

## BARRAGES HYDRO-ÉLECTRIQUES ET ÉROSION DES TERRAINS EN MONTAGNE

---

### L'ENVASEMENT DES BARRAGES HYDRO-ÉLECTRIQUES

Le problème de l'envasement des barrages hydro-électriques se trouve posé depuis déjà un bon nombre d'années, mais la multiplication de ce genre d'ouvrages ainsi que l'inefficacité ou l'insuffisance des procédés employés jusqu'à présent pour lutter contre cet envasement lui donnent une actualité et une importance particulières.

Ce problème n'est pas en lui-même spécial aux barrages hydro-électriques ; il se pose également pour les retenues d'eau destinées à l'irrigation et les ingénieurs romains l'avaient rencontré notamment en Afrique du Nord. De nos jours et dans le même pays, on a vu un grand barrage tel que celui de l'Oued Fodda perdre 40 % de sa capacité par accumulation de vase en moins de 20 ans.

En France même, on peut citer le cas du barrage de Quinson sur le Verdon, haut de 13 mètres et destiné à l'alimentation du canal d'Aix qui a été presque complètement colmaté en une dizaine d'années ; ce cas présente un intérêt spécial du fait qu'un grand barrage hydro-électrique vient d'être construit sur la même rivière à Castillon, qu'un autre est en construction à Chaudane et qu'un troisième est projeté à Sainte-Croix.

La lutte contre l'envasement des barrages peut se concevoir de deux façons, l'une curative, l'autre préventive.

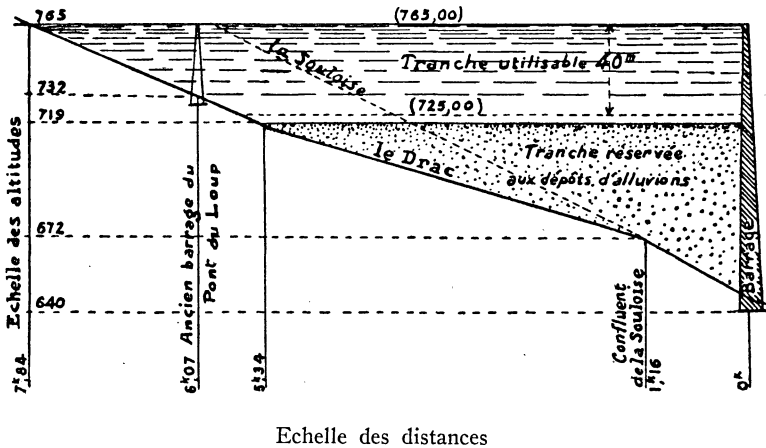
La première consiste à évacuer vers l'aval tout ou partie des matériaux accumulés derrière le barrage. Il importe à cet égard de distinguer les limons (diamètre inférieur à 0,05 mm) qui sont transportés à l'état de troubles et les matériaux grossiers, sables, graviers qui tantôt sont charriés en suspension, tantôt cheminent au voisinage du lit. L'évacuation artificielle des matériaux accumulés n'est pratiquement à envisager que pour les limons, à la rigueur les sables très fins : ceux-ci s'accumulent en effet immédiatement derrière le barrage et il semble a priori aisé d'en provoquer le départ par des chasses d'eau convenables en utilisant des vidanges de fond (pertuis et vannes).

Tous les barrages construits jusqu'à ce jour sont pourvus de tels dispositifs, mais leur insuffisance est malheureusement patente; l'expérience des barrages algériens d'irrigation qui en comportaient est là pour montrer qu'ils n'ont pas permis d'éviter l'envasement des ouvrages. Et même pour les barrages hydro-électriques de construction récente, tels que le barrage du Sautet sur le Drac, achevé en 1935, le fonctionnement de ces vidanges de fond a causé de graves mécomptes. Au surplus, l'évacuation partielle réalisée récemment et qui a transformé pendant quarante-huit heures le Drac en un torrent d'eau boueuse qui n'a pas été sans inconvénients, on le conçoit, pour la faune piscicole de cette rivière.

Ce problème particulier de l'évacuation des limons ne semble pas insoluble, mais il convient de faire toutes réserves sur l'efficacité des dispositifs utilisés jusqu'à présent.

Quant à l'évacuation dans le bief situé à l'aval du barrage des éléments grossiers charriés par les eaux ou cheminant sur le fond du lit, elle n'est même pas envisagée par les constructeurs. Ils prévoient seulement l'accumulation de ces matériaux dans la « tranche morte » de la retenue.

On sait en effet que, pour tous les barrages récents, la retenue comprend deux tranches séparées par le niveau de la prise d'eau inférieure, une « tranche morte » comprise entre le niveau du lit avant la construction de l'ouvrage et celui de la prise d'eau, une « tranche utile » comprise entre ce même niveau et la crête du barrage. C'est ainsi que pour le barrage du Sautet dont la crête se trouve à 125 mètres au-dessus du lit du Drac (cote 765), la tranche utile n'a que 40 mètres de hauteur (entre les cotes 725 et 765); son volume est d'environ 100 millions de mètres cubes sur un vo-



Profil en long du lac créé par le barrage du Sautet (d'après E. DUSAUGEY).

lume de 130 millions de mètres cubes pour la retenue tout entière ; le volume de la tranche morte est donc ici de 30 millions de mètres cubes théoriquement réservés pour les dépôts de matériaux charriés (1). Les auteurs du projet avaient prévu, en se fondant sur diverses mesures, le dépôt dans la retenue du Sautet, de 200.000 mètres cubes de matériaux sableux et graveleux en année moyenne ; dans ces conditions, le comblement de la tranche de fond devrait durer 150 ans environ.

Nous ne disposons pas de mesures d'alluvionnement faites depuis la mise en eau du barrage du Sautet ; mais d'après les renseignements oraux qui nous ont été fournis, il semble que l'alluvionnement soit nettement plus rapide qu'il n'était prévu.

Il importe également que ces matériaux grossiers qui se déposent en fait à l'entrée du Drac dans la retenue viennent s'accumuler effectivement dans la tranche de fond et ne comblent pas une partie de la tranche utile. Les auteurs du projet comptaient pour cela sur la concordance des grosses crues transporteuses de graviers et des périodes de bas niveau de la retenue ; dans ce cas, le delta sous-lacustre d'accumulation devrait se former pour la plus grande partie au-dessous du niveau critique de 725 mètres. Mais en fait cette concordance ne se réalise pas toujours et d'autre part on constate dans toutes les retenues par barrage que, tandis que la vase se dépose derrière l'ouvrage, les matériaux grossiers s'accumulent à l'origine du remous ; ils avancent à chaque crue vers la crête de l'ouvrage, recouvrant la couche de vase, s'y enfonçant ou la re-foulant en la remettant en suspension. Ce processus a été suivi et étudié par M. WALTHER dans le lac du Motty, retenue du barrage du Pont-du-Loup sur le Drac, en amont du Sautet (2) ; tous les forestiers qui ont eu l'occasion d'observer l'atterrissement d'un barrage de correction l'ont également constaté.

Un véritable cône de déjections terminé à l'aval par une pente abrupte s'édifie donc ainsi à partir du niveau de base constitué par le niveau inférieur de baisse prévu pour la réserve ; le dépôt de matériaux grossiers remonte dans l'ancien lit sur une épaisseur croissante à mesure que le front du cône s'avance dans le lac ; il en résulte qu'une partie appréciable de la tranche utile se trouvera comblée avant que la tranche morte soit remplie ; cet inconvénient n'avait pas échappé aux auteurs du projet du barrage du Sautet, mais on n'a pas eu recours aux dragues dont ils envisageaient l'emploi et le problème de la propulsion dans la tranche morte des graviers déposés dans la tranche utile n'a pas encore reçu, à notre connaissance, de solution pratique.

(1) E. DUSAUGEY. — Le barrage-réservoir du Sautet. *Le Génie civil*. Paris, 1925.

(2) Robert WALTHER. — Note sur l'engrèvement et le dégrèvement d'un bassin d'accumulation. Histoire du Lac du Motty. *Revue de Géographie Alpine*. T. XXIV, 1936, p. 315-318.

Les procédés curatifs de lutte contre l'envasement — lato sensu — des barrages hydro-électriques demeurent donc à l'heure actuelle fort imparfaits.

Restent les procédés préventifs qui se résument dans la réduction du charriage et par conséquent dans la lutte contre l'érosion du sol, source des matériaux charriés.

Mais le problème de l'envasement des barrages hydro-électriques n'est pas le seul que pose l'aménagement hydro-électrique des rivières de montagne, en corrélation avec les transports solides de ces rivières.

#### PROBLÈMES POSÉS PAR L'AMÉNAGEMENT HYDRO-ÉLECTRIQUE DES RIVIÈRES DE MONTAGNE

Les effets de la construction d'un barrage et a fortiori d'une série de barrages dans une rivière du type du Drac, de la Durance ou du Verdon sont loin de se limiter au remous des ouvrages et aux berges des retenues, même assorties d'une marge raisonnable de sécurité.

Nous avons vu plus haut que la rivière à son arrivée dans la retenue édifie un cône de déjection qui « remonte » peu à peu dans le lit de la rivière, celle-ci tendant à reconstituer son profil primitif à partir du nouveau niveau de base constitué par le remous de la retenue; il se produit ainsi en amont du remous hydraulique ce que M. WILHELM a appelé un remous de gravier (3). Celui-ci peut remonter à l'amont de la retenue sur des distances considérables; sur le Verdon, il s'est fait sentir à 12 km du barrage de Quinson et pour le Drac, M. WALTHER estime à une dizaine de kilomètres la longueur de l'alluvionnement provoqué en cinq ans (1927-1932) par le barrage du Pont du Loup. Il ne semble pas exagéré de s'attendre pour la Durance, en amont de la retenue projetée de Serre Ponson, à un engrèvement s'étendant sur 15 ou 20 km.

Il va de soi que de tels alluvionnements provoquant une surélévation du lit ne sont pas sans de graves inconvénients pour les terres riveraines, les voies de communications, les ouvrages d'art (ponts, prises d'eau, etc...); c'est ainsi que la Plaine de « Sous le Roc » à Embrun, située à 2 km environ en amont du remous du barrage projeté de Serre Ponson se trouvera menacée d'engrèvement au moins partiel à la suite de la construction du barrage.

Cette surélévation du lit aura également pour conséquence un relèvement du niveau de base des torrents affluents de la rivière barrée, provoquant ainsi une remontée des graviers dans leurs lits

(3) Ivan WILHELM. — Essai de théorie de l'entraînement des graviers dans les rivières à courant rapide. Grenoble, 1929, p. 12-13.

de déjection et leur débordement sur leurs cônes, souvent occupés par des terres cultivées, des vignes, etc...

L'effet des modifications apportées au régime d'une rivière de ce genre par son aménagement hydro-électrique doit être encore plus sensible lorsque l'eau n'est pas restituée à la sortie d'une centrale, mais reprise pour alimenter l'usine suivante : sauf le cas de crue exceptionnelle, le lit de la rivière ne sera plus suivi que par le débit minimum correspondant aux besoins locaux (irrigation et maintien en vie précaire d'une faune piscicole réduite) : s'il existe dans cette section du cours des torrents affluents, il est bien certain que le débit maintenu sera tout à fait incapable d'assurer le transport des matériaux charriés par ces torrents. On se trouvera alors dans le cas, décrit par SURELL, de torrents aboutissant à des vallées sèches. « Alors, dit-il, il semble qu'il ne puisse plus y avoir de limite à l'exhaussement de leur cône » (4). Et qui dit exhaussement du cône dit aussi remontée des graviers dans le canal, débordements, voire affouillement de berges.

Un cas particulièrement grave sera celui du tronçon de Durance situé immédiatement à l'aval du barrage de Serre Ponson où une telle déviation est prévue ; dans les 10 km qui correspondent à la traversée de la partie médiane du Dôme de Gap-Remollon, la Durance reçoit en effet une série de torrents actifs qui sont parmi les plus dangereux des Hautes-Alpes (Trente Pas et Merdarel d'Espinnasses, torrent de Théus sur la rive droite, torrents de Bréziers et de Bellaffaire sur la rive gauche) et ce n'est pas le médiocre débit de la Blanche de Seynes qui suffira à entraîner leurs déjections.

Il faut également prévoir le cas des crues exceptionnelles que la retenue ne sera pas capable d'absorber et qui ne trouveront pour s'écouler à l'aval du barrage qu'un lit encombré par les déjections des torrents affluents, sans compter l'envahissement des « iscles » par la végétation buissonnante qui, au cours de la dernière décennie sèche a fait des progrès extraordinaires ; des débordements et des engravements de terres riveraines seraient sans doute inévitables.

D'autres conséquences de l'aménagement hydro-électrique d'une rivière du type Durance pourraient être sans doute mises en lumière, mais sans aller plus loin on peut conclure de ce qui précède, que la lutte contre l'érosion du sol dans les régions intéressées doit avoir pour objectif, en même temps que la prévention de l'envasement des barrages, la protection pure et simple des vallées et que, dans le cas de reprise et de déviation des eaux, elle implique la correction des torrents situés à l'aval d'un barrage déterminé tout autant que de ceux situés à l'amont.

(4) A. SURELL. — Etudes sur les torrents des Hautes-Alpes. 2<sup>e</sup> édition. Paris, 1870, p. 32.

## LA LUTTE CONTRE L'ÉROSION DU SOL EN MONTAGNE

Moyen préventif par excellence, il a été d'abord conçu lui aussi comme un moyen curatif ; la loi du 4 avril 1882 sur la restauration et la conservation des terrains en montagne exigeait que la dégradation du sol fût effective et que les dangers fussent nés et actuels. Le but légal des travaux entrepris sous l'empire de cette loi ne pouvait donc consister en fait, outre la restauration des sols effectivement dégradés, que dans la protection des terres, constructions, ou voies de communication immédiatement menacées par les torrents.

La loi de 1913, en substituant le maintien et la protection des terrains et la régularisation du régime des eaux, à la formule de 1882, a donné au Service forestier les moyens légaux d'une lutte préventive contre l'érosion du sol. La prévention de l'envasement des barrages et de l'engravement concomitant des fonds de vallées rentre donc dans le cadre de la loi bien qu'elle constitue en fait une nette extension du cadre d'application actuel de cette loi.

En effet, jusqu'à présent, seuls faisaient pratiquement l'objet de travaux de correction les torrents nuisibles par eux-mêmes ; désormais, ils doivent être considérés comme nuisibles du seul fait de leur apport de matériaux détritiques dans une rivière ayant fait l'objet d'un aménagement hydro-électrique. C'est dire que l'action du Service de Restauration des terrains en montagne devra se porter dorénavant sur tous les affluents torrentiels d'une telle rivière.

La rentabilité des travaux projetés ne devra plus être considérée seulement en fonction de la valeur des terrains ou des ouvrages menacés par le torrent ; le bénéfice de l'allongement de vie des retenues hydro-électriques et la protection des terres de la vallée principale devront également entrer en ligne de compte.

Il ne faut pas d'ailleurs se dissimuler que pendant longtemps de tels calculs ne pourront être qu'extrêmement théoriques, faute de bases objectives d'appréciation.

L'importance et l'opportunité des travaux de restauration des terrains en montagne ne seront pas seules affectées par l'aménagement hydro-électrique des rivières ; la technique de ces travaux en sera également influencée, tout au moins en ce qui concerne la correction des torrents, le reboisement et le regazonnement des terrains soumis à l'érosion gardant par ailleurs tout leur intérêt.

Jusqu'à présent, la rivière dans laquelle se jetait le torrent à corriger était considérée comme le collecteur naturel des matériaux charriés et il s'agissait autant de conduire ces matériaux jusqu'à la rivière sans dommages pour les riverains que d'en empêcher ou d'en réduire la production. Le principe essentiel était, non pas de s'opposer à la destruction des montagnes par les forces naturelles,

phénomène d'ordre géologique et de ce fait inéluctable, mais d'obtenir que les produits de cette destruction soient évacués non pas en bloc par des crues catastrophiques, mais « en détail » et sans dommages.

Or, la rivière une fois barrée ne constitue plus ce collecteur naturel; d'autre part on peut et on doit certes pousser au maximum la lutte contre l'érosion par la conservation du sol en montagne — mais la correction intégrale par la suppression de toute érosion reste en dehors de nos possibilités et il semble vain de s'attacher à cet objectif. On est donc obligé de compter sur un charriage même réduit des torrents; le problème nouveau consiste à trouver le moyen le plus pratique et le plus économique de stocker ces matériaux qu'on ne peut éliminer.

Nous avons vu que les hydrauliciens prévoyaient de les laisser s'accumuler dans la tranche morte des retenues, sans avoir d'ailleurs réussi jusqu'à présent à les y chasser pratiquement; mais la vie active d'un barrage sera évidemment d'autant plus longue que ces apports seront plus réduits et cette solution ne s'applique pas aux torrents aboutissant dans les sections neutralisées des rivières.

La technique de la correction des torrents devra donc s'orienter vers une retenue maximum des matériaux charriés soit par l'emploi intensif des procédés éprouvés (barrages en maçonnerie, plages de dépôt), soit par l'utilisation de procédés de rétention nouveaux qui restent à étudier.

Sans entrer dans le détail de ces réalisations, on voit quel rôle revient ainsi au Service forestier, en tant que responsable de la restauration des terrains en montagne, dans la prévention de l'ensablement des barrages hydro-électriques et la protection corrélative des vallées.

Il n'est fait état dans la présente note que d'exemples empruntés aux Alpes sèches ou demi-sèches; nul doute que dans d'autres régions montagneuses (Alpes vertes, Pyrénées, Massif Central), le même problème se pose dans des termes quelque peu différents et aussi peut-être avec moins d'acuité. Mais il semble que, moyennant certains aménagements, les conclusions doivent en rester valables.

M. WIDMANN.

---