Les aménagements du Gard : nouvelle gestion des retenues

Pierre Huynh, André Lobert et Bernard Tardieu

COYNE & BELLIER

Nouvelle gestion des retenues

Afin de protéger le département contre les crues dévastatrices des rivières cévenoles, le Conseil Général du Gard a décidé à la suite des inondations de septembre-octobre 1958 la mise sur pied d'un programme de neuf barrages écrêteurs de crues. Leur implantation est précisée sur la figure 1 :

- 2 sur le bassin de la Cèze : Sénéchas et Gagnières ;
- 4 sur le bassin des Gardons : Sainte-Cécile d'Andorge, Saint-Paul Lacoste, Saint-Jean du Gard et Mialet ;
- 3 sur le bassin du Vidourle : Ceyrac, la Rouvière et Conqueyrac.

L'étude et la réalisation du barrage du Mialet qui a en plus une vocation agricole au départ sont confiées à la Direction Départementale de l'Agriculture. Celles des huit autres sont confiées à la Direction Départementale de l'Équipement, qui en assure ensuite la gestion.

L'estimation du coût de construction des ouvrages, élevée pour le Département, explique que le Maître de l'Ouvrage s'en tint aux simples ouvrages écrêteurs de crues. La petitesse des capacités des réserves permanentes destinées à l'origine à soutenir l'étiage d'été, de 150 000 m³ minimum à 1 500 000 m³ maximum, ne peut valablement conférer aux barrages une vocation multiple.

Deux sites dans le bassin du Vidourle : Ceyrac et Conqueyrac, sont d'ailleurs assez karstiques et perméables pour exclure toute possibilité de réserves d'eau permanente (fig. 2 et 3).

Du fait de leur rôle unique, du désir bien légitime d'une réalisation économique et d'une gestion facile, les barrages écrêteurs de crues du Gard sont donc conçus

Figure 1 — Plan de situation des barrages écrêteurs de crues du département du Gard.

Figure 2 — Barrage de Ceyrac.

Figure 3 — Site de Conqueyrac.

selon un schéma simple et de forme fruste : ils comportent des pertuis de fond non vannés calés au niveau de la réserve permanente permettant de laminar les crues moyennes, et un déversoir de surface également libre pour évacuer les débits de fréquence supérieure à 100 ans dans le cas général, à 1 000 ans pour Ste Cécile d'Andorge, à 5 000 ans pour Conqueyrac.

La figure 4 montre l'agencement de trois barrages terminés :

- Sainte Cécile d'Andorge sur le Gardon d'Alès, en service depuis 1967 ;
- la Rouvière sur le Galeizon, en service depuis 1971 ; Ceyrac sur le Rieumassel, en service depuis 1968, assez semblable à la Rouvière n'est pas représenté ;
- Sénéchas sur la Cèze, terminé en cette année 1976 même.

On remarque sur cette figure que les pertuis de la Rouvière et de Sénéchas sont cependant équipés de vannes. Ils l'ont été à la demande du Comité Technique Permanent des Barrages pour permettre l'essai de mise en charge des ouvrages, dès leur achèvement. Nous revenons sur ce point plus loin.

La moitié du programme de construction, ou presque, a été donc réalisée à ce jour. Les ouvrages en service

Figure 4 — Barrages terminés.

remplissent incontestablement leur rôle d'amortissement des crues, une douzaine de fois en ce qui concerne Sainte Cécile d'Andorge depuis 1967, une dizaine de fois en ce qui concerne Ceyrac depuis 1968, et une demi-douzaine de fois en ce qui concerne la Rouvière depuis 1971.

Une conclusion peut déjà être tirée après neuf années d'exploitation de ces ouvrages : les barrages ainsi que leurs ouvrages d'évacuation non vannés étant dimensionnés en prévision des crues exceptionnelles, l'écrêtement des crues de fréquence courante est peu spectaculaire. L'augmentation des besoins en eau jointe à la pénurie croissante des ressources, par ailleurs, et d'autres raisons encore amènent les Chargés d'Etudes, dont la D.D.E. du Gard, gestionnaire des ouvrages en exploitation mais aussi Maître de l'Oeuvre des travaux, à examiner la possibilité de concevoir les retenues à venir, en réserves à buts multiples afin d'en tirer un meilleur parti.

Les quatre principales raisons de cette orientation des aménagements du Gard vers des destinations diversifiées sont les suivantes :

- En premier lieu les pertuis d'évacuation non vannés sont dimensionnés pour des crues assez importantes ; les barrages, de ce fait, n'écrètent pas, ou du moins n'écrètent pas de manière spectaculaire les crues courantes. Ceci a été dit.

En principe la crue de périodicité de retour estimée à 100 ans ne fait pas intervenir le déversoir de surface. Dans une telle hypothèse,

- les pertuis de Sainte Cécile d'Andorge peuvent évacuer seuls jusqu'à $300 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ceux de Ceyrac jusqu'à $85 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ceux de la Rouvière jusqu'à $130 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ceux de Sénéchas jusqu'à $270 \text{ m}^3/\text{s}$,

ce qui correspond à des débits spécifiques moyens respectifs de $2,75 \text{ m}^3/\text{s}$, $1,95 \text{ m}^3/\text{s}$, $1,40 \text{ m}^3/\text{s}$ et $2,40 \text{ m}^3/\text{s}$ par km^2 de bassin versant.

Les figures 5 a, b et c montrent le fonctionnement de l'ouvrage de Sainte Cécile d'Andorge lors de la crue du 12 septembre 1976 ; le débit écrêté maximal a été estimé à $70 \text{ m}^3/\text{s}$, pour une pointe de $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Deuxième raison : les barrages écrêteurs de crues récents et à venir sont équipés de vannes en vue de l'essai de mise en charge avant leur mise en service, à la demande du Comité Technique Permanent des Barrages.

La figure 4 montre l'équipement des pertuis du barrage de la Rouvière, essayé en 1971, et du barrage de Sénéchas, qui sera éprouvé au printemps 1977.

a

b

c

Figure 5 — Barrage de Sainte Cécile d'Andorge. Passage de la crue du 12 septembre 1976.

Les vannes ainsi installées, devant permettre le contrôle sûr du niveau amont et le réglage du débit lâché, sont de véritables organes définitifs.

Le désir est dès lors légitime de vouloir tirer le meilleur parti des équipements en place, sans dépenses d'installation nouvelles, aux prix seulement d'une étude de la gestion de la retenue, étant entendu que la protection contre les crues reste constamment assurée.

Le principe en est accepté par le Département du Gard, Maître de l'Ouvrage.

Ainsi l'étude de gestion de la retenue de Saint Paul Lacoste vient d'être effectuée, préalablement à l'avant-projet sommaire du barrage qui est entrepris en ce moment. Cet aménagement de Saint Paul Lacoste sur le Galeizon, à une quinzaine de kilomètres à l'W-NW, en amont de la ville d'Alès, vient en priorité dans la suite du programme de construction des barrages du Gard, étant donné les besoins nouveaux de l'agglomération alésienne en eaux urbaines et industrielles. En l'occurrence, l'étude de l'optimisation de l'utilisation de la retenue est même impérative : la recherche de la plus grande capacité utile est par ailleurs limitée par les conditions géologiques du site, dans les détails desquelles nous n'entrons pas ⁽¹⁾. Nous indiquons seulement que les dimensions actuelles du barrage projeté, de 50 m de hauteur, offrent une réserve permanente effective de 10 millions de m³ et que celle-ci gérée rationnellement correspond à une capacité utile de 14 millions de m³, satisfaisant aux objectifs de l'aménagement : contrôle des crues courantes et exceptionnelles, fourniture d'eaux urbaines et industrielles, soutien d'étiage.

Les taux d'écrêtement des crues — représentés par le fuseau poché de la figure 6, les enveloppes du fuseau correspondant à des hypothèses faites sur le dimensionnement et sur le calage des pertuis de demi-fond — sont

Figure 6 — Pourcentage d'écrêtement des crues.

(1) Le rocher de fondation est un schiste micacé, à pendage amont, se présentant comme une succession de feuillets minces affectés de très nombreux plissements et injectés par de multiples filons de quartz ; il constitue une fondation de qualité très moyenne sur laquelle on peut asseoir un barrage souple d'une cinquantaine de mètres de hauteur, à condition de ne pas lui imposer des efforts exagérés et surtout de ne pas le solliciter à l'extrême par des cisaillements parallèles à la stratification, car la présence de mica qui diminue l'accrochage entre feuillets obligerait alors à compter sur la grande irrégularité de leurs surfaces de contact pour s'opposer à d'éventuels glissements.

comparables aux taux d'écrêtement des crues des barrages terminés, Sénéchas notamment.

La méthodologie utilisée pour l'étude de gestion de la retenue à buts multiples de Saint Paul Lacoste semble mériter d'être présentée. La deuxième partie du présent exposé lui sera consacré.

Le souci d'exploiter au mieux les retenues du Gard s'explique également par la troisième raison, qui suit. Plus qu'une raison, c'est une nécessité depuis quelque temps :

— l'accroissement indispensable des réserves d'eau, afin de faire face aux besoins :

- en eaux urbaines,
- en eaux agricoles,
- en eaux industrielles,

et de soutenir les étiages.

Le barrage de Sainte-Cécile d'Andorge a été projeté avec une réserve permanente de 1,5 million de m^3 et réalisé ainsi en 1967. L'équipement de ses pertuis de vannes est en cours d'études de manière à pouvoir doubler le soutien d'étiage (fig. 7). Une étude de gestion est également en cours de façon à permettre l'exploitation de la nouvelle tranche tout en assurant une protection équivalente contre les crues.

Le barrage de Sénéchas a vu rehausser le seuil de ses pertuis de demi-fond entre l'avant-projet sommaire et le projet, de façon à doubler la capacité de sa réserve permanente ainsi portée de 1,5 million à 3 millions de m^3 . Il suffirait d'une étude de gestion des ouvrages existants pour augmenter encore sa capacité utile.

Le barrage de Saint Paul Lacoste, en projet, constitue l'exemple le plus spectaculaire. Entre l'étude préliminaire et l'avant-projet sommaire, la capacité de sa réserve permanente a été portée de 1,5 million à 10 millions de m^3 . L'étude de la rationalisation et de l'optimisation de l'utilisation de la retenue laisse entrevoir la possibilité de tabler sur une capacité utile de 14 millions de m^3 , dont 8 millions de m^3 disponibles pour le soutien d'étiage, et pour accroître la garantie de fourniture d'eaux urbaines et industrielles, cependant que la protection contre les crues est équivalente.

La figure 8 illustre l'augmentation progressive des capacités des réserves, avec les demandes sans cesse croissantes.

— La production d'énergie électrique est une autre destination possible même si celle-ci a un caractère accessoire pour les aménagements du Gard. C'est la quatrième raison.

La question a été posée à propos de Sénéchas, au début de l'exécution, à un moment où la crise de l'énergie entrainait dans l'actualité.

Le barrage barrant la Cèze au site de Sénéchas est destiné principalement à protéger la ville de Bessèges, de 6 000 habitants, située à 8 km environ à l'aval, à l'altitude (170) environ, et la ville de Saint Ambroix, de 5 000 habitants, plus à l'aval, à l'altitude (140) environ. L'ouvrage crée à Sénéchas une réserve de 3 millions de m^3 , au niveau de retenue normale (243,80) ; la Cèze y a un débit moyen annuel de $3,2 m^3/s$.

Figure 7 — Barrage de Sainte Cécile d'Andorge.

Figure 8 — Capacités des retenues projetées.

Figure 9 — Barrage de Sénéchas. Vue aval de l'ouvrage — Remarquer au centre le joint élargi et en rive droite les deux vidanges de fond jumelées.

Pour répondre à la question de savoir s'il pouvait être envisagé et justifié de turbiner le débit lâché pour l'aval, une étude sommaire a été faite, et a conclu qu'il n'était nullement déraisonnable du point de vue rentabilité d'envisager l'adjonction au barrage d'une microcentrale de 500 kW. La microturbine aurait été soit montée par piquage sur l'une des deux vidanges de fond, centrale accolée donc au parement aval du barrage, soit logée dans une centrale aménagée dans le bouchon du joint élargi du barrage (fig. 9).

Le Maître de l'Ouvrage toutefois n'a pas donné suite au projet de l'installation de la microcentrale, dont la gestion n'entre ni dans ses propres vocations, ni dans les attributions habituelles de la D.D.E. La méthode de justification économique pour une turbine génératrice d'électricité semble également mériter d'être brièvement exposée ; la troisième et dernière partie de cet exposé lui sera consacrée.

Le principe des retenues à buts multiples pour les aménagements du Gard est donc accepté par le Département, Maître de l'Ouvrage ; l'intérêt en est admis pour tous.

Etude de gestion des retenues à buts multiples du Gard

Le schéma des barrages écrêteurs de crues du Gard comporte comme dit précédemment :

- des pertuis de demi-fond, calés de manière que la réserve située en-dessous soit affectée aux demandes en eau de l'aval et au soutien d'étiage ;
- un déversoir de crues de surface.

Les dimensions des ouvrages d'évacuation ci-dessus et la hauteur totale du barrage sont déterminées de façon à assurer la protection contre les crues.

Il est certain qu'un tel schéma assure une protection faible contre les crues courantes surtout si les pertuis de demi-fond ne sont pas vannés, au profit d'une garantie importante de protection contre les crues exceptionnelles.

Dans le cas des barrages construits, l'étude de principe de la gestion du réservoir permet de moduler la capacité de stockage par le jeu des pertuis (nécessairement) équipés de vannes, et d'assurer aux riverains un profit plus large de l'aménagement tout en maintenant une sécurité équivalente vis-à-vis des crues.

Dans le cas de barrages en projet, l'étude de principe de la gestion du réservoir permet de définir les tranches affectées séparément ou cumulativement aux diverses utilisations de l'eau. Pratiquement, l'étude conduit au dimensionnement et au calage des ouvrages et au schéma coté économique qui satisfait les objectifs imposés.

Inversement elle permet de définir pour un barrage de dimensions globales données, les conditions d'utilisation rationnelle et optimale des eaux.

L'étude

a) part du schéma du barrage fourni dans la figure 10,

b) vise à répondre à la question suivante : ayant déterminé qu'une tranche de stockage de C_1 hm³ nécessaire aux eaux urbaines, aux eaux industrielles et au soutien d'étiage, et une tranche de C_2 hm³ au contrôle des crues, est-il indispensable que la capacité utile totale du barrage soit $C = C_1 + C_2$? Elle répond à la question et fixe les limites des différentes capacités.

D'autres résultats sont donnés, tels que les lois de probabilités des volumes disponibles pour le soutien

Figure 10 — Schéma du barrage écrêteur de crues.

d'étiage afin de préserver la garantie prioritaire aux eaux urbaines et, naturellement, l'essentiel des consignes d'exploitation.

c) est basée sur les principes de fonctionnement ci-après :

- la tranche R₁ ou retenue permanente est affectée uniquement au stockage et en priorité à l'eau potable ;
- la tranche R₃ est affectée uniquement au contrôle des crues ;
- la tranche R₂ délimitée par les deux pertuis est affectée :
 - au contrôle des crues pendant la période notée T₁ la plus critique, par exemple d'octobre à février ;
 - après la période T₁, commence une période T₂, environ de mars à juin, pour laquelle on vérifie que le risque de crues importantes baisse. On peut alors diminuer le débit total des pertuis, en fermant le pertuis 1 et diminuer la tranche de contrôle de crue, en laissant R₂ se remplir au maximum jusqu'au second pertuis,
 - en saison sèche, on vide au moins R₂ et on tire sur R₁ si les besoins l'exigent, notamment en eau potable, de manière à retrouver au début de la période T₁ l'intégralité des tranches R₂ et R₃ pour le contrôle des crues.

Ainsi la tranche R₂ est à double usage, ce qui, à première vue, implique qu'elle soit aussi grande que possible pour une capacité totale donnée et sous réserve que :

- * la tranche R₁ garantisse au moins la fourniture en eau potable,
- * la tranche R₃ assure le contrôle des crues pendant le mois le plus critique de la période T₂.

A ce stade, les volumes de R₁ et R₃ sont calculés. Le volume de R₂ est à déterminer maintenant par le contrôle des crues, ensuite le cas échéant, par les apports disponibles pour son remplissage :

- du point de vue contrôle des crues, on vérifie pour la période T₁, que R₂ seul, avec le pertuis 1, est capable d'écrêter une crue de période de retour moyenne, et que R₂ + R₃ avec les deux pertuis contrôlent la crue de même durée de retour élevée que pour la période T₂ ci-dessus. Ceci fixe le volume de R₂ (du point de vue des crues) et les dimensions du pertuis 1 ;
- du point de vue remplissage de R₂ (donc pendant la période T₂),

- ou bien les apports de cette période ne remplissent R_2 que rarement mais le contrôle des crues impose néanmoins de garder le même volume de R_2 ,
 - ou bien les apports remplissent aisément R_2 et, par rapport au calcul basé sur les crues, on pourrait augmenter encore le volume de R_2 , si les besoins d'eau potable et de soutien d'étiage le justifient.
- d) définit les périodes de gestion T_1 , T_2 et la saison sèche. On trace l'évolution mois par mois d'un paramètre caractéristique tel que le débit maximal de chaque mois, pour une période de retour donnée : 100 ans par exemple.

On obtient ainsi la courbe de la figure 11a, qui permet de définir les différentes périodes de gestion.

A défaut de relevés hydrologiques suffisamment longs on a recours

- soit au regroupement de mois ayant à peu près les mêmes caractéristiques, réalisé sur la base des pluies, les estimations de crues se faisant sur l'échantillon disponible ;
- soit à une méthode d'estimation qui, à partir de toutes les crues au-dessus d'un seuil (nombre, durée, débit, volume) donne notamment la loi de probabilité de la crue maximale.

On obtient la courbe de la figure 11 b.

Pour choisir les différentes périodes en gestion, il faut concilier les objectifs de contrôle des crues, de stockage et le fonctionnement du barrage.

e) définit les consignes et indique les résultats complémentaires de gestion.

a. en utilisant un paramètre caractéristique tel que le débit maximal mensuel.

b. en utilisant le regroupement de caractéristiques mensuelles

Figure 11 — Définition des périodes de gestion.

Méthode de justification économique de l'équipement du barrage de Sénéchas d'une turbine génératrice d'électricité

L'étude consiste d'abord en l'estimation sommaire prévisionnelle de l'équipement en matériel hydro et électromécanique, des ouvrages complémentaires de génie civil, et ensuite en un bilan sommaire de la rentabilité de l'opération, compte tenu des frais d'exploitation.

En plus clair, il a été procédé successivement :

1) à une exploitation fictive de la retenue pour diverses hypothèses de puissance installée, et dans deux hypothèses encadrantes de fonctionnement, la première basée sur les pertuis ouverts tels qu'ils existent au projet, la seconde sur les pertuis fermés, en laissant le barrage déverser.

Cette exploitation fictive fournit les énergies produites et les énergies garanties à différents seuils ;

2) à une étude des valeurs économiques de l'énergie produite, tarif, primes, etc,

3) à une estimation du prix de revient annuel

4) à une estimation du bénéfice d'exploitation annuel;

5) à une estimation du matériel, du génie civil, des coûts de fonctionnement et d'entretien. Deux variantes d'implantation de la turbine sont envisagées, piquage sur l'une des vidanges ou logement dans le bouchon du joint élargi.

a) Dans chacun des six cas envisagés, le détail de l'exploitation fictive, mois par mois, a été examiné.

Sont récapitulés dans le tableau de la fig. 12 le volume utile, la puissance installée, le débit et la fourniture annuelle auxquels cela correspond, l'énergie mensuelle maximale, l'énergie annuelle moyenne, le rapport de l'énergie annuelle moyenne sur la puissance installée, l'énergie garantie chaque année (pour la période 1961-1971) 11 mois sur 12 et 1 mois sur 2.

b) Pour des raisons administratives, il a semblé préférable de limiter la puissance à 500 kW. L'étude a montré que la puissance installée pour Sénéchas devait être voisine de 500 kW et qu'il était souhaitable de demeurer en-deçà. La limitation à 500 kWh a conduit à considérer qu'une production de pointe n'était pas envisageable.

Volume 10^3 m^3	Puissance installée P_i KW	Débit m^3/s	Fourniture annuelle 10^3 m^3	Energie mensuelle maxi 10^3 kWh	Energie annuelle moyenne E_{am} 10^3 kWh	E_{am}/P_i en heures	Energie garantie 11 mois/12 10^3 kWh	Energie garantie 1 mois/2 10^3 kWh
3 000	400	1.57	49 584	294	2 379	5.950	1	166
	300	1.18	37 188	220	1 982	6.610	1	168
	200	0.79	24 792	147	1 466	7.330	2	126
12 700	680.8	1.57	49 584	500	4 556	6.690	2	172
	511.6	1.18	37 188	375	3 856	7.540	33	229
	341	0.79	24 792	250	2 842	8.330	181	232

(lan = 8 760 h)

Figure 12 — Puissances et énergies fournies selon l'exploitation fictive de la retenue de Sénéchas.

Installation	Pi Puissance installée	Eam Energie annuelle moyenne	100 x a % de l'énergie fournie l'été	Recette R en F (1)
1.1	400	2.379 000	48.5	150.805
1.2	300	1.982 000	43	129.816
1.3	200	1.466 000	43	96.021
2.2	511,6 (ramené à 500)	3.856 000	57.5	231.138
2.3	341	2.842 000	50	178.524

$$(1) R = Eam [5,39 \times a + 10,12 \times (1-a)] \times 0,9 \times 0,9 \times 10^{-2}$$

$$= Eam (10,12 - 4,73 a) \times 0,81 \times 10^{-2}$$

Figure 13 — Recettes possibles fournies par la microcentrale de Sénéchas.

D'après les tarifs communiqués par E.D.F., les recettes possibles sont données sur la fig. 13, aux conditions économiques de milieu 1975.

c) Le prix de revient annuel s'est révélé assez peu dépendant de la taille de l'installation à choisir, et par contre très sensible au coût du personnel d'exploitation, pour un travail de surveillance et d'entretien assez léger qui nécessite néanmoins un agent compétent, mais facile à alerter et utilisé à temps très partiel.

Le coût de cette exploitation a été estimé à 80 000 Francs par an.

d) Le bénéfice annuel d'exploitation, compté hors amortissement des investissements, est alors la différence entre la recette annuelle et le prix de revient annuel, soit

installation 2.2	bénéfice d'exploitation	151 000 F
2.3		99 000 F
1.1		70 000 F
1.2		50 000 F
1.3		16 000 F

e) Compte tenu du coût de l'installation (776 000

Francs dans le cas de la centrale extérieure, et 702 000 Francs dans le cas de la centrale logée dans le joint élargi), le rapport

bénéfice d'exploitation

coût d'installation

est alors pour les variantes 1.1 et 2.2 qui paraissent les plus rentables

	variante 1.1 400 kW pertuis ouverts	variante 2.2 500 kW pertuis fermés
usine exté- rieure	9,0 %	19,5 %
usine dans le joint élargi	10,0 %	21,5 %

Il est nécessaire de rappeler que si les taux de rentabilité explicités paraissent élevés, ils ont été calculés pour des fournitures moyennes et non garanties, et en fonction de coûts marginaux.

f) Conclusion : il est possible techniquement d'équiper le barrage de Sénéchas d'une microcentrale hydro-électrique. L'analyse économique indique que la rentabilité d'une telle opération est correcte dans le cas d'un fonctionnement à pertuis ouverts et qu'elle devient intéressante si une gestion rationnelle des apports et des crues est envisagée.

Il serait préférable en tout cas d'adopter la solution d'une microcentrale de 500 kW fonctionnant sous la pleine charge : l'espérance de gain qui en résulte compenserait très largement les études et les équipements nécessaires.

Discussion

Président : M. C. GEMAEHLING

M. le Président remercie M. LOBERT de son exposé qui pose un problème particulièrement intéressant aujourd'hui. On dispose, dit-il, d'un réservoir écrêteur de crue à pertuis ouverts dont on veut tenter d'utiliser une partie à d'autres fins en stockant, à cet effet, le plus d'eau possible.

La solution proposée, ici, consiste à diviser l'année en un certain nombre de périodes d'après les probabilités d'occurrence des crues ; la manœuvre des vannes du réservoir ne se fait que quelques fois par an, car il n'y a pas de personnel à demeure pour exécuter les manœuvres en fonction des circonstances.

Voilà de quoi nourrir la discussion que j'ouvre sans plus tarder.

M. MERIAUX (C.T.G.R.E.F., Antony) soulève le problème de la protection contre les crues moyennes — souvent peu dangereuses pour les agglomérations mais qui compromettent l'utilisation des terres agricoles — au cours d'une intervention qu'il a résumée comme suit :

La conception des nouveaux barrages du Gard (tel Saint-Paul-Lacoste) répond à une double préoccupation :

- augmentation de la réserve permanente,
- meilleur écrêtement des crues de fréquence moyenne.

Les aménagements du réservoir de Sainte-Cécile-d'Andorge, en service depuis 1967, répondent seulement à la première de ces préoccupations.

Or, la crue récente des 10 et 11 septembre 1976 a montré que l'incidence de Sainte-Cécile d'Andorge était faible. Le taux d'écroulement de 67 % au plus fort de la crue descend à 36 % une heure et demie plus tard, le stockage n'ayant été que de 3 millions de m³.

Est-il envisagé d'aménager l'ouvrage de Sainte-Cécile-d'Andorge pour améliorer l'écroulement des crues moyennes auxquelles l'agriculture est particulièrement sensible ?

M. HUYNH (Coyne et Bellier) répond que l'écroulement des crues du Gardon ne sera vraiment efficace qu'après la réalisation des barrages projetés sur son bassin. Si à Vezénobres le débit observé lors d'une crue récente a atteint 1 500 m³/s, il importe de remarquer que 200 m³/s seulement provenaient de Ste-Cécile d'Andorge (Gardon d'Alès). La capacité totale des pertuis de ce barrage ne dépasse pas 300 m³/s sous les plus hautes eaux exceptionnelles (P.H.E.E.).

Pour répondre à la dernière question de M. MERIAUX, M. TARDIEU (Coyne et Bellier) ajoute que la modification des

ouvrages d'évacuation des crues, actuellement en projet, a pour objectif d'augmenter la capacité de la retenue durant les mois de printemps et d'été sans modifier la protection contre les crues. Cependant les crues récentes ont été l'occasion de "réactiver" le problème de la protection contre les crues de période de retour relativement faible qui sont effectivement peu écrêtées par le barrage actuel. Il est très probablement possible d'adapter le projet précité de façon que la protection de l'aval contre les petites crues, soit fortement augmentée en contrepartie d'une diminution peu sensible et acceptable de la protection contre les grandes crues sans modifier bien sûr, la sécurité des ouvrages. Le dimensionnement de ces modifications nécessite une analyse précise des crues de périodes de retour faibles et moyennes.

M. SBIHI pose à M. LOBERT les questions suivantes :

1) Qu'appellez-vous la "crue moyenne" pour le calcul de la tranche R_2 , affectée au contrôle des crues pendant la période la plus critique T_1 ?

2) Pour cette même tranche, quelle est la part des investissements affectés respectivement à la protection contre les crues, à l'alimentation des irrigations, etc ?

3) La durée de retour de la "crue de projet" résulte-t-elle d'une optimisation tenant compte de l'estimation des dégâts provoqués par l'inondation ou est-elle imposée par le Maître d'œuvre ?

La définition de la "crue moyenne" répond M. LOBERT dépend des circonstances ; dans notre cas, les crues dont la

durée de retour élevée sont celles qui provoquent des dommages dans les villes (lesquelles sont généralement implantées sur des sites où le risque d'inondation est assez faible) ; les "crues moyennes" sont celles qui produisent des dégâts sur les terrains agricoles (durée de retour inférieure à 100 ans).

En ce qui concerne la deuxième question, M. LOBERT ne dispose pas des informations pour répondre d'une façon précise. M. BASSO (D.D.E. du Gard) apporte les informations suivantes : la répartition des investissements relative à la tranche R_2 est étudiée par la Direction de l'Équipement, mais à titre d'information, il indique que le financement des barrages écrêteurs de crues du Gard, déjà réalisés, a été réparti à raison de 40 % pour le Département, Maître d'ouvrage, 30 % par le Ministère de l'Équipement au titre de la protection contre les crues dans les agglomérations et 30 % par le Ministère de l'Agriculture au titre de la protection des terres agricoles.

M. HUYNH répond en ces termes à la dernière question de M. SBIHI :

Une évaluation des dégâts considérables (40 morts) dus aux crues de 1958 (période de retour 30 ans) a servi de base à la justification des barrages du Gard, par la méthode de M. OUVREAU. L'étude économique subséquente justifiait pleinement la construction des barrages et les caractéristiques principales de ces derniers. La crue de projet retenue ensuite pour chaque ouvrage est déterminée sur la base de l'étude hydrologique, prenant en considération la sécurité pour l'aval.

Abstract

New water management objectives for the Gard dams

After disastrous floods in 1958, the County Council of the Gard Department in France embarked on a programme for building nine flood control dams for the rivers from the Cevennes mountains. They were designed to delay moderate floods through ungated sluices, with the 100-year floods and above spilling over an ungated sill.

Except for Mialet dam which is partly for irrigation water supply and Conqueyrac on a highly karstic site, all the Gard schemes have always had a small permanent reservoir to boost summer flows, but the capacities involved, ranging initially from a minimum of 150,000 m³ to a maximum of 1,500,000 m³ did not justify multi-purpose development.

Four of these dams have been completed : Sainte Cécile d'Andorge (1967), Ceyrac (1968), Rouvière (1970) and Sénéchas (1976). Now, slightly less than half-way through the programme, the Council, which will be responsible for operating the dams after completion, is becoming interested in drawing more benefit from them by making them true multi-purpose schemes. The remaining dams will therefore incorporate these other objectives, and some of the completed four will very probably be modified to the same end.

The reasons for this move towards enlarging the scope of the projects are mainly :

a) The ungated sluices were made large enough to handle fairly large floods, meaning that the dams do not have any spec-

tacular effect on the more frequent moderate river floods.

b) The authorities now require flood control dams to be fitted with gates anyway for testing purposes, and as they must be capable of reliably controlling the upstream level and regulating discharge, they are fully equivalent to permanent gates.

It is therefore quite legitimate to wish to make the most use of the dams, since no extra expense is required, except for a water management study ; and flood control is provided anyway. The method is described in the second part ; it was used to draw up the water management plan for Saint Paul Lacoste dam, one of the next to be built.

In addition to be above factors, there is another consideration which is more imperative :

c) There is a growing need for water to meet domestic, farm and industrial needs. Examples of this are Sénéchas, where the reservoir capacity was doubled in the course of the design work by raising the level of the sluices, Saint Paul Lacoste where the permanent reservoir was increased from 1,500,000 m³ to 10,000,000 m³ during design, and Sainte Cécile d'Andorge, at which the permanent reservoir was doubled by fitting gates in the sluices after the dam had been operational for about ten years.

d) Some dams might be capable of producing electricity, a topical factor since the energy crisis appeared. The third part describes the economics of installing a turbine at Sénéchas.