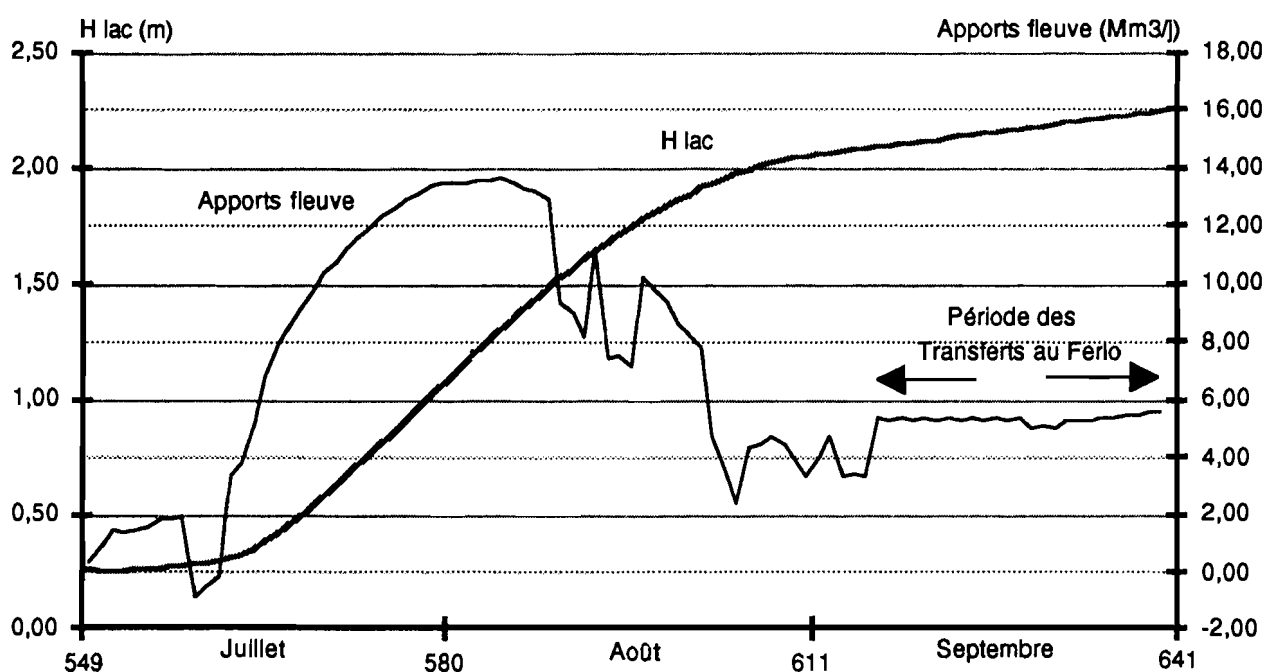


Fig. 6 : Evolution limnimétrique du lac et apports fluviaux en phase de remplissage (simul.3)

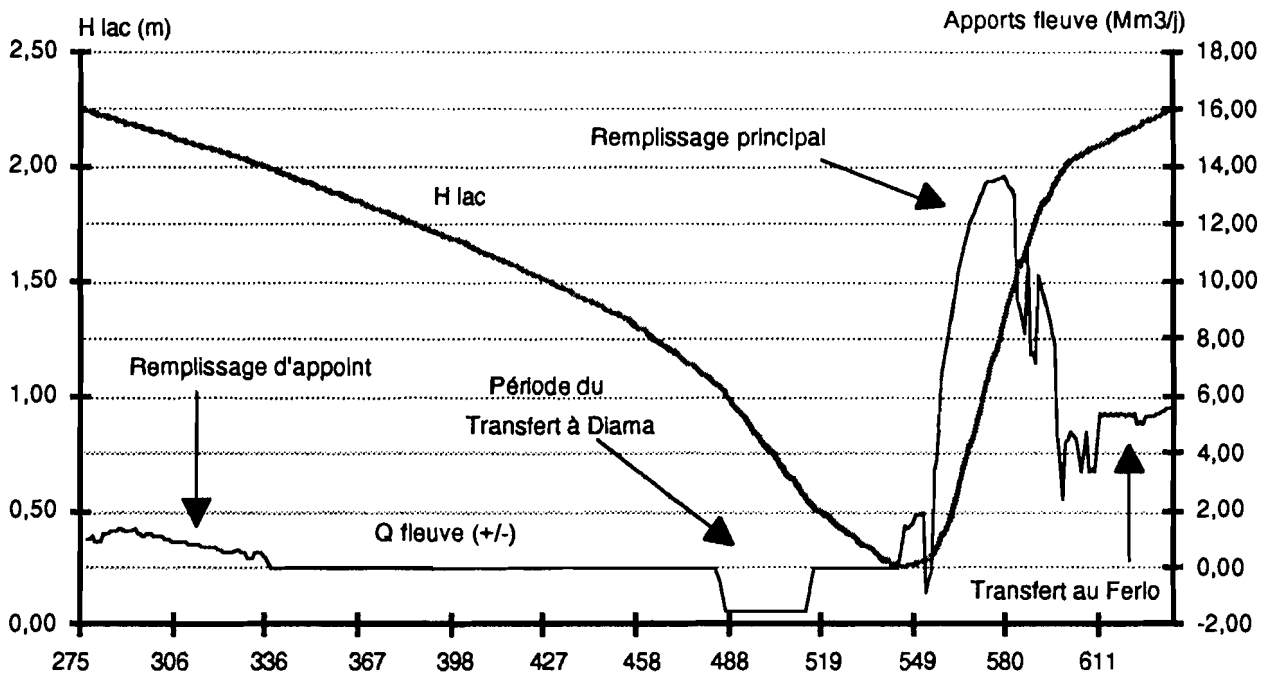


Fig.7 : Evolution limnimétrique du lac, apports fluviaux et transferts à Diama pour l'ensemble de l'année hydrologique proposée en simulation 3.

c. Bilan hydrologique général

Le tableau 8 indique, par phase, les bilans hydrologiques respectifs des 2 options de gestion principales proposées, au départ des cotes 2,25 m et avec ou sans appoint complémentaire à Diama (simulations 1 et 3).

Le taux d'utilisation des eaux fluviales pour les divers usages est également indiqué. Ce taux est égal à la somme des divers prélèvements autour du lac (CSS, SONEES et irrigation) divisée par le total des apports fluviaux.

APPORTS	Simulation 1			Simulation 3		
	ph. isolée	ph. rempl.	TOTAL	ph. isolée	ph. rempl.	TOTAL
Apport fleuve	0,00	631,22	631,22	57,07	631,22	688,29
pluies	5,75	56,63	62,38	5,77	56,63	62,40
rejets CSS	23,29	7,82	31,11	23,29	7,82	31,11
PERTES						
Appoint à Diama	0,00	0,00	0,00	46,50	0,00	46,50
Pompages CSS	50,05	0,00	50,05	50,05	0,00	50,05
Pompages SONEES	13,70	4,60	18,30	13,70	4,60	18,30
Irrigation	6,85	2,30	9,15	6,85	2,30	9,15
Appoint au Ferlo	0,00	60,00	60,00	0,00	60,00	60,00
Evaporation	451,21	136,00	587,21	461,80	136,00	597,80
Bilan	-492,77	492,77	0,00	-492,77	492,77	0,00
Taux d'utilisation des eaux (%)			21,78%			19,98%

Tableau 8 : Bilan hydrologique et taux d'utilisation des eaux fluviales

Le taux d'utilisation des eaux fluviales est actuellement faible (20 à 22%). L'évaporation quant à elle totalise en moyenne de 75 à 81% des pertes. Une amélioration actuelle n'est guère envisageable les volumes pompés restant trop faibles pour rentabiliser vraiment la réserve du Guiers.

Les fig. 8 et 9 précisent les bilans annuels des 2 simulations.

A titre indicatif, signalons enfin qu'un autre modèle de gestion du Guiers pourrait par exemple prévoir un niveau constant dans le lac toute l'année, la jonction fleuve- lac restant ouverte en permanence, avec un niveau stabilisé dans la réserve de Diama. Ce type de gestion exclut évidemment les pompages CSS à partir du lac et les appoints à Diama. Dans ce cas, et sur la base des mêmes (autres) termes du bilan hydrologique, le lac évaporerait annuellement quelques 610 Mm³ et le taux d'utilisation des eaux fluviales ne serait que de 14% environ. Ce type de gestion exclut d'autre part la mise en valeur des terres de décrue et risque d'entraîner les problèmes écologiques évoqués précédemment.

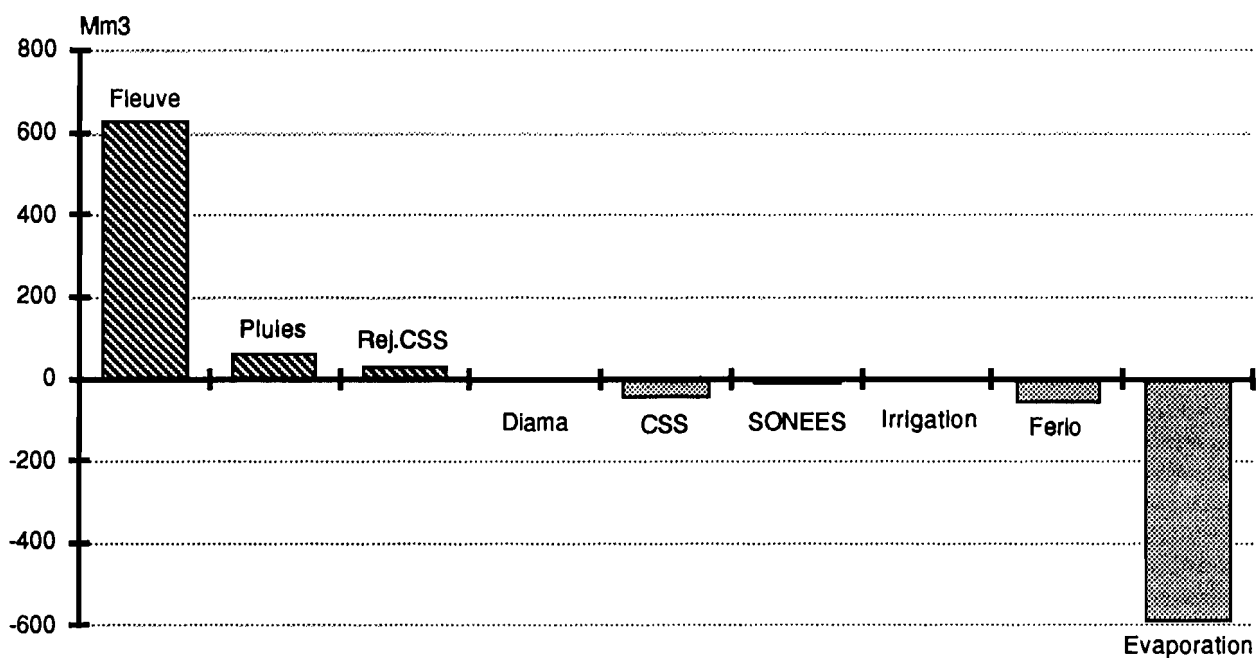


Fig. 8 : Bilan hydrologique du lac en simulation 1

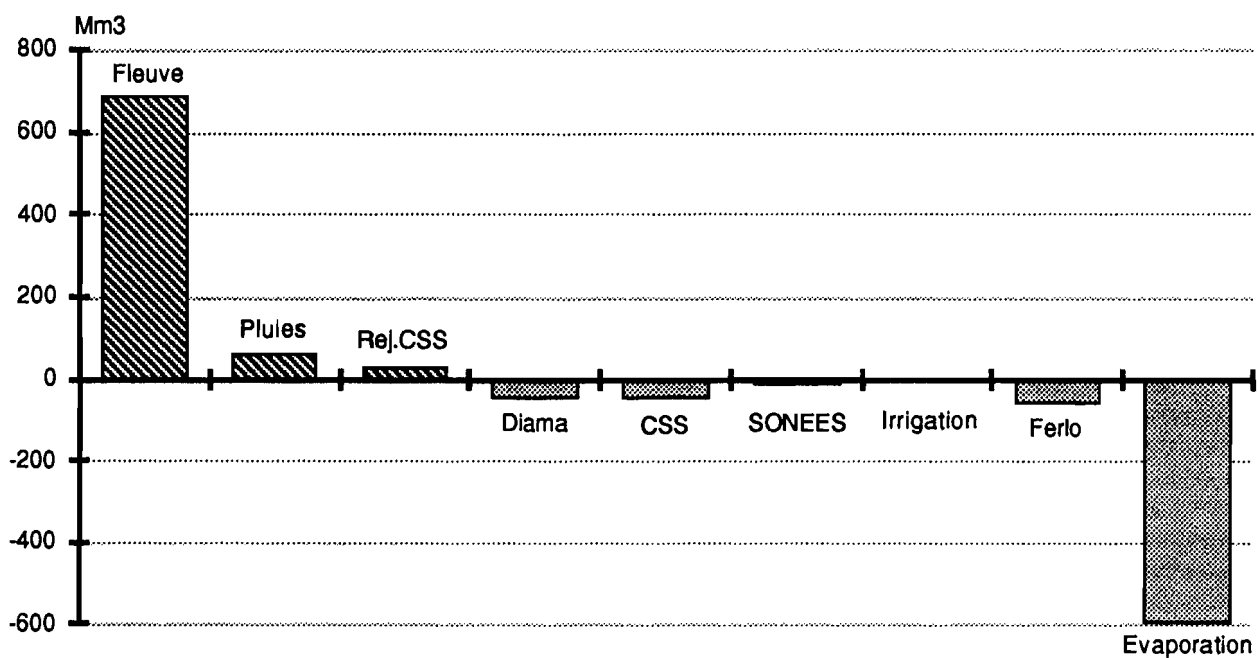


Fig. 9 : Bilan hydrologique du lac en simulation 3

2.2.3.2. Période 2

a. Simulations

L'année hydrologique est considérée dans son intégralité; en effet, à cette époque, le fonctionnement de Manantali en régime de croisière devrait permettre un approvisionnement du lac à tout moment de l'année. La période de remplissage principal restera cependant sans doute fixée de juillet à septembre du fait du fonctionnement en régime naturel des 2 affluents non contrôlés et par conséquent des possibilités hydrologiques supplémentaires de cette période.

Une première simulation (non représentée) basée sur l'option 1 de calcul indique que, partant de la cote 2,50 m à j 275 (1er octobre), le lac peut évoluer en système isolé jusqu'en fin de saison, soit à j 548 (30 juin) mais atteint alors la cote trop faible de -0,93m. Cette première simulation indique également que la cote limite inférieure tolérable (0,50 m) est atteinte le 30 mars à j 456.

Trois solutions seront envisagées ici :

-un remplissage complémentaire dès j 275 (en début de cycle), évolution à système fermé du lac jusqu'à la cote 0,50 m au 30 juin (j 548), et puis nouveau remplissage principal de juillet à septembre (Simulation1).

-l'opération inverse avec d'abord une phase d'isolement, puis une stabilisation du niveau à 0,50 m en ouvrant la jonction fleuve - lac à j 457, et enfin remplissage les 3 derniers mois (Simulation 2).

-la même opération que précédemment en laissant le plan d'eau remonter progressivement vers la cote 2,50 m à partir du jour où il a atteint la cote 0,50 m (Simul. 3).

Il est évident que beaucoup d'autres solutions sont possibles.

La fig. 10 indique l'évolution annuelle de la consommation de l'eau du Guiers durant la période 2.

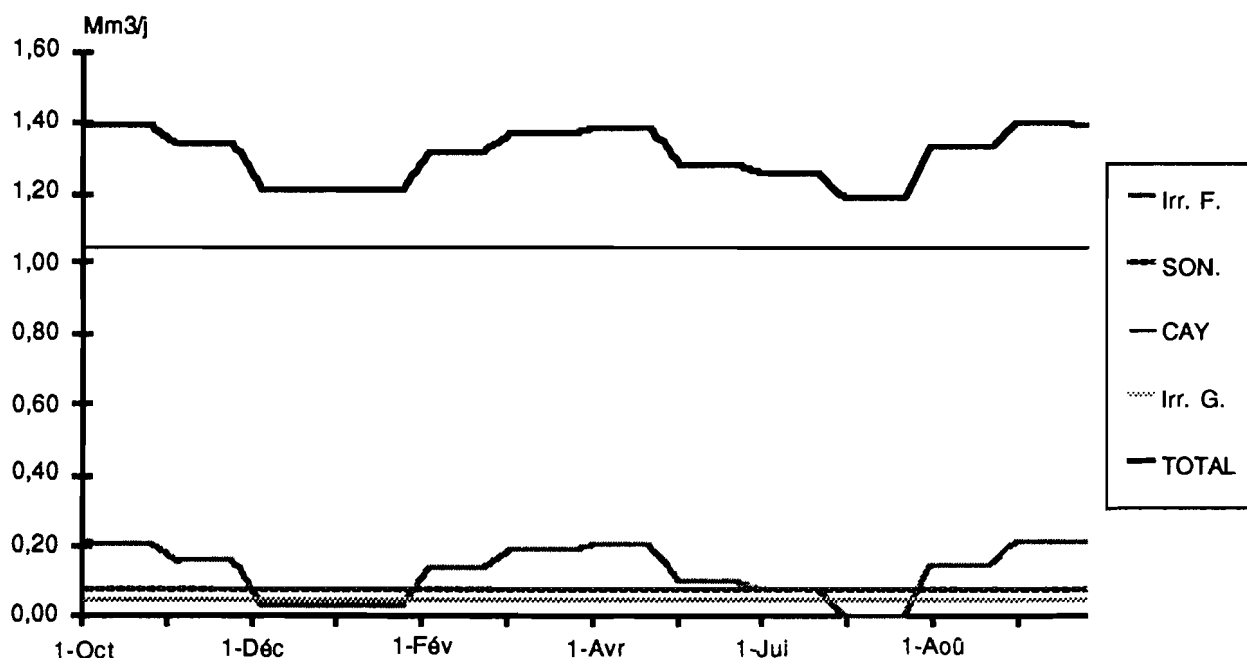


Fig. 10 : Evolution annuelle de la consommation des eaux du Guiers au cours de la période 2
Irr. F / irr. G. = irrigation du Ferlo et autour du Guiers

- Simulation 1

La première étape consiste à appliquer l'option de calcul 2, partant de la cote 0,50 m à j 548 pour remonter dans le temps. Le calcul, non figuré ici, indique que la hauteur d'eau nécessaire est dans ce cas de 2,00 m à j 422 et de 2,50 m à j 377 .

On peut alors envisager 2 solutions :

- soit le maintien d'un niveau constant au lac à 2,50 m de j 275 à j 377, suivi de l'évolution en phase d'isolement complet précédemment calculé de j 378 à j 548,

- soit une baisse progressive de niveau, par exemple de 2,50 m à j 275 jusqu'à 2,00 m à j 422, suivie de la phase d'isolement jusqu'à 0,50 m de j 423 à j 548.

C'est cette seconde solution qui a été étudiée.

Le fichier "cote choisie" est tout d'abord créé au départ de celui créé par l'option 2 des calculs précédemment appliquée, soit entre j 422 (2,00 m) et j 548 (0,50 m).

Cette base est complétée ensuite par l'évolution de niveau choisie de j 275 (2,50 m) à j 422. Dans ce cas, une simple régression linéaire est appliquée pour le calcul des niveaux quotidiens choisis.

Enfin, l'évolution limnimétrique voulue du lac de j 549 (0,50 m) à j 640 (2,50 m) est obtenue par application d'une équation polynomiale (au 4^è degré).

L'option 4 des calculs est alors appliquée à l'ensemble de l'année, en considérant une phase unique.

La fig. 11 présente le résultat de la simulation avec l'évolution limnimétrique imposée et les volumes fluviaux nécessaires à cet effet.

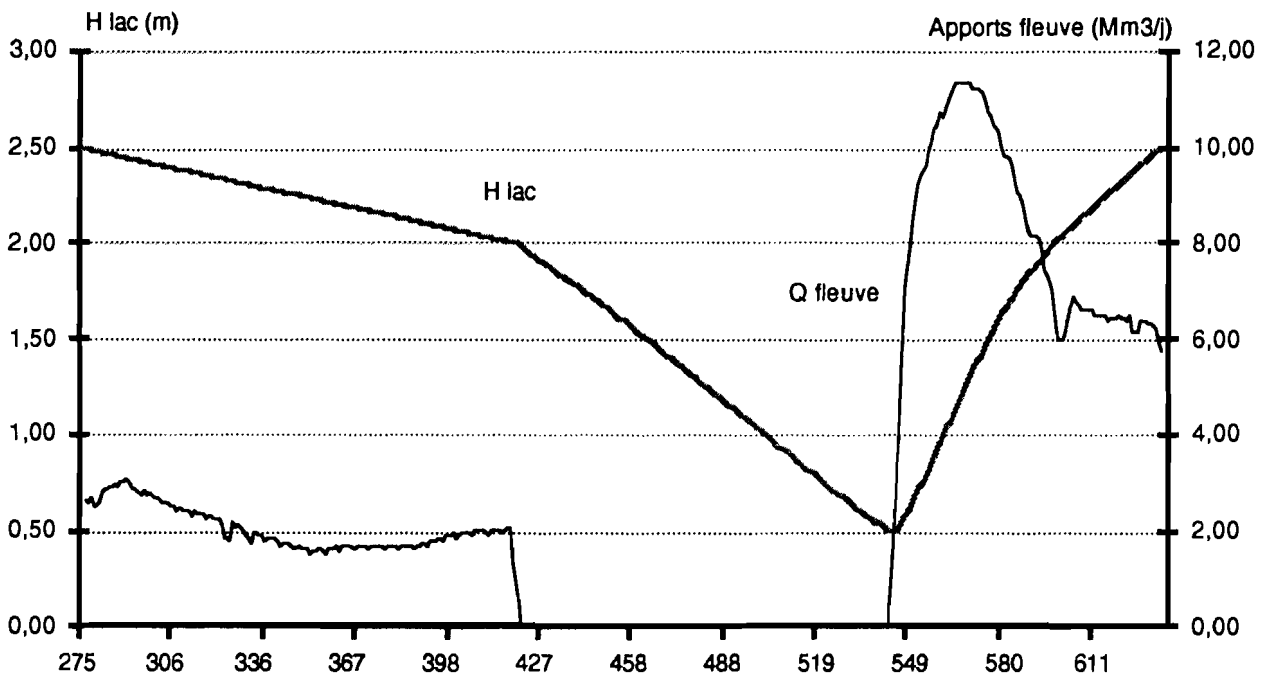


Fig. 11 : Evolution annuelle du niveau des eaux et des apports fluviaux nécessaires en simulation 1

- Simulation 2 :

- Isolement du lac de j 275 à j 456 et baisse du niveau de 2,50 m à 0,50 m
- Apports fluviaux pour le maintien à la cote 0,50 m de j 457 à j 548
- Remplissage jusqu'à 2,50 m de j 549 à j 640

L'option 1 de calcul permet de connaître l'évolution limnimétrique du lac en système isolé, jusqu'à ce que son niveau atteigne 0,50 m. L'option 4 permet ensuite de quantifier les apports fluviaux nécessaires (Fig. 12).

La fig. 12 indique les résultats de cette deuxième simulation.

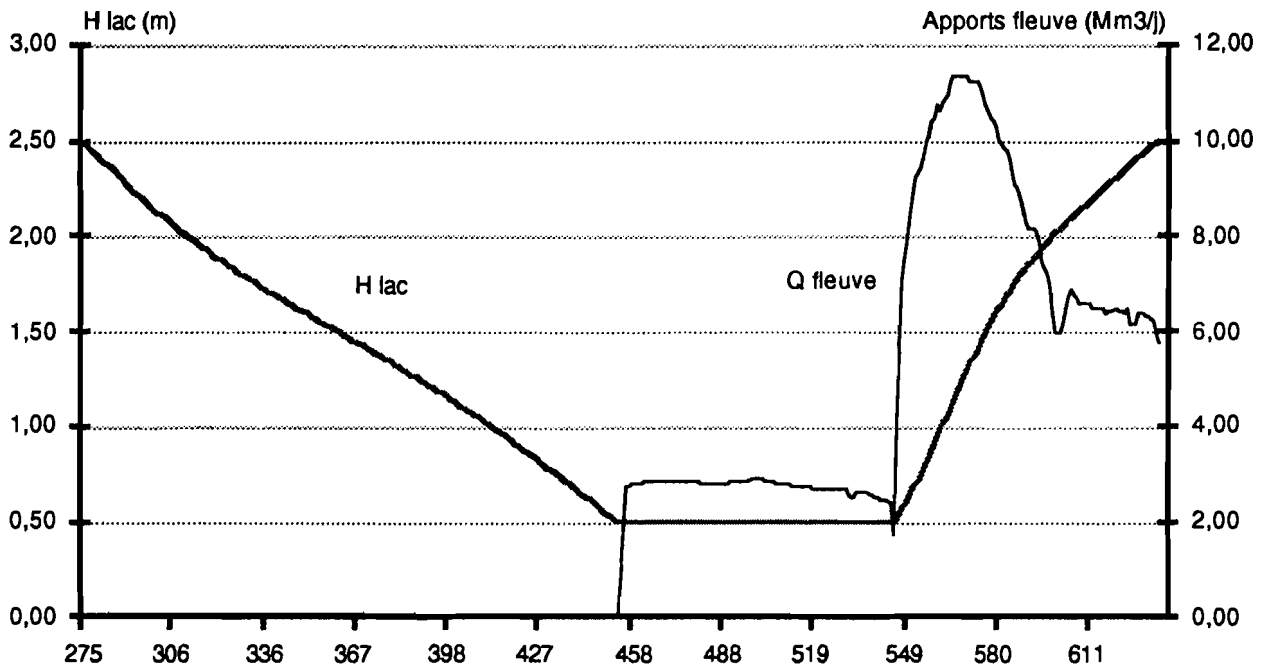


Fig. 12 : Evolution annuelle du niveau des eaux et des apports fluviaux nécessaires en simulation 2

- Simulation 3 :

- Isolement du lac de j 275 à j 456 (cote 0,50 m)
- remplissage de j 457 à j 640

L'option 1 de calcul (de 2,50 m à 0,50 m) suivie de l'option 4 permettent cette dernière simulation indiquée à la fig. 13 .

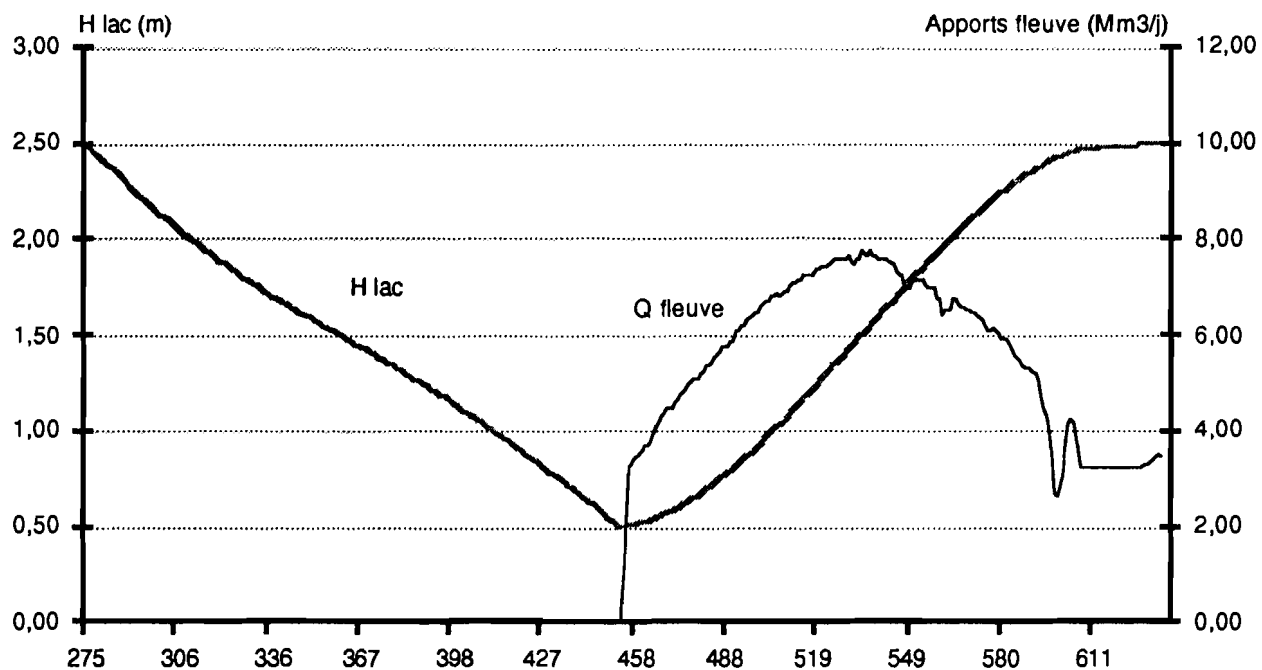


Fig.13 : Evolution annuelle du niveau des eaux et des apports fluviaux nécessaires en simulation 3

b. Bilans hydrologiques

Le tableau 9 indique les bilans hydrologiques de chacune des 3 simulations étudiées. La fig. 14 illustre ces résultats.

Les résultats sont très semblables et le taux d'utilisation des eaux atteint maintenant des valeurs nettement plus intéressantes et "rentables" que lors des simulations effectuées à la période 1.

La simulation 1 impose la plus forte consommation d'eau fluviale qui compense en fait le surplus d'évaporation causé par la surface moyenne du lac légèrement plus élevée dans cette situation. Le surplus de consommation par rapport aux 2 autres simulations est de l'ordre 30 à 50 millions de m³, soit 3 à 5 % environ.

La simulation 1 se révélerait probablement la plus complexe à réaliser. Cependant la première période de remplissage, entre octobre et fin février, correspond sans doute à celle où un maximum d'eau est disponible à cet effet.

La simulation 2 cumule plusieurs avantages : une gestion simple d'octobre à fin mars, suivie d'une demande relativement faible en eau jusqu'au début juillet. Ce type de gestion intéresse en premier lieu les cultures de décrue pour lesquels le retrait progressif des eaux constitue la panacée. Le maintien du lac durant près de 3 mois à la cote 0,50 m, devrait permettre une mise à sec prolongée des surfaces couvertes de végétation (temporairement) aquatique et l'élimination de cette dernière. Enfin ce mode de gestion devrait favoriser une alternance sylvo-pastoral d'occupation des terrains de décrue.

La simulation 3 présente l'avantage d'un étalement dans le temps des besoins fluviaux et ne nécessite donc pas de gros apports entre juillet et septembre. La régulation du remplissage permettant de suivre l'évolution limnimétrique imposée serait cependant plus difficilement maîtrisable. Seul la prévision d'un manque de disponibilité d'eau fluviale en phase normale de remplissage peut justifier le choix de ce type de gestion.

	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3
APPORTS			
Apport fleuve	1013,67	956,97	982,15
pluies	64,88	64,68	71,05
rejets CSS	31,11	31,11	31,11
PERTES			
Appoint à Diama	0,00	0,00	0,00
Pompages CSS	0,00	0,00	0,00
Pompages SONEES	29,28	29,28	29,28
Pompages Cayor	384,30	384,30	384,30
Irrigation lac	18,30	18,30	18,30
Irrigation Ferlo	47,79	47,79	47,79
Evaporation	629,99	573,09	604,64
Bilan	0,00	0,00	0,00
Taux d'utilisation des eaux (%)	47,3%	50,1%	48,8%

Tableau 9 : Bilans hydrologiques des 3 simulations proposées pour la deuxième période.

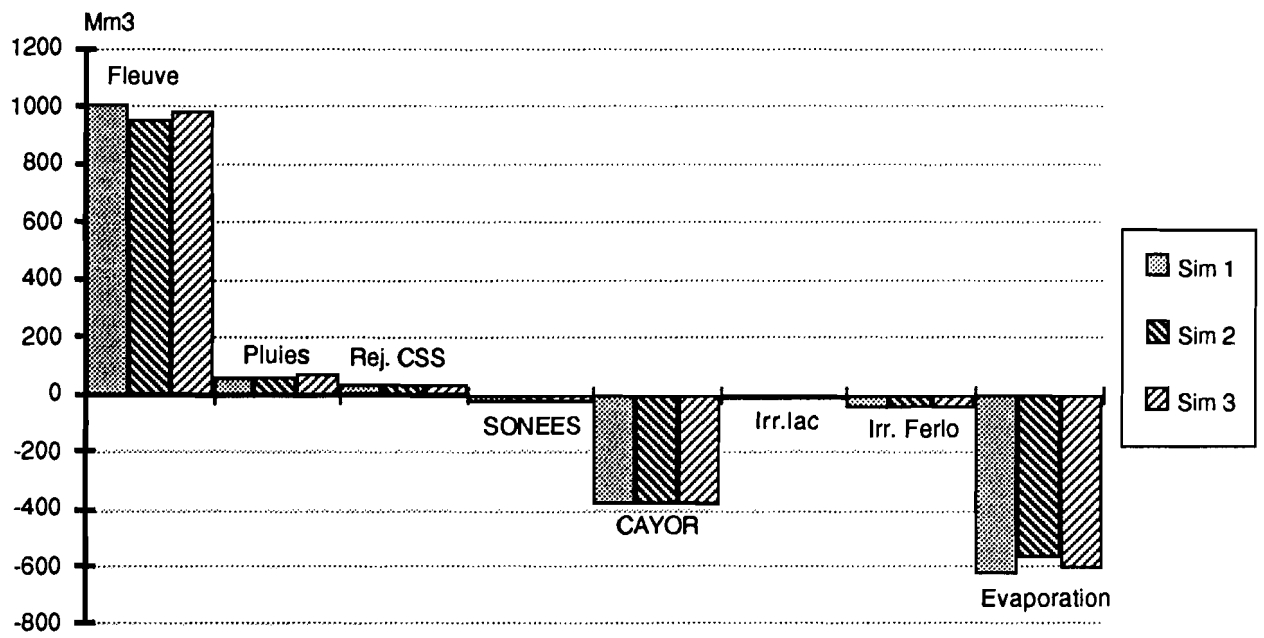


Fig. 14 : Bilans hydrologiques des 3 simulations proposées pour la deuxième période

2.2.3.3. Période 3

a. Simulations

L'option 1 des calculs (non figurée) indique que partant de la cote 2,75 m à j 275 (1er octobre), le lac atteint déjà la cote 0,50 m à j 380, soit au 14 janvier.

Plusieurs propositions de gestion peuvent alors être avancées :

-une jonction fleuve-lac continue, tout en baissant progressivement le niveau en cours d'année jusqu'à la période de remplissage, soit de j 275 à j 548. (simulation 1)

-le lac en système isolé de j 275 à j 380, suivi d'une jonction constante fleuve-lac, permettant le maintien à la cote 0,50 m jusqu'au 30 juin et enfin le remplissage principal.(simulation 2)

-plusieurs petites phases remplissages d'appoint en cours d'année avec maintien du lac à niveau constant durant ces périodes, intercalées entre des phases d'isolement avec baisse de niveau du Guiers. (simulation 3)

La fig.15 indique l'évolution annuelle des besoins totaux des divers consommateurs de l'eau du lac, SONEES, canal de Cayor et irrigation prévus pour cette période.

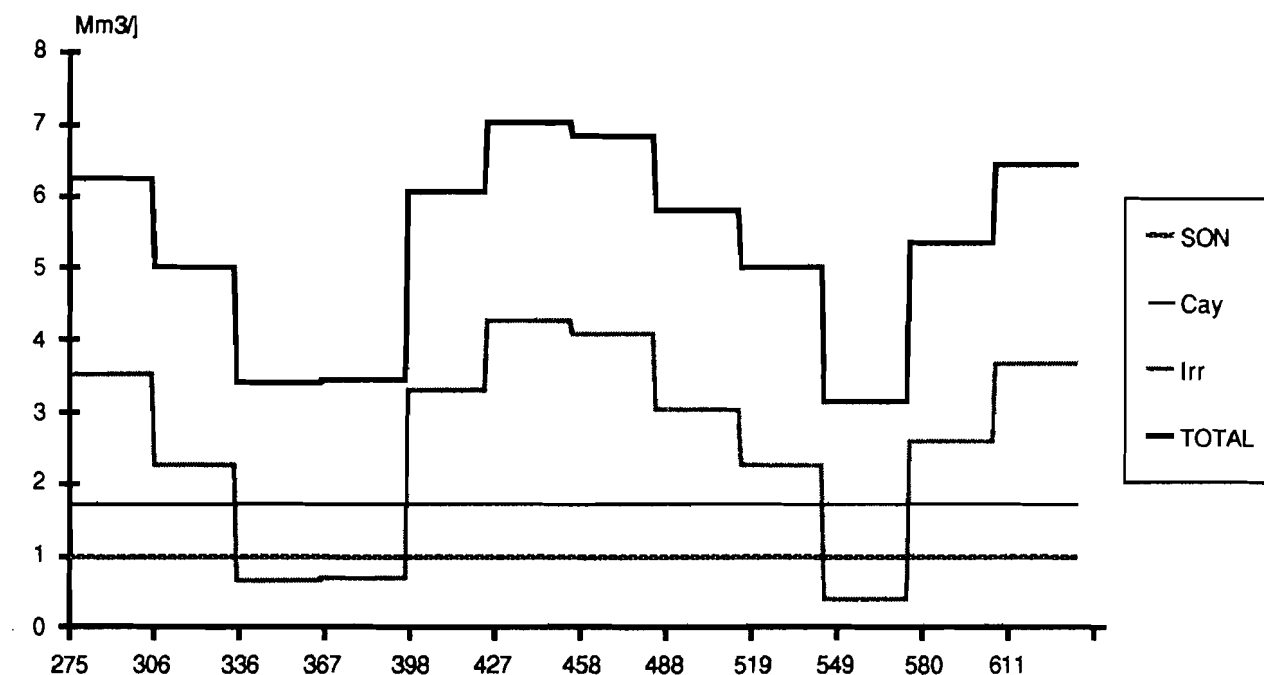


Fig.15.: Evolution annuelle de la consommation d'eau du lac en période 3

- Simulation 1

Soit une jonction continue fleuve - lac de j 275 à j 640 avec cote "choisie" du lac de 2,75 m à 0,50 m (j 275 à j 548) puis de 0,50 m à 2,75 m durant la phase de remplissage principal (j 549 à j 640).

L'utilisation de l'option 4 des calculs permet de quantifier les apports fluviaux nécessaires à ce type de gestion. (Fig. 16)

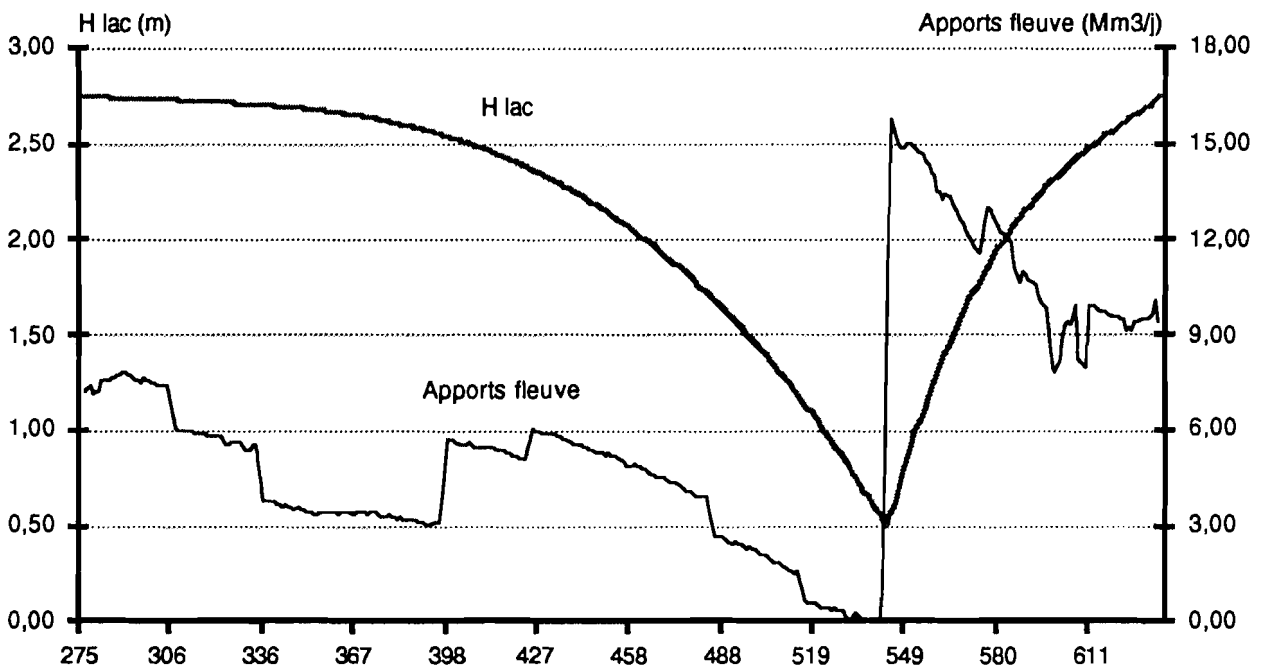


Fig. 16 : Evolution limnimétrique du lac et apports fluviaux nécessaires en simulation 1

-Simulation 2

Le lac évolue cette fois en phase d'isolement de j 275 à j 380 soit de 2,75 m à 0,50 m.

Après un long pallier à 0,50 m permis grâce aux apports fluviaux (j 381 à j 548), la phase de remplissage est fixée aux mêmes dates que précédemment, selon la même évolution limnimétrique.

La fig. 17 indique les résultats graphiques des calculs.

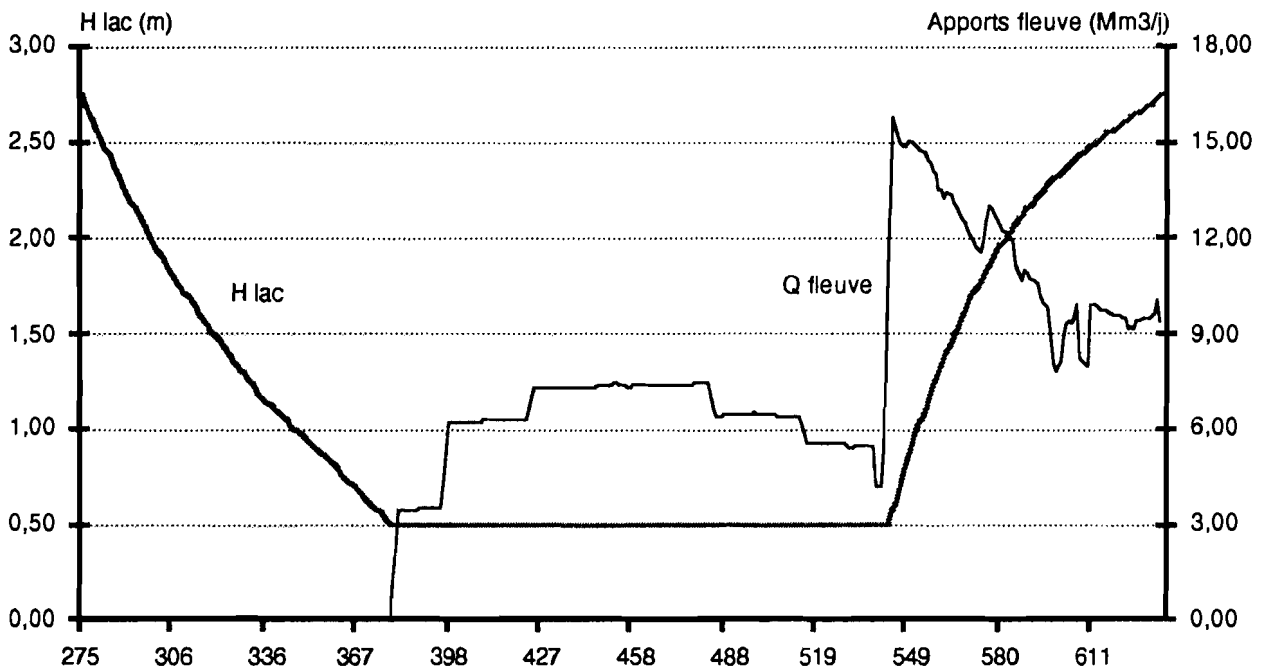


Fig. 17 : Evolution limnimétrique du lac et apports fluviaux nécessaires en simulation 2

-Simulation 3

Les phases successives et leur évolution limnimétrique respective sont les suivantes :

- isolement de j 275 à j 299, avec baisse du niveau de 2,75 m à 2,00 m (calculés par l'option 1)
- jonction fleuve - lac de j 300 à j 349 et maintien du niveau à 2,00 m (option 4 des calculs)
- isolement de 350 à j 400 (1,25 m) (option 1 des calculs)
- jonction fleuve - lac de j 401 à j 450 et maintien du niveau 1,25 m (option 4)
- isolement de j 451 à j 474, jusqu'à la cote 0,50 m (option 1)
- jonction fleuve - lac avec maintien du niveau 0,50 m jusqu'à j 547, puis remplissage principal comme dans les 2 simulations précédentes.

La fig.18 permet de visualiser l'évolution limnimétrique du lac et les apports fluviaux nécessaires à cet effet.

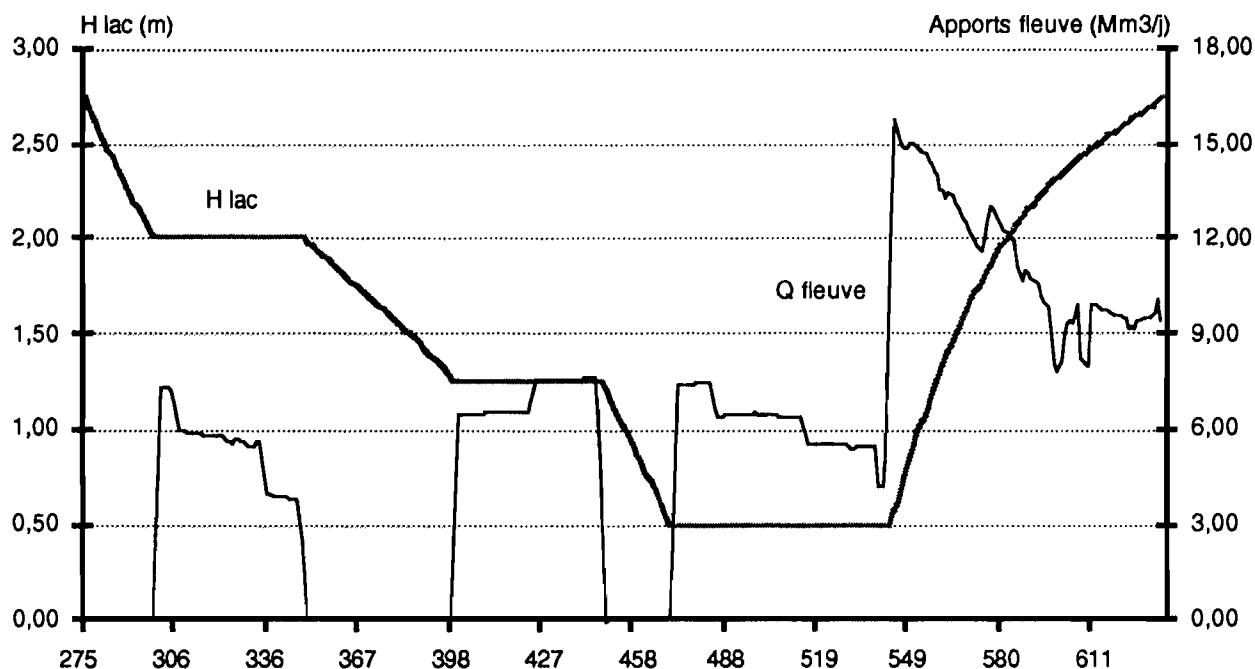


Fig. 18 : Evolution limnimétrique du lac et apports fluviaux nécessaires en simulation 3

b. Bilans hydrologiques

Le tableau 10 indique les termes des bilans hydrologiques des 3 simulations proposées pour cette 3^e période. La fig. 19 illustre ensuite ces résultats.

	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3
APPORTS			
Apport fleuve	2178,66	2066,90	2108,72
pluies	67,59	67,28	67,37
rejets CSS	31,11	31,11	31,11
PERTES			
Appoint à Diama	0,00	0,00	0,00
Pompages CSS	0,00	0,00	0,00
Pompages SONEES	36,60	36,60	36,60
Pompages Cayor	640,50	640,50	640,50
Irrigation	935,27	935,27	935,27
Pompages suppl.	0,00	0,00	0,00
Evaporation	664,99	552,92	594,83
Bilan			
Bilan	0,00	0,00	0,00
Taux d'utilisation des eaux (%)			
Taux d'utilisation des eaux (%)	74,0%	78,0%	76,5%

Tableau 10 : Bilans hydrologiques des 3 simulations proposées pour la troisième période.

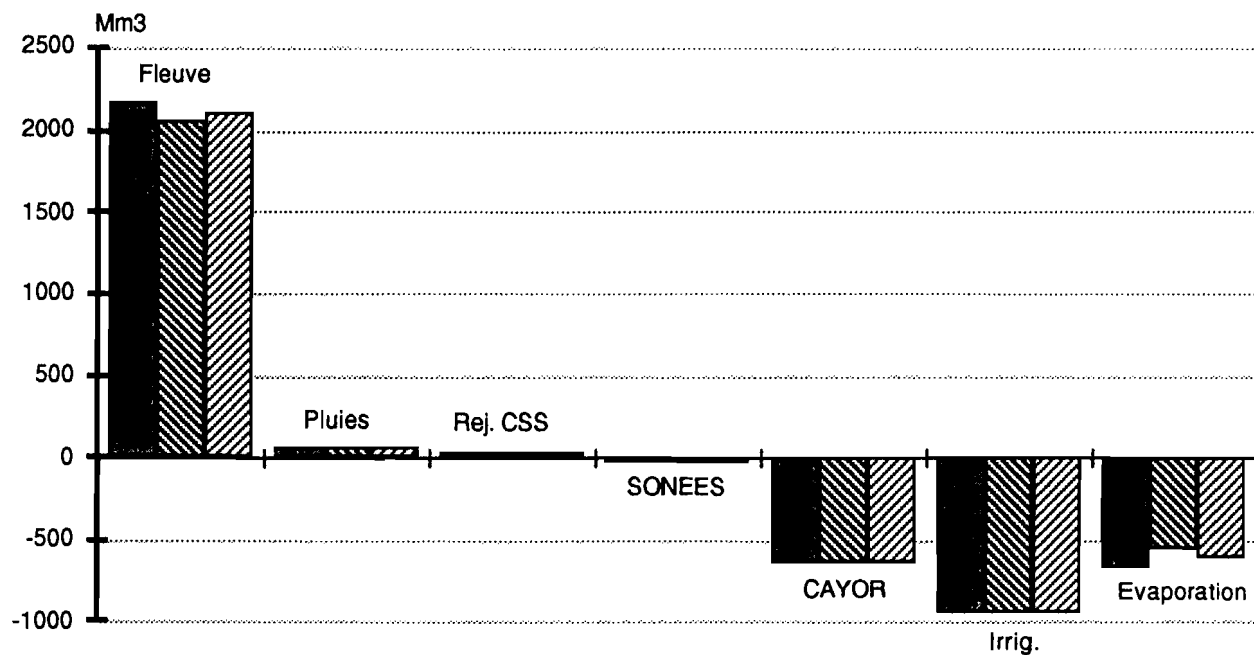


Fig. 19 : Bilans hydrologiques des 3 simulations proposées pour la deuxième période

c. Commentaires

Les alternatives de gestion proposées pour la troisième période sont basées sur des situations tout à fait hypothétiques. Néanmoins les 3 types de gestions proposées suggèrent les commentaires suivants :

-La première simulation s'avère peu intéressante; elle serait tout d'abord concrètement difficilement réalisable, vu les variations incessantes des apports fluviaux nécessaires pour son suivi. Cette alternative implique aussi une consommation d'eau par évaporation de près de 20% supérieure à celle de la simulation 2. Enfin, les variations proposées de hauteurs d'eau du lac ne sont pas des plus favorables ni aux cultures de décrue ni comme frein à la limitation de la végétation aquatique.

-Les deuxième et troisième alternative de gestion sont plus satisfaisantes tant pour leur évaporation plus réduite que pour leurs avantages limnimétriques. Si la simulation 2 est la plus économe en eau, la troisième serait peut-être plus avantageuse pour les cultures de décrue. Le choix devrait dépendre surtout des prévisions de disponibilité en eau dans la réserve de Diama.

Enfin, il est remarquable d'observer que les simulations 2 et 3 exigent des débits dans la Taoué de l'ordre de 7 à 8 millions de m³ par jour au maximum (du moins en dehors des périodes de remplissage principal de juillet à septembre), soit quelques 80 à 90 m³/seconde.

Compte tenu des débits prévus dans le Sénégal à Richard - Toll dès la période de fonctionnement normal de Manantali, soit théoriquement quelques 150 m³/s, des consommations de la CSS, de celles des périmètres irrigués autour de la réserve de Diama et de son évaporation, on se situerait alors sans doute près du maximum des possibilités de consommation réservées pour le Guiers. Les hypothèses de développement de l'agriculture irriguée dans le Ferlo proposées pour la période 3 constituent le maximum d'extension possible.

CONCLUSIONS

La gestion future du lac de Guiers nécessitera l'emploi de l'informatique. Le modèle de gestion développé doit permettre et faciliter la gestion du milieu lacustre par le recours aux diverses simulations proposées.

Le modèle est destiné tout d'abord aux opérateurs de terrain : il se veut donc utilisable sans outil informatique sophistiqué. Il permet néanmoins de répondre aux principales questions posées au gestionnaire du lac.

Les diverses simulations proposées dans ce travail ont pour but premier de servir de support didactique en montrant les diverses approches possibles aux problèmes posés.

Ces simulations, basées pour la plupart sur des conditions hydrologiques fictives, ont néanmoins permis de justifier le recours à un tel type d'outil de travail : le mode de gestion du lac adopté dans le futur, surtout après la mise en fonction du canal de Cayor, sera déterminant pour la sauvegarde et la valorisation maximale de la ressource aquatique. Les pertes par évaporation qui constituent un terme fondamental du bilan hydrologique peuvent être réduites grâce à une gestion rigoureuse du lac; cela a été démontré.

Des critères de gestion agricoles, écologiques et de santé publique devront aussi être inclus dans la future politique de gestion du Guiers : imposer un marnage annuel important est indispensable pour éviter ou du moins réduire les conséquences néfastes des aménagements prévus autour du lac. Ce battement de la nappe d'eau peut être simulé par le modèle qui en détermine aussi les conditions hydrologiques.

Beaucoup de variantes de gestion du lac existent. Il est trop tôt pour les simuler réellement à l'horizon 2000-2025, tant sont encore imprécises les conditions hydrologiques fluviales de cette période et les contraintes qui seront imposées par les besoins des divers utilisateurs.

L'optimisation de la gestion et de l'utilisation de la ressource aquatique est maintenant facilitée grâce au modèle proposé. Ce travail s'est voulu tout d'abord un guide d'utilisation du modèle et a permis d'aborder quelques aspects importants du devenir hydrologique du lac de Guiers.

BIBLIOGRAPHIE

- OMVS, 1986

Etude de la gestion des ouvrages communs de l'OMVS - Rapport Phase 1 vol. 1A - Mesures urgentes pour Diama.

Sir Alexander Gibb & Partners - Electricité de France International - Euroconsult

- COGELS FX, 1988

Etude de factibilité du canal de Cayor

Rapport de mission n°3 : "Synthèse hydroclimatologique"

BCEOM, Montpellier, 98p.

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

Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989.

Rapport CEE, Projet EQUÉSEN (TS 2 0198 F/EDB) et rapport ORSTOM, Dakar, 60 p.

- LAMAGAT JP., SEGUIS L., DUBEE G., PEPIN Y., 1990

Campagne de jaugeages sur le canal de la Taoué (Hivernage 1990)

O.M.V.S., ORSTOM Dakar, novembre 1990, 11p.

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

Bilan hydrologique du lac de Guiers en 1990.

Rapport CEE, Projet EQUÉSEN (TS 2 0198 F/EDB) et rapport ORSTOM, Dakar, 20p.

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

L'évaporation du lac de Guiers (Sénégal) de 1976 à 1989 - Bilan et essai d'interprétation.

Rapport CEE , projet EQUÉSEN (TS 2 0198 F/EDB), et rapport ORSTOM Dakar, 25p.