

Dimensionnement hydrologique des retenues collinaires en Algérie

Nasser ZERROUK (1) et István ZSUFFA (2)

RÉSUMÉ

Dans les pays semi-arides et méditerranéens, la production agricole peut être intensifiée par la création de nombreuses retenues collinaires. Une série de manuels a été réalisée en Algérie afin de permettre la construction rapide, et suivant des règles homogènes, de centaines de retenues collinaires. Il a été ainsi élaboré en particulier un manuel pour le dimensionnement hydrologique des retenues dont les principes sont exposés dans le présent article. Des abaques normalisés prenant en compte les apports moyens des bassins versants ont été préparés suivant une variante généralisée du modèle MORAN, en utilisant les chroniques d'observations des stations hydrométriques des diverses unités géographiques. Il a été construit, pour leur mise en application, des cartes des isolignes relatives aux apports annuels moyens et aux apports annuels de fréquence 80% au dépassement.

MOTS-CLÉS: Théorie du stockage — Cartes hydrologiques — Rendement de réservoir — Garantie temporelle et volumétrique — Comportement d'un réservoir — Demande avec restriction — Pertes par déversement.

ABSTRACT

HYDROLOGICAL SIZING OF SMALL OFFSTREAM RESERVOIRS IN ALGERIA

Agricultural production can be increased by numerous reservoirs in semiarid countries. A series of manuals permits rapid and homogeneous designs.

The manual for hydrological sizing, discussed in this paper, is based on a generalized variant of MORAN'S theory of dams. The Graphs normalized by mean annual runoff are constructed from statistical analysis of the time-series of flow gauging stations of hydrological units. For these computations, the transition matrix of Markov chain characterizing the reservoir is represented by a product of two matrices, one belonging to the dimensions of the reservoir and its demand, other related to the probability distribution of the annual runoff. By means of this transformation, the yield function of a given reservoir can be computed directly. To describe the behaviour of the reservoir, a performance vector is introduced, giving the probabilities of reduced releases, of storage volumes and of spills: maps of mean runoff permit the application of normalized graphs to a given reservoir.

KEY WORDS: Reservoir design — Hydrological maps — Yield of reservoirs — Reliability in terms of time and volume — Reservoir performance — Computation of reduced releases and of spill.

INTRODUCTION

Les aménagements faisant appel à la construction de retenues sont depuis longtemps une tradition en Algérie. De grands travaux ont ainsi été réalisés dès une époque très ancienne et les notions modernes de stockage de l'eau ont été mises en pratique de bonne heure (BERNIER 1965, ROUX 1965).

Une telle tradition s'explique par la grande irrégularité spatio-temporelle des ressources en eau en zone aride. Une exploitation correcte des ressources locales demande la construction de grands barrages mais également de nombreuses retenues collinaires de petite et moyenne capacité.

(1) Direction des Etudes techniques à l'Agence Nationale des barrages — Alger.

(2) Ecole technique Supérieure «Pollack Mihály» Institut d'Hydraulique, Baja, Hongrie.

Dans les années soixante les premières retenues collinaires ont été aménagées, suivant ces principes, dans la région montagneuse d'El Ksar et dans la forêt Haïser, par exemple. Les résultats concluants ont provoqué une intensification des constructions. Le Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts a alors élaboré un programme de construction de centaines de retenues en prenant en compte les critères économiques et d'exploitation optimale des réserves.

Ceci demandait dans une première étape de procéder de façon systématique à l'étude des caractéristiques topographiques et hydrologiques des sites possibles de réservoir tout en inventoriant dans le même temps les retenues déjà en activité. Le premier recensement, en application de ce programme, a été effectué par M. BELORGEY dans la Willaya de Médéa. La Willaya de Bouira a été étudiée en 1985 par un groupe d'études. Les ingénieurs ayant en charge cette région ont ainsi effectué des études complètes portant sur quarante retenues collinaires et mis au point un ensemble de Manuels devant servir à la réalisation du reste du programme national. Le manuel relatif au calcul et au dimensionnement hydrologique est traité succinctement dans le présent article.

2. DIMENSIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES RÉSERVOIRS

Le dimensionnement hydrologique du réservoir d'une retenue collinaire, devant permettre le stockage des volumes d'eau M à fournir et le laminage des crues Q^{\max} , requiert le calcul du volume d'emmagasinement K de la retenue.

Le calcul doit s'appuyer sur les relations:

$$K = f(Q^{\max}, p^c) \quad (1)$$

$$\text{et :} \quad K = f(M, P) \quad (2)$$

où p^c représente la probabilité de dépassement des différents débits de pointe de la crue Q^{\max} et P la garantie de satisfaction des différentes productions M du réservoir de capacité K .

Le volume K à fixer dépendra, certes, des conditions économiques mais la prise en compte des relations (1) et (2) est indispensable pour la prise de décision.

Les valeurs des volumes à établir seront caractérisées par des valeurs relatives. Ainsi par opposition aux problèmes géotechniques, c'est la capacité relative $\kappa = K/\bar{A}p$ qui est représentative pour les calculs hydrologiques, $\bar{A}p$ désignant la valeur moyenne des apports annuels. On dira que la retenue est relativement petite si $\kappa < 0,2$, moyenne si $0,2 < \kappa < 0,6$ et grande si $\kappa > 0,6$. Les calculs différeront selon ces limites relatives.

Comme les sites des futurs aménagements ne correspondent pas en général à ceux des stations hydrométriques il faudra presque partout reconstituer les apports. Ainsi, au lieu de caractériser directement le site du réservoir, il faudra d'abord analyser la région hydrogéographique en entier. Cette analyse se fera à l'aide des valeurs sans dimension κ et $\mu = M/\bar{A}p$ (rendement relatif).

Le nombre de retenues collinaires à réaliser en même temps fait que les projets eux-mêmes sont préparés très rapidement en utilisant quelques principes fondamentaux concernant la stabilité et la faisabilité du barrage. L'existence d'un manuel simple et la mise en œuvre rapide doit améliorer la consistance des projets du point de vue utilisation des ressources en eau du bassin et économie de construction des retenues. Un tel manuel doit également assurer une certaine cohérence à l'ensemble des réalisations, cohérence qui est indispensable dans le cadre d'un programme national.

3. LE MANUEL DE DIMENSIONNEMENT HYDROLOGIQUE

La superficie S du bassin versant à considérer est l'une des données importantes du dimensionnement. L'apport moyen annuel $\bar{A}p$ peut être établi à partir de la formule simple $\bar{A}p = q \times S$ où q désigne la lame écoulee moyenne annuelle, déterminée sur une carte d'isolignes. Ces types de cartes et leurs méthodes de construction sont bien connues (cf par exemple LÁSZLÓFFY — 1954). Bien évidemment, les méthodes empiriques sont améliorées par les observations directes de débits mesurés dans la région à étudier (fig. 1).

L'apport moyen $\bar{A}p$ est l'élément de base dans l'utilisation des graphiques adimensionnels du manuel.

3.1. CALCUL DES RETENUES COLLINAIRES DE DIMENSIONS RELATIVEMENT PETITES

Dans les régions soumises au climat méditerranéen et semi-aride, l'irrigation est la plus importante consommatrice d'eau. L'agriculture n'exige une fourniture d'eau que pendant la saison sèche et une garantie à 80% est largement suffisante.

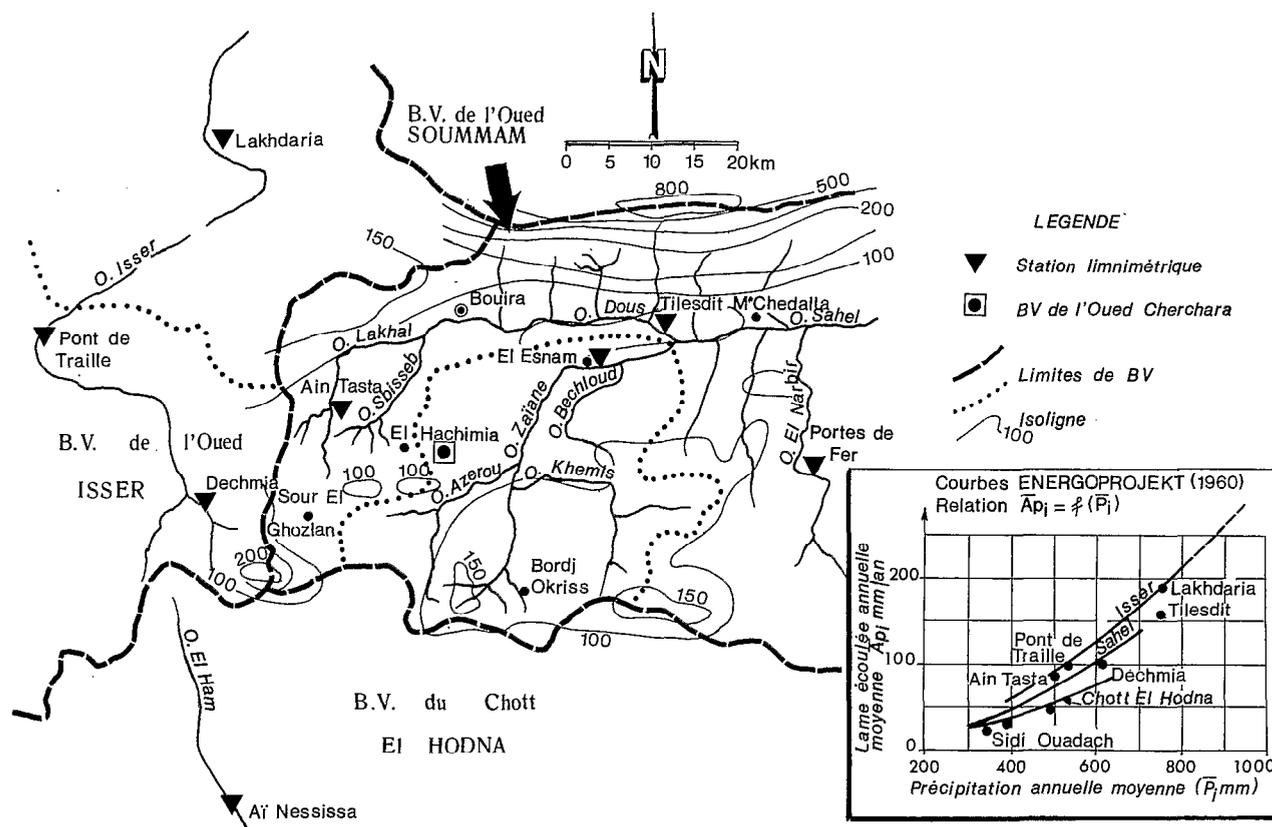


FIG. 1. — Carte isolignes de l'écoulement annuel moyen de la Wilaya Bouira (en mm/an ou $10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2.\text{an}$)

Si les conditions topographiques ne permettent la construction d'une retenue qu'avec une capacité relative telle que $\kappa < 0,2$, le volume M qui pourra être fourni sera égal au volume du réservoir à établir étant donné qu'un aussi petit réservoir pourra toujours se remplir pendant la saison humide. Dans le cas où l'on prévoit une garantie à 80 % c'est tout simplement l'apport annuel atteint ou dépassé 80 fois sur cent qui donnera la limite supérieure de ce type de réservoir, à la fois pour le volume K et pour la production M ; ces réservoirs sont appelés réservoirs annuels.

— Pour calculer de telles retenues, on prépare donc la carte de l'écoulement annuel à 80 % de fréquence qui fournit la valeur $q^{80\%}$ (mm/an) en chaque point de la zone (fig. 2). L'apport annuel à 80 % de fréquence sera donc

$$\bar{A}p^{80\%} = S' \times q^{80\%} (10^3 \text{ m}^3/\text{an}).$$

— Si l'on a $K < \bar{A}p^{80\%}$ et si la consommation est limitée aux mois de saison sèche, l'égalité $M = K$ sera appliquée mais, par sécurité, on fera les calculs avec garantie de fourniture augmentée.

— Dans le cas où les possibilités topographiques ne permettent qu'une retenue où le volume est très inférieur à $\bar{A}p^{80\%}$, les pertes par déversement augmenteront et la vitesse d'envasement sera trop rapide (volume du réservoir K très petit par rapport à la superficie du bassin d'alimentation). Au lieu d'augmenter la garantie de fourniture de façon exagérée, il vaut mieux appliquer la « technique de chasse », c'est-à-dire, le réservoir étant vide pendant l'été, laisser ouvert celui-ci jusqu'à la fin de l'année et ne le fermer qu'au 1^{er} janvier. Il a en effet été montré qu'en Algérie (DEMAG et SÁRVÁRY — 1982) la plupart (60 à 80 %) du transport solide annuel se produisait au cours des mois d'automne, les terrains n'étant pas protégés par la couverture végétale, qui ne se développe que pendant les mois d'hiver.

— Pour calculer le volume K de ces très petites retenues on devra utiliser une carte d'isolignes de l'écoulement à 80 % de fréquence ($q_{I-IX}^{80\%}$) pour la période janvier à septembre. Le rendement d'une telle retenue sera également $M = K$, à condition que $K < Q_{I-IX}^{80\%} = S' \times q_{I-IX}^{80\%}$.

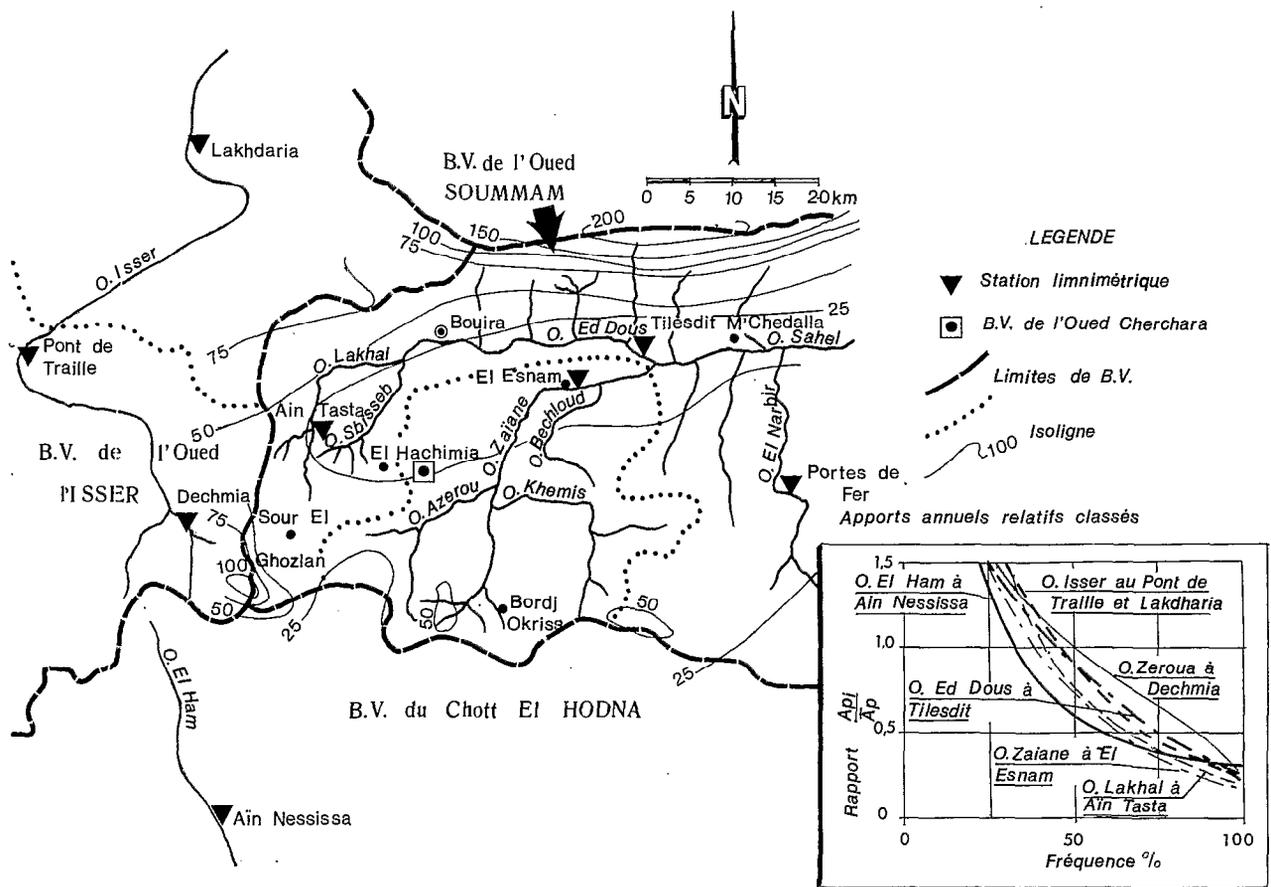


FIG. 2. — Carte des isolignes de l'écoulement annuel à 80% de fréquence de la Wilaya Bouira (en mm/an ou $10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{an}$)

3.2. ABAQUES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES MOYENS ET GRANDS RÉSERVOIRS

Le calcul des réservoirs de taille moyenne (où $0.2 < \kappa < 0.6$) se fait en appliquant le modèle probabiliste de MORAN (1) à l'échelle du mois ou de plusieurs mois consécutifs (ce modèle suppose que les apports naturels soient mutuellement indépendants et que pour une unité de temps donnée la période de remplissage du réservoir soit totalement distincte de la période de consommation).

Lorsqu'on a affaire à des réservoirs relativement grands (soit $\kappa > 0.6$) et lorsque la consommation est agricole, on peut utiliser cette méthode en prenant comme échelle l'année entière.

Les calculs automatiques sont effectués à partir des débits journaliers observés aux stations hydrométriques de la région. Pour des questions d'homogénéité on utilise systématiquement le dixième de l'apport moyen annuel comme unité de volume DV.

Au cours de l'application pratique du modèle de MORAN on a démontré que pour chaque volume de réservoir $K = kDV$ ($k = 2, 3, \dots, k_{\text{max}}$), et pour chaque consommation annuelle $M = mDV$ ($m = 1, 2, \dots, k - 1$), la matrice de transition $A(k, m)$ peut être construite par le produit :

$$Z(K, m) * B \tag{3}$$

où la matrice Z est composée des éléments 0 et 1 et ses dimensions ne dépendent que des nombres entiers k et m ;

(1) Le modèle stochastique de MORAN malgré de nombreuses publications est rarement utilisé car son utilisation est compliquée. L'éditeur de «Water Resources Publications» a publié en 1987 le modèle total développé en Hongrie et fournit sous forme de disquettes les programmes permettant son utilisation (ZSUFFA et GALAI, 1987).

la matrice invariante B est une matrice de type Toeplitz construite avec les fréquences des différents apports annuels (éventuellement mensuels) discrétisés selon l'unité DV (ZUFFA, 1969).

Ce sont les vecteurs propres des matrices A(k, m) appartenant aux valeurs propres $\lambda = 1$, qui caractérisent en détail le réservoir en question. Le premier élément du vecteur propre de la matrice de transition A(k, m) est la probabilité de la vidange du réservoir au volume $K = kDV$ et à la consommation $M = mDV$. En appliquant deux boucles de calculs emboîtées on peut calculer la fonction (2) cherchée $K = f(M, P)$, où $P = 1 - p^0$ est la garantie de fourniture de la consommation M du réservoir à capacité K et P^0 est la probabilité de vidange, donc le premier élément du vecteur propre respectif.

Pour obtenir un graphique rapidement applicable, on a représenté la fonction (2) sous la forme sans dimension $\kappa = K/\bar{A}_p = f(\mu = M/\bar{A}_p, P)$.

Du faisceau de courbes obtenues on a choisi la courbe donnant P à 80% pour l'abaque de dimensionnement des réservoirs de tailles relatives moyennes et grandes (fig. 3).

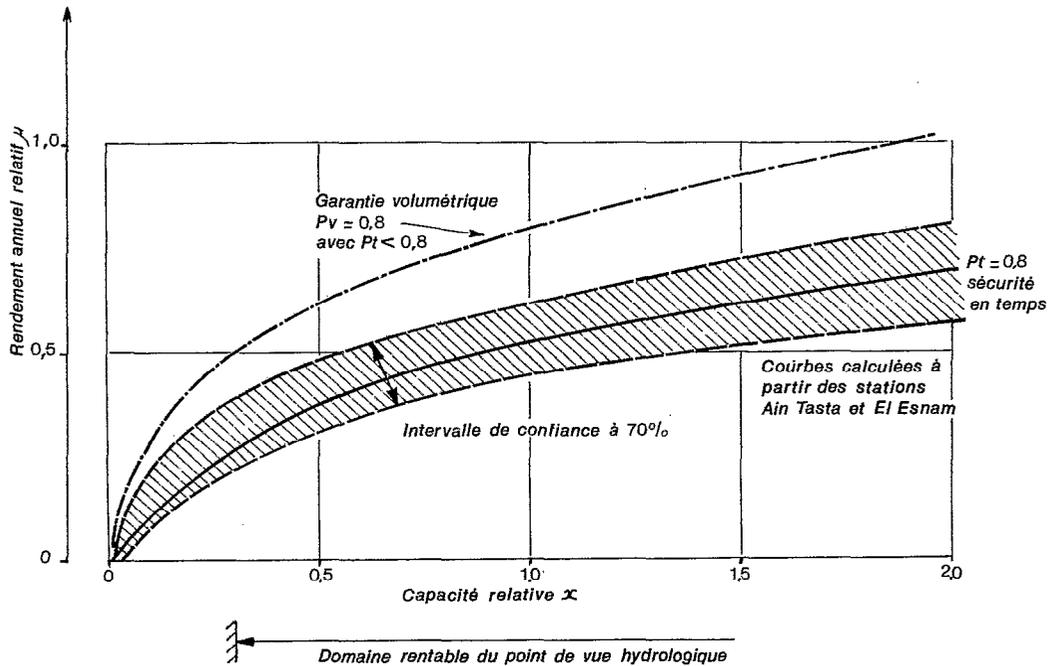


FIG. 3. — Bassin versant de l'Oued Zaiane — Courbes de rendement pour une garantie à 80% (consommation de type irrigation)

La garantie $P = 80\%$ est une valeur arbitraire. Afin d'améliorer les choix on a construit le faisceau des courbes donnant la fonction $\kappa = f(\mu, P)$ sous la forme des lois de probabilité conditionnelle (fig. 4) :

$$F(x|y) = \text{prob} \left(\mu = \frac{M}{\bar{A}_p} < x \mid \kappa = \frac{K}{\bar{A}_p} = y \right) \tag{4}$$

En développant le modèle MORAN, on a construit le vecteur C(k, m) caractérisant le comportement du réservoir au volume $K = kDV$ et à la consommation $M = mDV$, qui est extrait du produit de la matrice de type Toeplitz B mentionné et du vecteur propre P traité ci-dessus :

$$C(k, m) = B * P(k, m) \tag{5}$$

Les premiers éléments m du vecteur C(k, m) fournissent la probabilité des différentes consommations réduites M fournies pendant les périodes de restrictions. Les éléments de m + 1^e jusqu'à k - m - 1^e donnent les probabilités des différents volumes d'eau emmagasinés dans le réservoir à la fin de la période de consommation, et — avec un déplacement de m unités — on obtiendra les mêmes valeurs pour le commencement de la consommation. Les derniers élé-

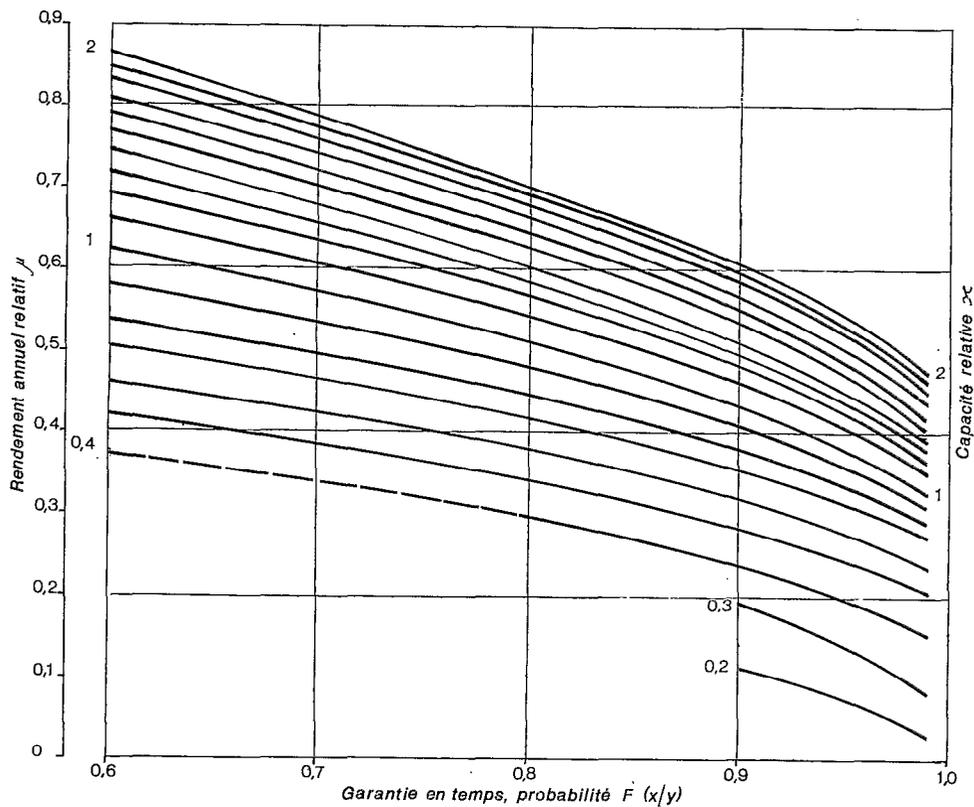


FIG. 4. — Bassin versant de l'Oued Zaïane — Courbes caractéristiques des retenues pour diverses capacités (données établies d'après les observations des stations Aïn Tasta et El Esnam — consommation de type irrigation)

ments du vecteur, en partant du $k - m^e$ élément, caractérisent les probabilités des volumes d'eau évacués sans utilisation (déversements).

Les résultats des calculs obtenus par ordinateur avec les chroniques de débits journaliers des stations hydrométriques ont été ramenés à l'apport moyen annuel $\bar{A}p$. En prenant en compte cette réduction, on a construit pour chaque région et pour chaque unité hydrogéographique une série de faisceaux de courbes de distribution de probabilité. Il a ainsi été dessiné 5 faisceaux pour les volumes relatifs $\kappa = K/\bar{A}p = 0,2; 0,5; 1,0; 1,5$ et $2,0$ (fig. 5 et 6).

A l'aide de cette série de faisceaux, on pourra caractériser par une interpolation double, et en considérant la réduction par $\bar{A}p$, le comportement d'un réservoir de capacité K et de consommation M quelconque.

En calculant les probabilité de satisfaction des consommations réduites, on peut définir et calculer la garantie volumétrique de chaque réservoir au volume $K = kDV$ et à la consommation nominale $M = mDV$, soit :

$$P_v = \frac{E(M^r)}{M} \tag{6}$$

où $E(M^r)$ est la moyenne des consommations réelles calculées à l'aide des premiers éléments du vecteur $C(k, m)$ par la formule :

$$E(M^r) = \left(1 - \sum_0^{m-1} P_i\right) M + \sum_0^{m-1} P_i M_i^r \tag{7}$$

où P_i est le i^e élément du vecteur $C(k, m)$

et $M_i^r = m_i^r DV$, avec ($m_i^r = 0; 1; 2; \dots; m-1$) sont les consommations réduites pendant les périodes de restriction. Avec la garantie volumétrique P_v définie ci-dessus, on peut construire le faisceau de courbes qui donnent la garantie volumétrique (fig. 7):

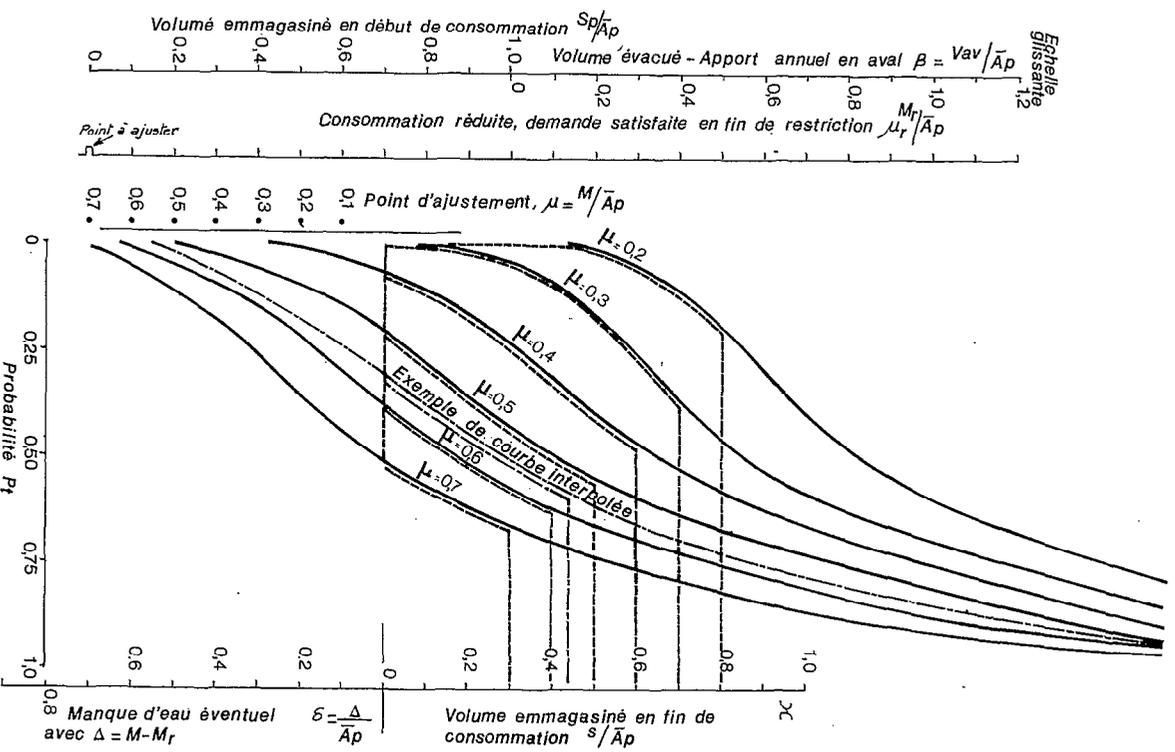


Fig. 5. — Bassin versant de l'Oued Zaïane — Abaque de comportement du réservoir pour la capacité relative $\kappa = 1.0$

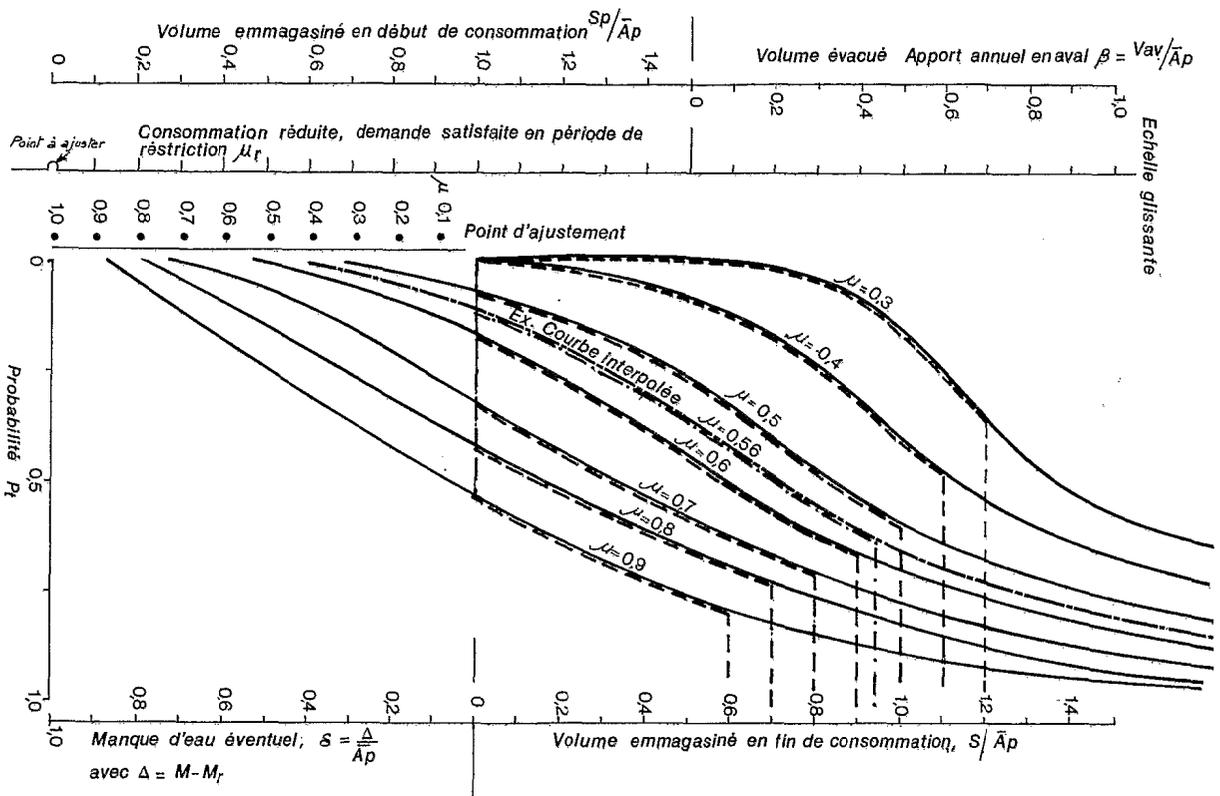


Fig. 6. — Bassin versant de l'Oued Zaïane — Abaque de comportement du réservoir pour la capacité relative $\kappa = 1,5$

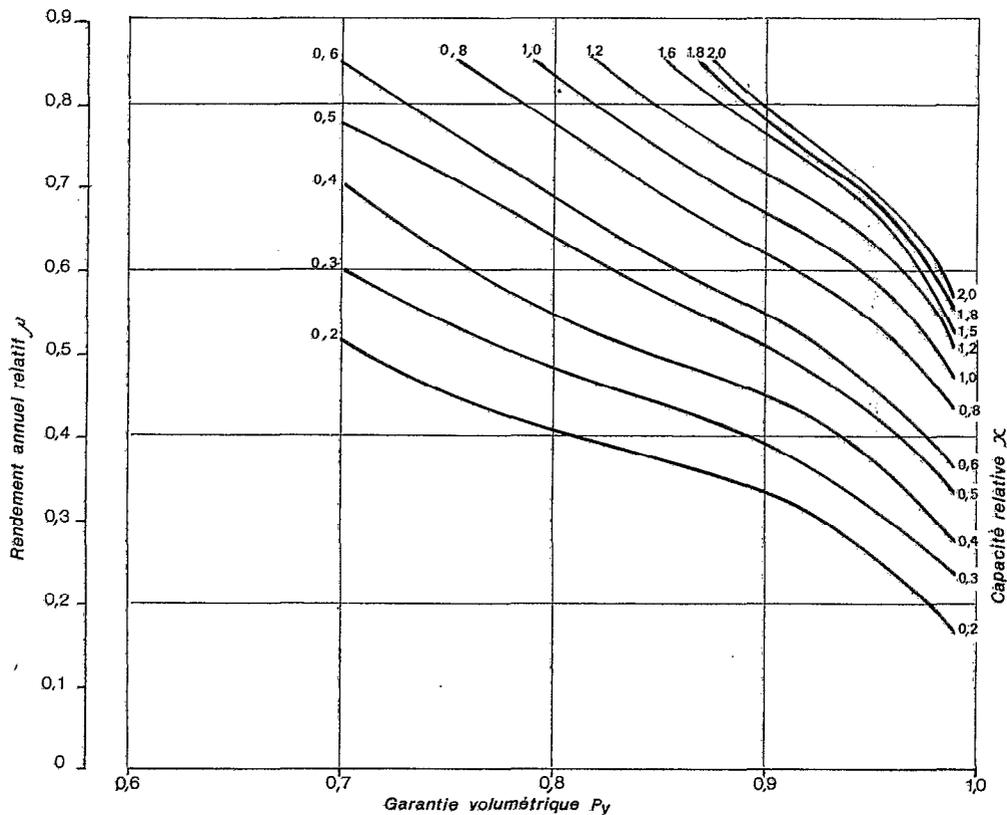


FIG. 7. — Bassin versant de l'Oued Zaïane — Courbes caractéristiques des retenues pour diverses capacités relatives ($P_v(x, y) = (M_r(\mu = x, \kappa = y)) / (M = \times \bar{A}_p)$ avec $M_r = M$ si $S \geq M$ et $M_r = S$ si $S < M$; S étant le volume emmagasiné dans la retenue en début de consommation)

$$P_v(x|y) = \text{prob} \left(\mu \frac{M}{\bar{A}_p} \leq x | \kappa = \frac{K}{\bar{A}_p} = y \right) \quad (8)$$

4. GROUPEMENT DES RÉSULTATS ET DÉLIMITATION DES RÉGIONS HYDROGÉOGRAPHIQUES

Les calculs présentés brièvement ci-dessus, ont été exécutés à l'aide des séries d'observations des stations hydro-métriques de la région à analyser. En rassemblant les données brutes, les distributions de fréquences respectives, les résultats des calculs et les graphiques de synthèse on peut trouver des analogies et des différences systématiques. A l'aide de ces analogies et différences, on a délimité des sous-bassins à caractériser individuellement. Les faisceaux et les graphiques énumérés ci-dessus ont été groupés en cahier individuel pour chaque sous-bassin désigné. Les différences de certains faisceaux de sous-bassins voisins reflètent bien les caractères hydrogéographiques semblables, où différents, des bassins versants respectifs.

5. EXEMPLE D'APPLICATION — RÉSERVOIR SUR L'OUED CHERCHARA

Le présent manuel a été utilisé en premier lieu pour la Wilaya de Bouira en Algérie. Les huit stations de mesures hydrologiques existantes ont permis de délimiter 5 sous-régions.

L'exemple qui est fourni ci-après se rapporte à la retenue collinaire construite sur l'Oued Cherchara. Ce secteur appartient à la sous-région de l'Oued Zaïane, caractérisé par les séries de débits journaliers observés à Aïn Tasta pour l'Oued Lakhel et à El Esmam pour l'Oued Zaïane (fig. 1).

5.1. CALCUL DES APPORTS

- La superficie planimétrée du bassin collecteur donne $S' = 5,3 \text{ km}^2$.
- L'écoulement moyen annuel, déduit de la carte correspondante (fig. 1) donne $q = 85.10^3 \text{ m}^3/\text{an. km}^2$ soit un apport moyen $\bar{A}p$ de $450.10^3 \text{ m}^3/\text{an}$.
- De la même façon (fig. 2), on déduit l'apport annuel à 80% de fréquence, soit $Ap^{80\%} = 130.10^3 \text{ m}^3/\text{an}$ et l'apport à 80% de fréquence de la période janvier à septembre, soit $Ap^{80\%} = 110.10^3 \text{ m}^3/\text{an}$.
- Une carte des débits de pointe spécifiques de crues donne $Q^{\text{max}} = S' \times q^{\text{max}} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$ pour la crue trentennale.
- Un abaque hydraulique (LOUCANI-ZSUFFA, 1986) basé sur les principes de BUKOVSKY (1965) et MARONE (1965) donne par ailleurs les dimensions de l'évacuateur de crue.

5.2. CALCUL DE LA CAPACITÉ DE LA RETENUE

Les capacités à construire pour satisfaire les différentes demandes avec une garantie en temps à 80% sont illustrées sur la figure 3.

La prise en compte des conditions topographiques et des demandes en eau aboutit à choisir, pour la retenue, une capacité K de 600 mille m^3 avec une demande nominale M de 250 mille m^3/an .

La garantie à 80% est une valeur arbitraire. La figure 4 donne les capacités à construire pour satisfaire les différentes demandes avec des garanties en temps variables. Le tableau II rassemble l'information correspondante. Il est complété par les garanties volumétriques (fig. 7).

TABLEAU I
Capacité à construire pour assurer la garantie à 80% - Consommation de type irrigation

| Demande relative $\mu = \frac{M}{\bar{A}p}$ | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
|--|---|------|------|------|------|------|------|-----|
| Demande annuelle $10^3 \text{ m}^3/\text{an}$ | M | 45 | 90 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 |
| Garantie en temps, $p^t = 80\%$ | | | | | | | | |
| Capacité relative $\gamma_c = \frac{K}{\bar{A}p}$ | | 0,09 | 0,2 | 0,35 | 0,55 | 0,89 | 1,4 | 2,0 |
| Capacité absolue 10^3 m^3 | K | 40 | 90 | 158 | 250 | 400 | 630 | 900 |
| Garantie volumétrique, $p^v = 80\%$ | | | | | | | | |
| Capacité relative $\gamma_c = \frac{K}{\bar{A}p}$ | | 0,02 | 0,05 | 0,1 | 0,18 | 0,30 | 0,48 | 0,7 |
| Capacité absolue 10^3 m^3 | K | 9 | 22 | 45 | 81 | 135 | 216 | 315 |
| Moyenne des Prélèvements Réels $\bar{M}^r = 0,8 M$ | | 36 | 72 | 108 | 144 | 180 | 216 | 252 |

TABLEAU II
 Consommation de type irrigation

| | | Garantie en temps, probabilité en % | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-------------------------------------|-----|------|-----|------|-----|------|-------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| $\frac{M}{\bar{A}P}$ | M | 99 | | 98 | | 95 | | 90 | | 85 | | 80 | | 75 | | 70 | |
| | | ∞ | K | ∞ | K | ∞ | K | ∞ | K | ∞ | K | ∞ | K | ∞ | K | ∞ | K |
| 0,1 | 45 | 0,33 | 150 | 0,30 | 135 | 0,24 | 108 | 0,18 | (81) | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0,2 | 90 | 0,50 | 225 | 0,48 | 216 | 0,40 | 180 | 0,32 | 144 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0,3 | 135 | 0,85 | 382 | 0,79 | 356 | 0,68 | 297 | 0,54 | 243 | 0,47 | 212 | 0,41 | 184 | - | - | - | - |
| 0,4 | 180 | 1,48 | 666 | 1,32 | 594 | 1,08 | 486 | 0,86 | 387 | 0,74 | 333 | 0,66 | 297 | 0,60 | 270 | 0,54 | 243 |
| 0,5 | 225 | - | - | - | - | 1,66 | 747 | 1,32 | 576 | 1,08 | 486 | 0,98 | 440 | 0,88 | 396 | 0,81 | 364 |
| 0,6 | 270 | - | - | - | - | - | - | 1,93 | 868 | 1,60 | 720 | 1,40 | 630 | 1,20 | 540 | 1,08 | 486 |
| 0,7 | 315 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,00 | 900 | 1,70 | 765 | 1,50 | 675 |

 TABLEAU III
 Capacités à construire pour assurer différentes demandes pour des garanties volumétriques différentes
 Consommation de type irrigation

| | | Garantie volumétrique μ % | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-------------------------------|-------|-------|------|-----|-----|------|-------|-------|------|-----|-----|------|-------|-------|---|
| $\frac{M}{\bar{A}P}$ | M | 98 | | | 95 | | | 90 | | | 85 | | | 80 | | | |
| | | ∞ | K | M | ∞ | K | M | ∞ | K | M | ∞ | K | M | ∞ | K | M | |
| 0,15 | 68 | 0,12 | (54) | (67) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0,20 | 90 | 0,20 | 90 | 88 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0,30 | 135 | 0,39 | 176 | 132 | 0,26 | 117 | 128 | 0,12 | (54) | (122) | - | - | - | - | - | - | - |
| 0,40 | 180 | 0,62 | 280 | 176 | 0,43 | 194 | 171 | 0,31 | 140 | 162 | 0,23 | 104 | 153 | 0,18 | (80) | (144) | - |
| 0,45 | 202 | 0,77 | 346 | 198 | 0,56 | 252 | 192 | 0,40 | 180 | 182 | 0,32 | 144 | 172 | 0,26 | 117 | 162 | - |
| 0,50 | 225 | 0,95 | 428 | 220 | 0,69 | 310 | 214 | 0,48 | 216 | 202 | 0,40 | 180 | 191 | 0,32 | 144 | 180 | - |
| 0,55 | 248 | 1,20 | 540 | 243 | 0,82 | 370 | 236 | 0,60 | 270 | 223 | 0,47 | 212 | 211 | 0,40 | 180 | 198 | - |
| 0,60 | 270 | 1,90 | 855 | 265 | 1,03 | 464 | 256 | 0,73 | 328 | 243 | 0,56 | 252 | 230 | 0,46 | 207 | 216 | - |
| 0,70 | 315 | - | - | - | 2,00 | 900 | 300 | 1,13 | 508 | 284 | 0,81 | 364 | 268 | 0,63 | 283 | 252 | - |
| 0,80 | 360 | - | - | - | - | - | - | 2,00 | 900 | 324 | 1,22 | 540 | 306 | 0,88 | 396 | 288 | - |
| 0,90 | 405 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,00 | 900 | 344 | 1,28 | 576 | 324 | - |

 5.3. CALCUL DES VALEURS RELATIVES κ et μ ET DU COMPORTEMENT DU RÉSERVOIR

L'apport moyen annuel étant estimé à $450 \cdot 10^3$ /an, les valeurs relatives sont :

$$\kappa = \frac{K}{\bar{A}P} = 1,33 \text{ et } \mu = \frac{M}{\bar{A}P} = 0,56$$

La courbe de comportement du réservoir de l'Oued Cherchara a été établie par interprétation des figures 6 et 7 ($\kappa = 1$ et $\kappa = 1,5$) avec interpolation des courbes $\mu = 0,5$ et $\mu = 0,6$.

La courbe finale, caractérisée donc par $\kappa = 1,33$ et $\mu = 0,56$ est donnée à la figure 8.

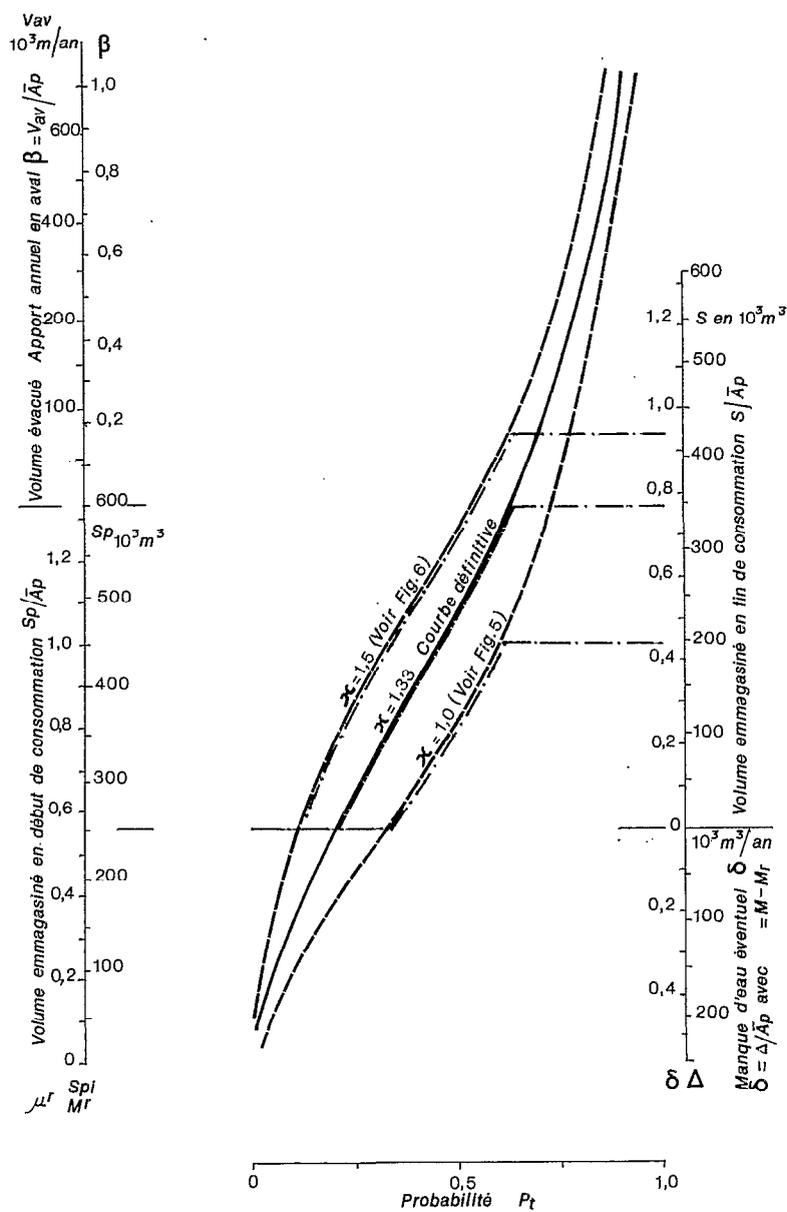


FIG. 8. — Retenue collinaire de l'Oued Cherchara — Courbe de comportement du réservoir de capacité $K = 600\,000\text{ m}^3$ et de rendement ($M = 250\,000\text{ m}^3/\text{an}$)

De cette courbe on déduit la probabilité de vidange $P^0 = 0,2$ d'où la garantie en temps $P = 1 - P^0 = 0,8$.

Les garanties de satisfaction des demandes réduites M^r en période de restriction sont données dans les tableaux IV et V. Les probabilités des différents volumes V à déverser sont fournies dans le tableau V.

TABLEAU IV

| x | $10^5\text{m}^3/\text{an}$ | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 |
|------------------------|----------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| $\text{Prob}(M^r < x)$ | % | 3 | 6 | 11 | 16 | 20 |

TABLEAU V

| $\times 10^3 \text{ m}^3/\text{an}$ | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 |
|-------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Prob ($V < x$)% | 62 | 66 | 70 | 74 | 78 | 81 | 84 | 86 | 88 | 89 |
| Prob ($V > x$)% | 38 | 34 | 30 | 26 | 22 | 19 | 16 | 14 | 12 | 11 |

6. CONCLUSION

A l'aide du manuel, brièvement décrit dans cet article, il sera procédé à l'étude de préfaisabilité de centaines de retenues collinaires à construire en Algérie suivant un schéma d'ensemble cohérent.

On peut ainsi par simple lecture des abaques établir pour chaque site étudié la capacité du réservoir en fonction de la demande et de la sécurité de fourniture; on pourra étudier pour une capacité donnée le comportement du réservoir, estimer les probabilités de vidanges soit au début soit en fin de consommation, obtenir les lois de distribution des différentes consommations réduites fournies pendant les périodes de restriction et la loi de distribution des volumes d'eau déversés.

Ce manuel est complété par une série d'abaques concernant les consommations industrielles. Un autre manuel hydraulique est consacré au dimensionnement des autres éléments de la retenue.

Tous les cas simples peuvent être traités directement par les abaques, mais il existe des traitements informatisés pour les cas les plus compliqués (ZSUFFA, GÁLAI, 1987).

Bien évidemment, les sites éventuels ayant été sélectionnés en premier lieu du point de vue hydrologique et topographique, ce sera à l'étude économique d'optimiser le dimensionnement des réservoirs et de retenir les sites définitifs.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 31 mai 1988

BIBLIOGRAPHIE

- BERNIER (J.), 1965. — L'application du calcul des probabilités aux problèmes d'exploitation des réservoirs. Introduction aux processus de Markoff. *Houille Blanche* 1965/3: 431-433.
- BUKOVSKY (Gy.), 1965. — Storage of High-water in little water-courses. Symposium of Garda, Publ. n° 70-71, IAHS.
- Groupe d'étude de la DHW de Bouira 1985 — Manuel pour le calcul et le dimensionnement hydrologique des petites retenues collinaires. Bouira, Manuscrit.
- Groupe d'étude de la DHW de Bouira 1986 — Manuel pour le dimensionnement hydraulique des retenues collinaires. Bouira, Manuscrit.
- LASZLÓFFY (W.), 1954. — L'écoulement multi-annuel et les profils en long hydrologiques en Hongrie. *En hongrois: A sokévi lefolyás és a hidrológiai hossz-szelvények Magyarországon. Vízügyi Közlemények*, 1954/3.
- MARONE (V.), 1965. — Calcolo di massima del effetto di laminazione di un serbatoio sulle piene. Mem. Studi Milano 23.1965.
- MORAN (P.A.P.), 1959. — The theory of storage. Methuen and Cp. Ltd. London.
- MOSONYI (E.), 1947-48. — Dimensionnement hydrologique des réservoirs majeurs des régions montagneuses *En hongrois: Hegyvidéki nagyobb víztározó medencék hidrológiai méretézése. Vízügyi Közlemények*, 1947/1-4, 1948/1.
- ROUX (M.), 1965. — Application du calcul des probabilités aux problèmes d'exploitation des réservoirs, et son usage. *Houille Blanche*, 1965/5: 445-455.
- ZSUFFA (I.), 1969. — L'application de la théorie des processus aléatoires dans l'hydrologie et la théorie des processus hydrologiques. *En hongrois: A stochasztikus folyamatok elméletének az alkalmazása a hidrológiában, A hidrológiai folyamatok elmélete. Hidrológiai Közlöny*, 1969/7.
- ZSUFFA (I.), 1971. — Quelques relations arithmétiques de matrice dans le calcul des réservoirs. AISH-UNESCO, Colloque de Varsovie. Sur les modèles mathématiques en hydrologie. Publ. 100 à 102, AISH.
- ZSUFFA (I.), GÁLAI (A.), 1987. — Reservoir sizing by transition probabilities. Theory-Methodology-Application. WRP (Water resources Publication) Littleton — Fort Collins, Colorado, USA, 187 p.