

CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES

Mission d'Inspection Spécialisée de l'Environnement

Affaire n° 96-035

Paris, la Défense, le 8 Avril 1996

R A P P O R T

Expertise du seuil des Pues sur la rivière Drôme

par

Pierre BALLAND

Ingénieur en Chef du G.R.E.F.

membre de la Mission d'Inspection Spécialisée de l'Environnement

Par une lettre du 15 février 1996, le Directeur de l'Eau a souhaité une expertise du seuil des Pues, sur la rivière Drôme, par la Mission d'Inspection Spécialisée de l'Environnement.

Sur la proposition de M. SUZANNE, Coordonnateur de la M.I.S.E., j'ai été désigné par une note du C.G.P.C. en date du 4 mars 1996 pour réaliser l'expertise (cf. annexe 1).

Les contacts nécessaires à la mission ont été d'une double nature :

- échange technique approfondi avec M. J. SELMI, ingénieur à la C.N.R. et auteur de l'avant-projet du seuil

- participation à une séance du bureau de la Commission Locale de l'Eau du S.A.G.E. de la Drôme, présidée par M. J. SERRET, Président de la C.L.E., où le point du seuil des Pues était à l'ordre du jour (liste des participants en annexe 2).

Au-delà d'un débat d'ordre technique entre les participants, cette réunion a été l'occasion de la confirmation, de la part notamment des élus présents et du Président de la C.L.E. qui a particulièrement insisté en ce sens, de l'intérêt très vif manifesté vis-à-vis du redémarrage au plus tôt de la **procédure d'exécution des travaux**, qui ne semble plus dépendre dorénavant que d'un engagement financier officiel des différents partenaires.

Le seuil des Pues apparaît en effet comme **le** point focal de toute la stratégie de réhabilitation de la basse vallée de la Drôme et que le S.A.G.E. a formalisée. Sa réalisation préalable conditionne en particulier la plupart des autres opérations de restauration et de gestion envisagées sur ce tronçon particulier de la rivière.

Cette particularité du seuil des Pues était déjà soulignée dans l'étude du schéma d'aménagement des rivières Drôme et Bez, réalisée conjointement par Sud Aménagement en septembre 1989 et la S.O.G.R.E.A.H. en octobre 1990, à une époque où le seuil existant, à maintes reprises conforté car régulièrement dégradé par les crues, n'avait pas été totalement emporté comme il le fut par une crue en 1991.

Sa reconstruction doit intervenir rapidement car le processus de dégradation du fonctionnement physique de la rivière, assez mal contenu par l'ancien seuil, s'est accéléré depuis sa destruction.

Cette situation a amené les membres du bureau de la C.L.E. à rappeler unanimement que s'il n'en était pas ainsi, le risque serait grand d'une **démobilisation générale** de l'ensemble des acteurs du "S.A.G.E. Drôme", exemplaire car l'un des tout premiers à s'être constitué au plan national.

Le présent rapport, volontairement concis, est structuré selon les 3 points suivants :

- 1 - rappel d'opportunité de l'aménagement
- 2 - examen technique du projet
- 3 - conclusions de l'expertise

On rappellera que la demande d'expertise du Directeur de l'Eau trouve son origine dans sa propre appréciation d'un coût élevé de l'aménagement, " bien supérieur aux évaluations initiales". C'est donc un **avis technique** sur la conception même du seuil et les coûts afférents qui est requis.

En un domaine aussi spécialisé, il ne saurait être question, pour le rédacteur, de prétendre au même niveau de maîtrise technique que celui du projeteur. La marge d'appréciation dans laquelle s'insère l'expertise est donc étroite et l'éventualité de la suggestion d'un contre-projet aux caractéristiques techniques différant sensiblement du projet proposé est exclue.

Ce dernier obéit en effet strictement aux spécificités du cahier des charges de l'étude d'avant-projet élaboré par la M.I.S.E. départementale en août 1993 (elles-mêmes découlant de différentes expertises conduites entre-temps) et validé par un expert du C.E.M.A.G.R.E.F. et l'Agence de l'Eau, comme il avait été demandé en son temps par le Directeur de l'Eau.

L'examen des propositions des 4 bureaux d'études consultés et le choix de la C.N.R. pour réaliser l'avant projet sommaire ont eu lieu en décembre 1993 dans les mêmes conditions d'encadrement technique apportant toute garantie de conformité aux prescriptions du cahier des charges.

L'expertise conduite porte donc sur les différentes parties constitutives du seuil et les hypothèses hydrauliques et morphodynamiques adoptées pour leur définition.

Formalisées dans les différentes pièces techniques qui constituent **l'avant-projet sommaire** remis en mars 1994 par le projeteur, elles ont été clairement explicitées et expliquées lors de l'échange technique sus-évoqué, tenu avec M. SELMI, auteur du projet.

I - Rappel d'opportunité de l'aménagement

Situé à la sortie d'un tronçon historiquement endigué de 4,6 km de longeur environ, le seuil des Pues constitue la **clé de voûte** du maintien de la stabilité d'une partie de ce chenal rectiligne.

(image manquante)

(plan)

Cet endiguement, et la section de digues longitudinales mises en place plus en amont, à la sortie de la ville de Crest, sont les **premiers éléments** historiquement perturbateurs d'un fonctionnement physique naturel "**à tresses**", caractérisé par une très active dynamique fluviale latérale, façonnant et déplaçant continuellement îles et bancs de graviers, au rythme des défluviations et des déplacements successifs des chenaux d'écoulement concentré à l'intérieur d'un vaste espace de liberté.

Le chenal rectiligne endigué à l'aval duquel se situe le seuil des Pues constitue en particulier une solution de continuité entre deux secteurs laissés partiellement aux divagations naturelles de la rivière, les ramières de **Chabrillan** à son amont (au statut de réserve naturelle depuis 1987) et de **Livron** à son aval.

Contrainte dans son expansion latérale naturelle, la rivière a néanmoins compensé progressivement le déséquilibre de pente induit par les travaux d'endiguement jusqu'à retrouver d'elle-même un fragile équilibre naturel entre les flux solides entrants et sortants, jusqu'aux "sollicitations contemporaines" (à partir de 1965) sous la forme **d'extractions massives** de matériau alluvionnaire dans le lit vif.

Bien trop supérieurs aux potentialités naturelles, et affectant en outre un équilibre dynamique fluvial précaire et "convalescent", les tonnages extraits ont affecté gravement ce

fragile statut et enclenché une déstabilisation profonde du fonctionnement physique de toute la basse vallée.

Depuis le pont de Crest jusqu'à la confluence les volumes extraits dans le lit de la Drôme depuis plus de 30 ans ont en effet été estimés à 60.000 m³/an, c'est-à-dire près de 2 fois les apports solides naturels de la rivière.

Privée ainsi d'une partie trop importante de sa charge solide, jouant notamment le rôle de dissipateur d'énergie, la rivière a été contrainte de ce fait à trouver d'autres formules pour assurer cette fonction.

Favorisées au demeurant par un important **déficit d'apports solides par l'amont** et par le **surcreusement** propre à l'activité d'extraction raidissant la pente et augmentant les forces tractrices, elles ont pris la forme d'une profonde **incision du lit**, une dynamique verticale se substituant, par force, à la dynamique latérale naturelle.

Sur l'histoire de cette évolution contemporaine et ses conséquences générales sur les caractéristiques de pente, d'importance de l'enfoncement par tronçon et d'altération des relations entre la rivière et sa nappe d'accompagnement, on renvoie à **deux documents** particulièrement explicites :

- le **premier** est joint en fin de rapport. Intitulé "Expertise géomorphologique en vue d'évaluer l'urgence de la reconstruction du seuil des Pues", il a été réalisé en avril 1993 par M. J.L. PEIRY Maître de Conférences à l'Institut de Géographique Alpine de Grenoble, membre du Conseil Scientifique placé auprès du Comité de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

Alors en fonction à l'Agence de l'Eau, responsable des activités de celle-ci en matière de restauration des milieux aquatiques, j'en avais moi-même demandé la réalisation à M. PEIRY. Même si en effet les études antérieures de définition d'un schéma d'aménagement des rivières Drôme et Bez sus-évoquées concluaient à la nécessité, pour l'une, de protéger, pour l'autre, de conforter, le seuil des Pues, son **emportement quasi général** intervenu entretemps nécessitait que soient redéfinis avec précision son utilité dans ce nouveau contexte, son emplacement et ses caractéristiques grossières en termes de hauteur de chute et d'altitude de la crête de l'ouvrage assurant les fonctions attendues de stabilisation du profil du chenal endigué et éléments de base de l'A.P.S.

Les conclusions de l'expertise sont édifiantes : "la reconstruction du seuil des Pues apparaît être un facteur fondamental de la stabilisation du profil en long de la Drôme inférieure, ainsi que de la pérennité des digues longitudinales insubmersibles et du pont d'Allex-Grane. **Les travaux de reconstruction du seuil sont donc à entreprendre de toute urgence**". 3 ans se sont écoulés depuis ce constat.

A signaler l'additif au rapport de M. PEIRY sur l' "opportunité" de la reprise des extractions dans les ramières de Livron, alors envisagée et totalement rejetée par lui au motif

démontré de mise en péril de la pérennité d'un ouvrage précisément justifié pour tenter de contenir les conséquences d'une activité passée qui porte une lourde responsabilité dans la profonde destabilisation constatée.

On ne saurait être surpris d'une telle conclusion mais on l'est à coup sûr qu'une telle éventualité ait pu être à un moment envisagée, comme on le serait face à l'attitude d'un médecin qui prescrirait à un cirrhotique sur le point de subir une greffe de foie de boire 3 l de vin par jour !

En rapport avec l'objet de la mission, centrée sur des considérations de coût, et en rappelant que le cas de figure à l'étude est loin d'être unique, on ne peut manquer de s'interroger sur la situation privilégiée dont bénéficie l'industrie des activités extractives au regard du fait générateur d'une modification du régime des eaux dont elle a été (elle l'est de moins en moins) très souvent la cause.

On se trouve face à un cas, certes non unique mais rare, et en tout cas opposé au principe fondamental de **solidarité** entre tous les usagers de l'eau et de la ressource aquatique sur lequel repose toute la politique nationale de l'eau, que l'on peut qualifier d'**"externalisation des coûts internes"**.

Cette expression, quelque peu absconse, signifie qu'une activité d'ordre privé, conduite légalement pendant des années, a constitué une source de profits substantiels pour son bénéficiaire sans que ce dernier ne soit contraint d'une quelconque façon à contribuer à la réparation des dégâts directement induits par lui et que la collectivité, quelle que soit la forme de sa représentation, doit supporter en partie en ses lieu et place.

Sans aller jusqu'à imaginer une contribution directe de l'exploitant en cause aux travaux rendus nécessaires par son activité, passée ou présente, son intégration dans le champ des redevables à l'Agence de l'eau et au titre du fait générateur d'une modification du régime des eaux, apparaît comme une mesure d'équité qu'il est urgent de mettre en place, au plan du principe mais également en raison du coût généralement élevé des travaux de réhabilitation dont il est à l'origine.

Ce surcroît de ressource pourrait permettre d'envisager une participation de l'Agence de l'Eau à des taux plus élevés que ceux qui sont appliqués et qui sont limités par le montant des contributions dont l'objet est en rapport avec le fait générateur visé.

Ce principe d'équité a d'autant plus de poids que l'activité a concerné, ou concerne, le domaine public dont la ressource constitue par définition un bien collectif et dont il est difficile d'admettre par conséquent qu'elle ne profite qu'à des intérêts particuliers et privés, sans contrepartie.

- le **second document** est l'étude diagnostic de la nappe de la basse vallée de la Drôme, réalisée en décembre 1991 par la S.O.G.R.E.A.H. à la demande de la D.D.E. de la Drôme.

On se bornera à illustrer, par le schéma ci-dessous, l'évolution des niveaux piézométriques entre 1928 et 1991 :

(image manquante)

Fortement marqués en rive droite en particulier, les **écart**s entre les 2 périodes évoluent entre **5 m** à l'amont des ramières de Chabillan et **1 m** au niveau du site du seuil des Pues, traduisant ainsi, sur la nappe phréatique, l'incidence du processus d'enfoncement du lit qui a marqué la période, surtout dans les dernières années.

Ce bref rappel d'opportunité de l'aménagement suffit à en souligner le caractère d'urgence.

II - Examen technique du projet

Le contexte d'évolution morphodynamique du secteur du chenal rectiligne endigué et de son aval proche évoqué ci-dessus peut être résumé comme suit :

- un processus installé de **destabilisation du chenal endigué** par érosion régressive, aggravé depuis la disparition quasi totale de l'ancien seuil en 1991, et une **incision du lit** atteignant parfois 3 m en certains points de ce chenal
- une **apparente statilité** morphodynamique du secteur immédiatement aval du site des Pues (ramières de Livron) qui n'est en fait que conjoncturelle et ne s'explique que par les forts apports graveleux provenant de la section endiguée compensant les départs.

Lorsque ces apports seront peu à peu sevrés, ce qui ne manquera pas de se produire au fur et à mesure que le processus d'incision du lit dans le chenal se prolongera, et compte tenu de ce que sera alors la pente du chenal, largement supérieure à la pente d'équilibre, on verra s'installer un processus d'érosion régressive **à l'aval du seuil des Pues** qui surajoutera ses effets à celui qui est déjà en place dans le chenal endigué, aggravant l'évolution de la destabilisation engagée.

Le **point charnière** de l'intervention d'enraiemment du processus de destabilisation apparaît donc bien comme situé à l'interface entre l'extrémité aval du chenal rectiligne endigué et la tête du secteur des ramières de Livron, beaucoup plus évasé, c'est-à-dire à l'emplacement exact de l'ancien seuil.

A cet égard, la confirmation peut être apportée d'une **localisation optimale** du site envisagé.

L'existence d'une prise d'eau d'irrigation en rive droite précisément en ce point n'est qu'une coïncidence : le seuil doit néanmoins, parmi ses fonctions attendues, concourir à une alimentation de cette prise, au moment des étiages estivaux de la Drôme en particulier.

Les fonctions attendues de l'aménagement sont donc les suivantes :

- **enrayer le processus installé de destabilisation** du profil en long du chenal rectiligne endigué qui fait courir le risque, à terme, d'une destabilisation des endiguements

- **exhausser la ligne d'eau** par sa présence même en favorisant l'engravement dès son amont et sur la distance la plus longue possible compte tenu des contraintes de topographie
- **remonter en conséquence les niveaux moyens de la nappe d'accompagnement** de la rivière, notamment en rive droite, assurant du même coup un meilleur entretien des milieux humides annexes et un surcroît d'eau utilisable (par l'irrigation notamment) dans des limites qu'il faudra toutefois fixer pour ne pas compromettre l'objectif premier de réhabilitation globale du milieu tout entier
- **assurer** par l'aménagement une **dissipation maximale de l'énergie** de la rivière (notamment lors des fortes crues) de manière à ce que cette fonction essentielle ne s'effectue pas au détriment de la charge solide en place, notamment à l'aval
- **assurer l'alimentation** de la prise d'eau d'irrigation en rive droite, même si cette fonction est d'intérêt second par rapport à celles qui précédent.

Le champ des contraintes dans lesquelles s'insère le projet s'exprime comme suit :

- **ne pas provoquer la submersion des endiguements** des deux rives par les crues les plus rares, ce qui impose l'optimisation de l'altitude de la crête du seuil
- **assurer un écoulement d'étiage** pour garantir la continuité hydraulique entre l'amont et l'aval du seuil
- **garantir la stabilité** des aménagements existants à son aval immédiat, et notamment la digue de la souille située en rive gauche
- **ne pas faire obstacle à la libre circulation des poissons** et mettre en place un dispositif de franchissement efficace
- **assurer la meilleure insertion paysagère** de l'aménagement.

L'avant-projet proposé s'inscrit dans ce contexte général.

Sa vue en plan se présente comme suit :

(image manquante)

Les paramètres déterminants de sa conception sont les suivants :

Longueur totale : 109 m environ
Altitude de la crête : 128 m
Echancrure d'étiage : 15 m à la cote 127,50
Fruit (pente du parement aval) : 7/1
Altitude du pied : 125,50 m

Hauteur de chute : **2,50 m**

On remarquera que :

- l'altitude de la crête du seuil se situe à 1,5 m **au-dessus** de la cote du fond du lit amont (126,50 m)
- l'altitude du pied du seuil se situe à 0,75 m **en dessous** de la cote du fond du lit aval (126,25)

Hauteur de chute (c'est à dire différence entre l'altitude de la crête et du pied du seuil respectivement) et **fruit** sont les deux paramètres qui conditionnent le coût de l'ouvrage puisqu'ils en sont les déterminants de son gabarit et dans la mesure où sa largeur est imposée par l'écartement des endiguements existants. Il s'agit donc d'en apprécier les fondements d'ordre géomorphologique et hydraulique, par référence aux fonctions attendues et dans le champ de contraintes ci-dessus évoquées.

II.1. - Examen des caractéristiques d'altitude de l'aménagement

L'objectif premier, attendu de l'aménagement, d'exhaussement de la ligne d'eau amont sera atteint après **3** phases successives se succédant chronologiquement.

- la situation **initiale** des fonds dès sa mise en place
- la situation **limite** des fonds atteinte au bout d'un temps estimé à environ **2 ans** au bout duquel l'engravement à l'amont du seuil se sera produit et stabilisé
- la situation **asymptotique** des fonds, qui concerne surtout le secteur aval du seuil et son retour à un état d'équilibre, un temps destabilisé par le blocage du transit solide amont imputable au seuil.

Pour une altitude de la crête du seuil à 128 m, on donne ci-après une représentation de ces 3 états, au niveau du seuil lui-même, à travers les cotes respectives :

- du thaleveg
- des lignes d'eau amont et aval seuil, pour une gamme de débits allant de **50** à **1400 m³/s**

On représente également l'altitude des crêtes de digues, rive droite et rive gauche.

(image manquante)

Situation initiale des fonds

Enveloppe des lignes d'eau : 50 à 1400 m³/s

Situation limite des fonds

(image manquante)

Les volumes respectifs, identiques, d'engraissement amont et de dégraissement aval sont estimés à environ **60.000 m³** soit un comblement amont atteint en 2 ans environ, compte tenu des apports annuels estimés à **30.000 à 35.000 m³/an**. Le dégraissement aval est un processus inéluctable directement lié à l'arrêt du transit amont. Il impose donc une cote en pied de l'ouvrage garantissant le non-affouillement de l'ouvrage à sa base.

Situation asymptotique des fonds

(image manquante)

La situation amont restant inchangée, un processus de reconstitution naturelle des fonds en pied de seuil et de retour à l'équilibre se produit dès que la charge solide peut à nouveau franchir la crête de seuil.

En termes par conséquent de **hauteur de chute** de l'ouvrage, et dans le champ de contraintes imposé d'une part par la cote du fond à l'amont, et d'autre part par l'altitude de la crête des endiguements qui ne doivent en aucun cas être submergés, on note que l'objectif premier d'exhaussement maximum de la ligne d'eau ne peut être obtenu qu'à l'intérieur d'une marge de manœuvre assez étroite :

- une altitude de la crête de l'aménagement **supérieure à 128 m** aboutit, comme cela a été démontré pour la cote 128,50, au risque de submersion des endiguements par la crue de 1400 m³/s (cinqcentennale). D'autre part, l'énergie à dissiper résultant de cette cote surélevée est très importante et aurait des répercussions très lourdes au plan financier, en raison des caractéristiques à donner au parement aval
- une altitude de la crête de l'aménagement **inférieure à 128 m** enlèverait beaucoup de son efficacité à l'objectif d'exhaussement de la ligne d'eau et de réengravement amont et n'autoriserait pas, par ailleurs, une alimentation correcte à l'étiage de la prise d'eau de rive droite.

Dans ces conditions, l'expertise conclut **au bien fondé du choix d'altitude de la crête de seuil** fait par le projeteur, consistant à la fixer à 128 m avec une échancrure à 127,50 m et d'une largeur de 15 m pour assurer la continuité de l'écoulement.

Cet ensemble de caractéristiques amont étant validé, il en résulte le caractère imposé de la cote du pied de seuil, fixée à 125,50 m (soit une hauteur de chute de 2,50 m).

En effet la situation au paroxysme du creusement aval observée à la fin de la situation dite limite ci-dessus, et qui est dû au blocage du transit de la charge solide opéré par

le seuil pour favoriser le réengravement amont, peut dépasser **3 m** quel que soit le débit, par rapport à la cote du terrain naturel.

Il est donc essentiel d'assurer, durant cette phase, la stabilité de l'ouvrage, ce qui permet de confirmer l'option prise de caler à 125,50 m la cote du radier aval, sachant que cette zone, très sollicitée, reposera sur une sole enrochée dont la base, située à la cote 121 m environ, permet de garantir la stabilité de cette partie de l'aménagement.

Rappelons en effet qu'en raison de la configuration du site, qui s'évase largement dès la sortie du seuil (c'est alors la tête des ramières de Livron), le risque est grand d'une attaque des assises de l'aménagement, en partie frontale comme en partie latérale, lors de la phase de reconquête d'un équilibre morphodynamique aval et que les précautions de confortement nécessaires doivent être prises en ce sens.

Il apparaît donc qu'en termes d'objectifs visés et de champ de contraintes à respecter, **le projet proposé est cohérent** en ce qui concerne le dimensionnement en altitude de l'ouvrage. Il en est de même des dispositions adoptées pour assurer sa stabilité.

On note de l'analyse géomorphologique conduite une incidence du projet sur le réengravement amont limitée à un linéaire **qui ne dépasse pas 1 km**.

Rejoignant les conclusions de l'expertise évoquée de M. PEIRY, la totalité de l'abaissement constaté dans le chenal endigué ne pourra donc pas être "rattrapée" par le seuil des Pues et qu'en particulier, il ne suffira pas à assurer la protection des assises du pont d'Allex-Grane qui se situe à environ **2,5 km** à l'amont du seuil. Il est donc probable qu'à terme, des dispositions techniques visant à assurer la stabilité de ce pont seront à envisager.

II.2. - Examen des caractéristiques adoptées en ce qui concerne le parement aval.

Le parement aval du seuil va subir les sollicitations les plus fortes car c'est à son niveau que s'effectue l'essentiel de la **dissipation de l'énergie** de l'eau que l'aménagement doit assurer pour ne pas compromettre la dynamique fluviale aval.

Cette énergie s'exprime comme le **produit du débit** et de la **différence des hauteurs d'eau**, amont et aval, pour une altitude de crête du seuil donnée.

Compte tenu de l'évolution des fonds, et donc des hauteurs d'eau, qui caractérise la vie de l'aménagement entre la **situation initiale** et la **situation limite**, cette énergie à dissiper n'est pas la même dans les 2 cas : elle est plus importante en **situation limite** compte tenu de l'exhaussement de la ligne d'eau amont dû à l'engravement et de l'abaissement du niveau aval dû au dégravement.

En **situation asymptotique**, et compte tenu du réengravement aval qui va compenser progressivement le dégravement caractérisant la situation limite, on constate une remontée des niveaux aval pour un débit donné sans modification substantielle des niveaux

amont. L'équilibre se rétablissant peu à peu entre amont et aval, on se retrouve ainsi, du point de vue de l'énergie à dissiper, dans une situation proche de la situation initiale.

C'est par conséquent la **situation limite des fonds** qui créée les conditions de dépense maximale d'énergie à assurer.

A la cote de calage de 128 m de la crête du seuil, l'étude hydraulique fournit les valeurs suivantes d'énergie à dissiper pour différentes crues :

Valeur m^3/s	Q 10 485	Q 100 1000	Q 500 1400
énergie à dissiper kW/m	92	198	287

Il s'agit de valeurs **très importantes**, puisqu'à titre de comparaison, l'énergie dissipée par mètre linéaire du seuil aval de la Drôme construit par la C.N.R. est de **220 kW** pour le débit de crue millénale évalué à $1500 m^3/s$. Il est vrai que l'ouvrage a une longueur plus importante : 170 m contre 109 m pour le seuil des Pues.

Rappelons que le cahier des charges de l'étude d'A.P.S. demandait que soit prise en compte "la stabilité de l'ouvrage face aux crues de période de retour supérieure à 100 ans (500 ans) ..."

Pour juger de la **fragilité** qui caractérise la situation limite qui va couvrir toute la période allant du réengravement amont (obtenu après 2 ans environ de fonctionnement du seuil) au remblaiement progressif de l'aval au terme duquel on retrouvera grossièrement la situation initiale, (et qui interviendra à une date difficile à évaluer, de l'ordre de quelques années), on donne ci-après les valeurs d'énergie à dissiper pour les mêmes débits en situation initiale

Valeur	Q 10 485	Q 100 1000	Q 500 1400
énergie	33	70	101

Elles s'établissent à un niveau égal à environ 35 % de celui de la situation limite, pour tout débit.

On remarquera en particulier qu'en situation initiale, la dissipation d'énergie propre à la crue de période de retour **cinqcentennale** est à peine supérieure à la valeur qui caractérise la crue **décennale** de la situation limite des fonds, ce qui illustre la grande vulnérabilité du seuil dans sa phase d'établissement d'un régime "installé" (équilibre dynamique amont aval établi) qui suivra immédiatement l'achèvement de la construction.

Une fois retrouvé l'équilibre général, c'est-à-dire lorsque les fonds à l'aval du seuil vont se remblayer peu à peu jusqu'à compenser quasi exactement les volumes de gravier retenus en amont, la situation dite asymptotique des fonds se rapprochera en effet, en termes de sollicitation du seuil et d'énergie à dissiper, de la situation initiale.

Ces caractéristiques de dissipation énergétique, calées sur la situation-limite des fonds, dictent quasiment sans marge de manœuvre les spécificités techniques à adopter en ce qui concerne le parement aval du seuil, aussi bien en termes de "**fruit**" (terme technique utilisé pour désigner la pente du parement) que de **taille des blocs** constituant les enrochements posés sur le parement.

En l'espèce, et sur les bases propres à la situation limite, la solution adoptée est celle d'un fruit **à 7/1** avec des blocs au poids unitaire compris entre **1500 et 2200 kg**.

A titre d'information, le seuil aval construit par la C.N.R. a un parement plus raide (fruit de 5/1) avec des blocs sensiblement de même gabarit : ceci s'explique par le fait que l'énergie à dissiper par mètre linéaire de seuil est plus faible à l'aval qu'au niveau des Pues, ainsi qu'on l'a vu.

Les choix techniques à opérer en cette matière obéissent à un champ de contraintes que le schéma ci-dessous illustre et qui consiste à rechercher l'optimum "fruit - poids unitaire des blocs" pour une énergie à dissiper qui est une donnée

(image manquante)

Il existe une relation inversement proportionnelle entre le fruit et le poids des blocs : une pente faible (soit un fruit élevé) s'accommode de blocs de poids plus réduit qu'une pente forte ainsi que l'illustre le schéma qui suit

(image manquante)

Bien sûr le poids unitaire des blocs recouvre un concept moyen, et le poids évolue pour un fruit donné dans une gamme définie statiquement, qui, en pratique, ne saurait dépasser **3 t**.

Le choix technique fait (fruit à 7/1 ; poids des blocs entre 1500 et 2200 kg) s'appuie sur des hypothèses hydrauliques qui traduisent un **degré de sécurité élevé** et qui s'expriment comme suit :

- prise en compte de la crue cinqcentennale en situation limite des fonds.

La répercussion sur les coûts est forte puisque le poste correspondant est le plus élevé du devis estimatif : **22 %** pour les enrochements seuls (23.000 t à 98 F/t) ; **32 %** pour l'ensemble de la conception du parement aval, hors coût d' "enliement" obligé des blocs au béton.

Si l'on change les hypothèses hydrauliques, le schéma qui précède montre que l'on peut changer les paramètres du fruit :

- en le "**raidissant**" sans qu'il puisse en tout état de cause aller au-delà de 5/1
- et/ou en **diminuant la taille** (et donc le poids) unitaire des blocs

Les conséquences sur les coûts sont à évaluer par une étude détaillée, sachant que la nécessité d'assurer la protection de l'aménagement à l'aval aboutirait, du fait de ce raidissement, à allonger les protections envisagées.

En spécifiant que l'incidence sur les coûts globaux, quoique réelle, ne serait pas majeure, il faut avoir conscience qu'on court alors le **risque d'une destabilisation** de l'ouvrage en cas d'occurrence d'une forte crue, pendant toute la période allant de la fin de la construction (situation initiale des fonds) à la fin du remblaiement aval (situation asymptotique des fonds)

Il semble risqué en toute hypothèse, de "descendre" en-dessous de valeurs d'énergie à dissiper de l'ordre de 180 à 200 kW/ml de seuil, valeur qui correspond grossièrement à l'énergie à dissiper pour la crue centennale en situation limite des fonds. Le cahier des charges de la réalisation doit approfondir ce point, sachant que la vulnérabilité de l'ouvrage s'exprimerait à l'encontre de la crue moins que centennale.

La réponse à la question de savoir si ce risque peut être encouru dépend à la fois

- du **temps nécessaire** à l'aménagement pour trouver son équilibre dynamique amont/aval
- de **l'économie** réalisée par l'adoption d'hypothèses hydrauliques moins contraignantes.

On rappellera que cette économie évaluée en première approche dans l'A.P.S. à un montant de **350 kF** pour une hypothèse de fruit à 6/1 et même si elle peut être chiffrée avec plus de précision au niveau de l'A.P.D., ne représente pas un montant significatif par rapport au coût total de l'ouvrage.

III - Conclusions de l'expertise

A l'origine de la demande du Directeur de l'Eau, il y a le constat d'un coût élevé de l'aménagement, "bien supérieur aux évaluations initiales". Au stade d'expression des conclusions de l'expertise, il n'est pas inutile de rappeler les bases sur lesquelles les évaluations initiales se sont fondées.

1 - à l'origine, on trouve une estimation de 3 à 4 MF faite par la S.O.G.R.E.A.H. dans l'étude sus-évoquée d'un schéma d'aménagement des rivières Drôme et Bez, remise en octobre 1990.

Mais ce chiffre ne reposait sur aucune étude détaillée, et a été avancé à un moment où l'ancien seuil des Pues **n'avait pas été totalement emporté par les crues**. Il s'agissait par conséquent d'une estimation du coût des travaux de **confortement** du seuil existant.

Pour ces raisons, elle ne peut donc être considérée comme pertinente.

2 - Ultérieurement, on trouve des évaluations respectives de **4 à 6 MF** dans la délibération du S.M.R.D. en date du 14 octobre 1993 et de **7 MF** dans le

courrier du Président du Conseil Général de la Drôme au Ministère de l'Environnement en date du 29 avril 1993.

Bien que contemporaines, ces estimations, très variables, ne reposaient sur aucune étude sérieuse.

De l'enquête conduite, il ressort en effet que le chiffre de **7 MF**, avancé "pour fixer les idées", a résulté de la simple mise en oeuvre d'une règle de 3 appliquée au seuil aval C.N.R., d'un coût de 11 MF et par seule considération des longueurs respectives des 2 seuils :

- 170 m pour le seuil aval C.N.R.
- 109 m pour le seuil des Pues

$$\text{d'où l'estimation } 11 \text{ MF} \times \frac{109}{170} = \mathbf{7 \text{ MF}}$$

Une telle démarche n'a bien évidemment pas de fondements sérieux et l'expertise conduite **ne peut que confirmer le bien fondé** du coût avancé dans l'A.P.S., qui repose sur une technologie du seuil adaptée au contexte topographique, hydraulique et morphodynamique qui caractérise le site des Pues.

Les spécificités de hauteur de chute et de fruit données au seuil des Pues dans l'A.P.S., complétées par les dispositions indispensables visant à assurer sa non-destabilisation par l'aval apparaissent comme **tout à fait pertinentes** et justifient le coût estimatif avancé, qui ne semble pas par ailleurs pouvoir différer significativement de l'estimation faite dans le cas d'hypothèses hydrauliques moins contraignantes prises pour la conformation du fruit.

L'A.P.S. élaboré par la C.N.R. apparaît donc comme une **base technique cohérente**, sur laquelle fonder la suite du déroulement de la procédure de réalisation.

La phase qui suit concerne la désignation du maître d'oeuvre.

Compte tenu du montant estimé de l'opération, la loi dite "M.O.P." sur la Maîtrise d'Ouvrage Publique impose l'organisation d'un concours pour le choix de ce maître d'oeuvre.

C'est de cette démarche que sortira le coût réel d'objectif de l'opération.

Il est suggéré d'introduire, dans le cahier des charges de la réalisation, la **variante proposée** ci-dessus en ce qui concerne le **débit de crue de projet** à prendre en compte et ses répercussions sur la technologie du parement aval et les coûts afférents.

On insiste toutefois sur le risque encouru par une option technique de cette nature dans la phase de rétablissement d'un équilibre dynamique à l'amont et à l'aval de l'ouvrage, après sa réalisation.

La décision sera conditionnée par **l'importance de l'économie réalisée** confortée par la plus stricte évaluation du **temps nécessaire** à l'obtention de cet équilibre dynamique.

Quoiqu'il en soit, il semble dorénavant **urgent** de mettre en place le phasage des opérations préalables à la réalisation et qui se définit ainsi :

- 1 - **Dégagement des autorisations de programme** correspondant au financement tel qu'il découle du dossier d'A.P.S., soit **5 MF** environ pour le Ministère de l'Environnement. Cette phase est indispensable pour la prise d'un arrêté de subvention avant le lancement de la consultation. En effet, tous les travaux effectués avant la prise d'un arrêté de subvention ne sont plus subventionnables. Cette spécificité excluerait le coût de la maîtrise d'oeuvre (0,5 à 1 MF) du montant subventionnable si tout n'était pas fait pour que l'arrêté soit pris avant la consultation et le début du travail.
- 2 - **Lancement de la procédure de désignation du maître d'oeuvre** (concours) sur la base d'un cahier des charges validé en particulier par le Ministère de l'Environnement.
- 3 - **Choix du maître d'oeuvre** avec participation du Ministère de l'Environnement au jury du concours.
- 4 - **Ajustement des autorisations de programme** en fonction du coût d'objectif qui sera précisé par le maître d'oeuvre après la réalisation de l'avant-projet définitif en accord avec les parties en ce qui concerne l'option technique finale relative au parement aval.

La mise en concurrence de la maîtrise d'oeuvre, la validation du cahier des charges et la présence du Ministère de l'Environnement au jury sont de nature à garantir une bonne adéquation entre le coût et les fonctions attendues de l'ouvrage projeté.

La procédure de **l'ordre de service** à l'Agence de l'Eau est par ailleurs de nature à permettre l'étalement du remboursement de la dette du Ministère de l'Environnement selon un échéancier compatible avec ses propres disponibilités en matière de crédits de paiement.

L'Ingénieur en Chef du G.R.E.F.

Pierre BALLAND