

09777

DDC 14.31

ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

OMVS

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE  
DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

ORSTOM

---

---

MARCHE FAC N° 9/87/OMVS DU 15.12.87

---

---

# SIMULSEN

LOGICIEL DE SIMULATION DE GESTION DE LA RETENUE DE  
MANANTALI AU PAS DE TEMPS JOURNALIER

NOTICE D'UTILISATION

J.C. BADER

DAKAR, MAI 1991

#### AVERTISSEMENT

Le logiciel SIMULSEN est livré sur trois disquettes, contenant, outre les différents programmes et les fichiers de paramètres gérables par l'utilisateur, une partie de la banque de données homogénéisée et complétée du haut bassin du Sénégal.

Les valeurs des différents paramètres intervenant dans les calculs de simulation, ont été fixées à partir des renseignements dont on dispose à ce jour. Il ne faut pas perdre de vue qu'un certain nombre de ces valeurs sont susceptibles d'être révisées à la lumière d'informations futures (étalementage de l'évacuateur de crues ou du canal de fuite de la retenue, par exemple). Celles-ci pourront alors être modifiées directement par l'utilisateur du logiciel, à l'aide des procédures de gestion de paramètres incluses.

De la même façon, les fichiers de débits moyens journaliers fournis avec le logiciel sont le résultat d'un travail préalable d'homogénéisation, de complètement et de traduction des cotes, mené à la lumière des informations disponibles à ce jour. De ce travail résulte des valeurs de débits parfois légèrement différentes de celles qui avaient été précédemment utilisées dans l'étude de Gibb pour la simulation au pas de temps mensuel de la retenue. C'est le cas en particulier pour la station de Soukoutali (d'une importance primordiale car figurant l'entrée dans la retenue), où les valeurs trouvées sont plus faibles, en moyennes eaux, que celles indiquées par Gibb. Il n'est pas prévu que l'utilisateur de SIMULSEN puisse modifier ces données de débits qui, sauf complément d'information, ne sont pas susceptibles d'être révisées.

SOMMAIRE

page

4	<b>1 - Présentation générale de SIMULSEN</b>
4	<b>1.1 - Buts du logiciel</b>
4	<b>1.2 - Principales fonctions proposées à l'utilisateur</b>
4	<b>1.2.1 - Gestion de paramètres</b>
4	<b>1.2.2 - Calcul de simulation</b>
4	<b>1.2.3 - Exploitation des résultats</b>
5	<b>1.3 - Installation du logiciel</b>
5	<b>1.4 - Indications générales pour l'utilisation du logiciel</b>
6	<b>2 - Présentation des différents menus proposés</b>
6	<b>2.1 - Calcul de simulation et gestion des paramètres</b>
6	<b>2.1.1 - Retour au menu principal</b>
6	<b>2.1.2 - Gestion des besoins en eau exprimés au niveau de Bakel</b>
6	<b>2.1.2.1 - Gestion du type de besoin suivant</b>
6	<b>2.1.2.2 - Saisie d'un nouveau scénario</b>
6	<b>2.1.2.2.1 - Cas des besoins en irrigation</b>
6	<b>2.1.2.2.2 - Cas des autres besoins</b>
7	<b>2.1.2.2.3 - Remarque</b>
7	<b>2.1.2.3 - Impression des scénarios stockés</b>
7	<b>2.1.2.4 - Annulation d'un scénario</b>
7	<b>2.1.2.5 - Modification d'un scénario</b>
7	<b>2.1.3 - Gestion des caractéristiques de la retenue</b>
7	<b>2.1.3.1 - Fin de gestion des caractéristiques de la retenue</b>
7	<b>2.1.3.2 - Saisie</b>
8	<b>2.1.3.3 - Impression des caractéristiques de la retenue</b>
8	<b>2.1.3.4 - Calcul de productibles énergétiques</b>
8	<b>2.1.3.4.1 - Valeur connue: Niveau de la retenue</b>
8	<b>2.1.3.4.2 - Valeurs connues: Niveau de retenue et débit total évacué</b>

- 8           **2.1.3.4.3 - Valeurs connues: niveau de retenue et puissance désirée**
- 8           **2.1.3.5 - Calcul de lâchures extrêmes**
- 9           **2.1.4 - Gestion des paramètres des stations hydrométriques**
- 9           **2.1.4.1 - Fin de gestion**
- 9           **2.1.4.2 - Saisie de nouvelle station**
- 10          **2.1.4.3 - Impression des stations déjà saisies**
- 10          **2.1.4.4 - Elimination d'une station**
- 10          **2.1.5 - Gestion des limnigrammes de cotes maximales du lac pour le laminage des crues**
- 11          **2.1.5.1 - Fin de gestion des cotes maximales**
- 11          **2.1.5.2 - Saisie d'un nouveau scénario**
- 11          **2.1.5.3 - Impression des scénarios déjà saisis**
- 11          **2.1.5.4 - Elimination d'un scénario**
- 11          **2.1.6 - Gestion des cotes minimales requises dans la retenue**
- 11          **2.1.7 - Calcul de simulation**
- 11          **2.1.7.1 - Préliminaires**
- 12          **2.1.7.2 - Principes du calcul**
- 12          **2.1.7.3 - Description des contraintes de gestion disponibles**
  - 12          **2.1.7.3.1 - Respect des limites physiques imposées par le barrage sur les lâchures**
  - 12          **2.1.7.3.2 - Respect du niveau maximal admissible pour la sécurité de la retenue**
  - 13          **2.1.7.3.3 - Respect d'une limite inférieure du niveau de la retenue**
  - 13          **2.1.7.3.4 - Laminage des crues (en débits moyens journaliers)**
  - 13          **2.1.7.3.5 - Demande de production électrique**
    - 13          **2.1.7.3.5.1 - Calcul du débit total évacué Qmin**
    - 13          **2.1.7.3.5.2 - Calcul systématique éventuel, d'un débit total évacué maximal Qmax**
    - 14          **2.1.7.3.5.3 - Calcul éventuel, pendant l'étiage, d'un débit total évacué maximal Qmax, compatible avec la production de la puissance demandée jusqu'à la fin de l'étiage**
    - 14          **2.1.7.3.6 - Satisfaction des besoins en eau sommables, exprimés à Bakel**
    - 14          **2.1.7.3.7 - Satisfaction des besoins en eau non sommables, exprimés à Bakel**

14	2.1.7.3.8 - Egalité stricte entre débit sortant et débit entrant dans la retenue
14	2.1.7.4 - Lancement du calcul de simulation
15	2.2 - Exploitation des résultats d'une simulation
15	2.2.1 - Sortie (retour au menu principal)
15	2.2.2 - Traitement des chroniques obtenues par la simulation nnn
15	2.2.3 - Evaluation de la satisfaction des besoins pour la simulation nnn
15	2.2.4 - Edition du compte rendu concernant la simulation nnn
15	2.2.5 - Sauvegarde des fichiers relatifs à la simulation nnn
16	2.2.6 - Réimportation de fichiers relatifs à une simulation
16	2.2.7 - Graphiques et tableaux de résultats
16	2.2.7.1 - Graphiques et tableaux de chroniques journalières
16	2.2.7.2 - Graphiques et tableaux d'extremums
17	2.2.7.3 - Graphiques et tableaux de quantiles
17	2.2.8 - Traitement des cotes limites dans le lac
18	2.2.8.1 - Sortie
18	2.2.8.2 - Calcul de cotes limites dans le lac
18	2.2.8.3 - Elimination de cotes limites
19	BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE 1 Valeurs des paramètres gérés par SIMULSEN, telles qu'elles sont fournies avec le logiciel

ANNEXE 2 Calcul des cotes limites dans le lac, permettant la réalisation d'une chronique donnée de lâchures

ANNEXE 3 Présentation de quelques résultats, à titre d'exemple d'utilisation de SIMULSEN

## 1 - Présentation générale de SIMULSEN

### 1.1 - Buts du logiciel

SIMULSEN est un logiciel destiné à évaluer l'effet de différentes règles de gestion du barrage de Manantali sur le Bafing, sur le degré de satisfaction des demandes suivantes:

- production d'hydroélectricité;
- débit transitant au niveau de Bakel sur le Sénégal, correspondant à la somme des besoins en irrigation, consommation humaine et autre besoin éventuel;
- débit transitant au niveau de Bakel, permettant à la fois la navigation et l'inondation annuelle nécessaire à la culture de décrue dans la vallée du Sénégal ("crue artificielle");
- laminage des crues au niveau de la sortie de la retenue;
- laminage des crues au niveau de Bakel.

Les calculs utilisent des chroniques de débits naturels relatifs aux stations du haut bassin du Sénégal, ne se situant pas à l'aval de la retenue. Ces chroniques au pas de temps journalier, ont fait l'objet d'un traitement préalable [1] destiné à les homogénéiser et les compléter.

Tous les calculs sont faits au pas de temps journalier.

### 1.2 - Principales fonctions proposées à l'utilisateur

#### 1.2.1 - Gestion de paramètres

SIMULSEN permet de gérer la totalité des paramètres intervenant dans les calculs de simulation, à savoir:

- caractéristiques du lac de retenue et de l'usine hydroélectrique;
- paramètres décrivant la propagation des débits [2] entre les différentes stations utilisées pour la simulation. Ces stations, ainsi que la façon dont elles doivent être utilisées dans les calculs, sont laissées au choix de l'utilisateur.
- Paramètres décrivant les différents besoins en débits exprimés au niveau de Bakel;
- hydrogrammes limites à respecter dans le lac, permettant de limiter les risques de défaillance pour la fourniture de débits au niveau de Bakel (niveau limite inférieur), ou pour le laminage des crues (niveau limite supérieur).

#### 1.2.2 - Calcul de simulation

Pour ce calcul, l'utilisateur choisit dans la liste proposée, les règles de gestion qu'il désire, ainsi que l'ordre de leur application. A chaque pas de temps, l'application d'une règle de gestion se traduit par le calcul d'une limite minimale ou d'une limite maximale, ou des deux, qui est imposée au débit total lâché par le barrage (vidangé + déversé + turbiné);

L'application de plusieurs règles de gestion a pour effet de resserrer la fourchette de valeurs limites autorisées pour ce débit total.

#### 1.2.3 - Exploitation des résultats

Les résultats d'un calcul de simulation peuvent être examinés soit en tant que chroniques, soit en termes statistiques décrivant les fonctions de répartition des résultats obtenus pour les différentes variables (débits, puissance turbinée, niveau dans le lac). Ces examens peuvent être faits par édition de tableaux de chiffres ou par tracés graphiques.

Un module spécial permet d'élaborer la chronique des niveaux limites minimaux ou maximaux, compatible avec la réalisation de la chronique de débits totaux lâchés par la retenue, obtenue par le calcul de simulation. Cette chronique de niveaux limites peut, elle aussi, être examinée en termes de fonction de répartition, et ainsi générer des règles de gestion utilisables par les calculs de simulation, consistant en des hydrogrammes de niveaux limites à respecter dans le lac.

### 1.3 - Installation du logiciel

SIMULSEN, programmé en Turbo Pascal 4.0 (Borland), fonctionne sur microordinateur compatible IBM PC, équipé d'un écran graphique, d'un coprocesseur numérique, et relié à une imprimante.

Pour l'installation du logiciel, procéder comme suit:

- se placer sur la racine du disque dur où on veut installer SIMULSEN.
- insérer la disquette SIMULSEN 1 dans le lecteur A ou B.
- taper A:INSTALL A (ou B:INSTALL B, selon le lecteur utilisé).
- quand le message qui le demande apparaît à l'écran, remplacer la disquette SIMULSEN 1 par la disquette SIMULSEN 2, puis taper une touche.
- quand le message qui le demande apparaît à l'écran, remplacer la disquette SIMULSEN 2 par la disquette SIMULSEN 3, puis taper une touche.

### 1.4 - Indications générales pour l'utilisation du logiciel

-Pour lancer le logiciel, il suffit de se placer sous le répertoire SIMULSEN et de taper SIMULSEN.

-Toute demande de saisie est signalée par un bip sonore.

-Toute frappe d'une touche non autorisée dans une saisie, a pour seul effet l'émission d'une sonnerie d'alerte.

-Idem pour toute saisie de valeur hors intervalle autorisé, ou de chaîne de caractères incorrecte.

-Toute saisie est limitée, en dimension, au cadre coloré apparaissant à l'écran.

-Toute saisie doit se terminer par la frappe de la touche "Entrée".

-Toute erreur de saisie constatée avant la frappe de la touche "Entrée" peut être corrigée à l'aide de la touche d'effacement arrière.

-Pour la plupart des saisies d'options, une des options proposées apparaît avec un indice clignotant. Cela signifie que la frappe simple de la touche "Entrée" permet de sélectionner cette option, sans en saisir l'indice.

-Le déroulement du programme peut être interrompu momentanément à tout moment, en particulier lors d'un défilement de liste à l'écran, par la frappe de la touche "Pause", ou par la frappe simultanée des touches "Ctrl" et "Num". Le déroulement reprend après la frappe d'une touche quelconque.

-Le déroulement du programme peut être interrompu définitivement (déconseillé), par la frappe simultanée des touches "Ctrl" et "Arrêt Défil", ou "Ctrl" et "Pause".

-Certaines opérations de gestion des paramètres sont soumises à la saisie préalable d'un mot de passe, qui ne figure pas dans cette notice mais sera communiqué oralement à la personne responsable de l'utilisation du logiciel.

-Les différents menus apparaissant durant le déroulement du programme, sont suffisamment explicites pour permettre l'utilisation de la plupart des procédures. Il est toutefois vivement recommandé de lire la présente notice, avant d'utiliser le logiciel.

## 2 - Présentation des différents menus proposés

### 2.1 - Calcul de simulation et gestion des paramètres

Les valeurs de tous les paramètres gérés sont présentées en annexe 1, dans l'état où ils se trouvent sur les fichiers présents sur les disquettes fournies.

#### 2.1.1 - Retour au menu principal

#### 2.1.2 - Gestion des besoins en eau exprimés au niveau de Bakel

Une fois entré dans ce menu, on n'en sort qu'après avoir fait défiler les sous-menus relatifs à chacun des 5 besoins en eau exprimés à Bakel, à savoir:

- irrigation (sommable)
- crue artificielle (non sommable)
- navigation (non sommable)
- consommation humaine (sommable)
- autres besoins (sommables)

Le caractère sommable ou non sommable des différents besoins, tient au fait que pour satisfaire simultanément plusieurs besoins sommables, il faut fournir un débit supérieur ou égal à la somme des débits demandés; au contraire, la satisfaction simultanée de plusieurs besoins non sommables est obtenue par la fourniture d'un débit seulement supérieur ou égal au plus fort débit demandé.

Pour chacun de ces 5 besoins, les procédures disponibles permettent de gérer un nombre indéfini de scénarios, qui peuvent ensuite être utilisés au choix dans les calculs de simulation. Ces procédures sont les suivantes:

#### 2.1.2.1 - Gestion du type de besoin suivant

#### 2.1.2.2 - Saisie d'un nouveau scénario

##### 2.1.2.2.1 - Cas des besoins en irrigation

Le programme prévoit pour l'irrigation les 8 types de culture suivants, non modifiables: riz d'hivernage; riz de contre-saison; maïs d'hivernage; maïs de contre-saison; fèves; légumes; canne à sucre; tomates.

On saisit successivement les paramètres suivants:

- la superficie irriguée totale, en hectares;
- l'intensité culturelle, par type de culture;
- la répartition en pourcentage des superficies irriguées relatives aux 5 régions suivantes (non modifiables): delta; basse vallée; moyenne vallée; haute vallée; haut bassin;
- l'inverse du coefficient d'efficience de l'irrigation, par type de culture;
- les coefficients d'assoulement relatif, par type de culture et par région;
- les besoins en eau, par type de culture et par mois, exprimés en mètres cubes par hectare;

La saisie de chacun de ces paramètres ou tableaux de paramètres se termine par une demande de validation. En cas de non validation, la saisie reprend pour le paramètre ou le tableau de paramètres concerné.

Les besoins en irrigation interviennent dans les calculs de simulation, sous forme de débits moyens mensuels, calculés à partir des paramètres énumérés ci-dessus.

##### 2.1.2.2.2 - Cas des autres besoins

La saisie d'un scénario se fait sous forme d'un certain nombre de couples date - débit moyen journalier, les dates étant exprimées en format mois.jour. Elle se termine par la frappe de la touche "Entrée", à la place d'une date.

Un tableau annuel des débits moyens journaliers est calculé automatiquement, par interpolation linéaire, à partir du ou des couples ainsi saisis.

#### 2.1.2.2.3 - Remarque

Toute erreur de saisie constatée après la frappe de la touche "Entrée" ne peut être corrigée qu'en terminant la saisie (cas des tableaux) et en refusant la validation.

#### 2.1.2.3 - Impression des scénarios stockés

Les valeurs de tous les paramètres énumérés ci-dessus, correspondant aux différents scénarios existants pour le type de besoin en cause, sont imprimées.

#### 2.1.2.4 - Annulation d'un scénario

Le scénario dont on saisit le numéro d'ordre (à choisir éventuellement à l'aide d'une impression préalable des scénarios stockés), est éliminé du fichier relatif au type de besoin concerné. Ce fichier est réorganisé en conséquence, avec les scénarios subsistants.

#### 2.1.2.5 - Modification d'un scénario

Cette procédure n'est disponible que pour les besoins en irrigation. Elle permet de stocker un nouveau scénario, établi à partir d'un scénario déjà existant dans lequel on peut modifier un ou des paramètres ou tableaux de paramètres, au choix. Le nouveau scénario ainsi créé ne remplace donc pas le scénario existant, mais est au contraire stocké à la suite de tous les scénarios existants.

### 2.1.3 - Gestion des caractéristiques de la retenue

#### 2.1.3.1 - Fin de gestion des caractéristiques de la retenue

#### 2.1.3.2 - Saisie

A l'appel de ce sous menu, si les caractéristiques de la retenue avaient été préalablement saisies, le programme prévient que les anciennes valeurs vont être remplacées par les nouvelles. Il est alors demandé à l'opérateur de confirmer, ou non, sa volonté de saisir.

La saisie commence par les six tableaux de couples suivants, de dimension au choix comprise entre 1 et 14.

- cote dans la retenue (m) - volume de la retenue (Mm<sup>3</sup>)
- cote dans la retenue (m) - superficie de la retenue (km<sup>2</sup>)
- cote dans la retenue (m) - débit évacué maximal (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>), par le déversoir de crues et la vidange de fond (débit obtenu pour l'ouverture maximale de ces organes).
- cote dans la retenue (m) - débit évacué minimal (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>), par le déversoir de crue (débit obtenu pour l'ouverture minimale de cet organe, et la fermeture complète de la vidange de fond).
- cote dans le canal de fuite (m) - débit total évacué du barrage (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)
- chute brute (m) - débit maximal turbinable par groupe (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)

Pour tous ces tableaux, on signale la fin de saisie en frappant directement la touche "Entrée", quand le curseur est placé dans la colonne du premier paramètre, en attente de chiffres.

On saisit ensuite le groupe de quatre paramètres suivants:

- cote maximale admise dans le lac, pour la sécurité des ouvrages
- nombre de groupes équipant l'usine hydroélectrique
- puissance minimale, ou de décrochement, développable par groupe (MW)
- puissance maximale, ou nominale, développée par groupe (MW)

On saisit enfin les deux tableaux suivants:

- moyenne mensuelle d'évaporation nette sur la retenue, exprimée en mm par mois (12 valeurs).
- rendement d'une turbine, exprimé en pourcent, en fonction de la chute brute (m) et du débit turbiné (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>).

Pour ce dernier tableau, on commence par saisir entre 1 et 14 valeurs de chute brute, qui serviront en entrée, en terminant par la frappe simple de la touche "Entrée". On saisit ensuite entre 1 et 14 lignes constituées chacune d'une valeur de débit, et des valeurs de rendement correspondant à ce

débit et aux différentes chutes en entrée. La saisie se termine en tapant directement la touche "Entrée", quand le curseur se trouve placé dans la colonne des débits.

A la fin de chaque saisie de tableau ou groupe de paramètres, l'opérateur doit valider sa saisie pour pouvoir poursuivre. En cas de refus de valider, le programme recommence la saisie en question.

#### 2.1.3.3 - Impression des caractéristiques de la retenue

Les valeurs de tous les paramètres énumérés ci-dessus, sont imprimées.

#### 2.1.3.4 - Calcul de productibles énergétiques

Cette procédure offre la possibilité de connaître la puissance productible en fonction des valeurs de certains paramètres. Les renseignements ainsi obtenus peuvent être ensuite utilisés dans les calculs de simulation, pour définir la contrainte de gestion liée à la production d'électricité.

##### 2.1.3.4.1 - Valeur connue: Niveau de la retenue

Un premier calcul détermine pour ce niveau, dans l'hypothèse de la fermeture totale de la vidange de fond et de l'ouverture minimale des vannes du déversoir de crue, les variables suivantes:

- P puissance maximale productible
- nombre de groupes en marche donnant P
- débit total turbiné donnant P
- débit passant par le déversoir de crue

Un second calcul détermine ensuite la valeur maximale du débit total évacué du barrage, permettant d'obtenir la puissance P.

##### 2.1.3.4.2 - Valeurs connues: Niveau de retenue et débit total évacué

Le calcul détermine pour ce niveau et ce débit total, les variables suivantes:

- puissance maximale productible
- nombre de groupes en marche
- débit turbiné

##### 2.1.3.4.3 - Valeurs connues: niveau de retenue et puissance désirée

Un premier calcul détermine si une puissance supérieure ou égale à la valeur désirée, peut être obtenue pour le niveau de retenue donné, dans l'hypothèse de la fermeture totale de la vidange de fond et de l'ouverture minimale des vannes du déversoir de crue. Dans le cas positif, les valeurs correspondantes des variables suivantes sont indiquées:

- Puissance totale obtenue P (puissance productible minimale, qui soit supérieure ou égale à la puissance désirée; la plupart du temps, cette valeur est égale à la valeur désirée.)

- nombre de groupes en marche
- débit turbiné produisant P
- débit passant par le déversoir de crue

Un second calcul détermine la valeur maximale du débit total évacué du barrage, permettant d'obtenir la puissance P.

#### 2.1.3.5 - Calcul de lâches extrêmes

Cette procédure permet de connaître, pour un niveau quelconque dans le lac, les débits évacués extrêmes correspondants. Le débit minimal correspond au seul débit passant par le déversoir de crue dont les vannes sont ouvertes au minimum, et le débit maximal correspond à l'ouverture maximale de la vidange de fond, des vannes du déversoir de crue, et des vannes commandant l'admission dans les turbines.

#### 2.1.4 - Gestion des paramètres des stations hydrométriques

La gestion en temps réel de la retenue de Manantali, s'appuie sur la connaissance en temps quasi-réel, des débits transitant à un certain nombre de stations , réparties sur le réseau hydrographique et équipées en télétransmission.

Ces stations ne sont pas figées dans SIMULSEN, mais au contraire, gérées entièrement par l'opérateur, qui dispose pour cela des procédures suivantes:

##### 2.1.4.1 - Fin de gestion

##### 2.1.4.2 - Saisie de nouvelle station

Il est demandé de saisir les paramètres suivants:

- numéro de code de la station (composé de 7 chiffres)

Le codage des stations doit vérifier la règle suivante: toute station située en amont d'une autre doit avoir un numéro de code strictement supérieur. Trois numéros de code sont par ailleurs réservés aux trois stations suivantes, qui doivent obligatoirement être saisies pour permettre les calculs de simulation:

- 1000003 : station de Bakel, où sont exprimées les besoins en eau pour la vallée
- 1400021 : station figurant la sortie immédiate de la retenue de Manantali
- 1400023 : station figurant l'entrée immédiate dans la retenue de Manantali.

Une numérotation adéquate (mais non obligatoire) des stations du haut bassin du Sénégal, est proposée dans le tableau n°1:

Tableau n°1 : codage des stations

numéro	station	cours d'eau
1000003	Bakel	Sénégal
1000006	Koungani	Sénégal
1000013	Ambidédi	Sénégal
1000023	Kayes	Sénégal
1000036	Gouina	Sénégal
1000039	Galougo	Sénégal
1000043	Bafoulabé	Sénégal
1000046	Oualia (*)	Bakoye
1000053	Toukoto (*)	Bakoye
1000056	Diangola	Bakoye
1100003	Kidira	Falémé
1100006	Gourbassy (*)	Falémé
1100009	Fadougou (*)	Falémé
1100011	Moussala	Falémé
1200003	Bokediambi	
1300003	Kabaté	
1300023	Nioro	
1400003	Kalé	Bafing
1400006	Deguere	Bafing
1400009	Dibia	Bafing
1400021	Sortie de retenue	Bafing
1400023	Soukoutali (entrée) (*)	Bafing
1400026	Makana (*)	Bafing
1400029	Daka Saidou (*)	Bafing
1400031	Balabori	Bafing
1500003	Siramakana (*)	Baoulé
1500006	Farena	Baoulé
1500009	Missira	Baoulé

(\*) : stations dont les fichiers de débits journaliers sont fournis avec le logiciel.

- Nom de la station: en format libre, sur 15 caractères
- Caractère de station influencée, ou non, par la retenue.

Une station est influencée, ou non, selon qu'elle est située, ou non, à l'aval ou au niveau de la sortie de la retenue.

- Pour une station non influencée, données connues, ou non, pour les calculs de lâchesures du barrage. Cette notion étant un peu délicate à expliquer, nous nous appuierons pour ce faire, sur un exemple:

La chronique des débits observés à la station de Soukoutali, peut représenter celle des débits entrant dans la retenue de Manantali. Ces débits seront donc utilisés à chaque pas de temps de la simulation, pour calculer le niveau dans le lac résultant du débit lâché au niveau du barrage. Par contre, ces débits ne pourront pas être utilisés pour le calcul de ces mêmes lâchesures, si l'on veut simuler de façon exacte la gestion réelle de la retenue. En effet, les débits entrant dans la retenue ne sont pas connus directement, mais peuvent seulement être évalués à partir des stations de l'amont, puisque la station de Soukoutali n'existe plus. On choisira donc pour cette station, l'option "données non connues pour les calculs de lâchesures".

En résumé, disons que pour les stations non influencées, le fait de choisir ou non l'option "données connues", permet de simuler dans les calculs, la connaissance en temps réel, ou non, des débits à cette station.

- coefficient de tarissement K, pour les stations non influencées. Ce coefficient permet d'évaluer, pendant le tarissement, le débit du jour  $j+n$  à partir de celui du jour  $j$ , par:

$$q(j+n) = q(j) * \exp(-K*n)$$

Remarques: on saisit une valeur nulle si on ne connaît pas ce coefficient. Par ailleurs, seul le coefficient relatif à la station située à l'entrée de la retenue, est susceptible d'être utilisé dans la version actuelle du logiciel.

- Caractère de données prévisibles, ou non, à partir de données de station(s) de l'amont.

Choisir le caractère prévisible signifie qu'à tout pas de temps, dans le calcul de simulation, le tableau des débits moyens journaliers de la station, connu jusqu'au pas de temps en question, est extrapolé d'un certain nombre de jours à partir des données de l'amont, par modèle de type "Lamagat".

Les débits des stations influencées par la retenue sont automatiquement considérés comme prévisibles à partir de l'amont.

- Nombre de stations servant au calcul de prévision (1 à 2)

- Dans le cas d'une prévision à partir de deux stations, celle ci est du type:

$$Q = f(Q1(j) + M*Q2(j-D))$$

où  $f$  désigne le modèle de type "Lamagat",  $Q1(j)$  le débit du jour  $j$  à la première station, et  $Q2(j-D)$  le débit du jour  $j-D$  à la deuxième station. Les paramètres  $M$  et  $D$  doivent alors être saisis par l'opérateur (1 et 0 respectivement, dans le cas de l'application habituelle du modèle "Lamagat").

- Les paramètres du modèle "Lamagat", consistant en triplets débit amont ( $m^3s^{-1}$ ) - débit aval ( $m^3s^{-1}$ ) - temps de propagation (jours), dont le nombre doit être compris entre 2 et 30. La saisie de ces triplets se termine en frappant directement la touche "Entrée" quand le curseur se trouve dans la colonne de débit amont.

Remarque: le nombre maximal de stations saisies est de 15.

#### 2.1.4.3 - Impression des stations déjà saisies

Tous les paramètres énumérés ci-dessus, sont imprimés pour chacune des stations figurant dans le fichier.

#### 2.1.4.4 - Elimination d'une station

L'opérateur saisit le rang de la station qu'il désire éliminer du fichier.

#### 2.1.5 - Gestion des limnigrammes de cotes maximales du lac pour le laminage des crues

Un nombre quelconque de ces limnigrammes annuels peut être géré sur fichier, afin de pouvoir être éventuellement utilisés comme contraintes de gestion, au choix, dans les calculs de simulation.

La présente procédure ne sert qu'à la gestion de ces limnigrammes, dont le calcul proprement dit, est exposé plus loin (2.2.8.2).

### 2.1.7.2 - Principes du calcul

A chaque pas de temps, le programme calcule le débit total à lâcher du barrage, en fonction des contraintes de gestion retenues, des débits observés et jugés "connus"- aux stations non influencées, et des éventuelles prévisions de débits pour ces mêmes stations. Il calcule ensuite les débits du jour aux stations influencées.

Chaque contrainte de gestion consiste en un ou plusieurs objectifs, se traduisant par la nécessité de lâcher du barrage un débit total soit supérieur à  $Q_{min}$ , soit inférieur à  $Q_{max}$ , soit les deux, dans un ordre ou dans l'autre. Comme on le verra plus loin, on choisit pour chaque calcul de simulation, un certain nombre de contraintes qui sont classées par ordre de priorité décroissante. A chaque pas de temps du calcul, la prise en compte successive des différentes contraintes, a pour effet de resserrer une fourchette  $[Q_{mini}, Q_{maxi}]$ , dans laquelle doit se situer le débit total à lâcher du barrage. La règle est la suivante:

Les différentes contraintes étant classées par ordre de priorité décroissante, soit  $[Q_{mini}(i-1), Q_{maxi}(i-1)]$  la fourchette de débits extrêmes autorisés, résultant de la prise en compte des contraintes de rang strictement inférieur à  $i$ . La contrainte de rang  $i$  peut consister en l'un des deux (ou les deux) cas suivants:

1er cas : débit total lâché du barrage <  $Q_{max}(i)$

2eme cas : débit total lâché du barrage >  $Q_{min}(i)$

La prise en compte de la contrainte de rang  $i$  se traduit alors par:

1er cas :  $Q_{maxi}(i) = \max(Q_{mini}(i-1), \min(Q_{maxi}(i-1), Q_{max}(i)))$

2eme cas :  $Q_{mini}(i) = \min(Q_{maxi}(i-1), \max(Q_{mini}(i-1), Q_{min}(i)))$

Que la contrainte  $i$  soit compatible ou non avec la fourchette de débits extrêmes résultant de la prise en compte des contraintes précédentes, on voit que la règle est toujours applicable. Simplement, en cas d'incompatibilité ( $Q_{min}(i)$  supérieur à  $Q_{maxi}(i-1)$ , ou bien  $Q_{max}(i)$  inférieur à  $Q_{mini}(i-1)$ ), la fourchette  $[Q_{mini}(i), Q_{maxi}(i)]$  est réduite à une unique valeur, celle se rapprochant au plus de la contrainte de rang  $i$ . Il va sans dire que dans un tel cas, la prise en compte de contraintes supplémentaires est sans aucun effet.

### 2.1.7.3 - Description des contraintes de gestion disponibles

Avant le calcul de simulation proprement dit, l'opérateur doit choisir une liste de contraintes, dont il saisit les numéros d'ordre par priorité décroissante. Deux des contraintes proposées peuvent être saisies deux fois dans la liste. Il s'agit de "Laminage des crues" et "Respect d'une limite inférieure du niveau de la retenue".

La saisie se termine par la frappe directe de la touche "Entrée". Le programme demande alors de valider la liste des contraintes saisies avant de poursuivre. En cas de non validation, on peut saisir une nouvelle liste.

Pour certaines des contraintes choisies, un certain nombre de paramètres doivent être également saisis.

Les contraintes disponibles sont énumérées ci-dessous:

#### 2.1.7.3.1 - Respect des limites physiques imposées par le barrage sur les lâches

Cette contrainte se traduit par la prise en compte de  $Q_{min}$  et  $Q_{max}$ , correspondant respectivement au débit total lâché du barrage dans les deux cas suivants:

- fermeture totale de la vidange de fond; débit turbiné nul; ouverture minimale des vannes de l'évacuateur de crue.

- ouverture maximale de la vidange de fond; ouverture totale des vannes de l'évacuateur de crue; admission maximale de débit dans les turbines.

Cette contrainte doit être obligatoirement placée en première priorité, dans toute simulation prétendant reproduire la gestion réelle de la retenue.

#### 2.1.7.3.2 - Respect du niveau maximal admissible pour la sécurité de la retenue

Cette contrainte évalue  $Q_{min}$ , à partir du niveau du lac à 0 heure, du débit entrant dans la retenue, et de l'évaporation nette, de façon que le niveau à 24 heures ne dépasse pas le niveau limite.

### 2.1.7.3.3 - Respect d'une limite inférieure du niveau de la retenue

Cette contrainte évalue  $Q_{max}$ , à partir du niveau du lac à 0 heure, du débit entrant dans la retenue, et de l'évaporation nette, de façon que le niveau à 24 heures ne passe pas en dessous d'une certaine valeur limite.

La limite inférieure en question peut être choisie constante ou non par l'opérateur. Dans le premier cas, le programme lui demande d'en saisir la valeur. Dans le second, la liste des scénarios disponibles pour les "cotes minimales requises dans la retenue" (voir 2.1.6), est présentée à l'écran. Il faut alors saisir le rang du scénario choisi.

### 2.1.7.3.4 - Laminage des crues (en débits moyens journaliers)

Pour cette contrainte, il faut choisir entre la limitation simple, ou non, du débit lâché.

Dans le premier cas, il faut saisir le seuil de laminage, et choisir la station associée. La contrainte évalue alors uniquement un  $Q_{max}$ , compatible avec le laminage choisi.

Dans le second cas, la liste des scénarios disponibles pour les "limmigrammes de cotes maximales pour le laminage des crues" (voir 2.1.5) est présentée à l'écran. Il faut alors saisir le rang du scénario choisi. La contrainte consiste alors à évaluer, dans ce second cas, un  $Q_{max}$  compatible avec le laminage associé au scénario choisi, puis un  $Q_{min}$  permettant au niveau du lac à 24 heures, de ne pas dépasser la cote correspondante dans le limmigramme associé à ce même scénario.

### 2.1.7.3.5 - Demande de production électrique

Cette contrainte se traduit par l'évaluation systématique d'un  $Q_{min}$ , et éventuellement de deux  $Q_{max}$  successifs, dépendant des choix faits par l'opérateur.

Dans un premier temps, il est demandé de choisir la puissance  $P$  à produire parmi les trois options suivantes:

- $P = \text{maximum productible (fonction du niveau dans le lac)}$
- $P = P_d$  puissance demandée constante
- $P = \text{maximum productible si le niveau dans le lac dépasse le seuil de déversement par évacuateur de crue, et } P_d \text{ demande constante dans le cas contraire.}$

Si l'on choisit le cas 2 ou 3, il faut alors saisir la valeur de  $P_d$ , puissance demandée constante.

Si l'on note  $Q_1$  et  $Q_2$  les valeurs minimale et maximale du débit total évacué du barrage permettant de produire la puissance  $P$ , avec  $Q_1=Q_2=0$  si  $P=0$  (maximum productible) ou si  $P=P_d$  est impossible à produire, alors le calcul se décompose de la façon suivante:

#### 2.1.7.3.5.1 - Calcul du débit total évacué $Q_{min}$

Le programme demande de saisir une valeur pour un seuil de turbinage  $S$ , qui est utilisé ainsi:

Si niveau dans le lac <  $S$  alors  $Q_{min}=0$

Si niveau dans le lac  $\geq S$  alors  $Q_{min}=Q_1$

Remarque: les procédures de "calcul de productibles énergétique" (voir 2.1.3.4) peuvent aider à définir une valeur intéressante pour le seuil  $S$ , en dessous duquel une demande de production électrique peut être jugée trop coûteuse en volume d'eau.

#### 2.1.7.3.5.2 - Calcul systématique éventuel, d'un débit total évacué maximal $Q_{max}$

On a le choix entre les 5 options suivantes:

- pas de calcul de  $Q_{max}$  systématique
- $Q_{max} = 0$  si le niveau dans le lac est inférieur à  $S$
- $Q_{max} = Q_2$
- $Q_{max} = 0$  si le niveau dans le lac est inférieur à  $S$ , et  $Q_2$  sinon
- $Q_{max} = Q_{min}$

2.1.7.3.5.3 - Calcul éventuel, pendant l'étiage, d'un débit total évacué maximal Qmax, compatible avec la production de la puissance demandée jusqu'à la fin de l'étiage

La possibilité de faire ce calcul est offerte, dans le cas où le coefficient de tarissement de la station située à l'entrée de la retenue est connu d'une part, et où la puissance demandée est constante (cas 2 et 3 mentionnés au début du 2.1.7.3.5) d'autre part.

Il faut savoir, si l'on choisit de faire ce calcul, que celui-ci ralentit sensiblement le déroulement de la simulation. Il consiste en effet à reconstituer à chaque pas de temps, par un calcul à rebours, le niveau dans le lac pour tous les jours séparant le jour donné du jour de "fin d'étiage", en considérant que le niveau à 24 heures au jour de fin d'étiage est égal au seuil de turbinage S, en prenant en compte l'évaporation nette, et en évaluant le débit entrant dans le retenue à l'aide du coefficient de tarissement.

Il est demandé de saisir la date qu'on considère comme marquant le début de l'étiage, à partir de laquelle est fait le calcul, ainsi que la date de fin jusqu'à laquelle le respect de Qmax est sensé garantir la production de Pd. Ces deux dates sont saisies en quantièmes.

Il est enfin demandé de choisir entre les deux options suivantes:

- prise en compte systématique des résultats du calcul, sachant que Qmax=0 dans les cas où la production désirée s'avère impossible jusqu'à la fin de l'étiage, compte tenu du niveau dans le lac.
- prise en compte des résultats du calcul, seulement si la production de puissance désirée s'avère possible jusqu'à la fin de l'étiage (Qmax>0)

2.1.7.3.6 - Satisfaction des besoins en eau sommables, exprimés à Bakel

Cette contrainte se traduit par le calcul de Qmin, évalué par itération de façon que la valeur du débit qui en résulte un certain temps après au niveau de Bakel, coïncide avec l'hydrogramme des besoins sommables.

On a le choix entre les deux options suivantes:

- reprise du dernier scénario utilisé dans un calcul de simulation
- saisie d'un nouveau scénario

La deuxième option entraîne la saisie du rang de scénario désiré pour chaque type de besoin sommable.

2.1.7.3.7 - Satisfaction des besoins en eau non sommables, exprimés à Bakel

Mêmes commentaires que pour le 2.1.7.3.6, en remplaçant "sommables" par "non sommables".

2.1.7.3.8 - Egalité stricte entre débit sortant et débit entrant dans la retenue

Cette contrainte se traduit par l'évaluation de Qmin et Qmax, égaux tous deux au débit entrant dans la retenue.

2.1.7.4 - Lancement du calcul de simulation

Avant le lancement du calcul proprement dit, on doit choisir une des deux options suivantes:

- débit total lâché du barrage = Qmini
- débit total lâché du barrage = Qmaxi

Le choix de la première option correspond au cas classique où on lâche un débit correspondant à la valeur basse de la fourchette autorisée, afin d'économiser au maximum le volume d'eau retenue.

On saisit enfin l'année de début et l'année de fin du calcul, et la cote initiale dans le lac. Sachant que par souci de rapidité, il n'est fait aucun test de donnée en lacune pendant la simulation, il est indispensable de lancer le calcul sur une période où les données sont complètes pour toutes les stations non influencées.

A la fin du calcul de simulation, un compte rendu est à la fois stocké en ASCII sur fichier, et imprimé, contenant toutes les indications nécessaires concernant les choix d'options et saisies ayant commandé le calcul.

Chaque calcul de simulation est affecté d'un numéro d'ordre (incrémenté de 1 pour chaque nouveau calcul), qui figure bien entendu sur le compte rendu.

Les fichiers de débits journaliers relatifs aux stations influencées, ainsi que ceux du niveau journalier dans le lac et de la puissance électrique moyenne journalières, tous élaborés au cours de la simulation, constituent les résultats du calcul. Ils peuvent être interprétés à l'aide de la procédure "Exploitation des résultats d'une simulation" (2.2)

Il faut noter que la puissance électrique produite est calculée systématiquement lors d'une simulation, que la contrainte "demande de production électrique" ait été demandée ou non.

## 2.2 - Exploitation des résultats d'une simulation

L'exploitation des résultats proprement dite ne concerne qu'un calcul à la fois, de numéro d'ordre "nnn" dans la suite du texte. Sauf cas particulier (après "réimportation des fichiers relatifs à une simulation"), il s'agit du dernier calcul de simulation effectué.

Les procédures suivantes sont disponibles:

### 2.2.1 - Sortie (retour au menu principal)

### 2.2.2 - Traitement des chroniques obtenues par la simulation nnn

Le programme élabore dans un premier temps, à partir des fichiers de chroniques journalières de débits aux stations influencées, de niveau dans le lac et de puissance électrique produite, les fichiers de répartition en quantiles, valeurs minimales, moyennes et maximales correspondants. Ces fichiers sont destinés à l'interprétation statistique de ces différentes variables.

Ensuite, la fonction de répartition des puissances électriques moyennes annuelles est présentée à l'écran sous forme d'un tableau, qui est également stocké sur le fichier de compte rendu de simulation, à la suite des autres informations.

### 2.2.3 - Evaluation de la satisfaction des besoins pour la simulation nnn

Cette procédure n'est effective que si au moins une contrainte relative à la satisfaction des besoins en eau exprimés au niveau de Bakel a bien été demandée pour la simulation concernée.

Pour chaque type de besoin éventuellement concerné ("sommables" et "non sommables") la procédure détermine les années pour lesquelles les besoins n'ont pas été satisfaits, selon le critère suivant:

Les besoins sont jugés non satisfaits pour une année donnée, si et seulement si il existe au moins un jour de l'année où aucune des deux conditions suivantes n'est réalisée:

$$\begin{aligned} Q &\geq Qd - Ca \\ Q &\geq (1-Cr) * Qd \end{aligned}$$

où sont notés:

Q : débit moyen journalier passé le jour j à Bakel

Qd : débit moyen journalier demandé le jour j à Bakel

Ca : critère de satisfaction absolue du besoin

Cr : critère de satisfaction relative du besoin

Les valeurs par défaut des critères Ca et Cr sont respectivement de 2 m³s-1 et 4 %, mais celles-ci peuvent être modifiées par l'opérateur au début de la procédure.

Les résultats de cette procédure (liste des années en échec au sens des critères retenus, ainsi que pourcentage correspondant du nombre total d'années) sont édités à l'écran et stockés à la suite du fichier de compte-rendu de simulation.

### 2.2.4 - Edition du compte rendu concernant la simulation nnn

L'opérateur a le choix entre une édition à l'écran, et une sortie imprimée.

### 2.2.5 - Sauvegarde des fichiers relatifs à la simulation nnn

L'opérateur doit saisir le nom du répertoire (n'existant pas encore) où vont être stockés les fichiers de chroniques journalières relatifs à la simulation nnn, ainsi que le compte-rendu de simulation.

L'opération, ainsi que le nom du répertoire destinataire, sont mentionnés à la suite du fichier de compte rendu de simulation.

### 2.2.6 - Réimportation de fichiers relatifs à une simulation

Cette procédure est destinée à permettre l'exploitation des résultats d'une simulation d'ordre mmm, autre que la dernière en date d'ordre nnn. Ceci n'est bien sûr possible que pour une simulation d'ordre mmm ayant fait l'objet d'une sauvegarde.

L'opérateur doit saisir le nom du répertoire contenant les fichiers.

Tous les fichiers relatifs à la simulation d'ordre nnn, situés dans le répertoire courant d'exploitation ("RECONST"), sont détruits lors de cette procédure, et donc définitivement perdus s'ils n'ont pas fait l'objet d'une sauvegarde préalable.

### 2.2.7 - Graphiques et tableaux de résultats

Les procédures disponibles peuvent être examinées par groupes de deux, et sont les suivantes:

#### 2.2.7.1 - Graphiques et tableaux de chroniques journalières

On a le choix entre les variables suivantes:

- débits aux stations non influencées
- débits aux stations influencées
- hydrogramme correspondant aux besoins sommables exprimés au niveau de Bakel, si la simulation en cours d'exploitation est concernée
- hydrogramme correspondant aux besoins non sommables exprimés au niveau de Bakel, si la simulation en cours d'exploitation est concernée
- niveau dans le lac
- puissance turbinée
- niveau limite dans le lac (voir 2.2.8), si la liste correspondante n'est pas vide

Dans le cas d'une demande de tableaux (présentés sous forme annuelle), on choisit une des variables dans la liste présentée, puis on saisit l'année de début et l'année de fin d'édition, avant de choisir entre une édition sur fichier et une sortie sur imprimante. Si l'on choisit l'édition sur fichier, il faut saisir le nom de celui-ci, où seront stockés en ASCII les tableaux demandés. Si l'on saisit "CON" à la place d'un nom de fichier, alors l'édition du tableau se fait à l'écran.

Dans le cas d'une demande de graphique, on choisit entre une et trois variables dans la liste, sachant que les variables demandées seront tracées simultanément sur le même graphique. On saisit ensuite l'année désirée pour le début des tracés, puis le nombre de mois par fenêtre, qui déterminera le décalage entre fenêtres de tracé successives. Enfin, on choisit pour l'échelle entre "normale" et "dilatée". Le défilement des fenêtres de tracé successives est obtenu par la frappe de n'importe quelle touche, sauf "Echappement", qui permet de sortir du graphique.

#### 2.2.7.2 - Graphiques et tableaux d'extremums

On a le choix entre les variables suivantes:

- débits aux stations influencées
- niveau dans le lac
- puissance turbinée
- niveau limite dans le lac (voir 2.2.8) si la liste correspondante n'est pas vide.

Toutefois, hormis le "niveau limite dans le lac", ces variables ne sont disponibles que si la procédure de "traitement des chroniques ..." (2.2.2) a déjà été appelée pour la simulation en cours d'exploitation.

Dans le cas d'une demande de tableau, on a le choix comme pour ce qui précède, entre une sortie sur fichier et une sortie imprimée, et on peut diriger la sortie sur l'écran en saisissant "CON" comme nom de fichier.

Pour les graphiques, on saisit le nombre de mois désiré par fenêtre, et on choisit le type d'échelle entre "normale" et "dilatée". On quitte le graphique en tapant la touche "Echappement".

### 2.2.7.3 - Graphiques et tableaux de quantiles

La liste des variables disponibles est la même que pour l'édition des extrêmes (2.2.7.2), avec les mêmes restrictions.

On choisit une des variables disponibles. On choisit ensuite entre une et quatre valeurs de temps de retour parmi une liste proposée, sachant que seront, soit édités en tableaux annuels successifs, soit tracés sur le même graphique annuel, les quantiles correspondant aux valeurs non atteintes et dépassées, pour ces temps de retour.

### 2.2.8 - Traitement des cotes limites dans le lac

L'intérêt de cette procédure, est de faire un calcul de la chronique journalière des cotes minimales ou maximales dans le lac qui, compte tenu de la chronique des débits qui y sont effectivement entrés, de sa géométrie, et de l'évaporation nette, permet de produire une chronique donnée de débit à la sortie du lac, correspondant, au choix, à celle issue de la simulation en cours d'exploitation, ou à une valeur constante.

Selon les contraintes de gestion retenues dans le calcul de simulation, on peut donc ainsi déterminer, par exemple, le limnigramme de cote limite dans le lac permettant de garantir la satisfaction de telle ou telle contrainte sur toute la période.

Exemples:

- Cotes minimales dans le lac, garantissant la possibilité de satisfaire la demande des besoins sommables au niveau de Bakel.

Pour obtenir ce limnigramme limite, on fait dans un premier temps un calcul de simulation avec, comme unique contrainte de gestion, la "satisfaction des besoins en eau sommable", et pour lequel on choisit l'option "débit lâché = Qmini". Ce calcul permet donc d'élaborer un hydrogramme de lâchures permettant de satisfaire à 100% le besoin exprimé, puisqu'il ne tient aucun compte d'autres contraintes ("respect des limites physiques imposées par le barrage sur les lâchures", notamment) qui pourraient le contrarier.

L'application de la procédure de "traitement des cotes limites dans le lac", utilisant l'hydrogramme de lâchures ainsi obtenu, permet de constituer le limnigramme des cotes minimales dans le lac qui garantit la possibilité de reproduire intégralement cet hydrogramme.

Bien entendu, s'il s'avère que les cotes minimales ainsi déterminées dépassent parfois le niveau maximal admissible dans la retenue du point de vue de la sécurité, il faut en déduire que le besoin exprimé est impossible à satisfaire à 100%.

- Cotes minimales dans le lac, garantissant la possibilité de satisfaire la demande des besoins non sommables au niveau de Bakel

Mêmes commentaires que pour les besoins sommables

- Cotes maximales dans le lac, garantissant la possibilité de laminer au mieux, à un seuil donné, les crues au niveau de Bakel.

Pour obtenir ce limnigramme limite, on fait dans un premier temps un calcul de simulation avec, comme unique contrainte de gestion, le "laminage des crues", en choisissant comme options le laminage au niveau de Bakel, la limitation simple du débit lâché, et "débit total lâché = Qmaxi". Ce calcul élabore un hydrogramme de lâchures permettant d'obtenir au niveau de Bakel, un débit constant et égal au seuil de laminage choisi, sauf pour un certain nombre de jours (échecs inévitables) où l'importance des apports sur les affluents non contrôlés ne permet pas d'obtenir le laminage souhaité, même avec des lâchures nulles.

L'application de la procédure de "traitement des cotes limites dans le lac", utilisant l'hydrogramme de lâchures ainsi obtenu, permet de constituer le limnigramme des cotes maximales dans le lac qui garantit la possibilité de reproduire intégralement cet hydrogramme, et donc d'obtenir le laminage demandé, sauf pour les échecs inévitables envisagés plus haut, et dont le nombre est signalé par la procédure (nombre de jours où le débit total lâché est nul).

- Cotes maximales dans le lac, garantissant la possibilité de laminer, à un seuil donné, les crues à la sortie du barrage.

Ce limnigramme est obtenu en appliquant la procédure de "traitement des cotes limites dans le lac", pour une valeur constante de débit total lâché, égale au seuil de laminage choisi.

Les procédures suivantes sont disponibles:

#### 2.2.8.1 - Sortie

#### 2.2.8.2 - Calcul de cotes limites dans le lac

Le calcul s'effectue à rebours, selon un principe exposé en détails dans l'annexe n°2.

Il est demandé dans un premier temps de choisir si l'on veut faire les calculs à partir d'une valeur de lâchure constante (valeur à saisir, dans ce cas), ou à partir de la chronique de lâchures relative à la simulation nnn en cours d'exploitation.

Après quoi, on est amené à faire les choix et saisies suivants:

- Choix d'un calcul de cotes minimales ou maximales dans le lac.
- Compléter si on le désire un commentaire en format libre, contenant des informations caractérisant le calcul, qui sera attaché au fichier de cotes limites dans le lac ainsi créé. Toute procédure (2.1.5, 2.1.6, 2.2.6) amenant à sélectionner une chronique ou un fichier de quantiles ou d'extremums de cotes limites dans le lac, édite ces commentaires à l'écran, et c'est à partir d'eux qu'on effectue le choix. Il est donc important de les rendre suffisamment explicites.
- Date de début de calcul à rebours
- Date de fin de calcul à rebours (antérieure à la date de début, obligatoirement)
- Niveau de la retenue au début du calcul à rebours (c'est à dire à 24 heure, au jour de début de calcul)

Le calcul est alors lancé. Il élabore dans un premier temps le fichier des cotes limites demandées, et indique le nombre de jours où les lâchures sont nulles (échecs inévitables pour le laminage des crues au niveau de Bakel).

Enfin, un traitement statistique de la chronique de cotes limites ainsi créée s'effectue automatiquement, et élabore les fichiers de minimums, moyennes, maximums et quantiles correspondants.

Tous ces fichiers sont conservés sur un répertoire spécial, où ils seront repérés par un numéro d'ordre et le commentaire qui leur est attaché.

Remarque: il s'avère que pour la plupart des calculs, la valeur saisie pour la cote initiale dans le lac n'a d'effet que sur un nombre assez limité de jours, à partir du jour de début de calcul à rebours. Cependant, la valeur ainsi choisie peut avoir un effet non négligeable sur les quantiles de grand temps de retour, pour les cotes limites des jours concernés. Il sera donc judicieux de retenir pour la cote initiale, une valeur proche de la valeur moyenne du même jour, résultant du calcul (accessible avec la procédure "graphiques et tableaux de résultats" (2.2.7)). Il pourra donc être utile de faire plusieurs calculs successifs, en modifiant la cote initiale de façon à finir par obtenir cette condition. La convergence du processus sera accélérée (et ainsi deux calculs suffiront la plupart du temps), en procédant de la façon suivante:

Soient H1 la valeur saisie comme cote initiale pour le calcul, et h1 la valeur moyenne résultant du calcul pour ce même jour. Si N est le nombre d'années sur lequel porte le calcul, alors on prendra comme valeur initiale pour le calcul suivant:

$$H2 = (N*h1-H1)/(N-1)$$

Bien entendu, si on effectue ainsi plusieurs calculs avant d'arriver à une solution satisfaisante, il conviendra d'éliminer les solutions rejetées (2.2.8.3), afin de ne pas encombrer le disque inutilement.

#### 2.2.8.3 - Elimination de cotes limites

La liste des chroniques de cotes limites disponibles est présentée à l'écran, au travers des commentaires qui leur sont attachés. L'opérateur doit saisir le numéro d'ordre de la chronique à éliminer. L'élimination n'est alors faite qu'après validation, par sécurité, du choix effectué.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bader (J.C.) - 1990 - Homogénéisation et complètement de la banque de données hydrométriques du Sénégal en amont de Bakel. Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal. ORSTOM. Dakar

[2] Lamagat (J.P.) - 1989 - Modèle de propagation des crues du fleuve Sénégal - Calage des paramètres. Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal. ORSTOM. Dakar

[3] Anonyme - 1987 - Etude de la gestion des ouvrages communs de l'OMVS - Rapports phase 1, volume 1B - Rapports phase 2, volume 2A - Sir Alexander Gibb & Partners, Electricité de France International, Euroconsult

[4] Anonyme - 1979 - Etude d'exécution du barrage de Manantali - Rapport final - Projet définitif du génie civil - volume 1: mémoire descriptif - Groupement Manantali - Dortmund, Bruxelles, Dakar.

## ANNEXE 1

### VALEURS DES PARAMETRES GÉRÉS PAR SIMULSEN, TELLES QU'ELLES SONT FOURNIES AVEC LE LOGICIEL.

Les valeurs indiquées sont, pour la plupart, tirées directement des rapports [2], [3] et [4]. Certaines, cependant ont été calculées, comme c'est le cas pour les tableaux de débit minimal et maximal évacués du barrage, en fonction de la cote dans le lac, dont le calcul est présenté ci-dessous.

#### Débit maximal évacué, en fonction du niveau dans le lac

Le rapport [4] donne les chiffres suivants (pp 3.6 et 3.7):

capacité maximale de la vidange de fond:

niveau dans le lac (m)	155.28	187.00	208.00	211.17
débit évacué (m³s-1)	0	2551	3397	3508

capacité maximale de l'évacuateur de crues:

niveau dans le lac (m)	202.00	208.00	211.05
débit évacué (m³s-1)	0	2800	4064

De ces chiffres, on déduit la capacité maximale d'évacuation par vidange de fond et évacuateur de crue conjugués, figurant dans le tableau présenté plus bas.

#### Débit minimal évacué, en fonction du niveau dans le lac

Ce débit correspond à celui qui passe par l'évacuateur de crues, dont les vannes secteur sont ouvertes au minimum. On choisit de définir cette ouverture minimale, comme celle qui place la crête du secteur, au moins 27 cm au dessus du plan d'eau.

Le débit passant par les vannes peut alors être évalué grossièrement à partir de la formule de Poncelet, relative aux vannes de fond:

$$Q = N * 0.7 * L * (B-B_0) * \sqrt{2*g*(H-B_0+(B-B_0)/2)}$$

où sont notés:

N : nombre de vanne (= 8)

L : largeur des vannes (= 9 mètres)

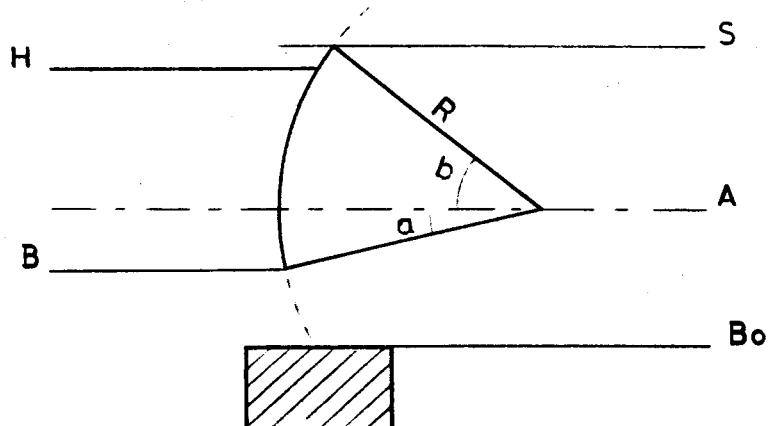
B : cote de la crête inférieure du secteur

B<sub>0</sub>: cote du seuil de déversement (200.00 mètres)

g : accélération de la pesanteur (9.81 ms<sup>-2</sup>)

H : cote du plan d'eau

Les différentes dimensions des vannes, utilisées dans les calculs, sont celles qui sont indiquées dans [4]



$R = 10.00 \text{ m}$   
 $A = 206.50 \text{ m}^2$   
 $S = 208.32 \text{ m}$  (estimé sur plan) pour une vanne fermée

On a les relations suivantes:

$$S = H + 0.27 \rightarrow S - A = R * \sin(b) = H + 0.27 - A$$

$$\rightarrow b = \arcsin((H - A + 0.27)/R) \quad <1>$$

$$A - B = R * \sin(a) \rightarrow B - B_0 = A - B_0 - R * \sin(a) \quad <2>$$

Pour la fermeture de la vanne, on obtient donc:

$$\sin(b) = (208.32 - 206.50)/10 = 0.182 \rightarrow b = 10.49^\circ$$

$$\sin(a) = (206.50 - 202.00)/10 = 0.450 \rightarrow a = 26.74^\circ$$

$$\rightarrow a + b = 37.23^\circ \rightarrow a = 37.23^\circ - b \quad <3>$$

Il suffit alors d'élaborer le tableau suivant, en calculant pour différentes valeurs de  $H$ ,  $b$  à partir de <1>,  $a$  à partir de <3>,  $B - B_0$  à partir de <2>, puis  $Q$  à partir de la formule de Poncelet.

$H$ (m)	$b$ ( $^\circ$ )	$a$ ( $^\circ$ )	$B - B_0$ (m)	$H - B_0$ (m)	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
208.05	10.49	26.74	0.000	6.050	0000
208.50	13.12	24.11	0.415	6.500	0240
209.00	16.08	21.15	0.892	7.000	0543
209.50	19.09	18.14	1.386	7.500	0885
210.00	22.15	15.08	1.898	8.000	1267
210.50	25.28	11.95	2.429	8.500	1690
211.00	28.49	08.74	2.980	9.000	2155
211.50	31.80	05.43	3.554	9.500	2664

IRRIGATION (sommable) : Scenario 1

Superficie irriguée totale (ha): 100000

Intensité culturelle, par type de culture:

riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00

Repartition relative des superficies irriguees, par region:

delta	B. V.	M. V.	H. V.	H. B.
0.360	0.300	0.200	0.090	0.050

Inverse d'efficience d'irrigation, par type de culture:

riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
1.540	1.540	1.540	1.540	1.540	1.820	1.540	1.820

Assolement relatif, par type de culture et par region:

	delta	B. V.	M. V.	H. V.	H. B.
riz hiv	0.570	0.510	0.500	0.300	0.300
riz c.s	0.570	0.510	0.500	0.300	0.300
mais hiv	0.070	0.170	0.300	0.500	0.500
mais c.s	0.070	0.170	0.300	0.500	0.500
feves	0.070	0.170	0.200	0.200	0.200
legumes	0.070	0.170	0.200	0.200	0.200
canne	0.230	0.150	0.000	0.000	0.000
tomates	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000

Besoins mensuels en eau (m<sup>3</sup>.ha-1), par type de culture:

	riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
janv	0.0	0.0	0.0	1339.0	0.0	893.0	1674.0	893.0
fevr	0.0	2518.0	0.0	1596.0	0.0	1596.0	1512.0	1596.0
mars	0.0	3622.0	0.0	1721.0	0.0	2294.0	2232.0	2294.0
avri	0.0	3720.0	0.0	374.0	0.0	2490.0	2700.0	2490.0
mai	0.0	3780.0	0.0	0.0	0.0	744.0	3162.0	744.0
juin	0.0	2707.0	0.0	0.0	800.0	0.0	3060.0	0.0
juil	0.0	572.0	1440.0	0.0	2390.0	0.0	2790.0	0.0
aout	2747.0	0.0	1364.0	0.0	1980.0	0.0	2604.0	0.0
sept	3870.0	0.0	1590.0	0.0	1000.0	0.0	2520.0	0.0
octo	3867.0	0.0	1418.0	0.0	0.0	0.0	2604.0	0.0
nove	2096.0	0.0	199.0	1080.0	0.0	1080.0	2340.0	1080.0
dece	512.0	0.0	0.0	1128.0	0.0	918.0	1860.0	918.0

Besoins mensuels (m<sup>3</sup>.s-1) pour l'irrigation:

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
	25.924	74.114	93.293	94.451	82.328	70.313	65.615	130.726	162.192	147.161	96.217	40.924

le 22-5-1991 a 17H18mn31'59''

IRRIGATION (sommable) : Scenario 2

Superficie irriguée totale (ha): 200000

Intensité culturelle, par type de culture:

riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00

Repartition relative des superficies irriguees, par region:

delta	B. V.	M. V.	H. V.	H. B.
0.360	0.300	0.200	0.090	0.050

Inverse d'efficience d'irrigation, par type de culture:

riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
1.540	1.540	1.540	1.540	1.540	1.820	1.540	1.820

Assolement relatif, par type de culture et par region:

	delta	B. V.	M. V.	H. V.	H. B.
riz hiv	0.570	0.510	0.500	0.300	0.300
riz c.s	0.570	0.510	0.500	0.300	0.300
mais hiv	0.070	0.170	0.300	0.500	0.500
mais c.s	0.070	0.170	0.300	0.500	0.500
feves	0.070	0.170	0.200	0.200	0.200
legumes	0.070	0.170	0.200	0.200	0.200
canne	0.230	0.150	0.000	0.000	0.000
tomates	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000

Besoins mensuels en eau (m<sup>3</sup>.ha-1), par type de culture:

	riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
janv	0.0	0.0	0.0	1339.0	0.0	893.0	1674.0	893.0
fevr	0.0	2518.0	0.0	1596.0	0.0	1596.0	1512.0	1596.0
mars	0.0	3622.0	0.0	1721.0	0.0	2294.0	2232.0	2294.0
avri	0.0	3720.0	0.0	374.0	0.0	2490.0	2700.0	2490.0
mai	0.0	3780.0	0.0	0.0	0.0	744.0	3162.0	744.0
juin	0.0	2707.0	0.0	0.0	800.0	0.0	3060.0	0.0

sept	3870.0	0.0	1590.0	0.0	1000.0	0.0	3520.0	0.0
octo	3867.0	0.0	1418.0	0.0	0.0	0.0	2604.0	0.0
nove	2096.0	0.0	199.0	1080.0	0.0	1080.0	2340.0	1080.0
dece	512.0	0.0	0.0	1128.0	0.0	918.0	1860.0	918.0

besoins mensuels (m<sup>3</sup>.s-1) pour l'irrigation:

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
	51.848	148.229	186.587	188.902	164.656	140.626	131.229	261.452	324.385	294.322	192.434	81.849

le 22-5-1991 a 17H18mn34'50''

IRRIGATION (sommable) : Scenario 3

Superficie irriguee totale (ha): 300000

Intensite culturale, par type de culture:

riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00

Repartition relative des superficies irriguees, par region:

delta	B. V.	M. V.	H. V.	H. B.
0.360	0.300	0.200	0.090	0.050

Inverse d'efficience d'irrigation, par type de culture:

riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
1.540	1.540	1.540	1.540	1.540	1.820	1.540	1.820

Assolement relatif, par type de culture et par region:

delta	B. V.	M. V.	H. V.	H. B.	
riz hiv	0.570	0.510	0.500	0.300	0.300
riz c.s	0.570	0.510	0.500	0.300	0.300
mais hiv	0.070	0.170	0.300	0.500	0.500
mais c.s	0.070	0.170	0.300	0.500	0.500
feves	0.070	0.170	0.200	0.200	0.200
legumes	0.070	0.170	0.200	0.200	0.200
canne	0.230	0.150	0.000	0.000	0.000
tomates	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000

Besoins mensuels en eau (m<sup>3</sup>.ha-1), par type de culture:

riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates	
janv	0.0	0.0	0.0	1339.0	0.0	893.0	1674.0	893.0
fevr	0.0	2518.0	0.0	1596.0	0.0	1596.0	1512.0	1596.0
mars	0.0	3622.0	0.0	1721.0	0.0	2294.0	2232.0	2294.0
avri	0.0	3720.0	0.0	374.0	0.0	2490.0	2700.0	2490.0
mai	0.0	3780.0	0.0	0.0	0.0	744.0	3162.0	744.0
juin	0.0	2707.0	0.0	0.0	800.0	0.0	3060.0	0.0
juil	0.0	572.0	1440.0	0.0	2390.0	0.0	2790.0	0.0
aout	2747.0	0.0	1364.0	0.0	1980.0	0.0	2604.0	0.0
sept	3870.0	0.0	1590.0	0.0	1000.0	0.0	2520.0	0.0
octo	3867.0	0.0	1418.0	0.0	0.0	0.0	2604.0	0.0
nove	2096.0	0.0	199.0	1080.0	0.0	1080.0	2340.0	1080.0
dece	512.0	0.0	0.0	1128.0	0.0	918.0	1860.0	918.0

besoins mensuels (m<sup>3</sup>.s-1) pour l'irrigation:

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
	77.772	222.343	279.880	283.354	246.985	210.939	196.844	392.178	486.577	441.483	288.652	122.773

le 22-5-1991 a 17H18mn37'47''

IRRIGATION (sommable) : Scenario 4

Superficie irriguee totale (ha): 0

Intensite culturale, par type de culture:

riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00

Repartition relative des superficies irriguees, par region:

delta	B. V.	M. V.	H. V.	H. B.
0.360	0.300	0.200	0.090	0.050

Inverse d'efficience d'irrigation, par type de culture:

riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
1.540	1.540	1.540	1.540	1.540	1.820	1.540	1.820

Assolement relatif, par type de culture et par region:

delta	B. V.	M. V.	H. V.	H. B.	
riz hiv	0.570	0.510	0.500	0.300	0.300
riz c.s	0.570	0.510	0.500	0.300	0.300
mais hiv	0.070	0.170	0.300	0.500	0.500
mais c.s	0.070	0.170	0.300	0.500	0.500
feves	0.070	0.170	0.200	0.200	0.200
legumes	0.070	0.170	0.200	0.200	0.200

Besoins mensuels en eau (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>), par type de culture:

	riz hiv	riz c.s	mais hiv	mais c.s	feves	legumes	canne	tomates
janv	0.0	0.0	0.0	1339.0	0.0	893.0	1674.0	893.0
fevr	0.0	2518.0	0.0	1596.0	0.0	1596.0	1512.0	1596.0
mars	0.0	3622.0	0.0	1721.0	0.0	2294.0	2232.0	2294.0
avri	0.0	3720.0	0.0	374.0	0.0	2490.0	2700.0	2490.0
mai	0.0	3780.0	0.0	0.0	0.0	744.0	3162.0	744.0
juin	0.0	2707.0	0.0	0.0	800.0	0.0	3060.0	0.0
juil	0.0	572.0	1440.0	0.0	2390.0	0.0	2790.0	0.0
aout	2747.0	0.0	1364.0	0.0	1980.0	0.0	2604.0	0.0
sept	3870.0	0.0	1590.0	0.0	1000.0	0.0	2520.0	0.0
octo	3867.0	0.0	1418.0	0.0	0.0	0.0	2604.0	0.0
nove	2096.0	0.0	199.0	1080.0	0.0	1080.0	2340.0	1080.0
dece	512.0	0.0	0.0	1128.0	0.0	918.0	1860.0	918.0

besoins mensuels (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) pour l'irrigation:

janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

le 22-5-1991 a 17H18mn53'29''

CRUE ARTIFICIELLE (non sommable) : Scenario 1

date	01.01	31.07	01.08	04.09	15.09	20.09	01.10
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0.0	0.0	300.0	500.0	2500.0	2500.0	1500.0

date	26.10	15.11	16.11	31.12			
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	300.0	300.0	0.0	0.0			

le 22-5-1991 a 17H19mn37'67''

CRUE ARTIFICIELLE (non sommable) : Scenario 2

date	01.01	31.07	01.08	02.09	15.09	20.09	04.10
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0.0	0.0	300.0	488.0	2750.0	2750.0	1500.0

date	29.10	15.11	16.11	31.12			
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	300.0	300.0	0.0	0.0			

le 22-5-1991 a 17H19mn38'55''

CRUE ARTIFICIELLE (non sommable) : Scenario 3

date	01.01	31.07	01.08	31.08	15.09	20.09	07.10
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0.0	0.0	300.0	476.0	3000.0	3000.0	1500.0

date	01.11	15.11	16.11	31.12			
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	300.0	300.0	0.0	0.0			

le 22-5-1991 a 17H19mn39'4''

CRUE ARTIFICIELLE (non sommable) : Scenario 4

date	01.01	31.12	
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0.0	0.0	

le 22-5-1991 a 17H20mn7'82''

NAVIGATION (non sommable) : Scenario 1

date	01.01	31.12	
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	100.0	100.0	

le 22-5-1991 a 17H20mn8'4''

NAVIGATION (non sommable) : Scenario 2

date	01.01	31.12	
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	200.0	200.0	

le 22-5-1991 a 17H20mn8'32''

NAVIGATION (non sommable) : Scenario 3

date : 01.01 31.12  
debit (m3.s-1) : 300.0 300.0

le 22-5-1991 a 17H20mn8'54''

NAVIGATION (non sommable) : Scenario 4

date : 01.01 31.12  
debit (m3.s-1) : 0.0 0.0

le 22-5-1991 a 17H20mn14'85''

CONSOMMATION HUMAINE (sommable) : Scenario 1

date : 01.01 31.12  
debit (m3.s-1) : 15.0 15.0

le 22-5-1991 a 17H20mn15'24''

CONSOMMATION HUMAINE (sommable) : Scenario 2

date : 01.01 31.12  
debit (m3.s-1) : 25.0 25.0

le 22-5-1991 a 17H20mn15'57''

CONSOMMATION HUMAINE (sommable) : Scenario 3

date : 01.01 31.12  
debit (m3.s-1) : 0.0 0.0

le 22-5-1991 a 17H20mn27'27''

AUTRES BESOINS (sommables) : Scenario 1

date : 01.01 31.12  
debit (m3.s-1) : 5.0 5.0

le 22-5-1991 a 17H20mn27'54''

AUTRES BESOINS (sommables) : Scenario 2

date : 01.01 31.12  
debit (m3.s-1) : 0.0 0.0

COURBES DE REMPLISSAGE DE LA RETENUE:

Cote (m)	150.00	170.00	175.00	180.00	187.50	200.00	208.00	213.00	220.00
volume (Mm <sup>3</sup> )	0	750	1400	2150	3700	7700	11270	14350	17650

Cote (m)	150.00	170.00	175.00	180.00	187.50	200.00	208.00	213.00	220.00
Superficie (km <sup>2</sup> )	0	80	140	240	280	410	477	535	605

EVACUATION MAXIMALE PAR DEVERSOIR ET VIDANGE DE FOND:

Cote amont (m)	150.00	155.28	165.00	175.00	187.00	202.00	208.00	211.17
Debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0	0	1120	1890	2551	3180	6197	7622

EVACUATION MINIMALE PAR DEVERSOIR:

Cote amont (m)	150.00	208.05	208.50	209.00	209.50	210.00	210.50	211.00	211.50
Debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0	0	240	543	885	1267	1690	2155	3664

LOI HAUTEUR-DEBIT EN AVAL DU BARRAGE:

cote (m)	153.70	155.50	157.00	158.20	159.00	159.70	160.20	160.50	161.00	161.50	162.00
debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0	555	1100	1665	2070	2500	2800	3110	3645	4325	4480

DEBIT MAXIMAL TURBINE PAR GROUPE:

Chute (m)	11.30	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00	40.00
Debit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	0	95	97	101	104	108	111	112	113

COTE MAXIMALE ADMISE DANS LA RETENUE (m): 210.50

NOMBRE DE GROUPES EQUIPANT L'USINE: 5

PUISSSANCE MINIMALE (DECROCHEMENT) DEVELOPPEE PAR GROUPE (MW): 20.00

PUISSSANCE MAXIMALE (NOMINALE) DEVELOPPEE PAR GROUPE (MW): 40.00

EVAPORATION NETTE (mm) MENSUELLE:

mois	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
Evaporation	156	184	234	234	204	98	-92	-181	-60	48	96	99

RENDEMENT (%) D'UNE TURBINE, FONCTION DE LA CHARGE (m) ET DU DEBIT (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>):

Charge-->	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00	40.00	45.00	50.00
debit										
V										
100.00	83.00	84.00	85.00	86.00	87.00	88.00	89.00	90.00	90.00	90.00

Decalage de temps entre previseurs : 0  
Coeff multiplicateur du previseur 2 : 1.00

debit amont (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	10.0	17.0	29.0	50.0	59.0	69.0	80.0	
debit aval (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	10.0	19.0	31.0	51.0	58.0	64.0	78.0	
temps de propagation (jour):		4.0	5.5	8.5	7.5	7.0	5.0	3.5	
debit amont (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	100.0	134.0	145.0	172.0	205.0	227.0	244.0	285.0
debit aval (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	99.0	125.0	135.0	166.0	188.0	210.0	222.0	263.0
temps de propagation (jour):		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
debit amont (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	301.0	381.0	405.0	425.0	444.0	523.0	563.0	621.0
debit aval (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	277.0	353.0	380.0	399.0	430.0	521.0	554.0	595.0
temps de propagation (jour):		2.0	2.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0
debit amont (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	664.0	685.0	1000.0	2000.0	2500.0	3000.0	3500.0	
debit aval (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	649.0	681.0	1040.0	2207.0	2710.0	3365.0	3955.0	
temps de propagation (jour):		1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	

Parametres de la station hydrometrique de rang 8 :

---

numero : 1000003  
Nom : Bakel  
Station influencee par la retenue : OUI  
Donnees connues pour les calculs : NON  
Coefficient de tassement : non defini  
Debits previsibles par modele type : "LAMAGAT"  
Numeros des deux stations previseurs: 1000023 et 1100006  
Decalage de temps entre previseurs : 0  
Coeff multiplicateur du previseur 2 : 1.00

debit amont (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	0.0	10.0	20.0	29.0	40.0	50.0	58.0	
debit aval (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	0.0	8.0	14.0	21.0	35.0	48.0	61.0	
temps de propagation (jour):		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	
debit amont (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	69.0	79.0	91.0	200.0	300.0	500.0	850.0	1180.0
debit aval (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	75.0	88.0	107.0	244.0	355.0	575.0	970.0	1355.0
temps de propagation (jour):		2.5	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
debit amont (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	2150.0	3050.0	3500.0	3810.0	5000.0			
debit aval (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	:	2530.0	3500.0	4080.0	4500.0	5720.0			
temps de propagation (jour):		1.0	1.5	1.5	1.5	3.5			

## ANNEXE 2

### CALCUL DES COTES LIMITES DANS LE LAC, PERMETTANT LA REALISATION D'UNE CHRONIQUE DONNEE DE LACHURES (2.2.7.2).

On adopte les notations suivantes:

- $V_a(j)$  : ( $m^3$ ) volume des apports dans la retenue, le jour  $j$  entre 0 et 24 heures  
 $V_{lim}(j)$  : ( $m^3$ ) volume correspondant au débit de lâchure du jour  $j$  dans la chronique donnée  
 $V_l(j)$  : ( $m^3$ ) volume effectivement lâché le jour  $j$   
 $V(j)$  : ( $m^3$ ) volume de la retenue au jour  $j$  à 24 heures  
 $H_{max}(v)$  : ( $m$ ) cote maximale dans la retenue, permettant d'évacuer un volume  $v$  pendant 24 heures.  
                  Au dessus de cette cote, le volume évacué est forcément supérieur.  
 $H_{min}(v)$  : ( $m$ ) cote minimale dans la retenue, permettant d'évacuer un volume  $v$  pendant 24 heures.  
                  Au dessous de cette cote, le volume évacué est forcément inférieur à  $v$ .  
 $Vol(H)$  : ( $m^3$ ) volume de la retenue, pour une cote  $H$   
 $V_{max}$  : ( $m^3$ ) volume maximal admissible, du point de vue de la sécurité, dans la retenue.  
 $I_e(j)$  : ( $m.jour^{-1}$ ) intensité d'évaporation nette pendant le jour  $j$   
 $Surf(H)$  : ( $m^2$ ) surface de la retenue pour une cote  $H$   
 $H(V)$  : ( $m$ ) cote de la retenue correspondant à un volume  $V$  de celle ci.

Le bilan de volume dans la retenue s'exprime de la façon suivante:

$$V(j) = V(j-1) + V_a(j) - V_l(j) - I_e(j) * Surf(H(V(j))) \quad [1]$$

1er cas : calcul du niveau maximal dans le lac, compatible avec la chronique de lâchures maximales souhaitée.

On doit calculer ici, le niveau maximal à 0 heure, permettant au volume lâché le jour  $j$ , de ne pas dépasser  $V_{lim}(j)$

$$V_l(j) \leq V_{lim}(j) \quad [2]$$

$$[1] \text{ et } [2] \rightarrow V(j-1) \leq V(j) - V_a(j) + I_e(j) * Surf(H(V(j))) + V_{lim}(j) \quad [3]$$

Par ailleurs, le niveau moyen dans la journée doit être inférieur au niveau qui, dépassé, entraîne l'évacuation d'un volume supérieur à  $V_{lim}(j)$ . Ceci se traduit par:

$$H((V(j)+V(j-1))/2) \leq H_{max}(V_{lim}(j))$$

$$\Leftrightarrow (V(j)+V(j-1))/2 \leq Vol(H_{max}(V_{lim}(j)))$$

$$\Leftrightarrow V(j-1) \leq 2 * Vol(H_{max}(V_{lim}(j))) - V(j) \quad [4]$$

Enfin, le volume doit rester inférieur au volume maximal admissible:

$$V(j-1) \leq V_{max} \quad [5]$$

[3], [4] et [5] donnent finalement:

$$V(j-1) = \min[V_{max}, [V(j) - V_a(j) + I_e(j) * Surf(H(V(j))) + V_{lim}(j)], [2 * Vol(H_{max}(V_{lim}(j))) - V(j)]]$$

2eme cas: calcul du niveau minimal dans le lac, compatible avec la chronique de lâchures minimales souhaitée.

On doit calculer ici, le niveau minimal à 0 heure, permettant au volume lâché le jour  $j$ , d'atteindre  $V_{lim}(j)$

$$V_l(j) \geq V_{lim}(j) \quad [6]$$

[1] et [6]  $\rightarrow V(j-1) \geq V(j) - Va(j) + le(j) * Surf(H(V(j))) + Vlim(j)$  [7]

Par ailleurs, le niveau dans la journée doit être supérieur au niveau qui, non atteint, entraîne l'évacuation d'un volume forcément inférieur à  $Vlim(j)$ . Ceci se traduit par:

$$H((V(j)+V(j-1))/2) \geq Hmin(Vlim(j))$$

$$\Leftrightarrow (V(j)+V(j-1))/2 \geq Vol(Hmin(Vlim(j)))$$

$$\Leftrightarrow V(j-1) \geq 2 * Vol(Hmin(Vlim(j))) - V(j) \quad [8]$$

[7] et [8] donnent finalement:

$$V(j-1) = \max[V(j) - Va(j) + le(j) * Surf(H(V(j))) + Vlim(j), 2 * Vol(Hmin(Vlim(j))) - V(j)]$$

Conclusion:

Dans les deux cas, on voit que  $V(j-1)$  peut être estimé à partir de  $V(j)$ . Le niveau limite à 0 heure du jour  $j$ , donné par  $H(V(j-1))$ , peut donc être évalué de façon itérative, dans le sens inverse du sens chronologique.

### ANNEXE 3

#### PRESENTATION DE QUELQUES RESULTATS , A TITRE D'EXEMPLES D'UTILISATION DE SIMULSEN

Les résultats présentés ici ont été obtenus avec les valeurs de paramètres données en annexe 1.

On trouvera dans un premier temps, une série de graphiques (voir 2.2.7.3) de quantiles pour différentes chroniques de cotes limites dans le lac, garantissant la satisfaction des objectifs suivants:

Cotes minimales requises pour:

- 1 - irrigation de 100000 hectares, et demande de 15 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> pour consommation humaine
- 2 - Crue "Gibb A", et 200 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> garantis pour la navigation (satisfaction impossible à garantir)
- 3 - irrigation de 200000 hectares, et demande de 15 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> pour consommation humaine
- 4 - irrigation de 300000 hectares, et demande de 15 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> pour consommation humaine
- 5 - irrigation de 300000 hectares, et demande de 25 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> pour la consommation humaine
- 6 - irrigation de 200000 hectares, et demande de 25 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> pour la consommation humaine
- 7 - Crue "Gibb A"
- 8 - Crue "Gibb B"
- 9 - Crue "Gibb C"

Cotes maximales requises pour:

- 10- laminage des crues au seuil 5000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, au niveau de Bakel
- 11- laminage des crues au seuil 4500 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, au niveau de Bakel
- 12- laminage des crues au seuil 4800 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, au niveau de Bakel
- 13- laminage des crues au seuil 4200 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, au niveau de Bakel
- 14- laminage des crues au seuil 1000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, au niveau de la sortie du lac
- 15- laminage des crues au seuil 1500 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, au niveau de la sortie du lac
- 16- laminage des crues au seuil 1250 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, au niveau de la sortie du lac

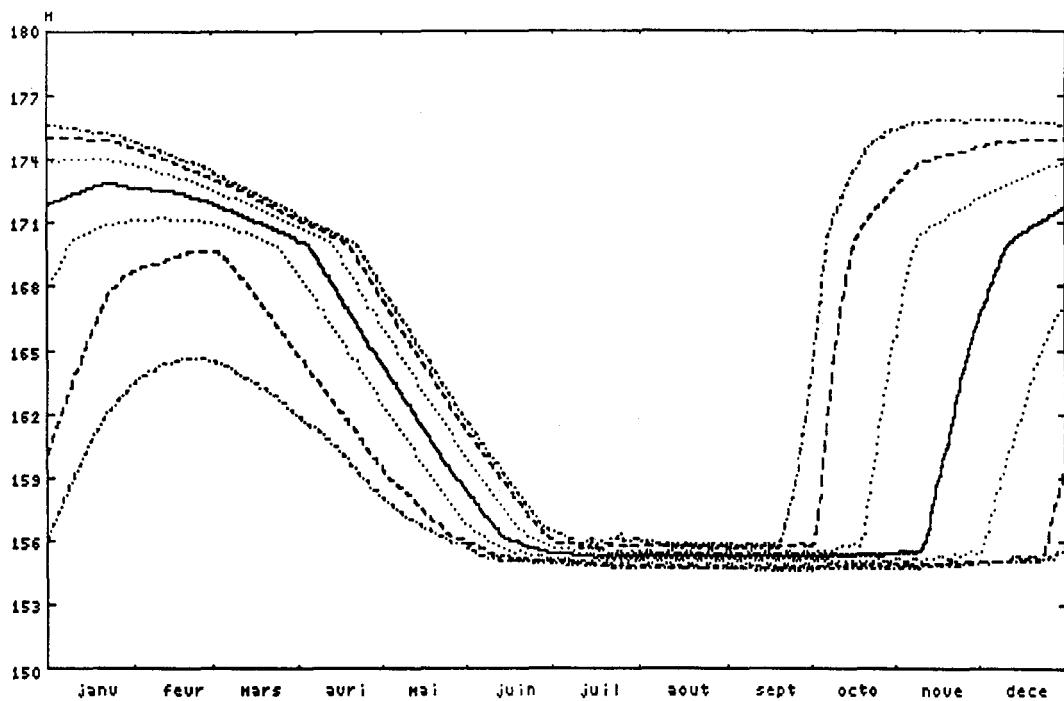
Remarque: les fichiers relatifs à ces différentes chroniques de cotes limites sont fournis avec le logiciel.

Enfin, les résultats d'un calcul de simulation particulier sont présentés, au travers du compte rendu correspondant (n° 135), et de diverses sorties graphiques.

HMin, SIMUL 1, Irrig 100000 Ha, Cons Hum 15 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>

Cote lim 1

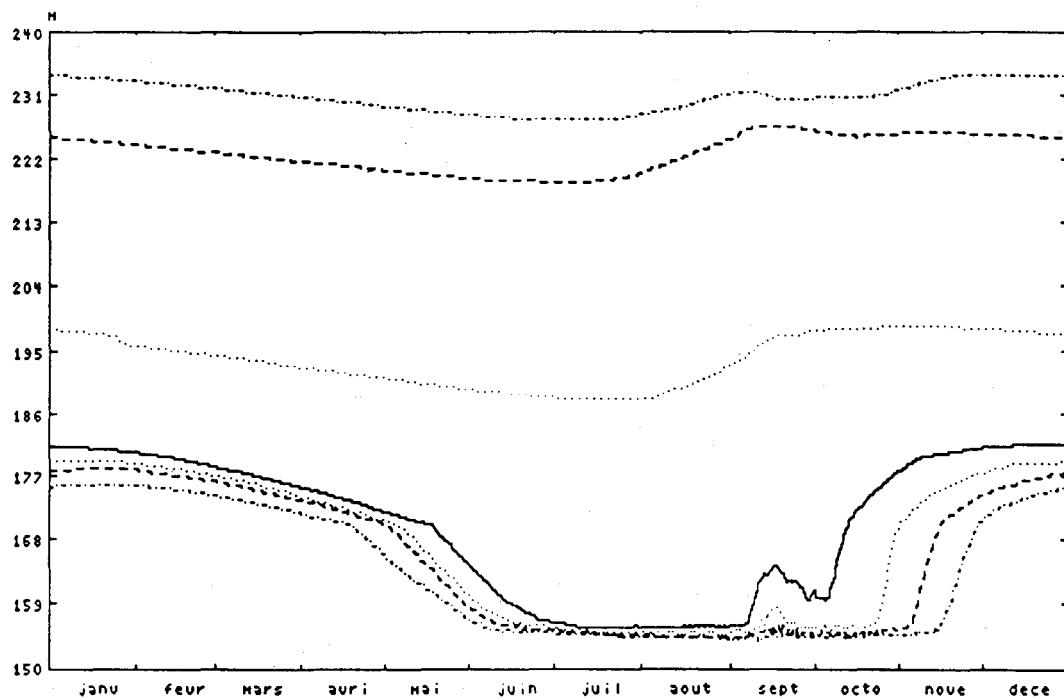
temps de retour: —— 2 ans ······ 5 ans - - - - 25 ans - - - - - 100 ans



HMin, SIMUL 4, Crue Gibb A, Navigation 200 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>

Cote lim 2

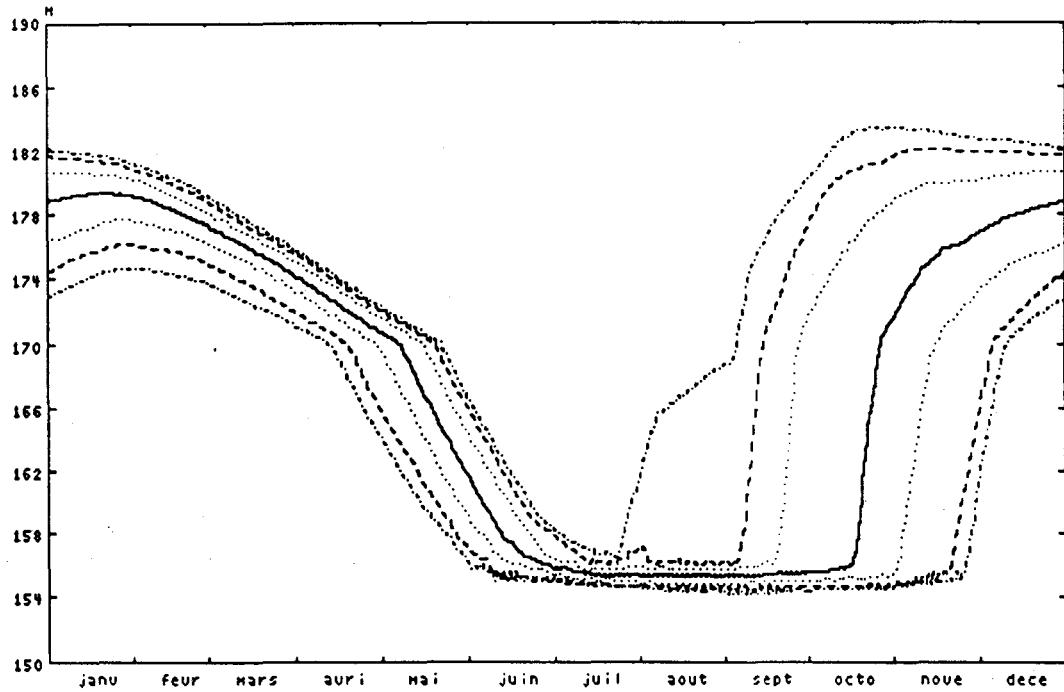
temps de retour: —— 2 ans ······ 5 ans - - - - 15 ans - - - - - 100 ans



Hmin, Simul 5, Irrig 200000 Ha, Cons HUM 15 M3s-1

Cote lim 3

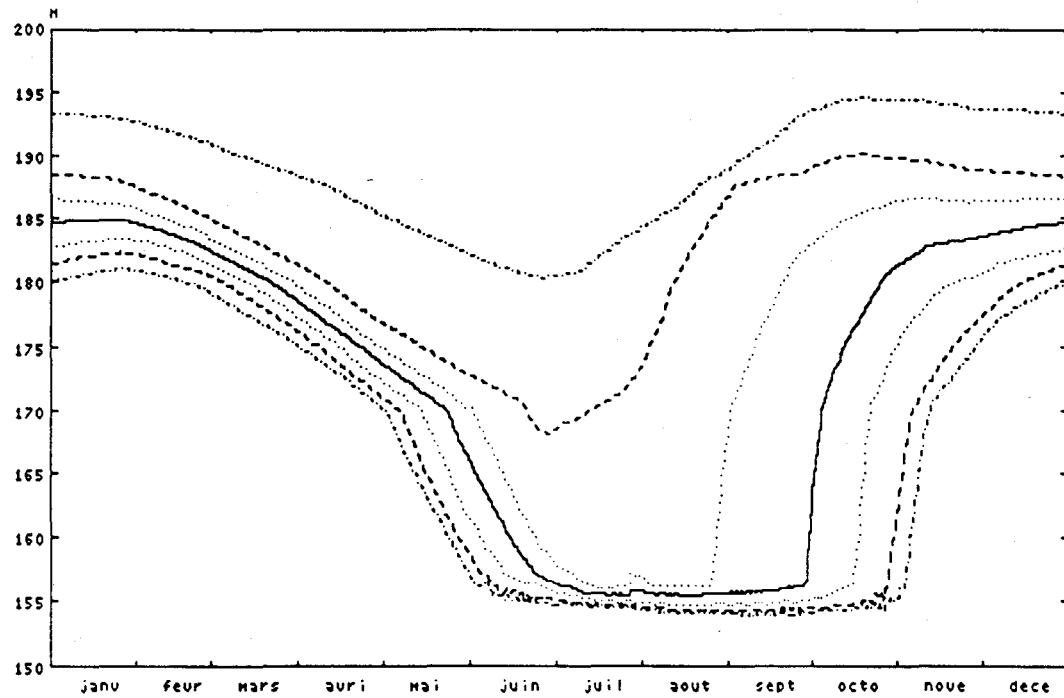
temps de retour: —— 2 ans ······ 5 ans - - - - 25 ans ······ 100 ans



Hmin, Simul 7, Irrig 300000 Ha, Cons HUM 15 M3s-1

Cote lim 4

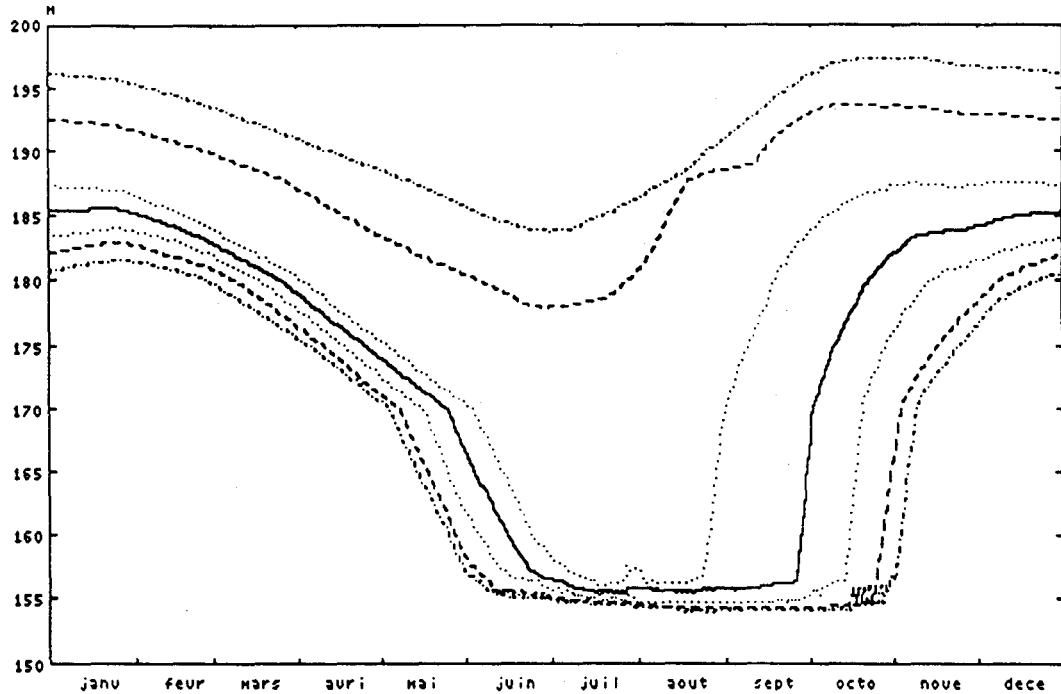
temps de retour: —— 2 ans ······ 5 ans - - - - 25 ans ······ 100 ans



Hmin, SIMUL 9, Irrig 300000 Ha, Cons HUM 25 M3s-1

Cote lim 5

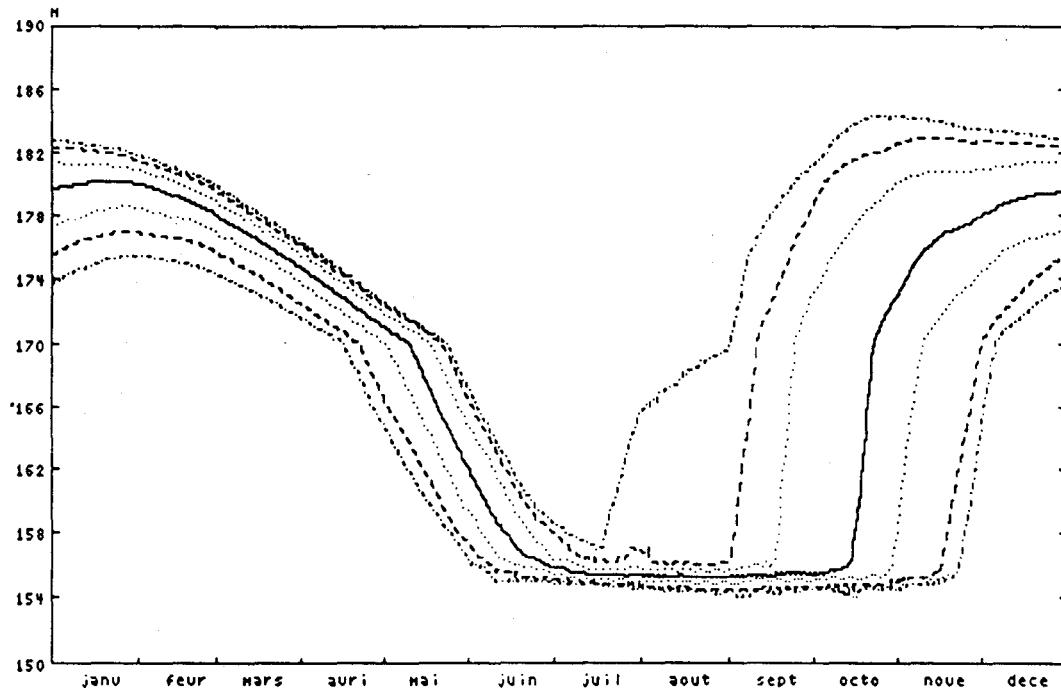
Temps de retour: — 2 ans ..... 5 ans ----- 25 ans ..... 100 ans



Hmin, SIMUL 12, Irrig 200000 Ha, Cons HUM 25 M3s-1

Cote lim 6

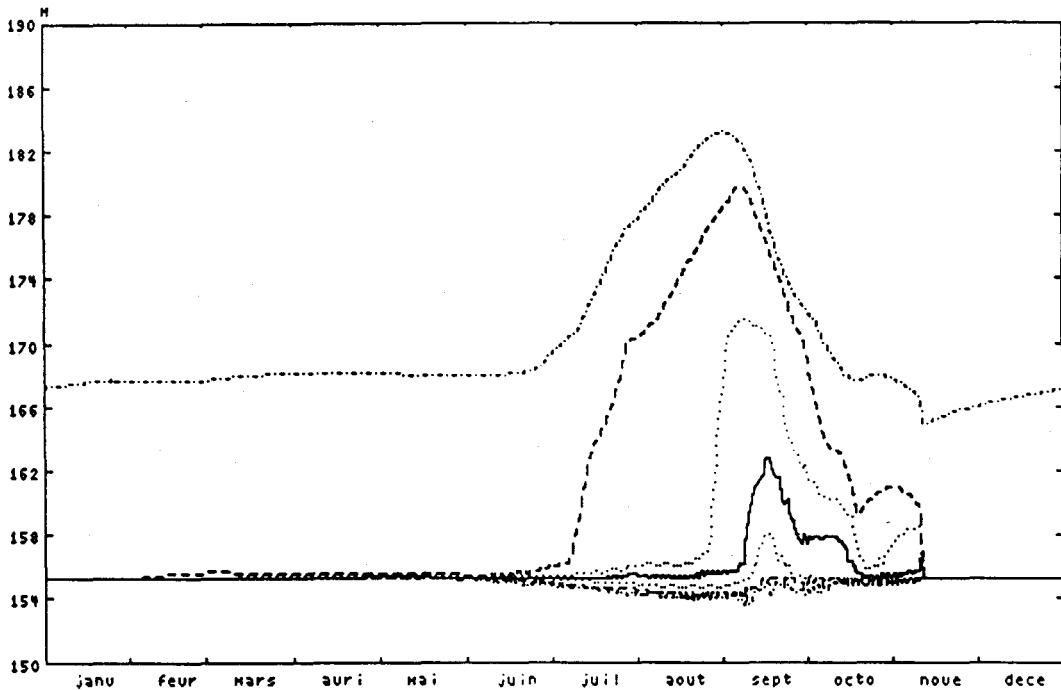
Temps de retour: — 2 ans ..... 5 ans ----- 25 ans ..... 100 ans



Hmin, Simul 13, Crue Gibb A

Cote lim 7

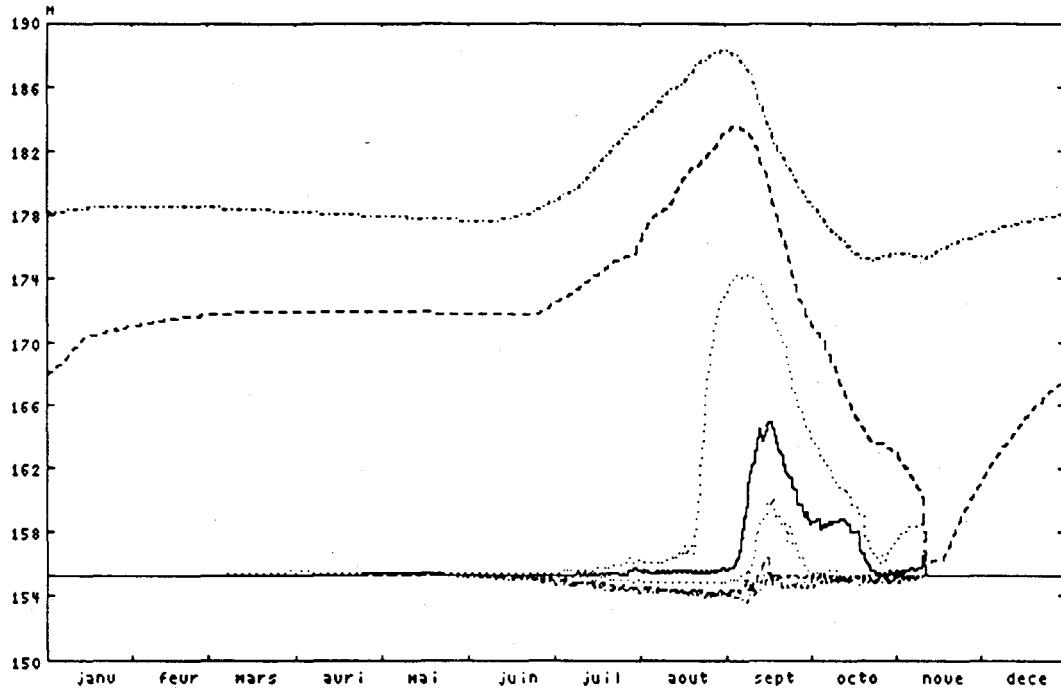
temps de retour: —— 2 ans ..... 5 ans ----- 25 ans ..... 100 ans



Hmin, Simul 14, Crue Gibb B

Cote lim 8

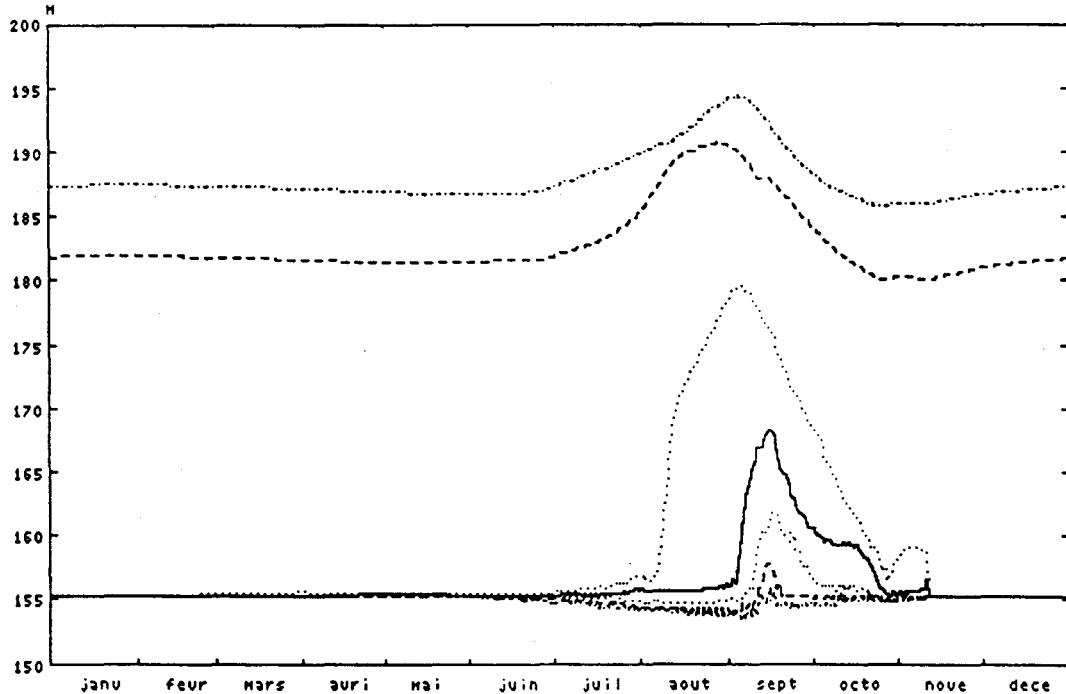
temps de retour: —— 2 ans ..... 5 ans ----- 25 ans ..... 100 ans



Hmin, SIMUL 15, Crue Gibb C

Cote lim 9

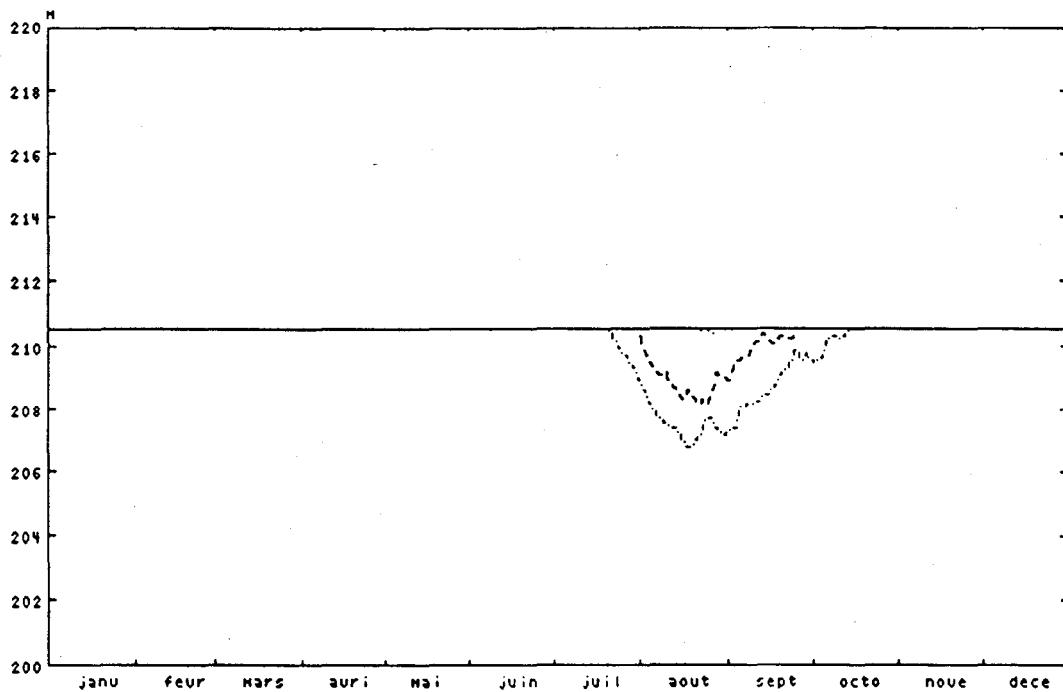
Temps de retour: — 2 ans ······ 5 ans - - - - 25 ans - - - - 100 ans



Hmax, SIMUL 21, Laminage Bakel 5000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>

Cote lim 10

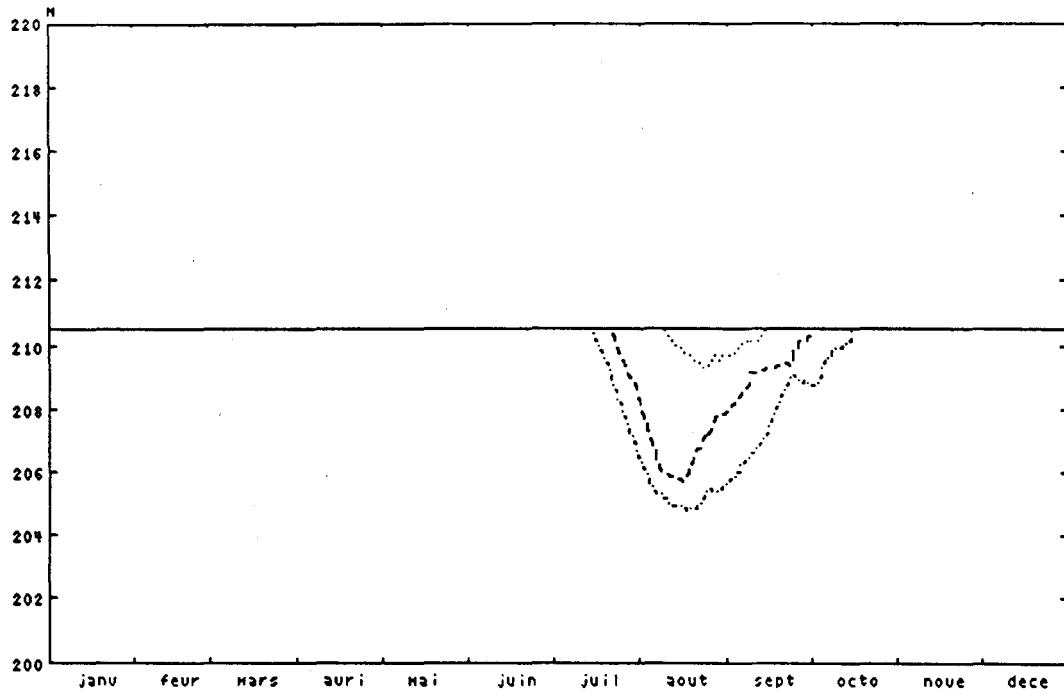
Temps de retour: — 2 ans ······ 5 ans - - - - 25 ans - - - - 100 ans



Hmax, Simul 22, Laminage Bakel 4500 M3s-1

Cote lim 11

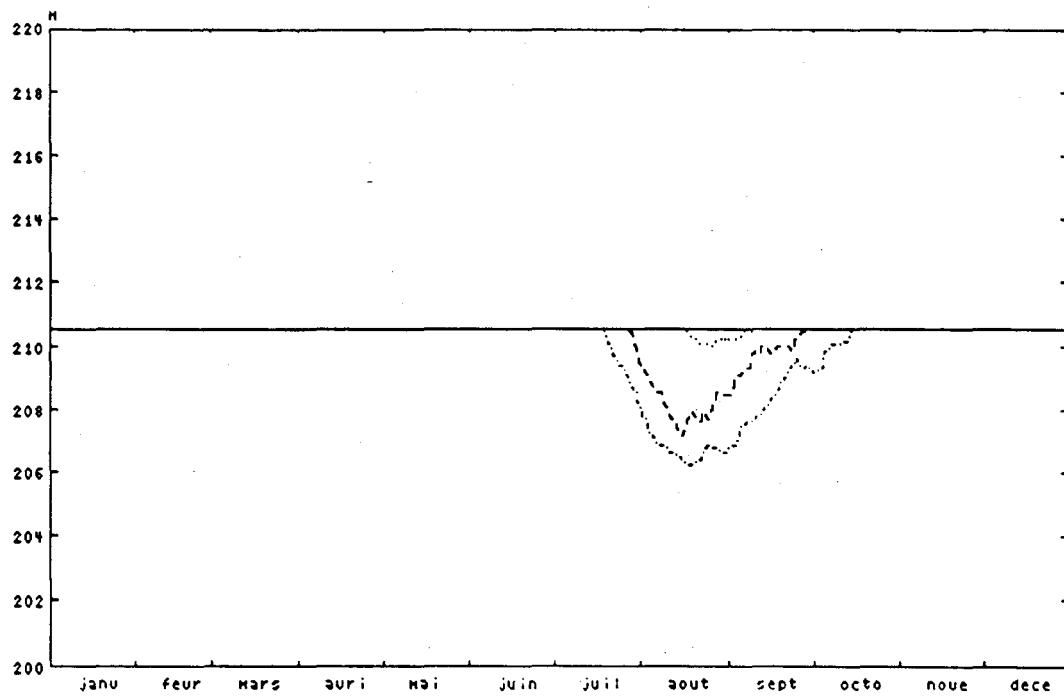
Temps de retour: —— 2 ans ······ 5 ans ······ 25 ans ······ 100 ans



Hmax, Simul 23, Laminage Bakel 4800 M3s-1

Cote lim 12

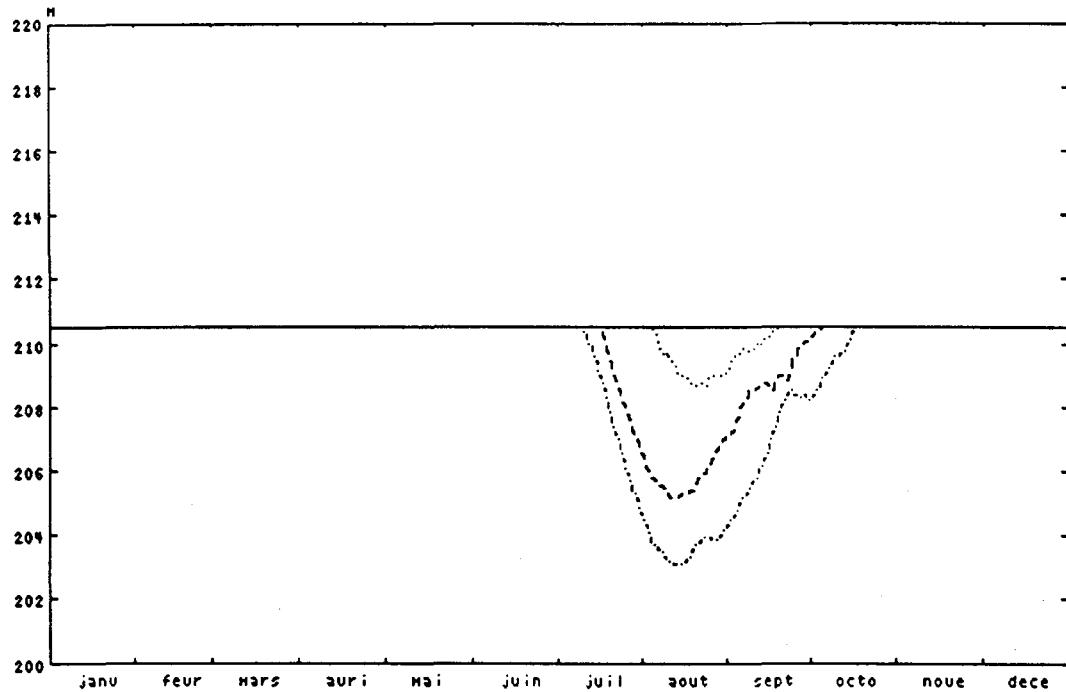
Temps de retour: —— 2 ans ······ 5 ans ······ 25 ans ······ 100 ans



HMAX, SIMUL 24, Laminage Bakel 4200 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>

Cote lim 13

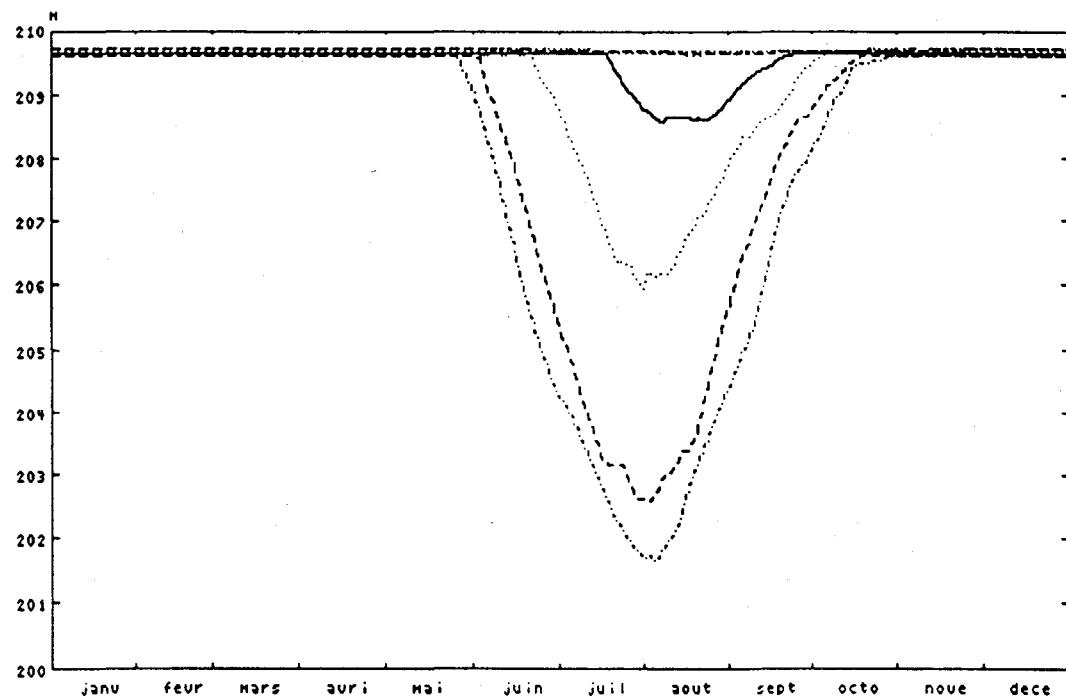
temps de retour: —— 2 ans ······ 5 ans - - - - 25 ans - - - - 100 ans



HMAX, pour Qbarrage constant = 1000

Cote lim 14

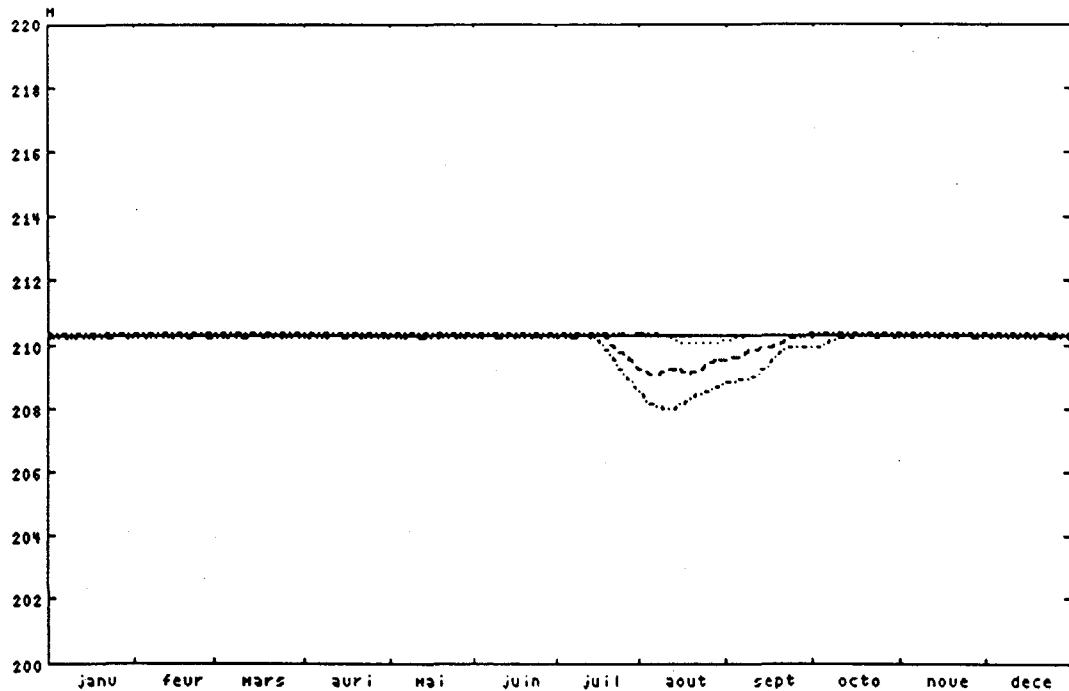
temps de retour: —— 2 ans ······ 5 ans - - - - 25 ans - - - - 100 ans



HMAX, pour Qbarrage constant = 1500

Cote lim 15

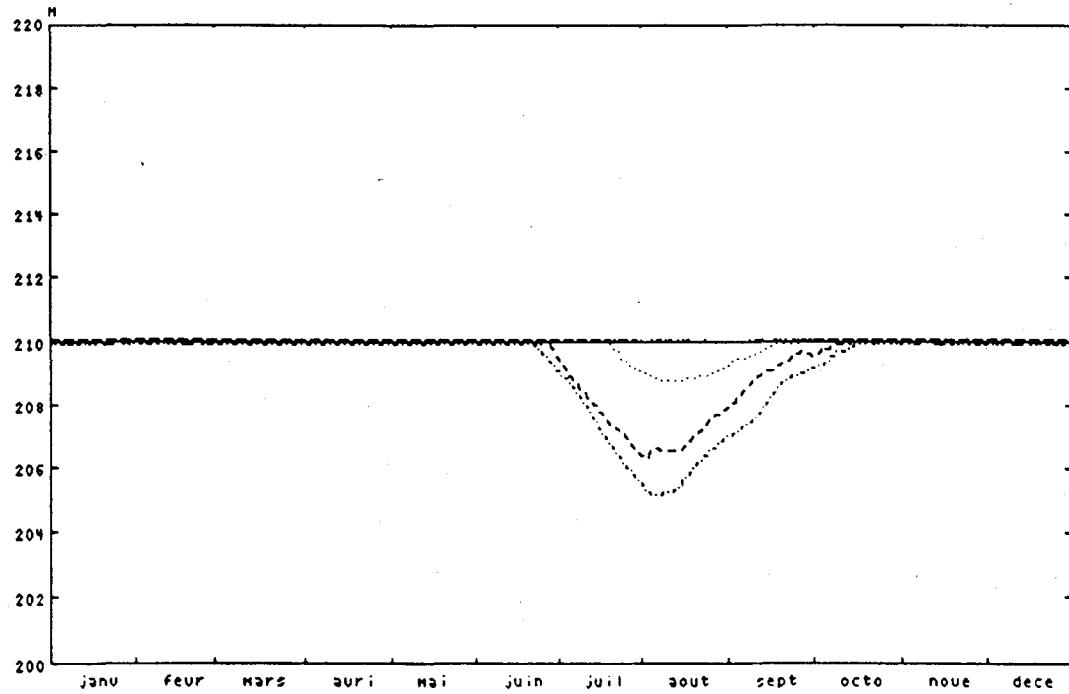
temps de retour: —— 2 ans ..... 5 ans ----- 25 ans ----- 100 ans



HMAX, pour Qbarrage constant = 1250

Cote lim 16

temps de retour: —— 2 ans ..... 5 ans ----- 25 ans ----- 100 ans



le 23-5-1991 a 12H52mn52'66''

135

GLES DE GESTION ADOPTEES (par ordre de priorite decroissante):

- : respect des limites physiques imposees par le barrage sur les lachures
- : respect du niveau maximum admissible pour la securite de la retenue
- 3 : laminage des crues (en debits moyens journaliers)
  - limitation du debit lache et du niveau du lac, pour:
    - laminage a 1500.00 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a la sortie de la retenue (recurrence 100 ans)
    - laminage des crues (en debits moyens journaliers)
      - limitation du debit lache et du niveau du lac, pour:
        - laminage a 4800.00 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a Bakel (recurrence 100 ans)
  - : satisfaction des demandes en eau sommables, exprimees a Bakel
  - : respect d'une limite inferieure du niveau de la retenue
  - cote minimale variable, scenario 3, (Irrigation 200000 Ha, Consommation humaine 25 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, rec. 100 ans)
  - 7 : demande de production electrique
    - puissance constante demande: 120.00 Mw (et Pmax productible si le barrage deverse)
    - seuil de turbinage: 190.00m
    - avec: Qmax = debit maximal permettant d'obtenir la puissance demandee
  - 8 : satisfaction des demandes en eau non sommables exprimees a Bakel

rangs des scenarios retenus pour les 5 types de besoins exprimes a Bakel: 2 2 4 2 2

OPTIONS ET INITIALISATION:

Calcul effectue avec l'option : debit lache = Qmin

periode : 1904 1989

alte initiale dans la retenue : 200.00 m

DEBUT DU CALCUL:

23-5-1991 a 12H58mn24'2''

EN DU CALCUL:

le 23-5-1991 a 13H46mn45'73''

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

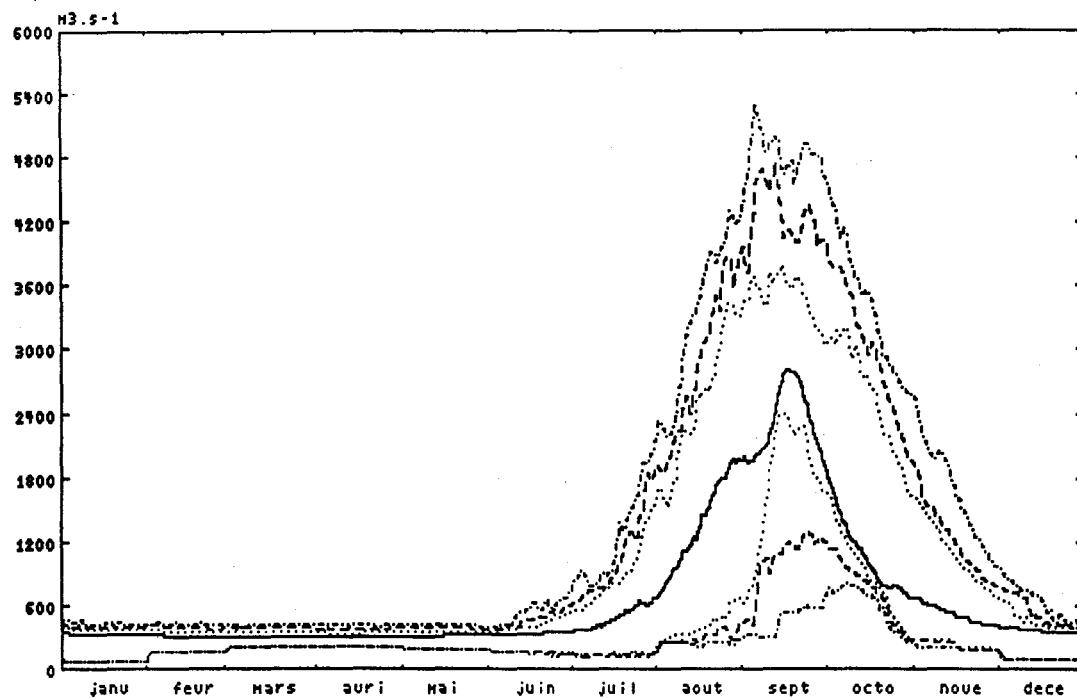
-----

-----

-----

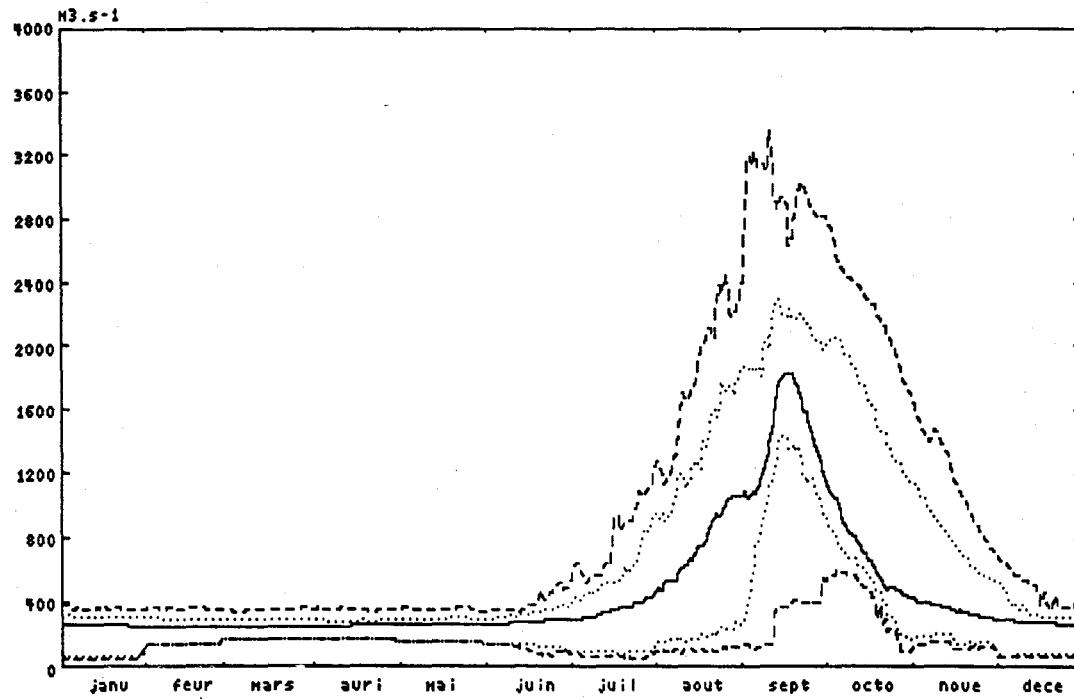
**SIMULATION 135 Bakel**

TEMPS de retour: — 2 ans ..... 10 ans - - - 25 ans - - - - 100 ans



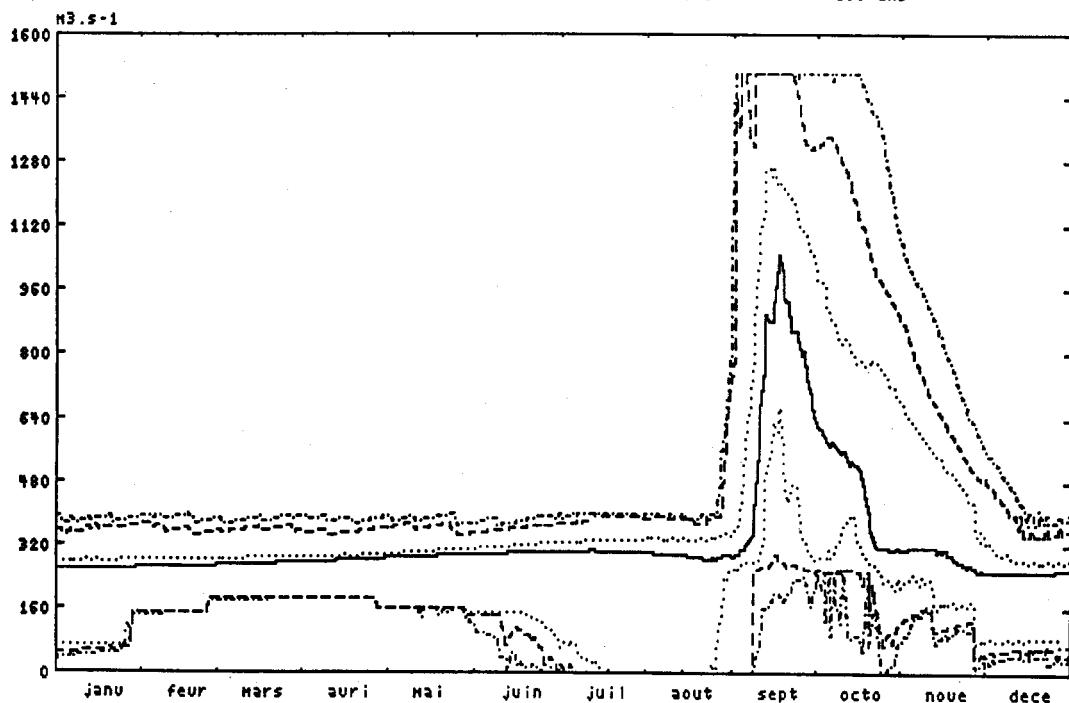
**SIMULATION 135 Kayes**

TEMPS de retour: — 2 ans ..... 10 ans - - - - 100 ans



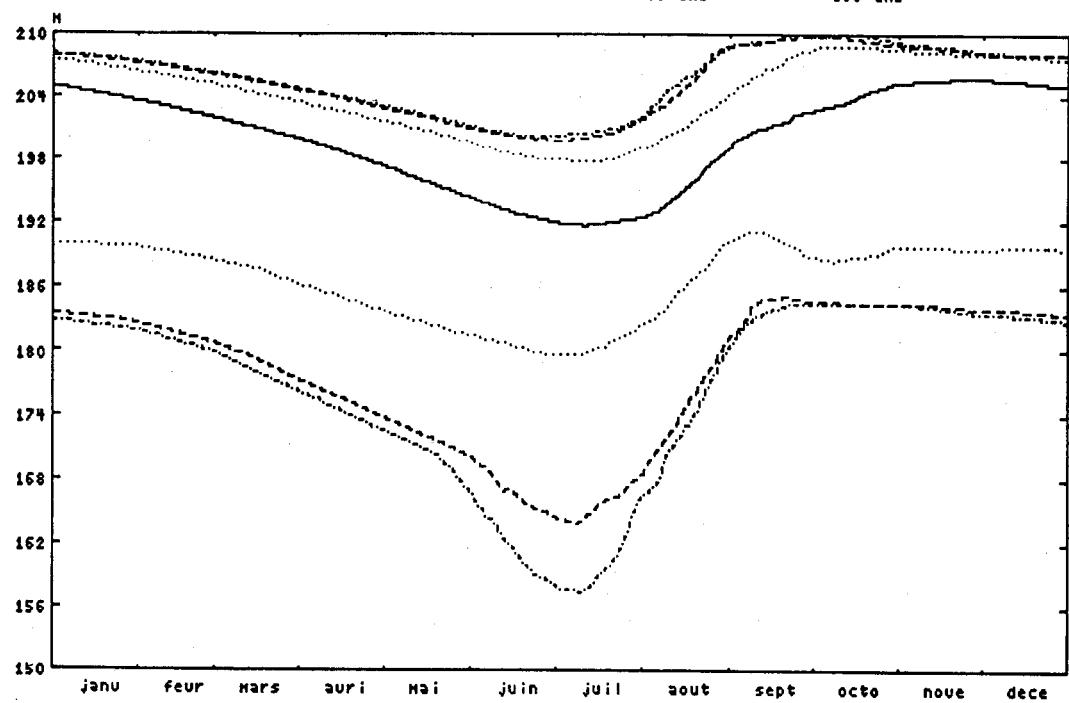
SIMULATION 135 Sortie Manant.

TEMPS DE RETOUR: —— 2 ANS ······ 5 ANS - - - - 25 ANS - - - - - 100 ANS

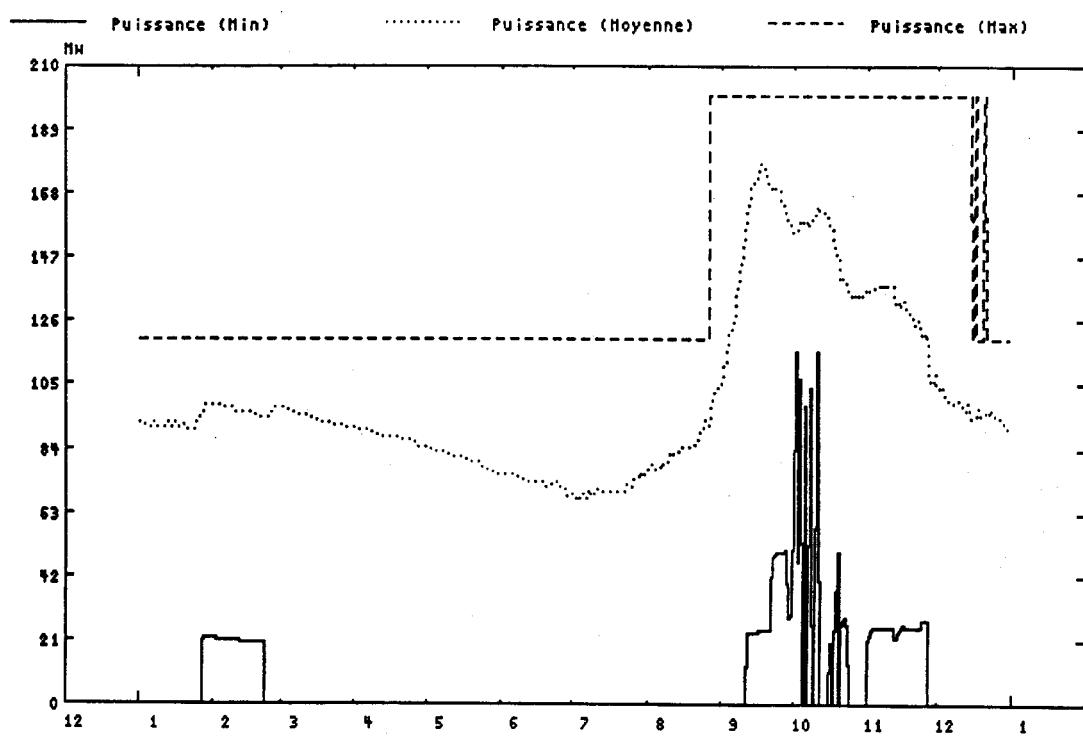


SIMULATION 135 Côte lac

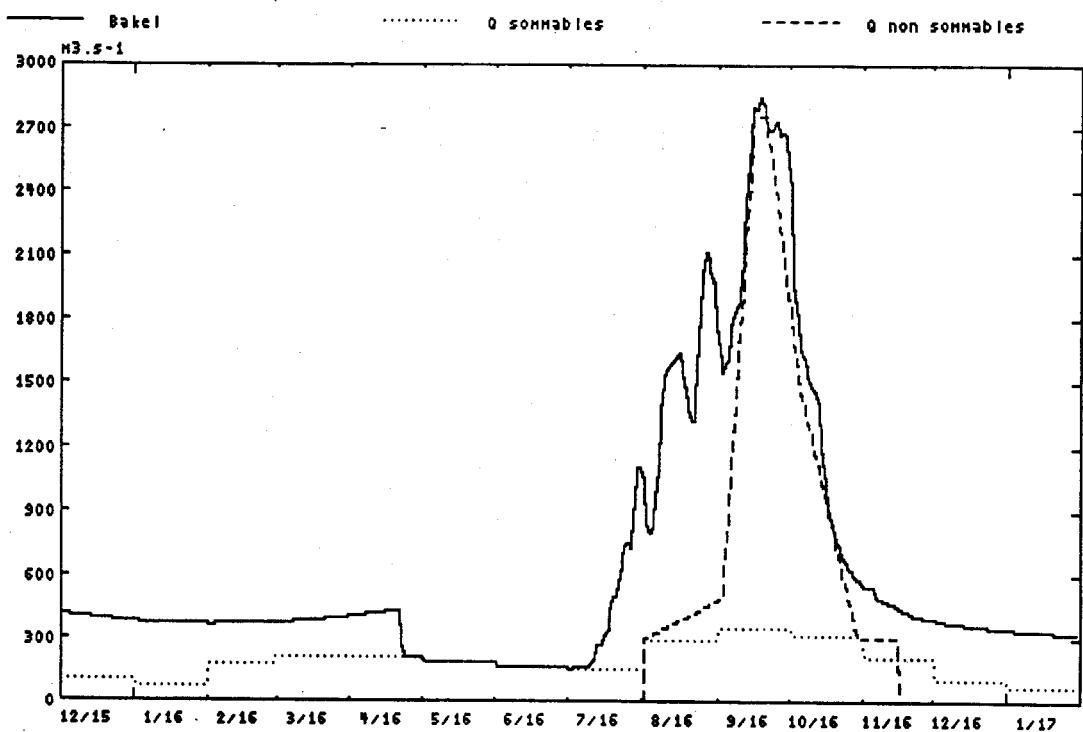
TEMPS DE RETOUR: —— 2 ANS ······ 5 ANS - - - - 40 ANS - - - - - 100 ANS



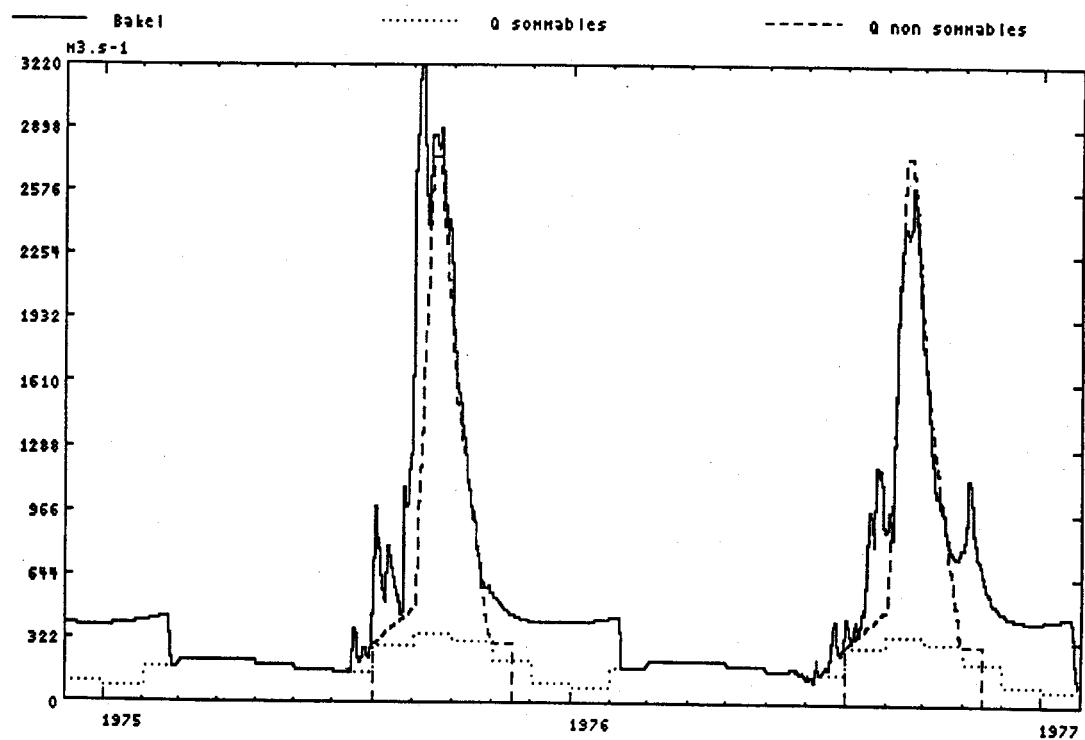
**simulation 135**



**simulation 135**



**simulation 135**



**simulation 135**

