

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE PAR :

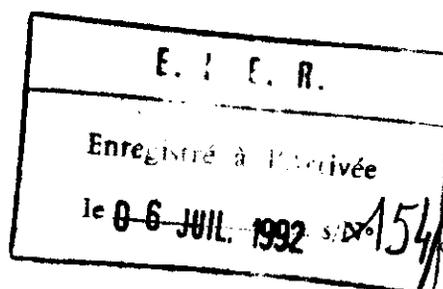
Omar DIOM

ANNEE 1991-1992

MODELISATION DU FONCTIONNEMENT
D'UN PETIT RESERVOIR DE
BARRAGE A BUTS MULTIPLES
EN MILIEU RURAL

Mention :

Encadrement
J.P. TRIBOULET



R E M E R C I E M E N T S

Mes remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui de près ou de loin ont contribué avec succès à ma formation à l'E.I.E.R.

Je tiens à remercier particulièrement Mrs J.P. Triboulet du C.I.E.H. et F. Friggit qui ont bien voulu m'encadrer.

A tous mes camarades de la 21^{ème} promotion avec qui j'ai beaucoup échangé d'idées, je dis merci.

S O M M A I R E

RESUME	
INTRODUCTION	4
I) RAPPEL DE LA METHODE DE GESTION	5
I.1) EQUATION DU BILAN HYDROLOGIQUE DE LA RETENUE	5
I.2) DONNEES DE BASE NECESSAIRES	5
I.2.1) CARACTERISTIQUES DE LA RETENUE	5
I.2.2) UTILISATIONS DE L'EAU	8
I.2.3) PERTES DANS LA RETENUE	9
I.3) METHODE DE GESTION	10
II) INFORMATISATION DE LA METHODE	13
II.1) HYPOTHESES DE TRAVAIL	13
II.2) CONCEPTION DU PROGRAMME	13
II.3) DEROULEMENT DU PROGRAMME	25
III) RESULTATS: EXEMPLE D'APPLICATION	26
III.1) PRESENTATION DU SITE	26
III.2) PRESENTATION DES RESULTATS	26
CONCLUSION	29
BIBLIOGRAPHIE	30
ANNEXE 1: NOTICE D'UTILISATION	31
ANNEXE 2: ALGORITHME	40

RESUME

Dans cette étude il s'agit de concevoir un programme qui doit permettre de faire la simulation de l'exploitation d'une retenue de barrage à buts multiples en milieu rural; il doit permettre de dire la superficie que l'on peut irriguer à partir d'une réserve donnée. Pour cela l'étude a été faite en trois parties.

Dans la première partie c'est un rappel de la méthode de gestion qui est fait. Elle commence par la recherche des caractéristiques de la retenue. Après cela il y a une identification des différents utilisateurs de la retenue et la prise en compte de leurs besoins en eau. Par la suite la méthode de gestion, est passée en revue.

Dans un deuxième temps il s'agira d'informatiser la méthode. Pour cela il sera nécessaire de définir les hypothèses de travail et de faire un plan de conception du programme. Le programme principal se compose de quatre grands modules. Un module pour la saisie des données de bases, un autre module qui permet de voir des données déjà saisies, un autre permet d'en modifier un paramètre et le dernier module permet de faire la gestion de la retenue donc de connaître les superficies irrigables. A côté de ce programme principal, il y a un programme pour l'aide, il doit faciliter à l'utilisateur la compréhension de l'exécution du programme principal. En plus de ces deux il y a un qui fait la présentation du logiciel.

Dans la troisième partie, est faite une vérification et une interprétation des résultats fournis par le programme. Pour cela les données du barrage de Teyoko (Burkina Faso) ont été utilisées. Les résultats ont été bien concordants, mais ils ont permis de voir que pour minimiser la quantité d'eau perdue par évaporation, il faut satisfaire le maximum possible les besoins en début de saison.

En annexe de ce rapport il y a une notice d'utilisation du programme et un algorithme du programme principal.

INTRODUCTION

L'Afrique, particulièrement le Sahel, vient de traverser une période de sécheresse assez difficile.

Mises à part les ressources naturelles, il fallait trouver d'autres ressources pour combler le déficit hydrique. Ainsi un peu partout des puits, des forages, des barrages ont été créés. Ces points d'eau doivent donc de façon générale satisfaire les besoins en eau des populations, du bétail, des cultures. Il est donc nécessaire de savoir si la réserve en eau peut satisfaire les besoins en eau, c'est dire qu'il ne faudrait pas que les besoins soient très importants par rapport à la quantité d'eau disponible, mais aussi il ne sert à rien de créer une grande réserve qui doit satisfaire une demande très faible.

Le but de cette étude est de concevoir un modèle qui permette de suivre l'évolution des fluctuations du niveau d'eau dans une retenue. Un tel modèle doit permettre de connaître la quantité de superficie que l'on peut irriguée à partir d'une retenue. Cette simulation sera faite à l'aide d'un logiciel à concevoir.

La méthode généralement utilisée est une méthode graphique qui utilise la courbe hauteur-volume de la retenue. L'on se fixe une superficie à irriguer, suivant le pas de temps que l'on se fixe, on fait la simulation. Si cette superficie n'est pas irrigable il faut changer de superficie. Ainsi de proche en proche, on finit par trouver la superficie qui convient. Cela veut dire qu'il faudra tracer le graphe à plusieurs reprise et avec précision. Or en informatisant la méthode le traitement devient plus rapide, plus précis. Dans cette étude il s'agira d'informatiser cette méthode graphique.

Pour parvenir à un tel objectif il est nécessaire de connaître les caractéristiques de la retenue, d'identifier les utilisateurs de la retenue et d'adopter une méthode de gestion de la retenue. Après cette analyse du problème, il faudrait un organigramme qui permette de concevoir le programme. Par la suite vérifier les résultats donnés par le programme et enfin fournir un guide qui doit faciliter l'utilisation du programme.

I. RAPPEL DE LA METHODE DE GESTION

I. 1) EQUATION DU BILAN HYDROLOGIQUE DE LA RETENUE

Une des caractéristiques essentielles d'un barrage est sa capacité; son volume. Ce volume peut se décomposer de la façon suivante: Un volume entrant, un volume sortant, des pertes et un stock. Chacun de ces éléments peut à son tour se décomposer comme suit:

- Volume entrant:
 - * Les apports du cours d'eau: c'est le volume ruisselé et qui vient du bassin versant.
 - * La pluie tombée sur la retenue.
- Volume sortant:
 - * Volume déversé au niveau de l'évacuateur de crue.
 - * Volume consommé au niveau de la prise.
 - * Volume prélevé directement dans la retenue.
- Pertes:
 - * Les pertes par évaporation.
 - * Les pertes par infiltration.
 - * Les pertes dues à l'envasement ou aux fuites éventuellement.
- Le stock: C'est le volume stocké à un instant donné et composé de:
 - * Un volume mort: en dessous de la prise d'eau.
 - * Un volume utile.

L'équation bilan s'écrit donc sous la forme:

$$V_e = V_s + V_p + S$$

V_e = volume entrant

V_s = volume sortant

V_p = volume perdu

S = le stock

Gérer l'eau d'une retenue revient à faire une comptabilité de ces volumes en jeu. En faisant le calcul du bilan pour chaque pas de temps, il est possible de savoir si les besoins fixés peuvent être satisfaits ou pas .

I. 2) DONNEES DE BASES NECESSAIRES

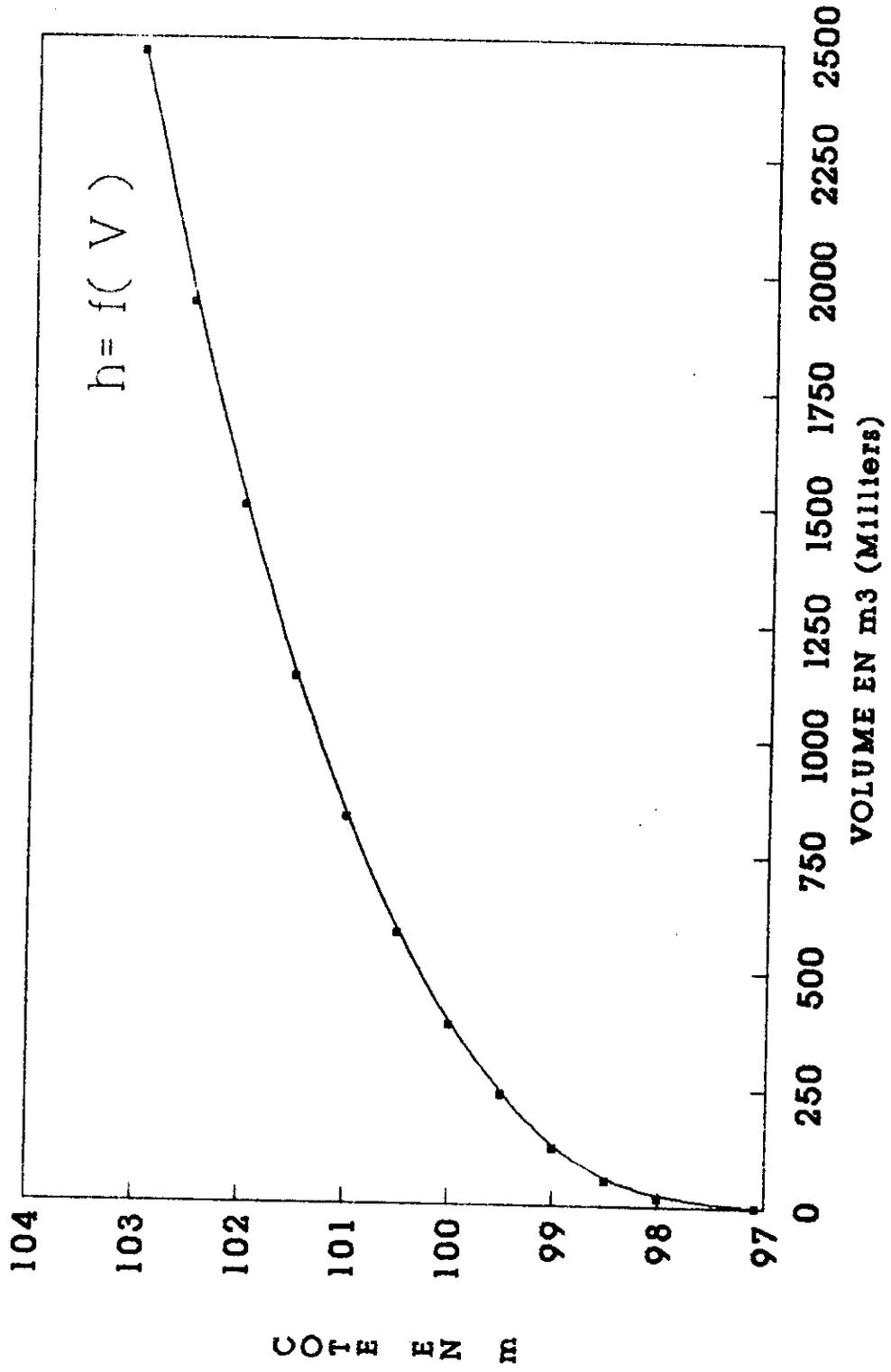
I. 2. 1) CARACTERISTIQUES DE LA RETENUE

a) Volume et superficie d'une retenue

Pour connaître le volume et la superficie d'une retenue il faut disposer du plan topographique de la retenue. Par planimétrage ou alors en décomposant en éléments simples on parvient à savoir pour chaque côte la surface, et le volume

COURBE HAUTEUR - VOLUME

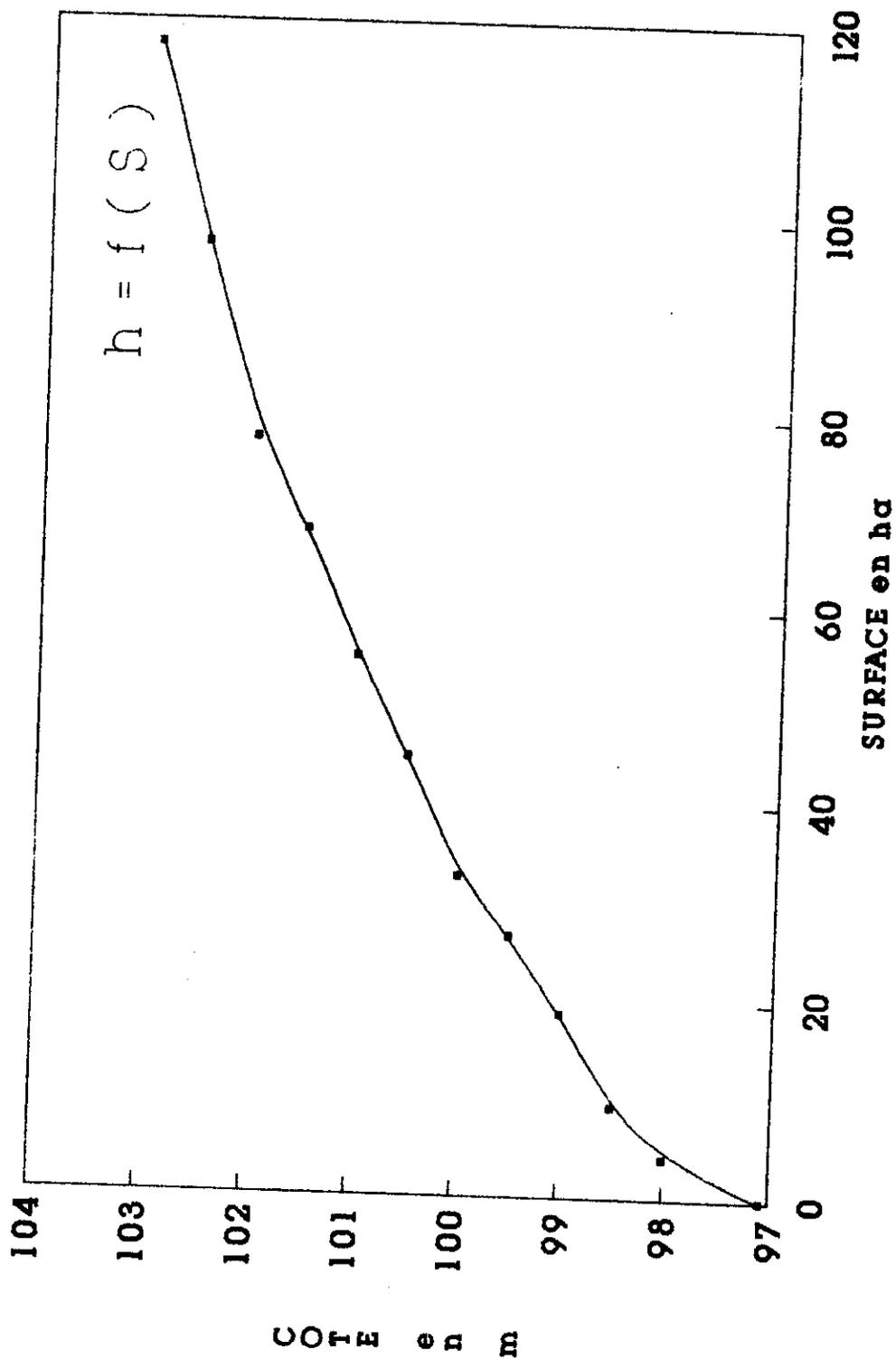
BARRAGE DE TEYOKO



GRAPHE I

COURBE HAUTEUR - SURFACE

BARRAGE DE TEYOKO



GRAPHE 2

occupés par le plan d'eau. Ce qui permet de tracer les courbes hauteur-volume et hauteur-surface de la retenue. Voir la courbe hauteur-volume et hauteur-surface du barrage de Téryoko; graphe 1 et 2. Par les données voir le tableau 5.

Dans la méthode graphique c'est la courbe hauteur - volume qui est utilisée pour la simulation. Pour informatiser cette méthode il faut donc connaître les équations analytiques de ces courbes.

b) Equation analytique des courbes

Une étude du C.I.E.H <1> (Comité Inter-africain d'Etudes Hydrauliques) montre que ces courbes peuvent se mettre sous la forme

$$\begin{aligned} V &= V_0 \cdot h^{\alpha} \\ S &= S_0 \cdot h^{\beta} \end{aligned}$$

V = le volume, S = la surface, h = la hauteur dans la retenue.

Cette étude concluait que ces équations étaient surtout représentatives pour "des retenues situées sur les bassins versants pas trop grands (inférieur à 500 km²), dans des sites favorables à l'implantation d'un barrage, c'est à dire pas trop plats, avec des pentes plus accentuées que sur les bas-fonds les plus fréquents, mais restant des sites de bas-fonds et non des sites collinaires très encaissées, comme il en existe quelques uns, enfin il ne faut pas que la topographie des lieux présente des irrégularités trop fortes (rupture de pente...) ou des particularités".

Pour retrouver les paramètres V_0, α, S_0, β , on fera une régression par la méthode des moindres carrés.

$$\begin{aligned} V &= V_0 h^{\alpha} \\ \ln(V) &= \ln(V_0) + \alpha \ln(h) \end{aligned}$$

De là on tire que

$$\alpha = \frac{\text{CoV} [\ln(h), \ln(V)]}{\text{Var} (\ln(h))}$$

$$V_0 = \text{EXP} [\overline{\ln(V)} - \alpha \overline{\ln(h)}]$$

Le coefficient de corrélation entre $\ln V$ et $\ln h$ étant

$$\rho = \frac{\text{COV} [\ln(h), \ln(V)]}{\text{Var} [\ln(h)]}$$

Il en est de même pour σ, β, ρ

\bar{x} = moyen de x

$$\bar{x} = \frac{1}{k} \sum x$$

k = taille de l'échantillon

Var (x) = Variance de x

$$\text{Var} (x) = \frac{1}{k} \cdot \sum (x - \bar{x})^2$$

COV (x, y) = covariance de x, y

$$\text{COV} (x) = \frac{1}{k} \cdot \sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})$$

En estimant y sous la forme: $y = ax + b$

L'on commet une erreur de

$$\Delta y = \pm T.C \quad \text{avec}$$

$$C^2 = \frac{K}{K-2} \cdot \text{Var} (y) \cdot [1 - \rho^2(x, y)] \cdot \left(\frac{1+K}{K} + \frac{(x - \bar{x})^2}{K \text{Var}(x)} \right)$$

$\rho(x, y)$ = coefficient de corrélation entre x et y .

T étant fonction de la taille de l'échantillon et du niveau de confiance que l'on se fixe. Le tableau suivant donne la valeur de T .

K niveau de confiance	5	7	10	15	20	25	30	∞
80%	1,64	1,48	1,40	1,35	1,33	1,32	1,31	1,28
90%	2,35	2,02	1,86	1,77	1,77	1,71	1,70	1,64
95%	3,18	2,57	2,31	2,16	2,16	2,07	2,05	1,96

Pour une hauteur donnée l'erreur commise sur le logarithme du volume est.

$$\Delta(\text{Ln } V) = \pm(T^2 \cdot \frac{K}{K-2} \text{Var}(\text{Ln } V) \cdot (1 - \rho^2) \cdot \left(\frac{1+K}{K} + \frac{(\text{Ln}(h) - \overline{\text{Ln}(h)})^2}{K \cdot \text{Var}(\text{Ln}(h))} \right))^{1/2}$$

SOURCE < 1 >

Tableau 1

Détermination des caractéristiques moyennes des courbes.

hauteur - volume $V = V_0 h^{\alpha}$
 surface - volume $S = S_0 h^{\alpha}$
hauteur

Cas	Echantillon	V_0 moyen (m ³)	Ecart type	α (V) moyen	Ecart type	Nbe de courbes	S_0 moyen (ha)	Ecart type	α (S) moyen	Ecart type	Nbe de courbes
1	tous les barrages	121.000	341.000	2,47	0,58	101	21,5	50,8	1,63	0,53	93
2	barrages pour lesquels le coef. de corrélation de la courbe calculée $> 0,99$ (cf Annexe 3.1.)	126,700	360.000	2,48	0,49	90	21,8	54,9	1,67	0,47	78
3	en éliminant les barrages particuliers	46.500	50.800	2,49	0,40	85	11,0	11,2	1,52	0,38	76

Tableau 2

Courbes hauteur - volume : $V = V_0 h^{\alpha}$ ($\log V = \alpha \log h + \log V_0$)
 et hauteur - surface : $S = S_0 h^{\alpha}$ ($\log S = \alpha \log h + \log S_0$)
 moyennes

Cas	Echantillon	Courbe hauteur - volume moyenne					Courbe hauteur - surface moyenne				
		Nbe de barrages	Nbe de points	V_0	α	Coefficient de corrélation	Nbe de barrages	Nbe de points	S_0	α	Coefficient de corrélation
1	tous barrages confondus	101	881	53705,9	1,91348	0,705766	93	844	10,9345	1,11122	0,502096
2	en éliminant les barrages particuliers	87	772	38336,1	2,13883	0,802841	74	678	9,63102	1,24122	0,69411
3	Idem 2 en éliminant les profondeurs $> 8,50$ m	87	760	39871,3	2,08449	0,781944	74	665	9,67661	1,23568	0,679167

Il en est de même pour l'erreur sur la surface. Pour la détermination des caractéristiques il est nécessaire d'avoir les points des courbes hauteur surface, hauteur volume. Si non, l'étude <1> propose des courbes moyennes avec une précision relative (voir tableaux 1 et 2).

Après avoir déterminé le volume de la retenue les caractéristiques des courbes, cherchons à identifier les utilisateurs de la retenue.

I. 2. 2) UTILISATIONS DE L'EAU

En milieu rural un barrage est essentiellement conçu pour satisfaire les besoins humains, pastoraux, agricoles et éventuellement d'autres besoins annexes.

a) Besoins humains

En milieu rural la consommation en eau peut être estimée à 40 l/j/habitant. Il faut constater que cette consommation spécifique est fonction de la durée de vie du barrage. La prise d'eau se faisant généralement entre octobre et mai.

En phase de projet la population à prendre en compte est celle projetée à l'échéance du projet.

Il faut cependant constater que si un projet de barrage n'est pas accompagné d'un projet de traitement en eau, cette eau n'est pas conseillée comme eau de boisson. Il est préférable de faire des puits ou des puisard, autour de la retenue où on peut trouver de l'eau plus potable.

b) Besoins pastoraux

La consommation spécifique du bétail est fonction du type de bétail. Ainsi elle est 40 l/j/tête pour les bovins, 15 à 20 l/j/tête pour les petits ruminants. Le bétail s'abreuve au niveau de la retenue en général d'octobre à mai pendant le reste du temps il s'abreuve dans les mares. Le cheptel sera compté dans un rayon de 7 à 10 km autour du barrage, cette distance étant supposée être la distance maximale que peuvent parcourir les troupeaux. Une photographie aérienne peut aussi le faire.

Pour le décompte du bétail, il est aussi possible de raisonner en densité maximale admissible sur le pâturage, en unité de bétail tropicale (UBT).

1 boeuf = 1 UBT

5 moutons = 1 UBT

Un exemple est donné au tableau (3)

Tableau 3

Charges maximum possibles en UBT *au Burkina Faso*

Site	Pâturages ha	Charge UBT/ha	Total UBT
Province Nahouri			
Guelwongo	7281	0.51	3713
Tiebele	7928	0.51	4043
Nahouri	6165	0.51	3144
Po	6165	0.51	3144
Koumbili	7598	0.51	3875
Youka	7281	0.51	3713
Guiaro	7598	0.51	3875
Tambolo	6165	0.51	3144
Province: Zoundweogo			
Manga	4494	0.63	2831
Sitenga Bangre	10080	0.51	5141
Ganzi	4494	0.63	2831
Teyoko	4494	0.63	2831
Bion	6149	0.51	3136
Kourrissiense	6149	0.63	3874
Goguin	6149	0.51	3136
Province: Bazega			
Boussirima	10190	0.51	5197
Nangouma	8080	0.51	4094
Province: Sissili			
Soubare	10764	0.63	6782
Kosso	10678	0.63	6728
Meteo	7638	0.63	4812
Yale	10910	0.63	6874
Benavero	9076	0.63	5718
Silly	9548	0.63	6015
Kayerebou	7638	0.63	4812
Li	10382	0.63	6541
Province: Boulkiemde			
Goden	5876	0.51	2997
Kikigogo	5876	0.51	2997
Province: Sangule			
Doudou	4922	0.51	2510
Province: Oubritenga			
Pademtenga	5357	0.51	2732
Tampaga	5357	0.51	2732
Goughin	7567	0.51	3859
Kinsouyinkiema	7567	0.51	3859

Source 427

c) Besoins agricoles

C'est ici que nous avons les plus grosses consommations ainsi suivant les variétés et la saison ces besoins peuvent être estimés à :

Riz de saison de pluie (Juin-Novembre) 9500 m³/ha
 Riz de contre saison (Décembre-Avril) 25000 m³/ha
 Maraîchage (Novembre-Avril) 15000 m³/ha
 Céréales de saison de pluies 4000 m³/ha

En saison sèche les cultures sont entièrement irriguées alors qu'en saison des pluies c'est une irrigation d'appoint. Les besoins en eau seront fonction de la superficie cultivable. Ainsi suivant le volume d'eau stocké on cherchera à savoir qu'elle est la superficie cultivable. Il est évident que le choix des variétés de cultures et des superficies associées devra tenir compte des conditions socio-économiques du site.

d) Autres besoins

Des besoins annexes tel que la fabrication de briques de banco peuvent être rencontrés au niveau d'une retenue.

Il faut pourtant constater que toute l'eau d'un barrage n'est pas utilisée pour les besoins qui viennent d'être cités. Il existe toujours des pertes sous une forme ou une autre.

I. 2. 3) PERTES DANS LA RETENUE

On distingue essentiellement deux types de pertes: les pertes par évaporation et les pertes par infiltration.

a) Pertes par évaporation

Comme toutes les nappes d'eau, les retenues sont soumises à l'évaporation. La quantité d'eau perdue est fonction de l'étendue du plan d'eau. Plus la surface est grande plus la quantité d'eau perdue est grande. L'évaporation peut atteindre 160 à 200 mm/mois en saison sèche. Soit donc 1600 à 1800 mm en saison sèche. Elle est connue à partir de la station climatologique la plus proche, ce sont les valeurs mesurées au bac que l'on corrige avec un coefficient de 0,7 à 0,8.

b) Pertes par infiltration

Le choix d'un site se fait toujours en fonction de la nature de son sol. Il doit être tel que sa perméabilité soit faible. Les pertes par infiltration doivent être dans l'ordre de 1 à 3 mm/jour.

Elles deviennent même négligeables avec le temps; les colloïdes en se déposant, colmatent le fond du lit.

Dans une retenue environ 2,10 à 2,40 m d'eau sont perdues

par évaporation et par infiltration en fin de saison sèche. De ce fait toute retenue dont la hauteur d'eau est inférieur à 2 m tarie en fin de saison.

A côté de ces pertes par infiltration et par évaporation il est possible d'avoir des pertes dues à l'envasement ou alors des fuites à travers la digue. Généralement elles sont prises en compte dans le volume mort.

Après avoir vu les caractéristiques de la retenue, les utilisateurs de la retenue et les pertes dans la retenue; essayons de voir à présent quelle est la méthode qui nous permette de suivre l'évolution du niveau d'eau dans la retenue.

I. 3) METHODE DE GESTION

Pour utiliser une retenue de façon optimale il est nécessaire de faire une étude préalable qui permette de définir les potentialités de la réserve. Cela veut dire qu'il faut un système qui permet de suivre de façon régulière l'évolution de l'eau dans la retenue pendant la saison et de dire si oui ou non le programme établi peut arriver à échéance. Pour cela il existe une méthode graphique qui utilise la courbe hauteur-volume. Et que l'on cherche précisément à informatiser.

Cette méthode suit l'évolution de l'eau dans la retenue pour une année donnée. Ici c'est la courbe hauteur-volume qui est utilisée pour faire la simulation. La simulation se fait habituellement de façon graphique; voici les étapes de cette méthode :

- Disposer de la courbe hauteur-volume qui sera dessinée avec soin, ou alors connaître son expression mathématique du type:

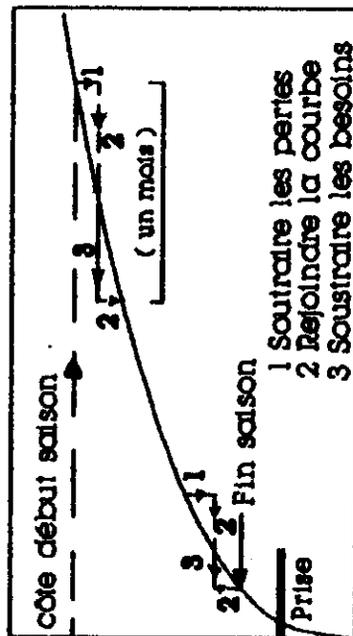
$$V = V_0 \cdot h^d$$

- Connaître la hauteur d'eau dans la retenue en début de saison, la côte de la prise d'eau et la côte de fond de la retenue.

- Se fixer un pas de temps pour la simulation qui est généralement d'un mois. Cependant il peut être décadaire

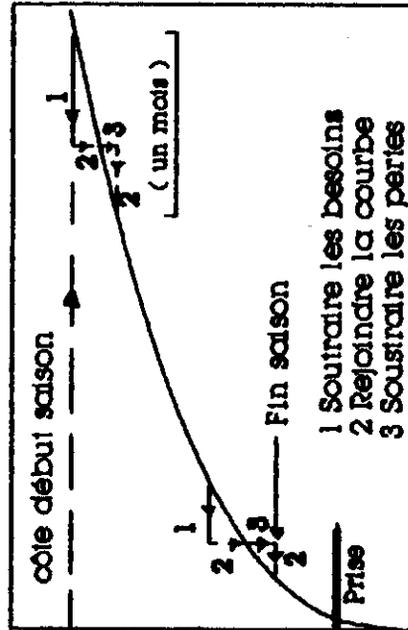
- Faire le récapitulatif des besoins mensuels. Pour cela il faudra remplir, pour chaque besoin un tableau indiquant pour chaque mois les gradeurs (nombre d'habitants, nombre de têtes de bétail, nombre d'hectares irrigués) et les taux unitaires de consommation qui perttent, par multiplication, d'obtenir en volume les besoins mensuels . Ensuite on remplit le tableau récapitulatif suivant.

SIMULATION GRAPHIQUE VARIANTE 1



volume en m³
GRAPHE 3

VARIANTE 2



volume en m³
GRAPHE 4

. On peut alors commencer à faire la simulation qui consistera à donner l'état de la réserve au début et à la fin de chaque mois. Cette détermination se fait de façon graphique à partir de la courbe hauteur-volume. Il existe deux variantes pour la simulation voir les graphes (3-4).

. En fin de saison la côte et le volume de l'eau sont connus.

. On compare la côte en fin de saison à la côte de la prise. Si elle n'est pas atteinte cela veut dire le volume d'eau stocké est suffisant pour satisfaire votre programme. Dans le cas contraire le programme ne peut pas être bouclé. Il faut donc nécessairement diminuer les besoins. Or seule la superficie à irriguée peut être diminuée, donc c'est elle que l'on diminuera pour faire une autre simulation jusqu'à avoir une superficie qui convient.

Dans cette étude ce n'est pas la simulation graphique qui sera utilisée mais plutôt l'équation de la courbe hauteur-volume.

$$V = V_0 \cdot h^\alpha \quad \text{soit} \quad h = (V/V_0)^{1/\alpha}$$

Pour chaque mois les besoins et les pertes sont connues soit V_1 et h_1 , le volume et la hauteur en début de mois.

$$V_1 = V_0 \cdot h_1^\alpha$$

Dans le cas où on soustrait en premier lieu les pertes la démarche est la suivante.

Soit P , et B les pertes et les besoins du mois.

. On soustrait P à la hauteur h_1

$$\begin{aligned} h_2 &= h_1 - P, \text{ ceci correspond au volume } V_2 \\ V_2 &= V_0 \cdot h_2^\alpha \end{aligned}$$

. On soustrait les besoins

$$\begin{aligned} V_3 &= V_2 - B \quad \text{à } V_3 \text{ correspond la hauteur } h_3 \\ h_3 &= (V_3/V_0)^{1/\alpha} \end{aligned}$$

Donc en fin de mois l'état de la réserve est V_3 , h_3 .

Pour transformer la hauteur en côte il suffit de lui ajouter la côte de fond (côte du lit du cours d'eau). Il faut noter que cette méthode graphique est très pénible. Après chaque simulation il faut reprendre le tracé de la courbe, il faut aussi apporter un grand soins à ce tracé. C'est dire donc que c'est un travail assez lent et non précis si l'on ne s'applique pas. Il est nécessaire de chercher à informatiser cette méthode pour un travail plus rapide et plus précis.

II. INFORMATISATION DE LA METHODE

II.1 HYPOTHESES DE TRAVAIL

Pour une telle étude il serait assez difficile de l'étendre à toutes les situations. Dans cette partie, il sera défini les domaines d'utilisation du programme.

. La simulation commence en fin de saison des pluies. C'est à dire qu'il y a plus de déversement et que des apports du cours d'eau sont négligeables. Les consommations et les pertes en eau se traduisent par une baisse du niveau d'eau dans la retenue.

. Si les cultures pluviales sont encore irriguées en début de saison sèche on suppose que cette superficie est connue. C'est la superficie irriguable en contre saison qui sera à chercher.

. Le pas de temps choisi est celui qui est généralement utilisé. Le pas de temps mensuel.

. La côte en début de saison est celle qui sera lue à l'échelle limnimétrique pour un barrage déjà existant . Si le barrage est en phase d'étude il suffira de se fixer une année (année quinquennale humide, sèche, année normale ...), de calculer les apports, chercher à quelle hauteur ils correspondent.

$$V = V_0 \cdot h^d \quad h = (V / V_0)^{1/d}$$

Connaissant V, on peut connaître h. Ce qui correspond à côte: Côte de fond+h.

Pour faire la simulation d'une retenue il faut avoir les données suivantes.

- disposer des points des courbes hauteur-volume, hauteur-surface ou alors connaître les équations des courbes.
- connaître les besoins humains, pastoraux, agricoles et autres.
- connaître les pertes dans la retenue.
- connaître la côte en début de saison, la côte de la prise, et côte de fond.
- choisir une variante de gestion.

II.2 CONCEPTION DU PROGRAMME :

Le programme est divisé en deux . Un programme principal et un programme annexe. Le programme annexe facilite à l'utilisateur la compréhension du programme. C'est donc l'aide du logiciel. Pour y accéder il suffit d'appuyer sur la touche F2 et puis valider. Alors que le programme aide est chargé, une variable permet de reconnaître le texte à afficher. Après consultation du texte le programme principal est rechargé une autre variable permet de retourner là où l'exécution avait été interrompue.

En passant d'un programme à l'autre toutes les variables sont conservées. Le rôle du programme annexe est donc d'afficher le texte qui doit faciliter la compréhension du programme principal.

Quant au programme principal, c'est là que se fait la simulation de la retenue. Il est composé essentiellement de quatre grands modules, un module de saisie, un pour la gestion de la retenue, un pour la modification et un pour revoir des données de base. Le module gestion de la retenue fait la simulation de l'exploitation de la retenue, le but final étant de trouver la superficie irrigable. Le module modification permet de modifier une des données de base. Le module édition donne la possibilité de revoir les données de base ou les résultats d'une simulation. Voyons à présent en détail chacun de ces modules.

a/ La saisie

Elle permet d'introduire les données de base, nécessaire à la gestion de la retenue à savoir les caractéristiques du site, les points des courbes hauteur-volume, surface ou les équations des courbes si elle sont connues, les besoins en eau et les pertes. Cette saisie se fera en deux temps. Dans un premier temps il s'agira de chercher à connaître les équations de courbes, après cela, l'on introduira les besoins en eau puis les pertes.

Après avoir introduit les caractéristiques du site (géographiques et hydrologiques), on cherchera à introduire les coefficients des courbes (V_0, α, S_0, β). Là deux cas peuvent se poser: soit on dispose de points qui permettent de faire la régression linéaire en log-log et de connaître les équations des courbes, ou alors ces données manquent.

Dans le cas où l'on ne dispose pas de points alors deux cas se présentent. Si un calcul préalable a permis de connaître les caractéristiques ($V_0, S_0, \alpha, \beta, \rho_v, \rho_s$) il suffira donc d'introduire ces valeurs. Il faut rappeler que

$V = V_0 \cdot h^\alpha$ et $S = S_0 \cdot h^\beta$ (avec des coefficients de corrélation (ρ_v et ρ_s)).

Dans le cas contraire cela veut qu'il n'existe aucune donnée sur la retenue, le tableau (2) propose des caractéristiques moyennes qui permettront de travailler avec une précision relative.

Dans le cas où l'on dispose des points des courbes, trois possibilités peuvent aussi se présenter pour chaque côte, la surface et le volume associés sont connus, ou alors il se peut que se soit la surface qui est connue et la dernière possibilité est que ce soit seulement le volume qui est connu. Dans le premier cas il est possible de calculer les caractéristiques des

courbes. Dans le dernier cas il faut calculer le volume associé à chaque côte. Soit $C(I)$, $V(I)$, $S(I)$, la côte, le volume et la surface du point (I) . Connaissant $C(I)$ et $S(I)$, $V(I)$ se calcule comme suit.

$$V(I) = V(I-1) + \frac{S(I-1) + S(I)}{2} \cdot (C(I) - C(I-1))$$

Les points sont rangés par ordre de côte croissant.

Le premier point étant la côte de fond le volume et la surface qui lui sont associés sont nuls.

Si c'est la surface qui est inconnue alors avec les hypothèses précédentes, elle se calcule de la façon suivante:

$$S(I) = 2 \cdot (V(I) - V(I-1)) / (C(I) - C(I-1)) - S(I-1)$$

Après ces calculs pour chaque point on dispose de la côte, de la surface et du volume. On peut donc calculer les caractéristiques des courbes. Après le calcul des caractéristiques, il est possible de tracer les courbes. C'est aussi à ce niveau que finit la partie saisie des caractéristiques.

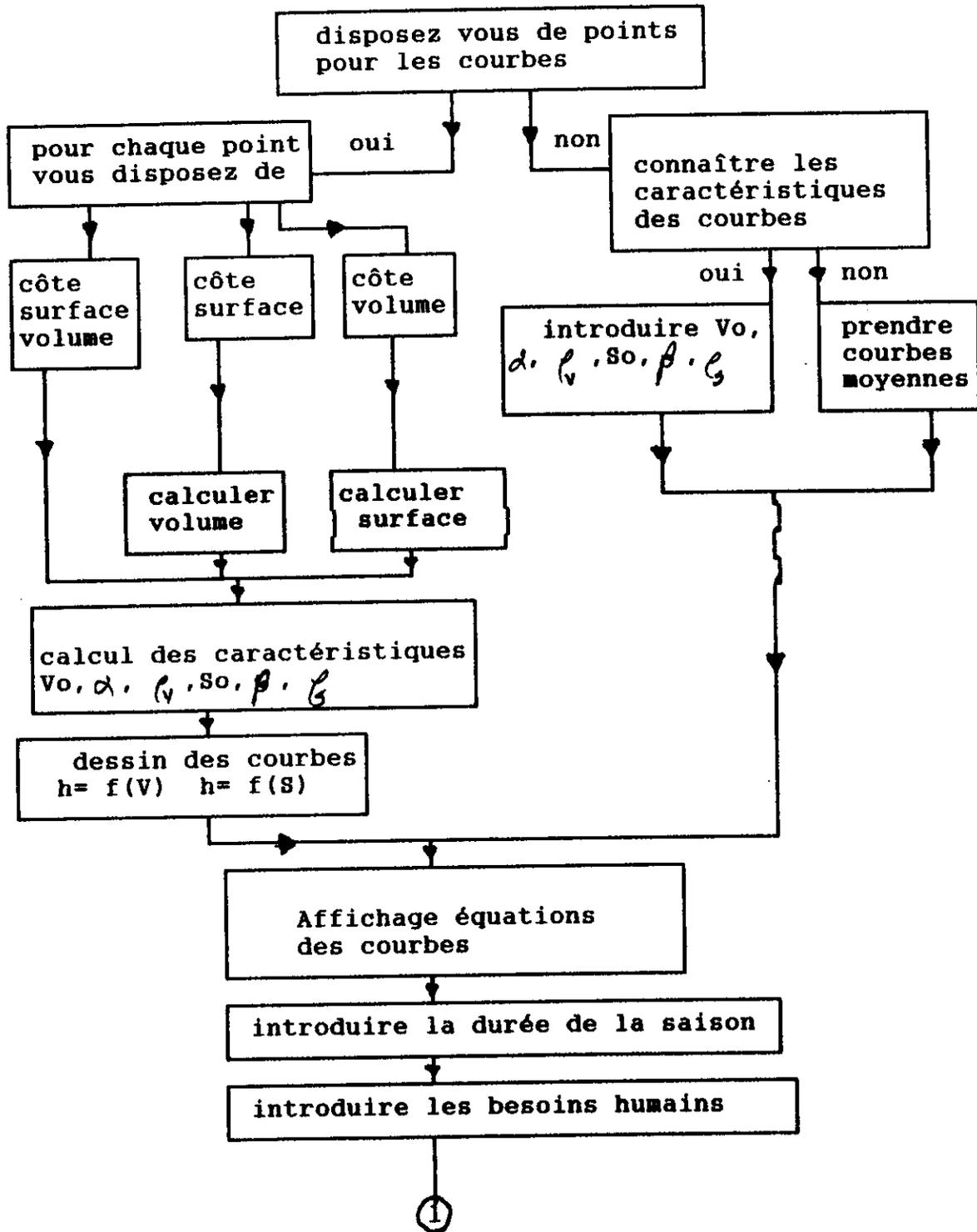
. Besoins en eau et pertes

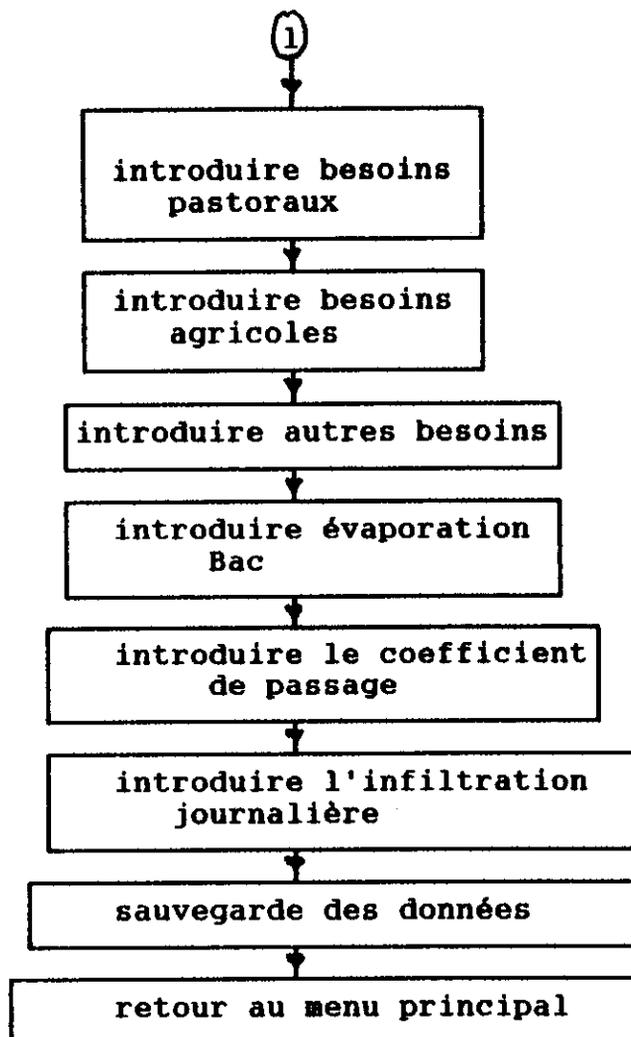
Dans un deuxième temps il s'agira d'introduire les besoins en eau et ensuite les pertes. Avant d'introduire les besoins il faudrait savoir à quel moment et pendant combien de temps la retenue sera utilisée. A cet effet les mois de l'année ont été numérotés. Janvier correspondant au numéro 1 et décembre au numéro 12. Donc pour connaître la période pendant laquelle la retenue sera utilisée il suffira d'introduire la durée de la saison (le nombre de mois pendant lesquels le barrage est utilisé); Le numéro du mois en début de saison, la date de début ou de fin de saison, elle correspond au jour où commence ou fini l'exploitation de la retenue. Connaissant donc la durée de la saison on introduit les besoins. D'abord les besoins humains en introduisant la population totale, et la consommation spécifique. Les besoins pastoraux sont pris en compte en donnant pour chaque type de bétail la consommation spécifique et le nombre de tête. Pour chaque culture les besoins agricoles sont donnés en m³/ha/mois

Après cela on introduit les pertes dans la retenue; Pour connaître les pertes par évaporation au niveau de la retenue il suffit de connaître celles mesurées à évaporomètre bac. Un coefficient de 0,8 ou alors la valeur proposée par l'utilisateur permet de retrouver le premier. Si l'on dispose de l'évaporation Lac (c'est à dire l'évaporation même de la retenue) le coefficient de passage est de un (1). Les pertes par infiltrations sont soit négligeables, soit prises égales à 2 mm/jour ou alors la valeur proposée par l'utilisateur.

C'est à ce niveau que fini la saisie des données de base. Il est donc possible de sauvegarder ces données. Il est à signaler que pour les différentes options de saisie un menu permet de faire le choix qui convient. L'organigramme suivant synthétise le module saisie. Chaque étape de la saisie sera effectué par un sous programme. De tel sorte que le module modification utilisera les mêmes sous programmes. Après chaque étape de la saisie il est aussi possible de modifier les données saisies.

ORGANIGRAMME MODULE SAISIE





b/ Module gestion de la retenue:

C'est ce module qui permet de faire la simulation de l'exploitation de la retenue. Par approximations successives on parvient à trouver les superficies optimales irrigables. Cette gestion de la retenue se fait en deux temps. Dans un premier temps il s'agit d'introduire les données complémentaires, l'affichage du récapitulatif des données. Dans un deuxième temps on fait la simulation .

La simulation peut se faire à partir des données qui viennent d'être saisies ou alors avec des données stockées dans un fichier.

La saisie des données complémentaires consistera à introduire: La côte du plan d'eau en début de saison sèche, la côte de la prise, la côte de fond, le nombre de jour du mois de février, la variante de gestion. A rappeler que ces variantes sont au nombre de deux.

- 1- soustraire en premier lieu les pertes
- 2- soustraire en premier lieu les besoins

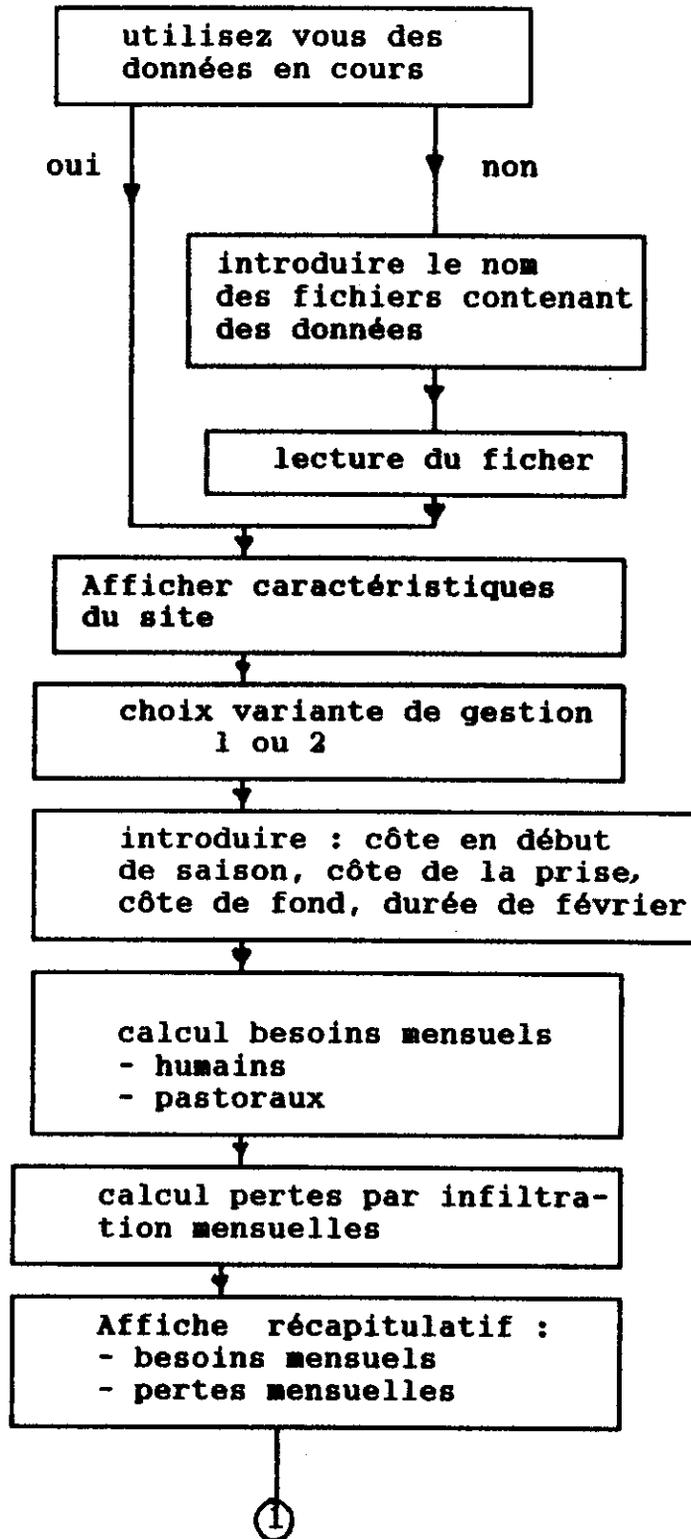
Dans la simulation pour établir l'état de la réserve pour chaque mois il faut soustraire les besoins et les pertes du mois à la réserve en début du mois. Selon que l'on commence par l'un ou l'autre, l'état de la réserve en fin de mois n'est pas le même. Il faut cependant constater que soustraire en premier lieu les pertes va plus dans sens de la sécurité car utilisant le plus d'eau. Un exemple est donnée au chapitre suivant.

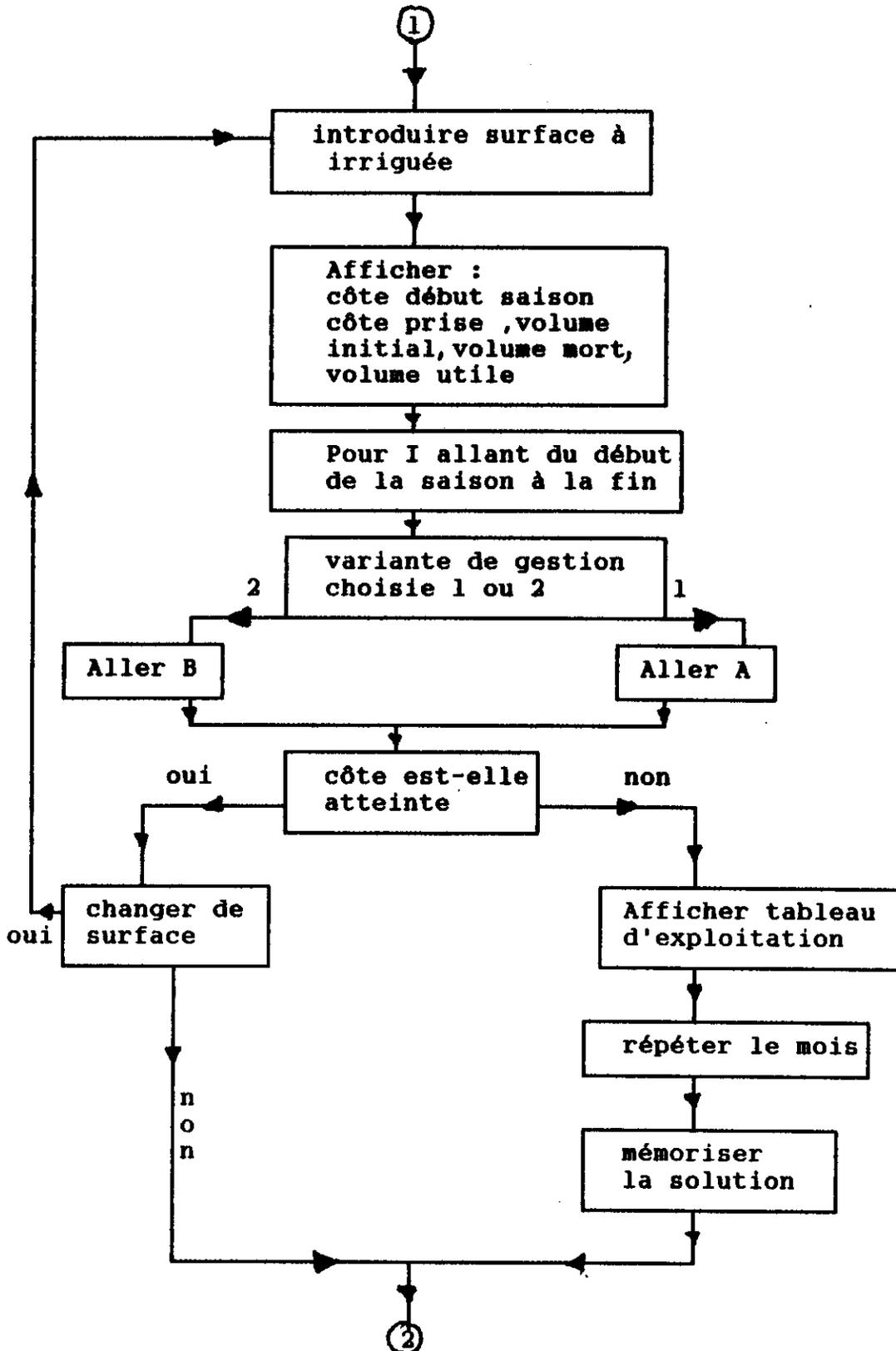
Après ces données complémentaires, c'est le calcul de besoins mensuels (humains et pastoraux, les autres étant déjà donnés mensuellement) et des pertes par infiltration mensuelles. Ce qui permet d'afficher les tableaux récapitulatifs des besoins et des pertes mensuels.

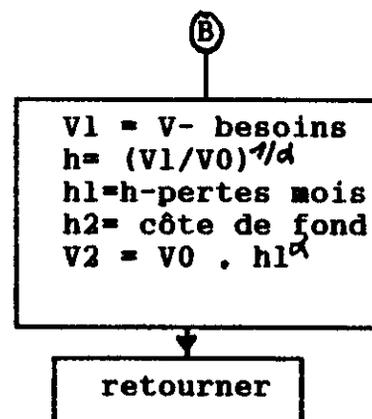
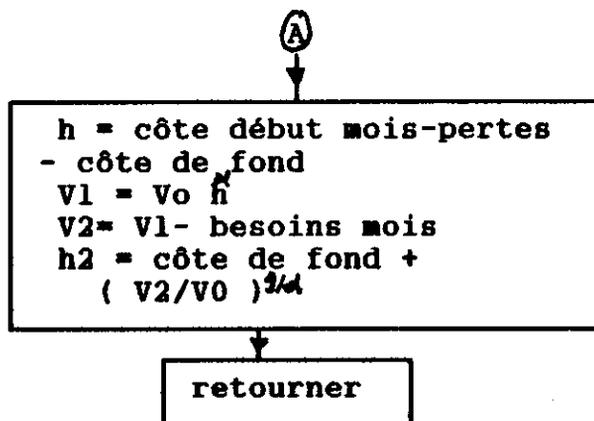
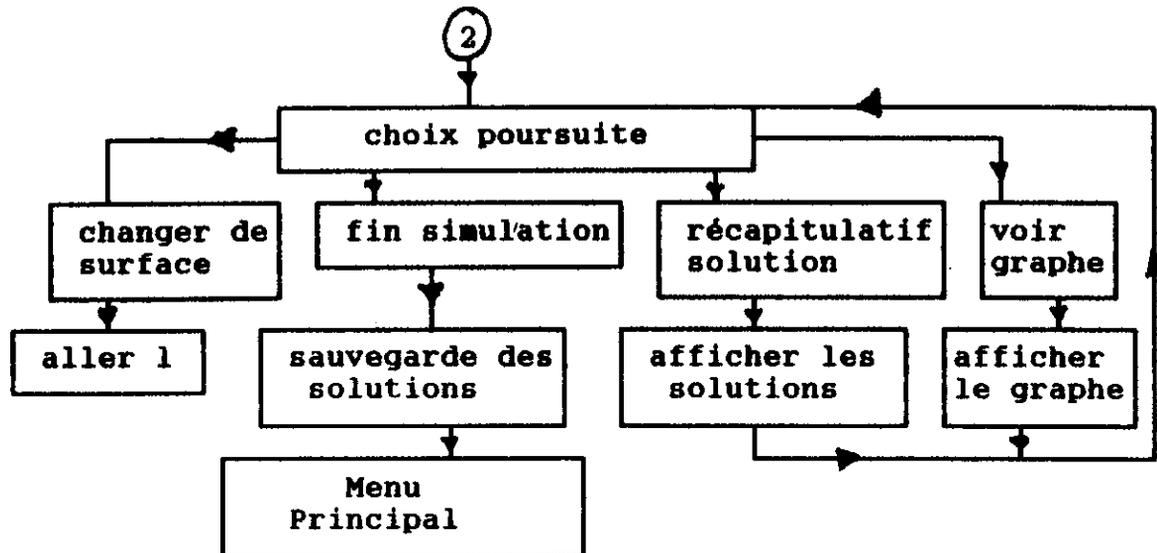
A partir de ce moment donc peut commence la gestion de la retenue. On commence par proposer une superficie à irriguer. On peut donc établir le tableau d'exploitation. Ce tableau donne l'état de réserve en début et en fin de mois (le volume et la côte); le total des besoins agricoles, des besoins humains-pastoraux et autres besoins, les besoins, et le total des pertes

A la fin de chaque mois la côte de la réserve est comparée à la côte la prise. Si elle est atteinte alors le programme ne peut pas être satisfait, il faut donc une autre combinaison. Dans le cas contraire il est possible de voir le récapitulatif des solutions déjà trouvées; le graphe de la simulation, ou alors de changer de superficie et faire une nouvelle simulation . L'organigramme suivant en fait la synthèse.

ORGANIGRAMME MODULE GESTION







Il faut noter que toutes les solutions trouvées sont mémorisées. Si une combinaison de surface a été introduite deux fois, elle n'est retenue qu'une seule fois. Ces résultats peuvent être sauvegardés.

Les graphes sont tracés dans un mode qui correspond à l'écran de l'utilisateur. Le programme a été conçu de façon à s'adapter à l'écran. C'est ainsi que trois modes ont été choisis qui permettent de couvrir tous les écrans; c'est les modes SCREEN 10, SCREEN 8, SCREEN 2. Dans un premier temps c'est screen 10 qui est choisi si ce mode ne correspond pas à la configuration de l'écran le programme détecte l'erreur et passe au mode screen 8, si ce mode ne convient pas il passe en screen 2.

c/Modules modification et édition

- Modification:

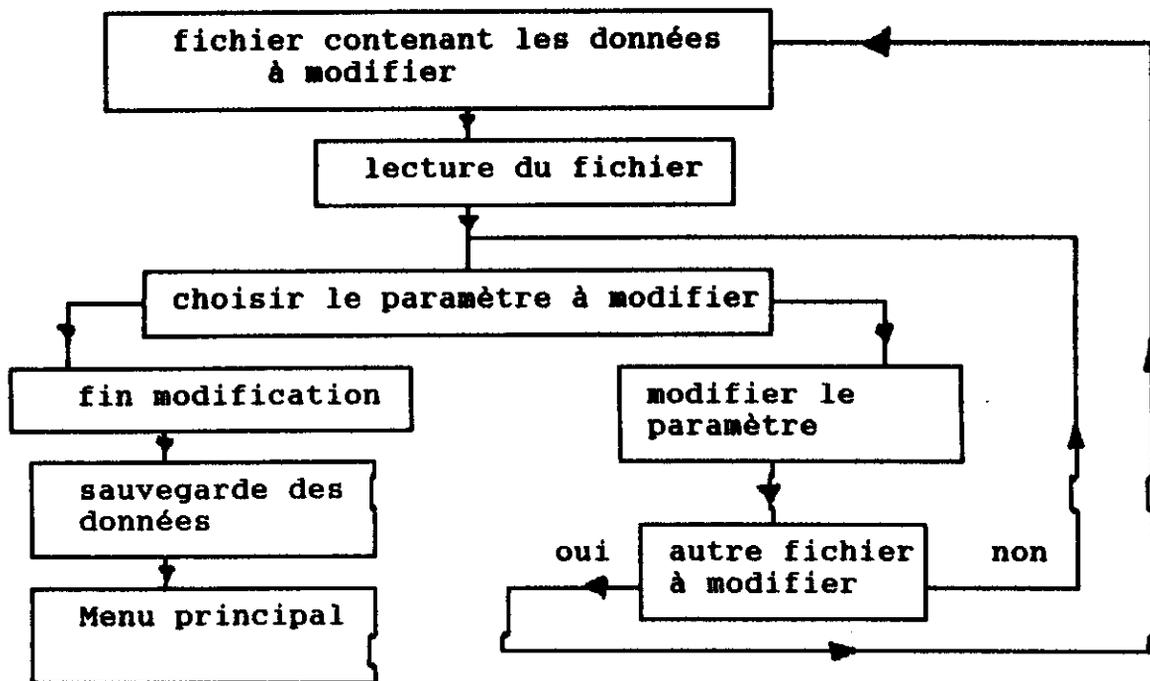
Ce module permet de faire les modifications des données de base. Il s'agit de données qui sont déjà saisies et sauvegardées. Un menu permet de choisir les données à modifier.

- Edition:

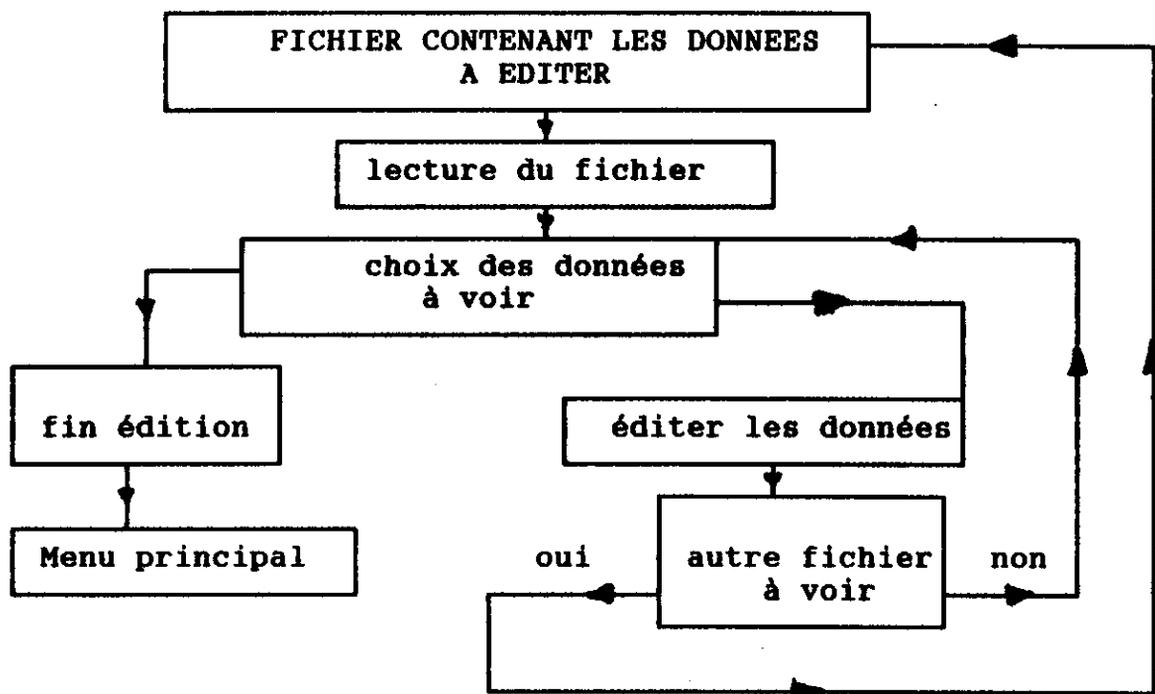
Il est possible de revoir des données déjà saisie ou alors le récapitulatif des résultats d'une simulation.

Il faut remarquer que les modules modification et saisie utilisent les mêmes sous programmes, il en est de même des modules gestion de la retenue et édition. Les organigrammes de ces deux modules sont données ci-après.

ORGANIGRAMME MODULES MODIFICATION



ORGANIGRAMME MODULE EDITION



II-3 DEROULEMENT DU PROGRAMME

Un menu principal permet de choisir le module souhaité. Pendant l'exécution il est toujours possible de revenir au menu précédent en appuyant sur la touche F1 et puis valider. Après chaque affichage à l'écran d'un résultat ou des données il est possible de les faire sortir à l'imprimante. Si l'imprimante n'est pas prête le message "imprimante non prête" apparaît ; en appuyant sur une touche on revient à l'affichage précédent.

Le programme est subdivisé en sous programmes de tel sorte que le sous programme introduction des besoins agricoles servira à la fois aux modules modification et saisie, de même le sous programme tracer un graphe servira à tracer les graphes du module gestion. Cela veut dire que chaque module est constitué par un appel de sous programme. L'algorithme annexé résume cela.

Ce programme a été traduit en GWBASIC. C'est un langage très répandu, disponible pratiquement sur tout les systèmes d'exploitation (MS-DOS). Pour l'exécution du programme il est donc nécessaire de disposer du fichier GWBASIC. Le programme lui même est composé de quatre fichiers. Un fichier qui rend automatique le changement de GWBASIC et le programme de présentation, un fichier qui contient le programme principal, un pour la présentation et un dernier pour l'aide.

En tapant GR au clavier et en validant, le fichier de chargement automatique charge GWBASIC puis le programme de présentation. Après la présentation, le programme principal est chargé.

Tableau 4

SIMULATION DE L'EXPLOITATION D'UNE RETENUE DE BARRAGE A BUTS MULTIPLES

NOM DU BARRAGE : TEYOKO
PAYS : BURKINA FASO
PROVINCE : ZOUNDEWEGBO
COORDONNEES : LAT : LONG :
SUPERFICIE DU BASSIN : 34 Km²
CAPACITE DE LA RETENUE : 1932300 m³
COTE DU DEVERSOIR : 102.5 m
PLUIE MOYENNE ANNUELLE : 885 mm

Tableau 5

COTE (m)	BARRAGE DE TEYOKO SURFACE (m ²)	VOLUME (m ³)
97.08	0	0
98.00	40750	18745
98.50	93250	52245
99.00	187000	122308
99.50	265000	235308
100.00	326000	383058
100.50	447500	576433
101.00	548750	825495
101.50	680000	1132683
102.00	773250	1495995
102.50	972000	1932308
103.00	1174500	2468933

Tableau 8'

BARRAGE DE TEYOKO
EQUATIONS DES COURBES HAUTEUR-SURFACE HAUTEUR-VOLUME

h (m)	S (ha)	V(m ³)
COURBE HAUTEUR-SURFACE		COURBE HAUTEUR-VOLUME
S = S0*H ^B		V = V0*H ^A
S0 = 5.1736		V0 = 22221
B = 1.7444		A = 2.6447
COEF. DE CORRELA. = 0.9978		COEF. DE CORRELA. = 0.9998

ERREUR SUR LE LOGARITHME DE LA SURFACE A 90% = [0.0194 +0.0051*(LN(h) - 1.0926)²]^{1/2}

ERREUR SUR LE LOGARITHME DU VOLUME A 90% = [0.0037 +0.0010*(LN(h) - 1.0926)²]^{1/2}

III RESULTATS: EXEMPLE D'APPLICATION.**III.1 PRESENTATION DU SITE:**

Nom du village : T yoko
 Province : Zoundw ogo
 Pays : Burkina Faso
 Superficie du bassin versant : 34km²
 Pluie moyenne annuelle : 885 mm
 Capacité de la retenue : 1932300 m³
 Côte du déversoir : 102,50 m
 Population concern e : 13250 habitants
 consommation spécifique 40 l/j/tête

Cultures

Hivernage : riz sur 34 ha

Saison sèche : riz (18ha), tomate (4ha)
 Durée de la saison sèche : 8 mois (octobre-mai)

Ces donn es sont r capitul es dans les tableaux 4,5,6,7.

La retenue est utilis e du 1er octobre au 31 mai.
 l'irrigation d'hivernage finie en octobre.

Ce barrage n'est pas encore réalisé mais les études ont été r alis es. L'étude hydrologique montre que même en année quinquennale sèche le barrage est rempli. Donc la côte en début de saison sera consid r e comme étant égale à la côte du déversoir (102,50). Ces donn es ont été tir es de <2> (projet barrage).

III.2 PRESENTATION DES RESULTATS**a) Equations analytiques des courbes**

les équations des courbes sont donn es au tableau (8).

$$S = 80 \cdot h^{\beta} \quad S \text{ en ha, } h \text{ en m.}$$

$$80 = 5,1736 \quad \beta = 1,7444$$

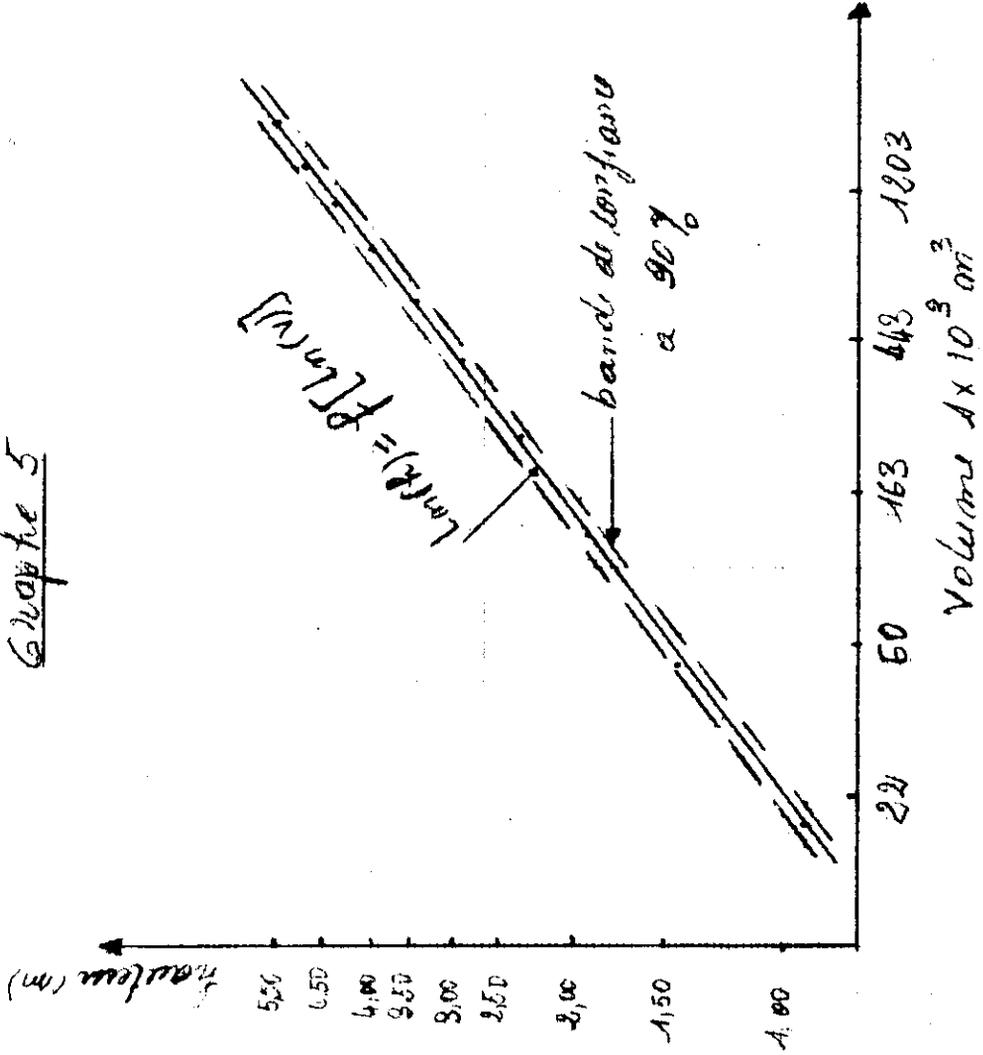
$$V = V_0 \cdot h^d \quad V \text{ en m}^3, h \text{ en m}$$

$$V_0 = 22221 \quad d = 2,6447$$

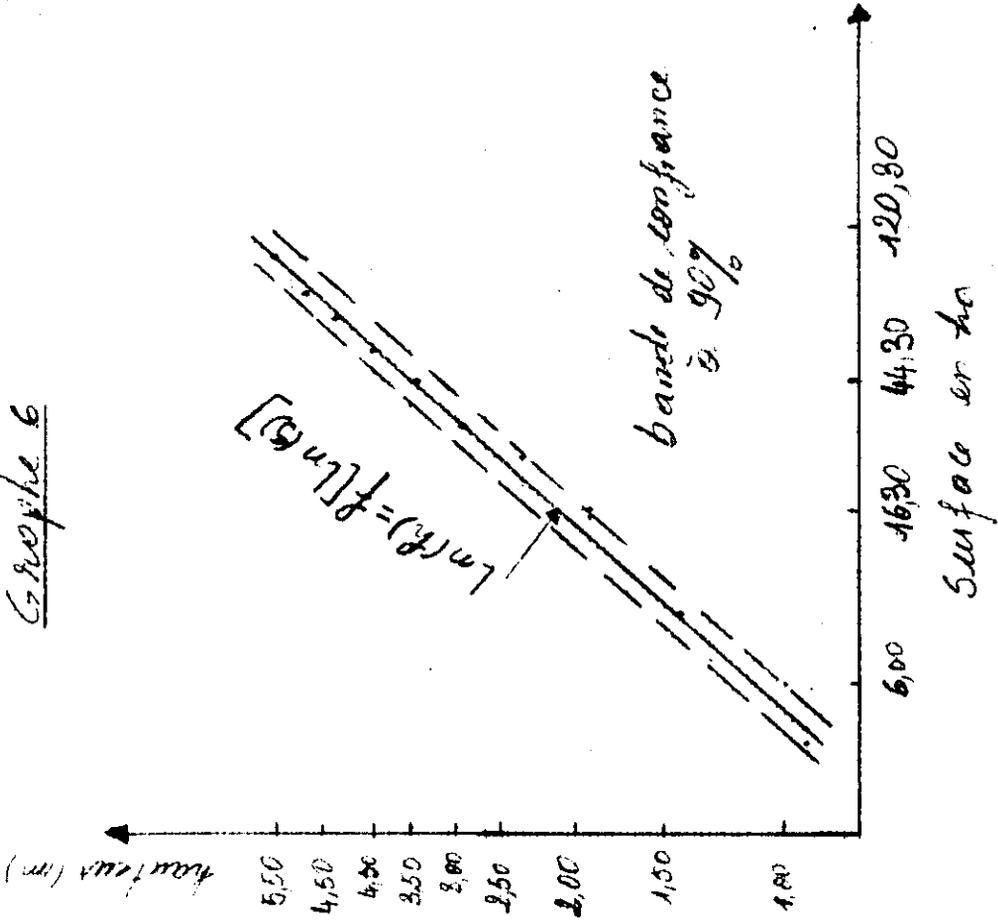
Barrage de TEVORO:

Bande de confiance à 90%

Graph 5



Graph 6



Rectificatif.

Page 6

lire $\rho_v = \frac{\text{cov}(\ln(h), \ln(V))}{\text{var}(\ln(h)) \cdot \text{var}(\ln(V))}$

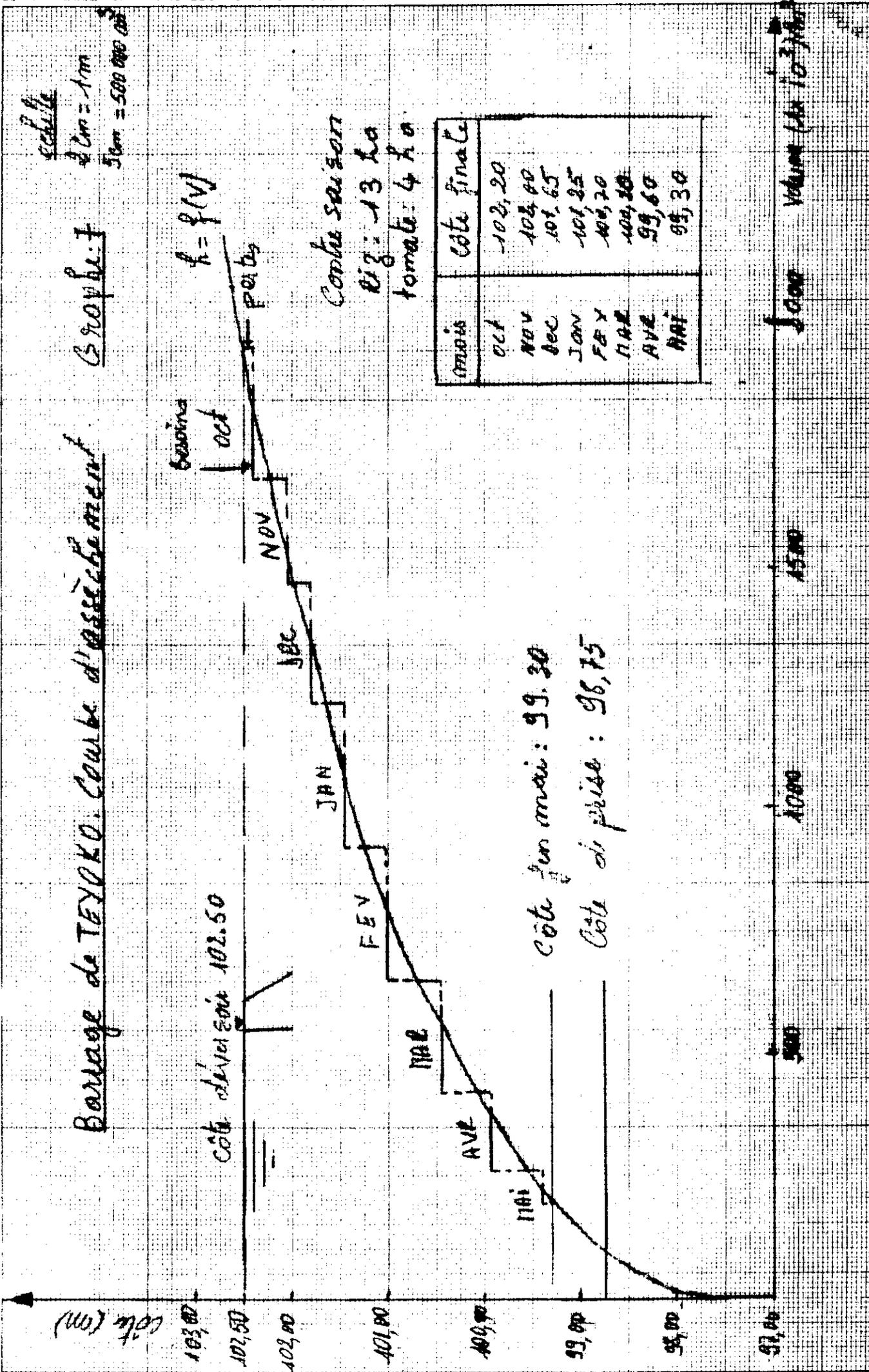
au lieu de .

$$\rho_v = \frac{\text{cov}(\ln(h), \ln(V))}{\text{var}(\ln(h))}$$

Barage de TEXOKO. Courbe d'assèchement

Graphique

échelle
 2cm = 1m
 5cm = 500 000 m³



mois	côte finale
OCT	102,20
NOV	102,60
DEC	101,65
JAN	101,25
FEB	100,70
MAR	100,10
AVE	99,60
MAI	99,30

Cote de prise: 96,75
 cote fin mai: 99,30

Cote de prise: 96,75
 cote fin mai: 99,30

Conte saison
 Dig: 13 ha
 tomale: 4 ha

Tableau 9

SUPERFICIES CULTIVABLES (ha)

RIZ = 13 TOMATE = 4

COTE DEBUT DE SAISON = 102.5 m VOLUME MORT = 86251 m³
 COTE PRISE = 98.75 m VOLUME UTILE = 1854348 m³
 VOLUME INITIAL = 1940599 m³

BARRAGE DE TEYOKO : TABLEAU D'EXPLOITATION VARIANTE 1

MOIS	RESER DEBUT MOIS		TOTAL BES. AGR m ³	TOTAL BES. HPA m ³	TOTAL BES. m ³	TOT PERT mm	RESER FIN MOIS	
	VOLUME m ³	HAUT m					VOLUME m ³	HAUT m
OCT	1854348	102.50	124100	19940	144040	155	1566968	102.18
NOV	1566968	102.18	0	19297	19297	168	1407552	101.99
DEC	1407552	101.99	145510	19940	165450	181	1100831	101.58
JAN	1100831	101.58	111800	19940	131740	199	835280	101.17
FEV	835280	101.17	115400	19297	134697	196	588341	100.71
MAR	588341	100.71	118560	19940	138500	222	346277	100.15
AVR	346277	100.15	86830	19297	106127	210	166296	99.59
MAI	166296	99.59	0	19940	19940	197	97204	99.30

VARIANTE 1 = SOUSTRAIRE EN PREMIER LIEU LES PERTES
 VARIANTE 2 = SOUSTRAIRE EN PREMIER LIEU LES BESOINS

Tableau 10

SUPERFICIES CULTIVABLES (ha)

RIZ = 13 TOMATE = 4

COTE DEBUT DE SAISON = 102.5 m VOLUME MORT = 86251 m³
 COTE PRISE = 98.75 m VOLUME UTILE = 1854348 m³
 VOLUME INITIAL = 1940599 m³

BARRAGE DE TEYOKO : TABLEAU D'EXPLOITATION VARIANTE 2

MOIS	RESER DEBUT MOIS		TOTAL BES. AGR m ³	TOTAL BES. HPA m ³	TOTAL BES. m ³	TOT PERT mm	RESER FIN MOIS	
	VOLUME m ³	HAUT m					VOLUME m ³	HAUT m
OCT	1854348	102.50	124100	19940	144040	155	1573776	102.19
NOV	1573776	102.19	0	19297	19297	168	1415030	102.00
DEC	1415030	102.00	145510	19940	165450	181	1117969	101.61
JAN	1117969	101.61	111800	19940	131740	199	860787	101.21
FEV	860787	101.21	115400	19297	134697	196	622518	100.78
MAR	622518	100.78	118560	19940	138500	222	391042	100.27
AVR	391042	100.27	86830	19297	106127	210	217996	99.77
MAI	217996	99.77	0	19940	19940	197	144991	99.50

VARIANTE 1 = SOUSTRAIRE EN PREMIER LIEU LES PERTES
 VARIANTE 2 = SOUSTRAIRE EN PREMIER LIEU LES BESOINS

Tableau 11a

BARRAGE DE TEYOKO : TABLEAU DES BESOINS MENSUELS

MOIS	DES. HUM m ³	DES. PAS m ³	AUT. BES m ³	DES. AGR	
				RIZ m ³ /ha	TOMA m ³ /ha
OCT	16430	3510	0	3650	0
NOV	15900	3397	10000	0	0
DEC	16430	3510	0	9710	4820
JAN	16430	3510	0	7640	3120
FEB	15900	3397	0	7400	4800
MAR	16430	3510	0	7760	4420
AVR	15900	3397	0	5670	3280
MAI	16430	3510	0	0	0

Tableau 11b

SUPERFICIES CULTIVABLES (ha)

RIZ = 13 TOMATE = 4

COTE DEBUT DE SAISON = 102.5 m

VOLUME MORT = 86251 m³

COTE PRISE = 98.75 m

VOLUME UTILE = 1854348 m³

VOLUME INITIAL = 1940599 m³

BARRAGE DE TEYOKO : TABLEAU D'EXPLOITATION VARIANTE 1

MOIS	RESER DEBUT MOIS		TOTAL BES. AGR m ³	TOTAL BES. HPA m ³	TOTAL BES. m ³	TOT PERT mm	RESER FIN MOIS	
	VOLUME m ³	HAUT m					VOLUME m ³	HAUT m
OCT	1854348	102.50	124100	19940	144040	155	1566968	102.18
NOV	1566968	102.18	0	29297	29297	168	1397552	101.98
DEC	1397552	101.98	145510	19940	165450	181	1091430	101.57
JAN	1091430	101.57	111800	19940	131740	199	826554	101.16
FEB	826554	101.16	115400	19297	134697	196	580293	100.70
MAR	580293	100.70	118560	19940	138500	222	339023	100.13
AVR	339023	100.13	86830	19297	106127	210	159842	99.56
MAI	159842	99.56	0	19940	19940	197	91567	99.28

VARIANTE 1 = SOUSTRAIRE EN PREMIER LIEU LES PERTES

VARIANTE 2 = SOUSTRAIRE EN PREMIER LIEU LES BESOINS

Tableau 12a

BARRAGE DE TEYOKO : TABLEAU DES BESOINS MENSUELS

MOIS	BES. HUM m ³	BES. PAS m ³	AUT. BES m ³	BES. AGR	
				RIZ m ³ /ha	TOMA m ³ /ha
OCT	16430	3510	0	3650	0
NOV	15900	3397	0	0	0
DEC	16430	3510	0	9710	4820
JAN	16430	3510	0	7640	3120
FEV	15900	3397	0	7400	4800
MAR	16430	3510	0	7760	4420
AVR	15900	3397	10000	5670	3280
MAI	16430	3510	0	0	0

Tableau 12b

SUPERFICIES CULTIVABLES (ha)

RIZ = 13 TOMATE = 4

COTE DEBUT DE SAISON = 102.5 m

VOLUME MORT = 86251 m³

COTE PRISE = 98.75 m

VOLUME UTILE = 1854348 m³VOLUME INITIAL = 1940599 m³

BARRAGE DE TEYOKO : TABLEAU D'EXPLOITATION VARIANTE 1

MOIS	RESER DEBUT MOIS		TOTAL BES. AGR m ³	TOTAL BES. HPA m ³	TOTAL BES. m ³	TOT PERT mm	RESER FIN MOIS	
	VOLUME m ³	HAUT m					VOLUME m ³	HAUT m
OCT	1854348	102.50	124100	19940	144040	155	1566968	102.18
NOV	1566968	102.18	0	19297	19297	168	1407552	101.99
DEC	1407552	101.99	145510	19940	165450	181	1100831	101.58
JAN	1100831	101.58	111800	19940	131740	199	835280	101.17
FEV	835280	101.17	115400	19297	134697	196	588341	100.71
MAR	588341	100.71	118560	19940	138500	222	346277	100.15
AVR	346277	100.15	86830	29297	116127	210	156296	99.55
MAI	156296	99.55	0	19940	19940	197	88473	99.26

VARIANTE 1 = SOUSTRAIRE EN PREMIER LIEU LES PERTES

VARIANTE 2 = SOUSTRAIRE EN PREMIER LIEU LES BESOINS

Les graphes (5) et (6) donnent la répartition des points autour des droites calculées ($\ln(h)=f(\ln(V))$, $\ln(h)=f(\ln(S))$). Les bandes de confiance ont été données pour un niveau de confiance de 90%. Elle confirme la bonne corrélation qui existe entre la hauteur et le volume, la hauteur et la surface.

b) Gestion de la retenue :

- Comparaison des résultats du programme avec la simulation graphique.

La variante de gestion utilisée est celle qui soustrait en premier lieu les pertes (la plus sécurisante). Les résultats de la simulation graphique sont donnés au graphe(7) et ceux du programme au tableau(9). Le tableau suivant résume les résultats obtenus par les deux méthodes.

Côte fin de mois

mois	Oct	Nov	Déc	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
graphique	102,20	102,00	101,65	101,25	100,70	100,10	99,60	99,30
programme	102,18	101,90	101,58	101,17	100,71	100,15	99,59	99,3

Ces deux résultats sont pratiquement les mêmes si l'on considère les imprécisions du graphe. En effet un millimètre représente cinq centimètres à l'échelle; ce qui justifie les petites différences constatées. Mais cela confirme l'intérêt d'informatiser les calculs.

- Comparaison des deux variantes de gestions.

Dans la gestion de la retenue il existe deux variantes de gestions. Une qui consiste à soustraire en premier lieu les pertes avant soustraire les besoins et une autre qui faisait l'inverse. Pour le barrage de Téryoko ces deux variantes ont donné les résultats des tableaux 9 et 10. En utilisant la première méthode la côte en fin mai est de 99,30 m alors que dans la seconde elle est de 99,50 m. Soit une différence de 20 cm, correspond à un volume 48 000 m³ soit deux fois les besoins de mai. Ce qui n'est pas très négligeable. Cette différence s'explique par le fait que le moment où l'on utilise la retenue est importante. En effet consommer 10 000 m³ en novembre n'est pas la même chose que les consommer en avril comme le montre les tableaux (11) et (12). On constate une différence de 2 cm. Dans les deux cas les besoins restent les mêmes. S'il y a donc une différence cela veut dire que la quantité d'eau perdue n'est pas la même selon les variantes. La quantité d'eau perdue par évaporation est fonction du plan d'eau. Plus la surface évaporante est grande, plus la quantité d'eau perdue est grande. Or la première variante commence par soustraire les pertes, comme en début de mois le volume d'eau stocké est plus grand la surface évaporante est donc plus grande. La conséquence est que le volume perdu par évaporation est plus important. La deuxième variante

commence par soustraire les besoins donc par réduire la surface évaporante, c'est à dire par réduire la quantité d'eau perdue.

Voilà donc pourquoi nous avons une différence entre ces deux variantes.

Pour la détermination de la superficie irrigable il est toujours intéressant de faire les deux variantes, car au niveau de la retenue les pertes et la satisfaction des besoins en eau se font simultanément. Cette superficie une fois déterminer doit faire l'objet d'une critique. Elle doit tenir compte des conditions socio-économiques du site. Aussi si l'on a des besoins annexes à satisfaire il faut toujours le faire en début de saison. Cela permet de réduire les quantités d'eau perdues par évaporation, car c'est en début de saison que la surface du plan d'eau est plus important. Donc on a intérêt à utiliser la retenue le plus tôt que possible.

L'évaporation totale à Téryoko d'octobre à mai est de 1528 mm. Si à cette évaporation en ajoute une infiltration de 1 mm /j, en fin mai on se trouve avec une perte d'environ 1,80m. Ce résultat vérifie donc que toute retenue inférieure à deux mètres sera tarie en fin de saison sèche.

CONCLUSION

L'utilisation efficiente d'un barrage demande une connaissance parfaite des caractéristiques du site notamment les courbes hauteur-volume et hauteur-surface. Il est aussi nécessaire d'identifier les différentes utilisations de la retenue, de pouvoir estimer la quantité d'eau perdue. C'est à partir de ce moment qu'il est possible de suivre de façon régulière l'évolution du niveau d'eau dans la retenue en fonction des besoins à satisfaire, des pertes et dans le temps considéré. Cela permet de dire si les besoins envisagés à partir des considérations socio-économiques peuvent être satisfaits ou pas. Au cas où les besoins ne peuvent pas être satisfaits seules les besoins agricoles sont compressibles, car il suffit de diminuer la superficie à irriguer ou de changer de variété de culture.

Pour faire une telle simulation la méthode graphique qui utilise la courbe hauteur-volume est généralement utilisée. Or l'utilisation d'un graphique entraîne toujours des incertitudes et une attention très particulière; elle est en outre fastidieuse s'il s'agit de répéter plusieurs fois l'exercice. Ce programme permet de surmonter de telles difficultés. Le programme permet, après avoir saisi les données nécessaires à la simulation, de connaître les caractéristiques de la retenue, d'établir un tableau des besoins mensuels, un tableau des pertes mensuelles dans la retenue. Un tableau exploitation permet de savoir si la superficie choisie peut être irriguée. Tous les résultats et les données peuvent être sauvegardés pour être consultés ou alors utilisés pour une simulation.

La comparaison des deux variantes de la méthode graphique a montré que l'utilisation de la retenue doit se faire le plus tôt possible après la saison sèche. En début de saison la surface du plan d'eau est importante en conséquence la quantité d'eau perdue par évaporation est plus grande. Dans les méthodes de lutte contre l'évaporation on peut retenir ce principe: utiliser le maximum d'eau en début de saison pour minimiser les pertes par évaporation.

BIBLIOGRAPHIE

1 - Petits barrages en terres au Burkina Faso

Bilan et analyse critique.

Par Mr. d'At de ST Foulc, O. Gilard, H. Piaton.
C.I.E.H, UNESCO, E.I.E.R. Janvier 1986.

2 - cours de barrage

Par Mr Abel TIGASSE.
E.I.E.R 1992.

3 - Gestion d'une retenue en amont d'un petit périmètre irriguée

J.P Triboulet. Session de formation continue,
management en irrigation, ETSHER, Janvier 1992.

4 - La maîtrise des crues dans les bas fonds

Sylvain BERTON.
Février 1988.

5 - Les besoins en eau des cultures

Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N° 24 1981.

6 - Guide l'utilisateur et manuel de référence

Microsoft GW-BASIC.

7 - Les grands règles de la programmation en BASIC

Robert VAN LOO.
Marabout 1988.

8 - Programmation Basic

Byron S. GOTTFRIED.
Série Schaum 1985.

ANNEXE 1

NOTICE D'UTILISATION

NOTICE D'UTILISATION

Ce programme a été écrit en BASIC et comporte 4 fichiers. Un fichier de chargement automatique nommé GR.BAT qui charge GW.BASIC et le fichier de présentation (GR.TET), comme son nom l'indique il fait une présentation du programme. Il y a ensuite GR.Bas; c'est le programme principal.

Le dernier fichier est nommé AIDE.TXT. Il contient le programme aide. Ce programme facilite à l'utilisateur la compréhension du programme. En dehors de ces fichiers nous avons le fichier GR.EXE pour GW BASIC, et GR.COM qui est le fichier de commande.

Pour lancer le programme il suffit de taper GR et de valider. Après la présentation du programme apparaît à l'écran le menu suivant.

MENU PRINCIPAL	
SAISIE	1
SORTIR DES DONNEES	2
MODIFICATION	3
GESTION DE LA RETENUE	4
CHARGER DES DONNEES	5
FIN	6

Ce menu présente les grands modules du programme. Le module saisie permet de faire l'introduction des données de base, c'est ici que se fait le calcul des caractéristiques des courbes. Pour revoir des données déjà saisies ou alors les sortir à l'imprimante, c'est le module "revoir des données" qui le fait. Il est toujours possible de modifier un des paramètres des données déjà saisies; pour cela il suffit de choisir "modification". Le module gestion de la retenue permet de connaître la superficie cultivable. Des données une fois saisies et sauvegardées, peuvent être chargées. Pour choisir un module, taper le chiffre devant votre choix. Fin permet de sortir du programme et de retourner au système. Voyons en détail chacun de ces modules.

I- MODULE SAISIE

La saisie se fait en deux grandes étapes. Dans un premier lieu il faut connaître les caractéristiques des courbes, ensuite introduire les besoins et les pertes dans la retenue.

Signalons qu'un nombre décimal s'écrit avec un point et non avec une virgule par exemple 20,60 s'écrit 20.60 au lieu de 20,60.

I) Module saisie :

La saisie se fait en deux grandes étapes. Dans un premier lieu il faut connaître les équations des courbes ensuite introduire les besoins et les pertes dans la retenue.

Signalons qu'un nombre décimal s'écrit avec un point et non avec une virgule par exemple. 20,60 s'écrira 20.60 au lieu 20,60.

a) Caractéristiques

Après la saisie des caractéristiques du site, apparaît le menu suivant:

```

CARACTERISTIQUES DES COURBES HAUT-SURFA HAUT-VOLUM

VOUS DISEPOSEZ DE POINTS POUR CES COURBES (O/N)
  
```

Les courbes hauteur-surface et hauteur-volume se présentent sous la forme $S = S_0 \cdot h^b$ et $V = V_0 \cdot h^a$. Pour connaître ces coefficients il faut connaître pour chaque hauteur le volume et la surface associés ou alors l'un des deux. Cela donne donc une série de points qui permettent de retrouver les coefficients. Mais il est possible que l'utilisateur ne dispose pas de ces points.

Dans le cas où l'on dispose pas de ces points, alors il y a les possibilités suivantes.

```

SAISIE CARACTERISTIQUES DES COURBES

CARACTERISTIQUES MOYENNES DES COURBES ..... 1
  V= 38336*H^2,139   V(m^3) H(m)
  S= 9,63*H^1,241   S(ha) H(m)
VOS VALEURS ..... 2
  V=V0*H^A         S=S0*H^B
  
```

Le premier cas suppose qu'il n'existe aucune donnée sur les caractéristiques de la retenue, des courbes moyennes sont donc proposées. Ces courbes ont été proposées par le document <1>. Dans le deuxième cas les caractéristiques des courbes sont déjà connues. On peut les introduire directement.

Dans le cas où l'on dispose de points pour calculer les caractéristiques alors trois possibilités s'offrent

SAISIE DES POINTS DES COURBES HAUTEUR-SURFACE-HAUTEUR/VOLUME

POUR CHAQUE POINT VOUS DISPOSEZ DE :	
HAUTEUR SURFACE VOLUME	1
HAUTEUR SURFACE	2
HAUTEUR VOLUME	3

VOTRE CHOIX :

1- Pour chaque hauteur la surface et le volume associés sont connus.

Pour 2 et 3 seule la surface ou le volume est connu. Dans ce cas la donnée manquante est calculée par le programme. Après avoir choisi un cas, l'on peut introduire les points des courbes. A rappeler que les hauteurs sont introduites en mètres, les surfaces en hectares, les volumes en mètres cubes, et qu'un nombre décimal s'écrit avec un point et non avec une virgule 20.60 au lieu de 20,60.

Après la saisie des points, sont affichées les caractéristiques des courbes. A préciser que le coefficient de corrélation qui est donné, est relatif aux logarithmes de la hauteur et de la surface ou du volume. Le calcul d'erreur est donné avec une confiance de 90% l'intervalle dans lequel peut se trouver le logarithme de la surface ou du volume pour une hauteur donnée.

b) Saisie des besoins et des pertes

Tout d'abord il faut introduire la durée de la saison.

DUREE D'UTILISATION DE LA RETENUE	
-----------------------------------	--

DUREE D'UTILISATION (NOMBRE DE MOIS) =

NUMERO DU MOIS DE DEBUT DE SAISON (JANV=1,FEV=2,.....). =

DATE DEBUT DE SAISON =

DATE DE FIN DE SAISON =

La durée de saison correspond au nombre de mois pendant les quels la retenue est utilisée. Il ne s'agit pas seulement de l'utilisation agricole, mais de tous les besoins.

Le numéro du mois de début de saison correspond au premier mois d'utilisation. Le mois de janvier est le numéro 1 et décembre le 12. La date début ou fin de saison correspond au jour

où commence ou finit l'exploitation de la retenue. Si c'est le 15 octobre il faut répondre 15.

- Saisie des besoins humains

Il s'agit d'introduire la population totale concernée par le barrage et la consommation spécifique en litres/jour/habitant.

- Besoins pastoraux

Pour chaque type de bétail introduire le nombre et la consommation spécifique. Si le bétail est exprimé en unité de bétail tropical alors une unité de bétail tropical équivaut à un bovin.

- Les besoins agricoles

Il s'agit de donner le nombre de cultures, et nom des cultures. Pour chaque culture on introduira les besoins en eau mensuels en m³/ha/mois.

- Les autres besoins

C'est l'ensemble des autres besoins que l'on peut rencontrer au niveau de la retenue. Cette partie peut être utilisée pour s'adapter à plusieurs cas particuliers.

- Les pertes par évaporation

L'évaporation au niveau de la retenue (évaporation lac) est connue à partir de l'évaporation mesurée au bac. Le menu suivant propose des coefficients de passage de l'un à l'autre.

COEFFICIENT DE PASSAGE DE L'EVAPORATION BAC A L'EVAPORATION LAC

0,8	1
VOTRE VALEUR	2

Le coefficient varie entre 0,7 à 0,8, on a intérêt à ne pas le sous estimer, c'est pourquoi le coefficient 0,8 a été proposé. Dans le cas où l'on dispose déjà de l'évaporation lac alors choisir 2 et le coefficient à introduire sera de un (1).

- Pertes par infiltration

Dans un barrage les pertes par infiltration sont généralement négligeables, surtout quand le fond du lit se colmate. Cependant il peut arriver que cette infiltration ne soit pas nulle et dans ce cas peut varier de 1 à 3 mm/j. On donne la possibilité de choisir entre les trois cas suivants:

PERTES PAR INFILTRATION	
NEGLIGEABLE	1
2 mm/j	2
VOTRE VALEUR (mm/j)	3

VOTRE CHOIX :

- Sauvegarde des données

Après la saisie des données de base, on peut les sauvegarder, c'est à dire les enregistrer sur un disque. Pour cela il faut donner un nom au fichier qui doit les contenir. Si la disquette sur laquelle doit se faire l'enregistrement se trouve dans l'unité active alors la syntaxe est la suivant.

TEYOKO.DAT

Extension (facultatif).
Nom.

Si la disquette est dans une autre unité alors préciser le nom de l'unité.

B: TEYOKO.DAT

Nom de l'unité

Si la sauvegarde se fait dans un sous répertoire, il faut le préciser.

B: \DONNEES \TEYOKO.DAT

NOM du sous répertoire

II. MODULE GESTION DE LA RETENUE

La gestion de la retenue peut se faire à partir des données qui viennent d'être saisies (données en cours), ou de données déjà chargées. C'est ce que veut dire la question suivante.

UTILISEZ VOUS DES DONNEES EN COURS (O/N) :

Si la réponse est négative alors la liste des fichiers dans l'unité active est donnée.

LISTE DES FICHIERS

```
A:\
GR      .BAS      GR      .TET      ORD      .WK1      ORDG1   .PIC
GR2     .EXE      ORG1     .PRN      GR       .BAT      TEYO1
ORD     .CHT      TEYR           HG       .DIR      TEYO
BAGRE   .          HG23     .PAL      GRA      .BAS      TEYR1
AIDE    .TXT      GR1      .COM
141312 Bytes free
```

NOM DU FICHIER CONTENANT LES DONNEES

Introduire donc le nom du fichier si il est dans l'unité active. Dans la cas contraire préciser l'unité ou le sous répertoire. Si l'écriture du nom de fichier n'est pas exacte alors apparait le message "fichier non trouvable". De même si le fichier donné n'est pas un fichier de données alors apparait le message "fichier incompatible".

- Saisie des côtes

Il faut remplir le tableau suivant.

BARRAGE DE TEYOKO

COTE DU DEVERSOIR (m)= 102.5

COTE EN DEBUT DE SAISON (m)= 102.5

COTE DE LA PRISE (m)=

COTE DE FOND (m)=

La côte du déversoir n'est pas à introduire mais elle est déjà connue. La côte en début de saison correspond à celle lue à l'échelle limnimétrique, ou alors à la côte du projet. La côte de la prise est la côte à laquelle est calée la prise d'eau.

Après cela la valeur courante du nombre de jour du mois de février est affichée. Si elle ne convient pas alors introduire la nouvelle valeur.

- Variante de gestion

METHODE DE GESTION	
SOUSTRAIRES EN PREMIER LIEU LES PERTES	1.
SOUSTRAIRES EN PREMIER LIEU LES BESOINS	2.

VOTRE CHOIX ...=

Ces deux variantes sont possibles pour la gestion de la retenue. La première va dans le sens de la sécurité car elle maximise les pertes par évaporation, alors que la seconde elle les sous estime.

- Tableaux

Le tableau des besoins mensuels fait le récapitulatif des besoins mensuels. Voici la signification des abréviations:

BES.HUM = besoins humains.
 BES.PAS = besoins pastoraux.
 AUT.BES = autres besoins.
 BES.AGR = besoins agricoles.

Chaque culture est désignée par ces quatre premières lettres.

Le tableau de perte fait la même chose pour l'évaporation et l'infiltration.

EVAP. = évaporation.
 INFL. = infiltration.

Le tableau d'exploitation fait l'état de la réserve pour chaque mois.

Réserve début mois = réserve en début de mois.
 BES.AGR = besoins agricoles.
 HAUT = hauteur.
 BES.HPA = besoins humains, pastoraux et autres.
 TOT PERT = total des pertes.

Les volumes donnés sont pris par rapport au volume utile.

- Menu gestion

Après une simulation les possibilités suivantes s'offrent.

MENU GESTION	
RECAPITULATIF DES SOLUTIONS	1
CHANGER DE SUPERFICIE	2
GRAPHE	3
FIN SIMULATION	4

Le récapitulatif des solutions permet de revoir les solutions déjà trouvées.

Changer de superficie permet de faire une autre combinaison de surface et de faire une nouvelle simulation.

Graphe quant à lui permet de voir le graphe de la dernière simulation.

Le dernier cas fait quitter le module gestion.

III. MODULE EDITION

On peut revoir des données courantes ou alors les données dans un fichier et voici les données que l'on peut éditer.

VOUS POUVEZ EDITER :	
COTES - SURFACES - VOLUMES	1
CARACTERISTIQUES DES COURBES	2
CARACTERISTIQUES DU SITE	3
BESOINS MENSUELS	4
PERTES MENSUELLES	5
RECAPITULAFIF DES SOLUTIONS	6
TOUTES LES DONNEES	7
FIN EDITION	8

VOTRE CHOIX =

Introduire le chiffre correspondant à son choix.

IV. MODIFICATION

Il s'agit de modifier un des paramètres des données déjà saisies.

LA MODIFICATION CONCERNE	
LES POINTS DES COURBES HAUTEUR-SURF / VOLUM	1
LES CARACTERISTIQUES DES COURBES	2
LES CARACTERISTIQUES DU SITE	3
LA DUREE DE LA SAISON	4
LES BESOINS HUMAINS OU PASTORAUX	5
LES BESOINS AGRICOLES	6
AUTRES BESOINS	7
L'EVAPORATION	8
L'INFILTRATION	9
FIN MODIFICATION	10

VOTRE CHOIX =

Pour chaque cas se reporter à la rubrique qui le concerne dans le module saisie.

V. TOUCHES DE FONCTION

Elles permettent de faire certaines tâches quand elle sont disponibles. Il s'agit des touches F1 et F2. Pour les utiliser il suffit d'appuyer dessus et de valider.

La touche F1 permet de revenir au menu précédent.

La touche F2, elle donne à l'utilisateur la possibilité d'accéder à l'aide, qui explique la tâche à faire.

VI. PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats sont en général présentés sous forme de tableau voir les tableaux de (5) à (10) du rapport. Le tableau suivant est un exemple de tableau récapitulatif des solutions trouvées lors d'une simulation.

BARRAGE DE TEYOKO : RECAPITULATIF DES SOLUTIONS
 COTE DEBUT SAISON = 102.5 m DATE DEBUT SIMULATION = 1 OCT

SURFACE (ha)		COTE FINALE m	VOLUME FINAL m ³
RIZ	TOMA		
13	4	99.3	97204
16	4	98.87	17732
15	6	98.86	15594
16	5	98.78	3755
15	7	98.76	1634

ANNEXE 2

ALGORITHME DU PROGRAMME PRINCIPAL

ALGORITHME DU PROGRAMME PRINCIPAL

Déclarer les tableaux.

- 1 Afficher le menu principal
introduire votre choix
 - si le choix est saisie alors aller 2
 - si le choix est édition alors aller 3
 - si le choix est modifier alors aller 4
 - si le choix est gestion de la retenue alors aller 5
 - si le choix est fin alors aller 6

6 retour au système

module saisie

- 2 Disposez vous de points pour les courbes
 - si oui aller 7
 - si non continuer
 - aller sous programme saisie caractéristiques des courbes
 - aller 8
- 7 aller sous programme saisie des points
aller sous programme affichage des points
aller sous programme calcul des caractéristiques
aller sous programme dessin des courbes
- 8 aller sous programme affichage des caractéristiques
aller sous programme saisie durée de la saison sèche.
aller sous programme saisie des besoins humains et pastoraux.
aller sous programme saisie des besoins agricoles.
aller sous programme saisie des pertes par évaporations
aller sous programme coefficient de passage.
aller sous programme saisie des pertes par infiltration
voulez vous sauvegarder vos données
 - si oui alors aller 9
 - si non alors 10
- 9 aller sous programme sauvegarde des données
- 10 fin saisie, aller 1

module édition

- 3 Editez vous des données en cours
 - si oui alors aller 11
 - si non alors continuer
- 12 aller sous programme lecture des données
- 11 Afficher le menu édition

introduire votre choix
suivant votre choix aller sous programme correspondant.
Editez vous encore des paramètres du fichier
si oui alors 11
si non continuer

voulez vous éditer un autre fichier
 si oui aller 12
 si non continuer
 aller 1 (menu principal)

Module modification :

- 4 modifier vous les données en cours
 si oui alors aller 14
 si non continuer
- 13 aller sous programme lecture des données
- 14 Afficher le menu modification.
 introduire votre choix
 suivant votre choix aller au sous programme
 correspondant
 Modifiez vous encore des paramètres du fichier
 si oui alors aller 14
 si non continuer
 Modifiez vous un autre fichier
 si oui alors aller sous programme sauvegarde des
 données aller 13
 si non aller sous programme sauvegarde des données
 aller 1 (menu principale)

Module gestion de la retenue

- 5 Utilisez-vous les données en cours
 si oui alors aller 15
 si non aller sous programme lecture des données
- 15 Aller sous programme affichage des caractéristiques du
 site.
 Introduire la côte en début de saison, la côte de la
 prise, la côte de fond.
 Introduire la variante de gestion.
 aller sous programme calcul des besoins mensuels
 aller sous programme calcul des pertes mensuelles
 aller sous programme affichage des besoins mensuels
 aller sous programme affichage des pertes mensuelles
 aller sous programme exploitation de la retenue
- 16 Aller 1 (menu principal)

Sous programme exploitation de la retenue

- 19 Introduire la surface à irriguée
 calculer les besoins agricoles
 calculer le total des besoins
 Pour I allant du mois début de saison au mois fin de
 saison
 aller sous programme simulation
 si la côte fin de mois est inférieure à la côte de la
 prise alors aller 17
 si non continuer

afficher, la côte en début et fin de mois, le volume en début et fin de mois, les besoins totaux, les pertes totales.

répéter I.

aller 18

17 voulez vous changer de superficie

si oui alors aller 19

si non aller 20

18 mémoriser la solution

20 Afficher le menu gestion

introduire votre choix

si le choix est changer de superficie alors 19

si le choix est voir le graphe de la simulation alors sous programme dessin du graphe

si le choix est le récapitulatif des solutions alors

aller sous programme affichage des solutions

si le choix est fin simulation alors sauvegarder les résultats

Retourner

Sous programme simulation

si la variante de gestion est soustraire en premier lieu les pertes alors.

h = côte, début de mois - pertes - côte de fond

$V_1 = V_0 h^A$

volume fin de mois = V_1 - Besoins = V_2

côte fin de mois = côte de fond + $(V_2/V_0)^{1/a}$

aller 21

si non

V_1 Volume début de mois - besoins du mois

$h = (V_1/V_0)^{1/a}$

$h_1 = h$ - pertes du mois

côte fin de mois = côte de fond + h_1

Volume fin de mois = $V_0 \cdot h^A$

21 Retourner

Sous programme affichage des solutions

Pour chaque solution

afficher la superficie de culture

la côte en fin de saison

le volume utile restante enfin de saison

Retourner

Sous programme sauvegarde de données

Introduire le nom du fichier

Ecrire les données sur le disque

Retourner

Sous programme lecture de données

Afficher la liste des fichiers
introduire le nom du fichier
lire les données du disque

Retourner

Sous programme affichage besoins mensuels :

Pour I allant du mois début de saison au mois fin de saison
Afficher les besoins humains
afficher les besoins pastoraux
afficher les besoins agricoles

Répéter I
Retourner

Sous programme affichage des pertes mensuelles

Pour I allant du mois début de saison au mois fin de saison
afficher les pertes évaporations
afficher les pertes par infiltrations.
répéter I
Retourner

sous programme saisie des caractéristiques des courbes

Connaissez vous les caractéristiques des courbes
si oui alors
introduire
si non continuer

$V_0 = 38336$, $\alpha = 2,13883$, $\rho_v = 0,802841$
 $S_0 = 9,63102$, $\beta = 1,24122$, $\rho_s = 0,69411$

Retourner

Sous programme saisie des points

Afficher le menu des données disponibles
Si on a côte - surface - volume alors aller 22
si on a côte - volume alors aller 23
si on a côte - surface aller 24

22 Introduire les côtes, les volumes, les surfaces.
classer par ordre croissant aller 25

23 Introduire les côtes, les volumes classer par ordre croissant
calculer les surfaces, aller 25

24 Introduire les côtes, les surfaces classer par ordre croissant calculer les volumes

25 Retourner

Sous programme calcul des caractéristiques

calculer la moyenne de Ln h
 calculer la moyenne de Ln S
 calculer la moyenne de Ln V
 calculer la variance de Lnh, Lns, Lnv.
 calculer la covariance (Lnh, Lns), (Lnh, Lnv)
 calculer $\sigma_0, \alpha, \rho, \beta, \beta_0, \beta_1, \beta_2$
 calculer l'erreur sur Lnv, Lns.
 Retourner

Sous programme affichage des caractéristiques

Afficher $\sigma_0, \beta, \beta_0, \beta_1, \beta_2$, erreur sur LnS
 Afficher $\sigma_0, \alpha, \rho, \beta_0, \beta_1, \beta_2$, erreur sur LnV

Sous programme affichage des caractéristiques

Afficher $\sigma_0, \beta, \beta_0, \beta_1, \beta_2$, erreur sur LnS
 Afficher $\sigma_0, \alpha, \rho, \beta_0, \beta_1, \beta_2$, erreur sur LnV
 Retourner

Sous programme saisie durée de la saison sèche

Introduire la population totale, la consommation spécifique
 Introduire le nombre de bovins, le nombre de caprins-ovins, le nombre de chameaux, les consommations spécifiques.
 Retourner

Sous programme saisie durée de la saison sèche

Introduire le nombre de mois que dure la saison sèche
 introduire le numéro du mois de début de saison
 introduire la date de début de saison
 introduire la date de fin de saison
 Retourner

Sous programme saisie évaporation

Pour I allant du mois début de saison au mois fin de saison
 introduire l'évaporation du mois
 Répéter I
 Retourner

Sous programme pertes infiltration

Introduire les pertes par infiltration en mm/j
 Retourner

Sous programme saisie besoins agricoles

Introduire le nombre de cultures
 Introduire les noms des cultures

Introduire les besoins agricoles de chaque cultures
Retourner

Sous programme affichage des courbes

Ecran en screen 10
si erreur alors 26
si non alors 28
26 Ecran en screen 8
si erreur alors aller 27
si non aller 28
27 Ecran en screen 2
28 tracer les axes
tracer les courbes
tracer la graduation
tracer le graphe de la simulation.
Retourner