Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 100 (2008)

Heft: 4

Artikel: Surveillance des barrages français par leur propriétaire et contrôle par l'État : cas particulier des barrages pour la neige artificielle

Autor: Degoutte, Gérard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939717

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Surveillance des barrages français par leur Propriétaire et Contrôle par l'État. Cas particulier des barrages pour la neige artificielle

Gérard Degoutte

Résumé

La France compte aujourd'hui 792 barrages de hauteur supérieure à 10 m, dont 282 ont plus de 20 m et plusieurs dizaines de milliers de plus petits barrages. Elle compte environ 8000 km de digues destinées à la protection contre les inondations.

En 2007, la réglementation concernant la sécurité des barrages a été profondément remaniée et étendue aux digues. Elle conserve, en le réaffirmant, un partage très clair des tâches entre le responsable de l'ouvrage et l'État. L'État ne contrôle pas directement l'ouvrage mais s'assure que le responsable remplit ses obligations d'entretien et de sécurité.

La nouvelle réglementation institue un mode de classement plus progressif que par le passé, en quatre classes, A à D définies par la hauteur du barrage et le volume de la retenue. De même, l'implication du service de contrôle est adaptée à la classe de l'ouvrage.

La nouvelle réglementation institue des revues décennales de sûreté pour les barrages de classe A dont l'examen visuel n'est qu'un élément. Cet examen qui doit concerner toutes les parties de l'ouvrage, y compris celles habituellement noyées, peut se faire par tous moyens, proposés par le propriétaire et soumis au service de contrôle.

Une étude de dangers est exigée pour les barrages A et B existants et projetés. Elle est basée sur une véritable analyse de risques.

Pour réaliser des études de conception, de diagnostic, d'analyse des résultats d'auscultation, des études de dangers, les organismes candidats seront prochainement soumis à un processus d'agrément national.

Ainsi, la nouvelle réglementation permet de contrôler, de manière proportionnée aux enjeux, les ouvrages d'un parc très diversifié de par la taille des ouvrages, leur objectif et la technicité de leurs responsables.

Si dans les années 1980–2000, le rythme de construction des barrages français s'est ralenti, pour des raisons économiques et environnementales, on observe depuis quelques années une lente mais nette reprise des projets et des réalisations. Ce sont essentiellement des petits barrages ou des bassins en dérivation destinés à ralentir la propagation des crues moyennes et à les écrêter ainsi que des barrages d'altitude pour la production de neige artificielle.

Un important travail est en voie d'achèvement pour aider à la conception de cette dernière catégorie de petits barrages, souvent très délicats et qui n'ont pas toujours reçu toute l'attention souhaitable.

Zusammenfassung

Frankreich zählt 792 Talsperren mit einer Dammhöhe über 10 m sowie tausende kleinerer Talsperren. Dieser Park stellt eine grosse Vielfalt von der Grösse der Bauwerke, ihres Zwecks und des Fachwissens deren Betreiber vor. Die neue Reglementierung von 2007 erlaubt es, auf angemessener Weise, entsprechend des Einsätzens, diese Anlagen zu prüfen. Sie bestimmt vier Kategorien von Talsperren, A bis D, die durch die Höhe der Talsperre und das Rückhaltevolumen definiert sind. Insbesondere für bestehende oder geplante Staudämme der Kategorien A und B sind Gefahrenstudien gefordert. Diese stützen sich auf umfangreiche Risikoanalysen.

Seit einigen Jahren beobachtet man in Frankreich eine grosse Anzahl geplanter Höhentalsperren für die Herstellung von Kunstschnee. Eine wichtige Arbeit zur Unterstützung der Konzeption solch kleinerer Staubecken, die oftmals sehr delikat sind und nicht die nötige Aufmerksamkeit geniessen, ist auf dem Wege der Vollendung.

1. Introduction

Le présent texte fait suite à un exposé présenté aux journées d'étude «Petites et moyennes retenues – construction, surveillance, entretien» du comité suisse des barrages, tenu à Saint-Gall les 25 et 26 septembre 2008. La première partie concerne la nouvelle organisation de la sûreté des barrages en France et s'appuie sur un article publié fin 2007 dans la revue de l'association professionnelle des ingénieurs français du génie rural des eaux et des forêts [4]. Une grande partie de cet article avait d'ailleurs été reprise in extenso dans le rapport du député Christian Kert pour l'Office parlementaire (français) d'évaluation des choix scientifiques et technologiques [5]. Un article plus complet sera présenté au prochain congrès de la CIGB en 2009 [6]. Compte tenu du thème des journées d'étude du comité suisse des barrages, rappelons que le comité français des barrages et réservoirs (Cfbr) avait publié en 1999 un ouvrage de recommandations

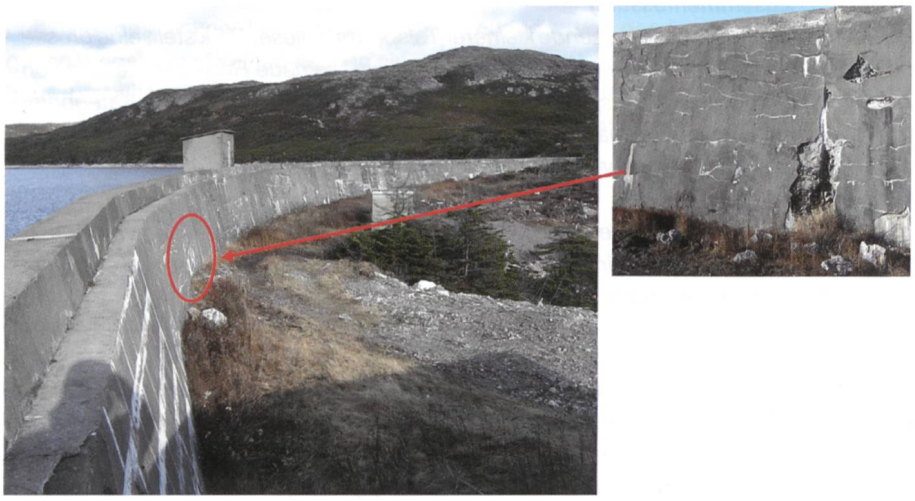
dédié aux petits barrages. Une seconde édition a été réalisée sous forme de CD ROM bilingue (français anglais) en 2002 [1]. Elle est disponible dans ces deux langues sur le site du Cfbr. La seconde partie de notre article se limite à un sujet nouveau pour les petits barrages français, celui des barrages d'altitude destinés à la production de neige artificielle dont les projets et les réalisations sont nombreux depuis une décennie. Ces barrages sont de conception délicate et ne bénéficient pas toujours de l'attention suffisante. Ils ont justifié un programme de recherche en voie d'aboutissement pour produire un guide de recommandations [7].

Le parc de barrages français est important et comporte un grand nombre de barrages anciens. 56 des 595 barrages recensés par la CIGB ont plus de 100 ans; 238 ont plus de 50 ans. Le plus vieux parmi les grands barrages a été construit par Pierre-Paul Riquet à Saint-Ferréol; achevé en 1672, il sert à alimenter le canal du Midi. La dernière rupture importante s'est produite il y a presque 50 ans; il s'agit du barrage voûte de Malpasset à Fréjus, rompu en 1959, de hauteur 60 m et de capacité 49 hm^3. On a déploré 423 victimes. La précédente rupture grave s'était produite un peu plus de 60 ans avant, celle du barrage poids de Bouzey, rompu en 1884 puis en 1895, de hauteur 18 m et de capacité 7 hm^3. On a déploré 86 victimes directes en 1895. Les leçons de ces accidents concernant des grands barrages ont été tirées, au plan technique en France et dans le Monde, au plan réglementaire en France (au moins). Ainsi, l'analyse des deux ruptures de Bouzey a permis à Maurice Lévy de mettre en évidence l'action des sous-pressions. Par la suite, la conception des nouveaux barrages poids a pu être améliorée, et de nombreux barrages anciens ont été confortés. L'analyse de l'accident de la voûte de Malpasset a mis en évidence le rôle important des sous-pressions dans les appuis d'un barrage voûte et a conduit à généraliser le drainage sous l'aval des barrages-voûtes et, plus largement, à renforcer l'auscultation de tous les types de barrages (y/c les fondations).

Les leçons ont donc été tirées, et il n'y a pas eu en France de rupture de grand barrage ni même de barrage moyen depuis 1959. Pour autant, la vigilance ne doit en aucun cas se relâcher et d'ailleurs plusieurs ruptures de très petits barrages sont régulièrement à déplorer, même si les conséquences en restent minimes. Elles constituent des piqûres de rappel. La surveillance et le contrôle de tous ces ouvrages, petits et grands est donc un sujet important. Il est impératif de les mener pour chaque barrage avec toute la compétence nécessaire et en juste proportion de la taille de l'ouvrage.

	$H \geq 20$ m et $V \geq 15$ hm^3	$H \geq 20$ m et $V < 15$ hm^3	$10 \leq H \leq 20$ m et $H^2\sqrt{V} \geq 200$	$10 \leq H \leq 20$ m et $H^2\sqrt{V} < 200$	Total $H \geq 10$ m
Barrages hydroélectriques concédés	74	90	108	57	329
Barrages pour la navigation	0	6	18	2	26
Barrages eau potable, irrigation, crues, loisirs	20	92	123	202	437
Total	94	188	249	261	792

Tableau 1. Effectif des barrages de hauteur supérieure à 10 m.



Figures1 et 2. Barrage du Goéland à Saint-Pierre et Miquelon (H = 6 m, 400000 m^3) avant sa reconstruction fin 2007. À droite, zone du parement aval siège de suintement et fortement dégradée par le gel. La stabilité de ce barrage était fortement compromise par la poussée des glaces.

2. Le patrimoine de barrages français

Il y a en France aujourd'hui 792 barrages dont la hauteur est supérieure à 10 m. Comme dans tous les pays, les barrages ont diverses vocations: hydro-électricité, eau potable, soutien d'étiage, irrigation, écrêtement des crues, navigation, tourisme. Parmi les barrages hydroélectriques, on peut distinguer les barrages concédés lorsque la puissance dépasse 4500 kW. Les barrages hydroélectriques non concédés et tous les autres relèvent de la loi sur l'eau avec un régime d'autorisation après enquête ou un régime de déclaration pour les très petits barrages (moins de 2 m de hauteur). Le *tableau 1* détaille les effectifs de ces deux grandes catégories d'ouvrages. La gamme de taille dépend des deux caractéristiques géométriques essentielles que sont la hauteur en mètres au-dessus du terrain naturel (H) et le volume de la retenue à la cote de retenue normale en millions de mètres cubes (V). Nous reviendrons sur la signification des classes de taille de ce tableau et en particulier sur le paramètre $H^2.\ V^{0.5}$ qui traduit en quelque sorte la dangerosité de l'ouvrage.

Par ailleurs, la France compte plusieurs dizaines de barrages de hauteur inférieure à 10 m et environ 8000 km de digues destinées à la protection contre les inondations.

Depuis les années 1990–2000, le rythme de construction des barrages s'est sérieusement ralenti en France, pour des raisons économiques et environnementales. Mais l'on observe depuis le début des années 2000 une lente mais nette reprise des projets et des réalisations. Ce sont:

- les ouvrages de ralentissement dynamique, petits barrages ou bassins en dérivation destinés à ralentir la propagation des crues moyennes et à les écrêter [2];
- les bassins pour l'irrigation;
- les barrages d'altitude pour la production de neige de culture, sur lesquels nous revenons en fin d'article.

3. Quelques idées reçues à repousser

La connaissance des mécanismes de rup-

Figure 3. Barrage des Ouches (H = 7 m, 49000 m³), victime d'une rupture par érosion interne, deux siècles après sa construction. Il n'y a pas eu de victimes dans le village situé 4 km en aval grâce à ses petites dimensions mais aussi grâce à la présence d'esprit de l'exploitant qui a rapidement prévenu la gendarmerie qui a demandé aux personnes présentes dans les rues un dimanche matin de se mettre à l'abri.

Figure 4. Barrage écrêteur de crue de la Rouvière (H = 18 m, 8.3 hm³) lors de la crue du 9 septembre 2002. Ce barrage, construit en 1970, a connu ce jour là une crue supérieure à sa crue de sûreté et s'est malgré cela bien comporté.

ture des barrages et de leurs parades suffit à tirer des conclusions particulièrement intéressantes.

- La première conclusion est que l'on dispose aujourd'hui des savoirs et compétences pour maîtriser totalement la conception des barrages afin qu'ils soient à l'abri des risques évoqués, sous réserve d'un bon entretien, mais que cette conception est complexe. Elle nécessite des études et reconnaissances poussées et doit être l'affaire de spécialistes. C'est peut être là notre recommandation la plus forte: s'assurer que les concepteurs de barrages ont toute la compétence et l'expérience voulue. Cette compétence est d'ailleurs une affaire d'équipe, une même personne n'étant pas spécialiste en géologie, géotechnique, hydrologie, hydraulique, génie civil, etc.
- Cette affirmation vaut aussi pour les petits barrages, qui sont peut être encore plus délicats à concevoir car leurs moyens de reconnaissance puis de réalisation ne seront pas aussi importants que pour un ouvrage de grande taille. Ce point est généralement méconnu. Nombre de nos interlocuteurs pensent intuitivement qu'un petit barrage nécessite une petite compétence (*Figures 1* à *3*), surtout pour les barrages en terre que l'on imagine à tord être d'une grande rusticité. Cette sous-estimation de la technicité nécessaire pour les petits barrages nous pose particulièrement problème aujourd'hui car il ne se fait en France que des petits barrages, ou presque. L'exemple de nouveaux grands barrages, bien conçus et bien réalisés est donc moins fréquemment présent.
- La conclusion sur la nécessaire technicité pour la conception et la construction des barrages, petits ou grands, se décline aussi pour le sujet de la surveillance et de l'entretien. Par exemple, un non spécialiste ne s'inquiète pas forcément de la présence d'une végétation humide au-dessus d'un drain de barrage en terre, alors même que des aspects secondaires l'alertent bien plus et souvent inutilement: fissures d'un béton massif, fuites minimes le long des bordés de vannes, ...
- Un barrage ayant longtemps tenu peut lâcher brutalement, alors que le non spécialiste imagine que ce qui est massif et a longtemps tenu tiendra encore. Heureusement, un suivi régulier et expert d'un barrage bien ausculté révèle les risques. Encore faut-il être vigilant pour ne pas s'accoutumer au risque et peu à peu relâcher la garde. Cette dérive guette aussi les spécialistes, et un regard neuf est de temps en temps bien utile pour remettre les choses en place.
- Autre conclusion, les petits barrages ne sont pas forcément inoffensifs, le barrage montré en *figure 3* en est la preuve.
- Ajoutons que les études hydrologiques réalisées en France il y a plus de 20 ans sous estiment souvent les débits de crue: les données hydrologiques sont aujourd'hui nettement plus nombreuses, les méthodes de calcul sont améliorées et l'étude initiale était alimentée par deux décennies moins marquées par des épisodes de crues extrêmes que la période de 1985 à nos jours. Pourtant le non spécialiste trouvera intuitivement l'évacuateur exagéré. Cela est bien naturel, l'être humain imagine mal l'étendue de la gamme des phénomènes naturels et s'il devine bien que les phénomènes qu'il a connus seront sans doute dépassés, il est intuitivement certain que ce sera dans de faibles proportions. Mais à tort *(figure 4)*.
- Si l'on devait conclure en une phrase: les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre non spécialisés sous estiment les dangers des futurs barrages ou des barrages existants, et il ne peut guère en être autrement. Il faut donc impérativement que les maîtres d'ouvrage non spécialisés fassent appel à des maîtres d'œuvre spécialisés. Et que les maîtres d'œuvre non spécialisés refusent les projets dont ils n'ont pas l'expérience ou bien acquièrent l'expérience par la formation et la cohabitation avec des spécialistes.

4. Les points restant à améliorer ...

Les progrès réalisés en France depuis 20 ans sont très nets, mais il faut continuer. En 2006 une réflexion a été engagée par l'État, avec un groupe de travail mis en place par

les ministères en charge de l'écologie et de l'industrie. Ce groupe comportait des représentants des ministères (écologie, industrie, agriculture, équipement, intérieur), du Cemagref, du Cetmef et était présidé par le président du comité technique permanent des barrages.

Son travail a débouché sur de nouveaux textes réglementaires fin 2007 et en 2008. Ils affirment avec force la distinction très nette entre le rôle du propriétaire et de l'exploitant d'une part et celui du service de contrôle d'autre part, alors qu'un texte fondamental de 1970 pouvait introduire un certain flou entre ces deux niveaux de responsabilité. Le propriétaire du barrage est chargé d'assurer la sécurité de l'ouvrage, à sa construction et pendant sa vie. Le service de contrôle de l'État, au niveau régional ou départemental, est chargé de s'assurer que le propriétaire et son exploitant assurent bien cette mission. Il doit donc vérifier que l'ouvrage bénéficie des attentions nécessaires lors de sa conception puis lors de sa surveillance sans donner l'impression qu'il surveille l'ouvrage, ce qui pourrait démobiliser le maître d'ouvrage. Cela nécessite que le service en charge de la sécurité de l'ouvrage possède une compétence technique lui permettant de juger si l'effort du maître d'ouvrage est à la hauteur et lui permettant de dialoguer avec le maître d'ouvrage et son maître d'œuvre. Lorsque c'est nécessaire, ce service bénéficie d'un appui technique dans le cadre du PATOUH[1] et du BETCGB[2].

Figure 5. Parement amont du barrage de Bois Joli (H = 24 m, 3 hm³) lors du récent examen décennal complet.

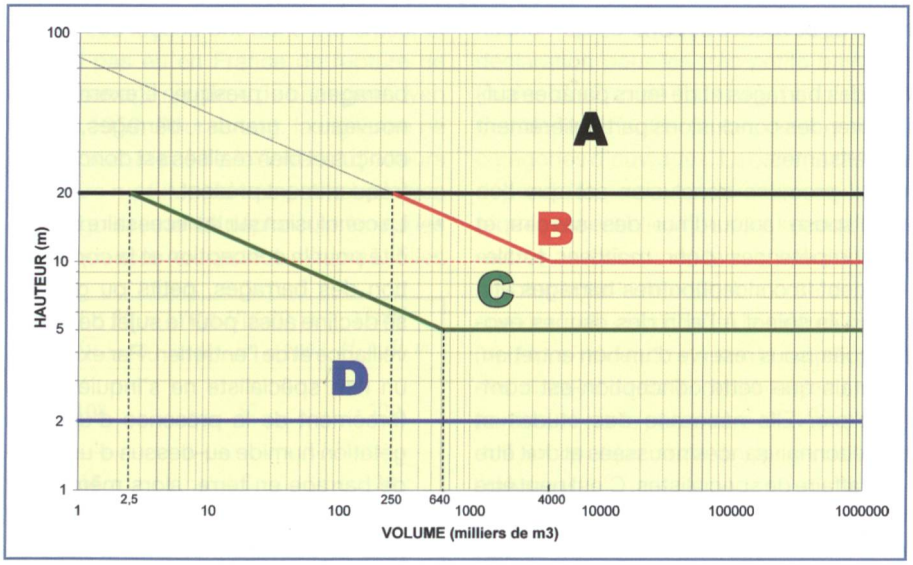


Figure 6. Définition des 4 classes de barrages..

Constat de l'existant

Il faut garantir que les prestataires des maîtres d'ouvrage soient compétents et expérimentés, y compris pour les petits ouvrages. Cette recommandation ne concerne pas les maîtres d'ouvrage spécialisés qui sont parfaitement conscients de tout ceci pour les barrages (ou pour les digues).

Nous devons également sortir de la dichotomie actuelle où les barrages dits classés au titre de la sécurité publique bénéficient d'un gros effort de surveillance et de contrôle, alors que les autres sont souvent négligés. On a vu que les barrages, même petits, ne sont pas exempts de risques.

La sûreté d'un barrage doit être périodiquement réévaluée et l'ancienne visite décennale n'était qu'un élément de cette évaluation (*figure 5*). L'obligation de vidange qui s'attachait jusqu'alors à la réalisation de la visite décennale est apparue parfois trop contraignante, voire nocive pour certains barrages, même si des dérogations pouvaient être obtenues.

Il faut mieux connaître les risques qu'encourent ou font encourir les barrages projetés ou existants.

Amélioration apportées par la récente réglementation

Le décret du 11.12.2007 instaure donc un processus d'agrément national des organismes candidats à diverses prestations pour les barrages (ou pour les digues).

La nouvelle règlementation institue un mode de classement plus progressif en quatre classes, définies par la hauteur du barrage et le volume de la retenue. Les exigences pour l'étude, puis la surveillance sont adaptées à la taille de l'ouvrage en fonction de sa classe. De même, l'effort du service de contrôle est adapté à la taille de l'ouvrage. Nous les présentons au chapitre suivant.

La nouvelle règlementation institue des revues décennales de sûreté pour les barrages de classe A, dont l'examen visuel n'est qu'un élément. Cet examen qui doit concerner toutes les parties de l'ouvrage, y compris celles habituellement noyées, peut se faire par tous moyens appropriés, proposés par le propriétaire et soumis au service de contrôle de l'État.

C'est l'objet des études de dan-

[1] *Pôle d'appui technique aux services de police de l'eau dans le domaine de la sécurité des ouvrages hydrauliques.*
[2] *Bureau d'étude technique et de contrôle des grands barrages.*

	A	B	C	D
Projet nouveau ou modification soumis au comité technique permanent des barrages	oui	non	non	non
Dossier de l'ouvrage	oui	oui	oui	oui
Registre de l'ouvrage	oui	oui	oui	oui
Visite technique approfondie (VTA)	1 an	2 ans	5 ans	10 ans
Rapport exploitant	1 an	≤ 5 ans	≤ 5 ans	non
Rapport auscultation	2 ans	≤ 5 ans	≤ 5 ans	non
Consignes de surveillance et consignes de crue	oui	oui	oui	oui
Revue décennale de sûreté dont examen complet	oui	non	non	non
Etude de dangers	oui	oui	non	non
Déclaration des évènements importants	oui	oui	oui	oui

Tableau 2. Rôle de l'exploitant ou du propriétaire (oui: exigé; non: non exigé).

Instruction technique et administrative du projet	oui	oui	oui	oui
Est présent à la réception des fouilles	conseillé	conseillé	possible	non
Visite de l'ouvrage achevé et vérification de conformité	oui	oui	oui	non
Approbation des consignes	oui	oui	oui	non
Visite inspection périodique	1 an	1 à 5 ans	1 à 10 ans	non
Bilan de la revue décennale de sureté	oui	non	non	non

Tableau 3. Missions du contrôle (oui: demandé; non: non demandé).

gers demandées par la nouvelle loi sur l'eau et les milieux aquatiques de décembre 2006.

5. ... et comment la nouvelle règlementation peut y contribuer

Tout d'abord, le cadre devient identique pour tous les barrages destinés à l'électricité, à la navigation ou aux autres usages; cela ne bouleverse pas la réalité quotidienne car les réglementations des divers ministères concernés étaient établies en harmonie; mais cela est plus satisfaisant. Ensuite, les nouveaux textes concernent de manière cohérente les barrages et les digues. La réglementation sur les digues est nettement plus récente, le premier texte datant de 1999. Nous n'en dirons rien de plus, cet article étant consacré aux barrages.

Le grand principe est d'avoir des exigences dégressives avec l'importance de l'ouvrage. La taille de l'ouvrage intervient avec un critère qui associe hauteur et volume avec l'idée assez intuitive qu'un petit barrage stockant beaucoup d'eau peut être aussi dangereux qu'un grand barrage stockant peu d'eau. Le critère retenu considère que le volume de la retenue pèse autant que la hauteur à la puissance 4, d'où l'expression en $H^2 . V^{0.5}$. Ce critère n'a pas de portée scientifique. Il a été jugé plus pratique qu'une grille avec des fourchettes de hauteur et de volume ; d'autre part, certaines limites reprennent l'existant pour ne pas chambouler inutilement les habitudes existantes. C'est le cas de la limite de la classe A, et celle de la classe B, déjà en vigueur depuis 1997 pour les barrages relevant de l'Industrie.

Les quatre classes A à D sont définies ainsi:

A: $H \geq 20\,m$
B: $H \geq 10\,m$ et $H^2 \sqrt{V} > 200$
C: $H \geq 5\,m$ et $H^2 \sqrt{V} > 20$
D: $H \geq 2\,m$

Les tableaux 2 et 3 résument les dispositions du décret du 11/12/2007. Les couleurs de trame signalent une relation entre le rôle du contrôle et celui de l'exploitant. Il doit être signalé que le Préfet du département, sur proposition du service de contrôle, peut surclasser un barrage, si les enjeux lui paraissent le mériter.

6. Les barrages d'altitude

Au cours de la dernière décennie, les stations de sport d'hiver ont fait de gros investissements pour produire de la neige artificielle et ont dû construire des ouvrages de retenue. Le parc français de barrages d'altitude est déjà riche d'environ 120 ouvrages implantés essentiellement dans les Alpes ou les Pyrénées. Il pourrait connaître une forte expansion puisqu'on recense environ 40 projets.

Ces barrages sont de faible hauteur, entre 4 et 17 m, la moyenne étant de l'ordre de 10 m. Construits dans des sites escarpés, ils ne stockent que de faibles volumes, entre 5000 et 400 000 m^3, la moyenne étant de l'ordre de 50 000 m^3. Ce sont donc des ouvrages de classe C et D pour la très grande majorité. L'inquiétude des responsables de stations confrontés au manque de neige a parfois conduit à privilégier des travaux menés à bon rythme

Figure 7. Chantier du barrage d'altitude des Arcs (17 m, 4000000 m^3). Ici, la complexité de la géologie et le risque de développement d'une érosion interne dans des cargneules a justifié la pose d'une double géomembrane pour une grande partie de la retenue (diverses couches de cette étanchéité et de sa couverture de protection sont en cours de pose).

sans toutes les études souhaitables et à retenir des organismes d'étude pas forcément spécialistes des barrages. Comme en outre, les conditions géologiques, topographiques et climatiques rendent les sites délicats, toutes les conditions sont présentes pour encourir des risques de dysfonctionnement et même de rupture. Le Cemagref qui est chargé de donner des avis sur les projets pour le compte des services de contrôle de l'État a rapidement pris la mesure du problème. Il a d'abord réalisé un guide destiné aux services de contrôle, puis établi un retour d'expérience des ouvrages existants [3], et enfin entrepris un programme national de recherche, BARALTISUR, piloté par Laurent Peyras, pour donner des recommandations sur la conception, la réalisation et le suivi de ces barrages. Outre des équipes pluridisciplinaires du Cemagref (Aix en Provence, Bordeaux, Lyon et Grenoble), participent à ce travail un cabinet d'ingénierie, ISL, et EDF. Un guide est en voie d'achèvement qui devrait être édité début 2009 [7]. Signalons aussi que le plus grand des ouvrages de ce parc, est en voie d'achèvement à la station des Arcs pour le compte de la Société des Montagnes de l'Arc avec EDF comme maître d'œuvre. Cette réalisation bénéficie des plus grands soins et constitue une référence souvent utilisée dans le guide BARALTISUR *(figure 7)*.

Les difficultés signalées, géologiques et topographiques, conduisent les concepteurs à privilégier des ouvrages en déblai remblai, où la cuvette naturelle est agrandie par terrassement, les matériaux extraits étant utilisés pour construire le barrage (cas de la *figure 6*). Le barrage et la cuvette sont dans 85% des cas étanchés par des géomembranes. Là aussi la grande qualité intrinsèque de ces matériaux industriels a souvent laissé croire que leur emploi était banal. Il n'en est évidemment rien, et surtout dans des conditions climatiques de gel sévère, des réalisations trop rustiques ont conduit à des échecs.

Signalons quelques conclusions de l'étude de retour d'expérience:

- la reptation de la glace sur une géomembrane non recouverte entraîne des déformations et des risques de déchirure;
- plusieurs projeteurs prévoient que la géomembrane soit recouverte par des enrochements en partie haute et non recouverte en partie basse, ce qui entraîne la réalisation d'une petite risberme qui sert d'assise aux enrochements; le risque est très élevé que des blocs de glace et des pierres prises en glace en partie haute se détachent et roulent sur la géomembrane inférieure, non recouverte; sa déchirure est alors imparable;
- la prise en glace des déversoirs peut compromettre leur débitance.

Le projet donne des recommandations, formulées en fonction de l'importance du barrage, et en particulier de la classe des ouvrages (A à D comme expliqué ci-dessus). Citons à titre d'exemple:

- les géomembranes doivent être intégralement recouvertes dans le cas des barrages A, B; et C avec forts enjeux aval ainsi que pour ceux des plus petits barrages exposés à des effets de gel important (au-dessus d'une altitude de 1800 m en particulier);
- les barrages A, B; et C avec forts enjeux aval doivent bénéficier d'un drain granulaire et d'un exutoire dimensionnés pour évacuer sans se mettre en charge les fuites dus à une défaillance localisée de la géomembrane (qui est recouverte): dans ce cas, drain sous la géomembrane et drain du remblai sont confondus; ou bien on prévoit deux organes distincts, un drain généralisé granulaire ou géosynthétique sous la géomembrane, plus un drain granulaire vertical classique du remblai.
- le drain des plus petits barrages (C sans fort enjeu et D) peut être celui de la géomembrane. Si la géomembrane est recouverte, il doit évacuer les fuites dues à une défaillance seulement ponctuelle de la géomembrane; mais si la géomembrane n'est pas recouverte et si le drain est géosynthétique, le concepteur doit envisager le risque de défaillance simultanée.

7. Conclusion

Ministère en charge de l'environnement, comité technique permanent des barrages, comité français des barrages et réservoirs, services en charge du contrôle, organismes chargés de leur appui technique et établissements publics de recherche travaillent de manière concertée pour que la sécurité des barrages existants et celle des futurs barrages soit aussi bonne que possible. L'efficacité de l'action du contrôle passe par un système gradué où les efforts des différents acteurs sont en proportion avec la taille de l'ouvrage et les enjeux.

Bibliographie

[1] *Degoutte Gérard* coordonateur, Petits barrages, 1997 deuxième édition 2002, – Recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi. Comité français des barrages et réservoirs, Coédition ENGREF, Cemagref Éditions, disponible sur le site cfbr.fr

[2] *Chastan Bernard* coordonnateur, 2004 – Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations : guide des aménagements associant l'épandage des crues dans le lit majeur et leur écrêtement dans de petits ouvrages. Ministère de l'écologie et du développement durable, Cemagref, 129 p, disponible sur le sire ecologie.gouv.fr

[3] *Peyras Laurent* coordonateur, 2006 – Guide pour l'instruction des dossiers d'autorisation ou de déclaration des barrages d'altitude, Cemagref – Ministère de l'écologie et du développement durable, 35 p

[4] *Degoutte Gérard* et *Royet Paul*, 4ème semestre 2007- Sûreté des barrages français, revue du GREF, n° 19, 67-72.

[5] *Kert Christian*, juillet 2008 – Les moyens permettant d'améliorer la sécurité des barrages hydrauliques, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 201 p.

[6] *Degoutte Gérard, Cruchon Philippe, Le Delliou Patrick, Monié Nicolas, Royet Paul,* 2009- Nouvelle réglementation française concernant la sécurité des barrages et des digues, CIGB, Brasilia, Q91 (article soumis)

[7] *Peyras Laurent* coordonateur, 2009 – Retenues d'altitude; guide de recommandation (Projet en cours de finalisation).

Adresse de l'auteur
Gérard Degoutte, Membre du CGAAER
Cemagref, 3275 Route de Cézanne
CS 40061, 13182 Aix en Provence Cedex 5
gerard.degoutte@cemagref.fr